



Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος

Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών
«Πρόληψη και Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών»

Μεταπτυχιακή Διατριβή της Βαλλάτου Μαρίας

**«Χωρική ανάλυση του κινδύνου και των αναμενόμενων απωλειών των
οικοτόπων από δασικές πυρκαγιές στο νησί της Κεφαλονιάς»**

Επιβλέπουσα: Αριανούτσου - Φαραγγιτάκη Μαργαρίτα

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Αριανούτσου - Φαραγγιτάκη Μαργαρίτα, Καθηγήτρια Ε.Κ.Π.Α

Δρ. Βασιλάκης Εμμανουήλ, Επικ. Καθηγητής Ε.Κ.Π.Α

Δρ. Μαλλίνης Γεώργιος, Επικ. Καθηγητής Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης

Αθήνα, 2016

Στους Γονείς μου

Στέλιο & Διονυσία

Ευχαριστίες

Η ολοκλήρωση αυτής της διπλωματικής υλοποιήθηκε με την υποστήριξη ενός αριθμού ανθρώπων στους οποίους θα ήθελα να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου.

Πρώτα από όλους θα ήθελα να ευχαριστήσω τον πατέρα μου, ο οποίος αποδείχθηκε πολύτιμος συνεργάτης μου στις εργασίες πεδίου, κάνοντας τα δύσκολα εύκολα μέσα από την μεγάλη αγάπη του για την φύση. Επίσης θέλω να τον ευχαριστήσω που ως πατέρας αλλά και ως εκπαιδευτικός, με έμαθε να αντιμετωπίζω τις δυσκολίες, μένοντας πιστή στα ιδανικά μου.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην επιβλέπουσα καθηγήτρια μου κα. Αριανούτσου - Φαραγγιτάκη Μαργαρίτα για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών που τόσο πολύ με ενδιαφέρει. Επιπλέον θα ήθελα να την ευχαριστήσω για την πληθώρα των συμβουλών, την καθοδήγησή και την κατανόηση της.

Ακόμη ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στα 2 μέλη της τριμελούς μου επιτροπής, δηλαδή τον κ.Εμμανουήλ Βασιλάκη και τον κ.Γεώργιο Μαλλίνη για τις χρήσιμες συμβουλές τους.

Επίθυμώ επίσης να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον κ. Ιωάννη Μητσόπουλο για την σημαντική βοήθεια που μου παρείχε μέχρι το πέρας της εργασίας μου.

Περιέχόμενα

<i>Ευχαριστίες</i>	3
Ευρετήριο εικόνων, πινάκων & διαγραμμάτων	6
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	10
ABSTRACT	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ	14
1.1 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΩΝ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ	15
1.1.1 Δασικά οικοσυστήματα και δασικές πυρκαγιές	15
1.1.2 Οι δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα	16
1.1.3 Αίτια δασικών πυρκαγιών	19
1.1.4 Διάκριση πυρκαγιών ανάλογα με τον τρόπο εξάπλωσης τους	22
1.1.5 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και Δασικές Πυρκαγιές	23
1.1.6 Τηλεπισκόπηση Και Δασικές Πυρκαγιές	25
1.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ	28
1.2.1 Δασική Καύσιμη Ύλη	28
1.2.2 Οι τοπογραφικές συνθήκες.....	31
1.2.3 Οι μετεωρολογικές συνθήκες	33
1.3 ΜΟΝΤΕΛΑ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΎΛΗΣ.....	36
1.4 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	42
1.4.1 Γεωγραφική θέση- Έκταση Νήσου Κεφαλλονιάς.....	42
1.4.2 Γεωμορφολογία Νήσου Κεφαλλονιάς.....	43
1.4.3 Η γεωλογική δομή νήσου Κεφαλλονιάς.....	44
1.4.4 Μετεωρολογικές- Κλιματολογικές Συνθήκες Νήσου Κεφαλλονιάς	47
1.4.5 Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλλονιάς	51
1.4.6 Τύποι Οικοτόπων Νήσου Κεφαλλονιάς	53
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ	59
2.1 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	60

2.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΔΑΣΙΚΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΎΛΗΣ ΣΤΟ ΠΕΔΙΟ.....	61
2.3 ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΔΑΣΙΚΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΎΛΗΣ	65
2.3.1 Ταξινόμηση των τύπων της καύσιμης ύλης	65
2.3.2 Ταξινόμηση εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη	66
2.4 ΧΩΡΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ.....	67
2.4.1 Παράμετροι Συμπεριφοράς της Φωτιάς	67
2.4.2 Προαπαιτούμενα αρχεία εισαγωγής	71
2.5 ΧΩΡΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΑΠΟ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ	73
2.6 ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΕΞ ΑΙΤΙΑΣ ΤΗΣ ΦΩΤΙΑΣ	74
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	77
3.1 ΚΑΥΣΙΜΗ ΎΛΗ- ΚΑΤΑΡΤΙΣΗ ΜΟΝΤΕΛΩΝ.....	78
3.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ ΔΑΣΙΚΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΎΛΗΣ.....	85
3.3 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	90
3.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ ΤΟΥ ΠΥΡΟΣ	94
3.5 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΧΩΡΙΚΗΣ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΟΥ ΚΙΝΔΥΝΟΥ ΕΚΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ ΑΠΟ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ.....	101
3.6 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΣΤΗΝ ΑΞΙΑ ΤΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΟΠΩΣ ΑΥΤΗ ΠΡΟΚΑΛΕΙΤΑΙ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΠΥΡΚΑΓΙΕΣ.....	108
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	112
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	116
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	120
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	136

Ευρετήριο εικόνων, πινάκων & διαγραμμάτων

Εικόνες

Εικόνα 1.1: Ποσοστιαία αναλογία του συνόλου καμένων εκτάσεων της περιόδου 1983-2008, ως προς την πραγματική έκταση κάθε Νομού της χώρας. (Πηγή: Τσαγκάρη κ.α., 2011).

Εικόνα 1.2: Ποσοστιαία κατανομή καμένων δασικών και γεωργικών εκτάσεων για τους Νομούς της Ελλάδας, από δεδομένα της χρονικής περιόδου 1983-2006. Το μέγεθος της πίτας συναρτάται των συνολικών καμένων εκτάσεων κάθε Νομού (Πηγή: Τσαγκάρη κ.α., 2011).

Εικόνα 1.3: Το τρίγωνο της φωτιάς. Συνύπαρξη 3 θεμελιωδών στοιχείων κατάλληλα συνδυασμένων μεταξύ τους. (Πηγή: Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr.)

Εικόνα 1.4 : Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη μιας δασικής πυρκαγιάς (Πηγή: Δ. Βορίσης, 2004)

Εικόνα 1.5: Συγκρότηση τράπεζας δεδομένων. (Πηγή: Καλαμποκίδης, 2008)

Εικόνα 1.6: Δορυφορική εικόνα από τον δορυφόρο Aqua της Nasa, στις 25 Αυγούστου 2007. Αποτελεί ένα στιγμιότυπο από τις εκτεταμένες και θανατηφόρες πυρκαγιές του 2007. (Πηγή: Νάσα, www.nasa.gov.us)

Εικόνα 1.7: Ταξινόμηση μοντέλων δασικών πυρκαγιών (Πηγή : Βλάσιος και Φραγγής, 2010).

Εικόνα 1.8: Ο Δήμος Κεφαλλονιάς ως περιοχή μελέτης(Πηγή: google map)

Εικόνα 1.9: Η μορφολογία της Κεφαλλονιάς (Πηγή: Γαρμπή, 2004)

Εικόνα 1.10: Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλλονιάς (Πηγή: Bossard,et al., 2000)

Εικόνα 1.11: Οικότοπος- Δάση ελληνικής ελάτης (*Abies cephalonica*)

Εικόνα 1.12: Οικότοπος- Ελληνικά δάση Πρίνου

Εικόνα 1.13: Οικότοπος- Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου

Εικόνα 2.1: Σχέδιο δειγματοληψίας της καύσιμης ύλης στο πεδίο

Εικόνα 3.1: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Χορτολίβαδα»

Εικόνα 3.2: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα»

Εικόνα 3.3: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση»

Εικόνα 3.4: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Θαμνώνες αείφυλλων- πλατύφυλλων»

Εικόνα 3.5: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Πρινώνες»

Εικόνα 3.6: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Δάση Ελάτης»

Εικόνα 3.7: Δημιουργία των θεματικών επιπέδων “Slope” και “Aspect” επί του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου “Dem”. (Πηγή: giscommons.org).

Εικόνα Π1: Χάρτης οριοθέτησης ζωνών προστασίας Εθνικού Δρυμού Αίνου (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, 2001)

Εικόνα Π2: Βορειοδυτική έκθεση πλαγιάς της οροσειράς του Αίνου όπου απεικονίζεται η εξάπλωση της ζώνης της *Abies cephalonica* από την κορυφή έως και την ανώτερη μεσογειακή ζώνη σε επαφή με φυτοκοινότητες σκληροφύλλων αειφύλλων θάμνων (α), *Arbutus unedo* (β) και (γ) *Quercus coccifera*. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).

Εικόνα Π3: Άτομο *Cercis siliquastrum* σε πλήρη ανθοφορία και μέρος ατόμου (δεξιά) *Crataegus monogyna* σε μερική ανθοφορία (α), άνθη *Cercis siliquastrum* (β) και (γ) καρποί *Crataegus monogyna*. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).

Εικόνα Π4: Ποώδη φυτά που συναντώνται στην περιοχή μελέτης. Από πάνω προς τα κάτω: *Crocus* sp., *Ornithogalum* sp., *Anemone blanda*. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).

Εικόνα Π5: Η *Ajuga orientalis* subsp. *aenesia*, ενδημικό είδος του Εθνικού Δρυμού Αίνου – Ρουδίου, (α), η *Orchis quadripunctata* (β) και (γ) η *Paeonia mascula* susp. *russi*. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).

Εικόνα Π6: Παράθυρο εισαγωγής των χωρικών πληροφοριών στο FlamMap

Εικόνα Π7: Παράθυρο εργασίας στο FlamMap

Εικόνα Π8: Παράθυρο εργασίας στο FlamMap - Χάρτης έντασης μετώπου πυρκαγιάς

Διαγράμματα

Διάγραμμα 1.1: Ο αριθμός των πυρκαγιών και των καμένων περιοχών στην περιοχή της Μεσογείου. Τα έτη 1980-2008 (Πηγή: San et.al, 2009)

Διάγραμμα 1.2: Διακυμάνσεις των τιμών της μέσης μέγιστης, μέσης μηνιαίας και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους στο Αργοστόλι (Πηγή: Καραγιάννη, 2010).

Διάγραμμα 1.3: Ομβροθερμικό διάγραμμα Αργοστολίου (Πηγή: Walter 1970).

Πίνακες

Πίνακας 1.1 Κύρια χαρακτηριστικά μέσης μηνιαίας και ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια του έτους (περίοδος 1970 – 2001) (Πηγή: Καραγιάννη 2010).

Πίνακας 1.2: Κλιματικά δεδομένα του Μ.Σ. Αργοστολίου, σχετικά με τη βροχόπτωση χρονικής περιόδου 1970 – 2001 (Πηγή: Καραγιάννη, 2010). Στην τελευταία στήλη αναγράφονται για σύγκριση στοιχεία των ετών 1894 – 1929 (Πηγή: Λασκαράτου και Λαδά, 1973).

Πίνακας 2.1. Τιμές υγρασίας της καύσιμης ύλης

Πίνακας 2.2: Ενδεικνυόμενες μέθοδοι καταστολής δασικών πυρκαγιών και βαθμός δυσκολίας αντιμετώπισης τους με κριτήριο τις πυρικές παραμέτρους (Rothermel 1983).

Πίνακας 2.3: Οι τιμές απόκρισης των οικοτόπων στις διάφορες κατηγορίες των τιμών του μήκους των φλογών.

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Χορτολίβαδα»

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα»

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση»

Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Θαμνώνες αείφυλλων- πλατύφυλλων»

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Πρινώνες»

Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Δάση Ελάτης»

Πίνακας 3.7: Έκταση και ποσοστό κάθε τύπου καύσιμης ύλης

Πίνακας 3.8: Έκταση και ποσοστό κάθε κατηγορίας πυκνότητας καύσιμης ύλης

Πίνακας Π1: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Ελατα»

Πίνακας Π2: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Πουρναρώνες»

Πίνακας Π3: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Θαμνώνες»

Πίνακας Π4: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Φρύγανα»

Πίνακας Π5: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση»

Πίνακας Π6: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Χορτολίβαδα»

Χάρτες

Χάρτης 1.1: Γεωλογικές Ενότητες Νήσου Κεφαλλονιάς

Χάρτης 1.2: Γεωλογικοί Σχηματισμοί Νήσου Κεφαλλονιάς

Χάρτης 1.3: Τύποι Οικοτόπων Νήσου Κεφαλλονιάς

Χάρτης 2.1: Σημεία Δειγματοληψίας Δασικής Καύσιμης Ύλης

Χάρτης 3.1: Ταξινόμηση Τύπων Δασικής Καύσιμης Ύλης

Χάρτης 3.2: Δείκτης Βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index

Χάρτης 3.3: Ταξινόμηση Πυκνότητας Δασικής Καύσιμης Ύλης

Χάρτης 3.4: Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Νήσου Κεφαλλονιάς

Χάρτης 3.5 : Οι κλίσεις του Εδάφους Νήσου Κεφαλλονιάς

Χάρτης 3.6 : Ο Προσανατολισμός των Πρανών Νήσου Κεφαλλονιάς

Χάρτης 3.7: Εκτιμώμενο μήκος φλόγας για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Χάρτης 3.8: Εκτιμώμενη ένταση πυρκαγιών για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Χάρτης 3.9: Εκτιμώμενη ταχύτητα διάδοσης πυρκαγιάς για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες

Χάρτης 3.10: Πιθανότητα καύσης για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Χάρτης 3.11: Αναμενόμενη ένταση πυρκαγιάς για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Χάρτης 3.12: Αναμενόμενη μέγεθος πυρκαγιάς για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Χάρτης 3.13: Εκτίμησης της μεταβολής στην αξία του οικοτόπου «Ελληνικά Δάση Πρίνου»– Ακραίες Συνθήκες.

Χάρτης 3.14: Εκτίμησης της μεταβολής στην αξία του οικοτόπου «Ελληνικά Δάση Πρίνου»– Ακραίες Συνθήκες.

Χάρτης 3.15: Εκτίμησης της μεταβολής στην αξία του οικοτόπου «Δάση Ελληνικής Ελάτης» για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία επικεντρώνεται στην χωρική ανάλυση του κινδύνου και των αναμενόμενων απωλειών των οικοτόπων από δασικές πυρκαγιές στο νησί της Κεφαλλονιάς. Σε πρώτη φάση πραγματοποιείται εκτεταμένη δειγματοληψία πεδίου, με μετρήσεις των παραμέτρων της καύσιμης ύλης, με στόχο την αντιστοίχιση των διαφόρων τύπων βλάστησης σε τύπους καύσιμης ύλης. Έπειτα για να αναχθούν οι σημειακές μετρήσεις στο επίπεδο του τοπίου (όλο το νησί) χρησιμοποιείται μία δορυφορική εικόνα η οποία δίνει τη βλάστηση στο επίπεδο του νησιού και την αντιστοίχιση της βλάστησης με καύσιμη ύλη αλλά και την εδαφοκάλυψη. Στην συνέχεια προσδιορίζονται οι μετεωρολογικές συνθήκες και οι συνθήκες υγρασίας της καύσιμης ύλης για τα οποία, μέσω του μοντέλου προσομοίωσης πυρκαγιών FlamMap, εκτιμώνται χωρικά η συμπεριφορά του πυρός αλλά και ο κίνδυνος έκθεσης της βλάστησης στην πυρκαγιά. Στο τελευταίο στάδιο της ανάλυσης, εκτιμάται η μεταβολή της αξίας των οικοτόπων της Κεφαλλονιάς από δασικές πυρκαγιές, μέσω του λογισμικού ArcFuel.

ABSTRACT

This thesis focuses on the spatial analysis of the risk and the expected loss of habitats from forest fires on the island of Cephalonia. Initially, we conducted an extensive field sampling, measuring the parameters of forest fuels in order to match the different types of vegetation with types of forest fuels. Afterwards, in order to assign the spot measurements on the land level (on the whole island), a satellite image is used to give us the vegetation on the land level of the island and the matching of vegetation with forest fuels and land cover. Thereafter, the weather and humidity conditions of forest fuels are determined for which, through fire simulation model FlamMap, the behavior of fire and the exposure of vegetation to fire are spatially estimated. In the last part of the analysis, we estimate the change in the value of Cephalonia's habitats using the ArcFuel software.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι πυρκαγιές των Ελληνικών δασών αποτελούν ένα φαινόμενο που εμφανίζεται με καταστροφική συχνότητα και ένταση τα τελευταία 30 χρόνια (Καϊλίδης, 1981), σε ένα κατεξοχήν πυριγενές και εύφλεκτο φυσικό περιβάλλον από άποψη κλίματος και βλάστησης. Οι πυρκαγιές αποτελούν τον πιο σοβαρό κίνδυνο που απειλεί την ύπαρξη των μεσογειακών δασών. Η αύξηση του πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο, οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες του καθώς και οι τεράστιες καταστροφές των δασών από δασικές πυρκαγιές, έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα πως οι πυρκαγιές συμβάλλουν στην υποβάθμιση των δασικών οικοσυστημάτων. Οι παραπάνω παράγοντες και οι καταστροφικές συνέπειες που συνδέονται με αυτούς, έχουν δημιουργήσει την ανάγκη για μια άμεση και ολοκληρωμένη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών.

Η κατανόηση της συμπεριφοράς των δασικών πυρκαγιών και η πρόβλεψη της είναι απαραίτητες για την καλή διαχείριση τους τόσο όσον αφορά την αντιμετώπισή τους (σχεδιασμό της αντιμετώπισης, εκπαίδευση προσωπικού) όσο και όσον αφορά τη γενικότερη πρόληψή τους (διαχείριση δασικής καύσιμης ύλης, εκτίμηση κινδύνου, προδιαγεγραμμένη καύση) (Ξανθόπουλος, 1990).

Οι βασικοί παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη, συμπεριφορά και εξάπλωση των δασικών πυρκαγιών είναι τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης (υφή, μέγεθος, συσσώρευση, κατανομή), η τοπογραφία (έκθεση, κλίση, υψόμετρο, διαμόρφωση εδάφους) και οι μετεωρολογικές συνθήκες (άνεμος, θερμοκρασία, σχετική υγρασία). Είναι γεγονός ότι σε περιβάλλον με παρόμοιο ανάγλυφο και καιρικές συνθήκες, ο κρίσιμος παράγοντας που καθορίζει την έναρξη και εξάπλωση μιας δασικής πυρκαγιάς, το μέγεθος, τη διάρκεια, και τις αρνητικές της επιπτώσεις στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον, είναι το είδος, η πυκνότητα, η κατανομή και η ευφλεκτικότητα της καύσιμης. Η δασική καύσιμη ύλη αποτελεί το μέσο που εκδηλώνεται μια πυρκαγιά, και συνεπώς η άριστη γνώση της ποιοτικής και ποσοτικής δομής της είναι σημαντικό στοιχείο στην διαχείριση των δασικών πυρκαγιών (Ρούσσου, 2009.).

Ως καύσιμη ύλη χαρακτηρίζεται όλο το ζωντανό ή νεκρό οργανικό υλικό που υπάρχει είτε στο έδαφος (όπως φυλλόστρωμα, βελόνες, κλαδιά, κορμοί, χόρτα, θάμνοι, δενδρύλλια και δέντρα)

είτε πάνω στα δέντρα (όπως κλαδιά, φύλλωμα, όρθια νεκρά δέντρα) που προκαλεί ή υφίσταται ανάφλεξη και καίγεται (Pyne et. al.,1996). Οι φυσικοχημικές ιδιότητες της καύσιμης ύλης αποτελούν σημαντικούς παράγοντες που ελέγχουν τη συμπεριφορά μιας πυρκαγιάς τόσο από άποψη εξάπλωσης όσο και εκλυόμενης θερμότητας. Ορισμένα από τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης είναι το φορτίο της, το βάθος, ο λόγος επιφάνεια προς όγκο και η περιεχόμενη υγρασία. Για να διευκολυνθεί η περιγραφή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών όλων των “καυσίμων” που υπάρχουν σε μια περιοχή, αναπτύχθηκε η έννοια των μοντέλων καύσιμης ύλης (Anderson, 1982). Ως «Μοντέλο Καύσιμης Ύλης» ορίζεται ως ένας προσομοιωμένος τύπος καύσιμης ύλης για τον οποίο έχουν καθοριστεί οι τιμές για όλες τις φυσικοχημικές μεταβλητές περιγραφής του που απαιτούνται για τη λύση του μαθηματικού μοντέλου διάδοσης της φωτιάς (Xanthopoulos and Manasi 2002, Rothermel 1972).

Κατά τα τελευταία έτη παρουσιάζεται στην Ελλάδα, σημαντικό ενδιαφέρον για την αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών. Στις τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνεται η αξιοποίηση μοντέλων πρόβλεψης συμπεριφοράς της φωτιάς, συνήθως ενσωματωμένων σε συστήματα λογισμικού σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο στα πλαίσια ενεργειών της πρόληψης και του προκατασταλτικού σχεδιασμού όσο και σε υποστήριξη της αντιμετώπισης των πυρκαγιών. Τα μοντέλα αυτά απαιτούν δεδομένα σχετικά με τις ιδιότητες των δασικών καυσίμων στην περιοχή όπου γίνεται η εφαρμογή τους. Σε αυτό το σημείο πρέπει να αναφερθεί ότι, στο πλαίσιο της γενικότερης προσπάθειας που γίνεται σε παγκόσμιο επίπεδο για την πρόβλεψη και αντιμετώπιση μιας πυρκαγιάς, έχουν προταθεί πολλά μοντέλα τα οποία κατηγοριοποιούνται σε τρεις κατηγορίες: τα εμπειρικά (ή στατιστικά), τα ημι-εμπειρικά (ημι-φυσικά ή εργαστηριακά) και τα φυσικά (θεωρητικά ή αναλυτικά). (Ξανθόπουλος, 1990)

Στην παρούσα εργασία γίνεται μία προσπάθεια ανάλυσης απειλής από δασικές πυρκαγιές στο νησί της Κεφαλλονιάς, ως βάση για τον σχεδιασμό της αντιπυρικής προστασίας του, στηριγμένη τόσο στη διεθνή βιβλιογραφία και σε τοπικά χωρικά, στατιστικά, μετεωρολογικά στοιχεία, όσο και σε επιτόπιες παρατηρήσεις της καύσιμης ύλης.

Συγκεκριμένα σε πρώτη φάση επιχειρείται να πραγματοποιηθεί εκτεταμένη δειγματοληψία πεδίου, με μετρήσεις των παραμέτρων της καύσιμης ύλης, στον πυρήνα και στην περιφερειακή ζώνη του Εθνικού Δρυμού Αίνου, με στόχο την αντιστοίχιση των διαφόρων τύπων βλάστησης σε τύπους καύσιμης ύλης. Έπειτα για να αναχθούν οι σημειακές μετρήσεις στο επίπεδο του τοπίου (όλο το νησί) χρησιμοποιήθηκε μία δορυφορική εικόνα η οποία μας έδωσε τη βλάστηση στο επίπεδο του νησιού και την αντιστοίχιση της βλάστησης με καύσιμη ύλη αλλά και την εδαφοκάλυψη. Στην συνέχεια προσδιορίζονται οι μετεωρολογικές συνθήκες και οι συνθήκες υγρασίας της καύσιμης ύλης για τα οποία, μέσω του μοντέλου προσομοίωσης πυρκαγιών FlamMap, εκτιμήθηκαν χωρικά η συμπεριφορά του πυρός αλλά και ο κίνδυνος έκθεσης της βλάστησης στην πυρκαγιά. Στο τελευταίο στάδιο της ανάλυσης, αξιοποιώντας μέρος των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την προσομοίωση που διενεργήθηκε με το λογισμικό FlamMap, εκτιμάται η μεταβολή της αξίας των οικοτόπων της Κεφαλλονιάς από δασικές πυρκαγιές, μέσω του λογισμικού ArcFuel.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Το φαινόμενο των δασικών πυρκαγιών

1.1.1 Δασικά οικοσυστήματα και δασικές πυρκαγιές

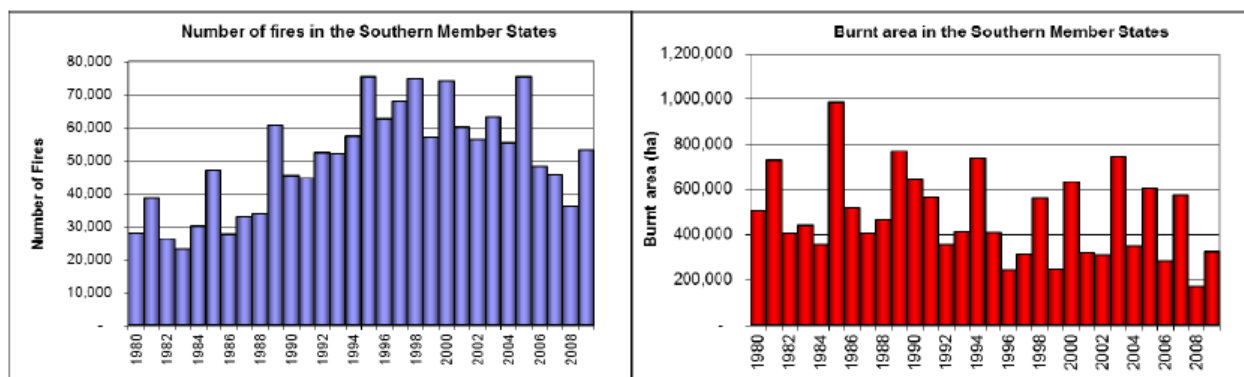
Οι πυρκαγιές ως οικολογική διαταραχή εμφανίζονται σε πολλά χερσαία οικοσυστήματα (Komarek, 1973). Η διατήρηση των πυρκαγιών είναι σημαντική για βιοκοινότητες που εξαρτώνται από αυτήν, ώστε να παραμένουν διαχρονικά στο φυσικό περιβάλλον (Ντάφης 1986, Day 1990, Miller 2000) με χαρακτηριστικό παράδειγμα τα ώριμα δάση χαλεπίου και τραχείας πεύκης, όπου η πυρκαγιά αποτελεί αναγεννητικό εργαλείο (Ντάφης, 1987 και Καϊλίδης, 1981).

Η αλληλεξάρτηση μεταξύ ανθρώπου, πυρκαγιάς και δάσους είναι σύνθετη και αποτελεί αντικείμενο αμέτρητων μελετών και εκθέσεων. Η πυρκαγιά μπορεί να είναι εξαιρετικά ευεργετική και να αποτελεί πηγή δασικής αναγέννησης και θρεπτικής ανακύκλωσης ή ακόμα και να συντελεί στη μείωση μιας επιδημίας στο δάσος, ενώ υπό ακραίες καιρικές συνθήκες μπορεί να αποβεί τρομερά καταστροφική για τα δάση (Tampakis, 2005). Οι πυρκαγιές, όταν επαναλαμβάνονται συχνά, και ιδιαίτερα όταν μετά την πυρκαγιά επακολουθεί βόσκηση, έχουν περισσότερο αρνητικά αποτελέσματα στην αναγέννηση του δάσους (Ντάφης, 1986).

Το πρόβλημα, γενικά, που παρουσιάζεται στις Μεσογειακές χώρες δεν είναι αφ' εαυτού η πυρκαγιά, η οποία ήταν πάντα παρούσα. Το πραγματικό πρόβλημα είναι η συστηματική και ραγδαία αύξηση της συχνότητας εμφάνισης των δασικών πυρκαγιών (Κουτσιρίμπα, 1994).

Οι ισχυρά εναλλασσόμενες ατμοσφαιρικές συνθήκες στα μεσογειακά οικοσυστήματα, δηλαδή οι υψηλές θερμοκρασίες που συνοδεύονται από εκτεταμένες περιόδους ανομβρίας προκαλούν ταχεία αποξήρανση στην βλάστηση, καθιστώντας την ιδιαίτερα εύφλεκτη καθ' όλη την διάρκεια του καλοκαιριού (Αριανούτσου Μ. κ.α., 2012).

Κατά μέσο όρο, περίπου 65.000 πυρκαγιές συμβαίνουν κάθε χρόνο στην Ευρώπη, καίοντας περίπου μισό εκατομμύριο εκτάρια δασικών περιοχών. Το μεγαλύτερο μέρος της καμένης έκτασης, πάνω από το 85%, βρίσκεται στην περιοχή της Μεσογειακής Ευρώπης. Ο αριθμός των πυρκαγιών και των καμένων περιοχών στην περιοχή της Μεσογείου, παρουσιάζονται στην εικόνα 1 (San et.al, 2009).

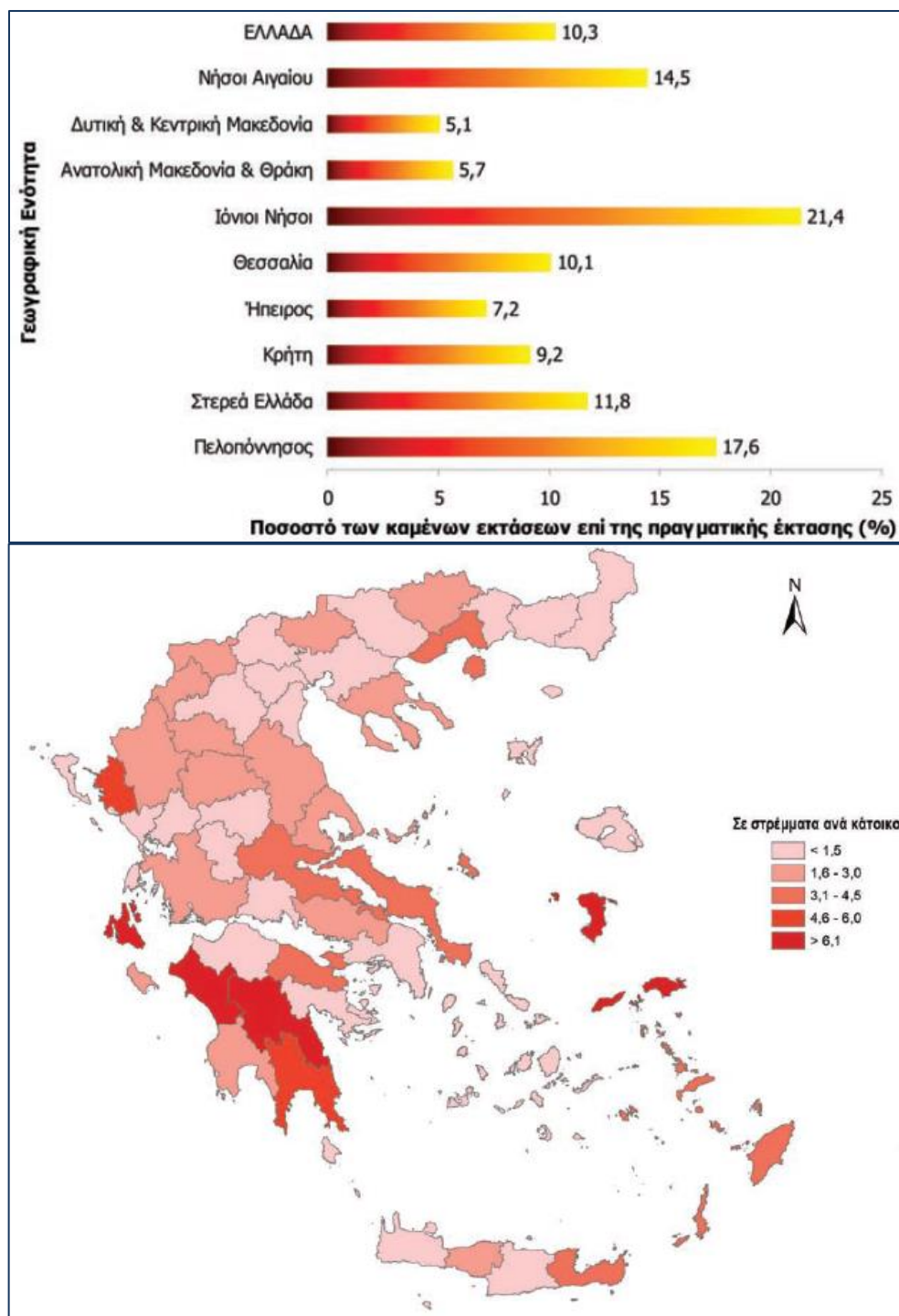


Διάγραμμα 1.1: Ο αριθμός των πυρκαγιών και των καμένων περιοχών στην περιοχή της Μεσογείου. Τα έτη 1980-2008 (Πηγή: San et al, 2009)

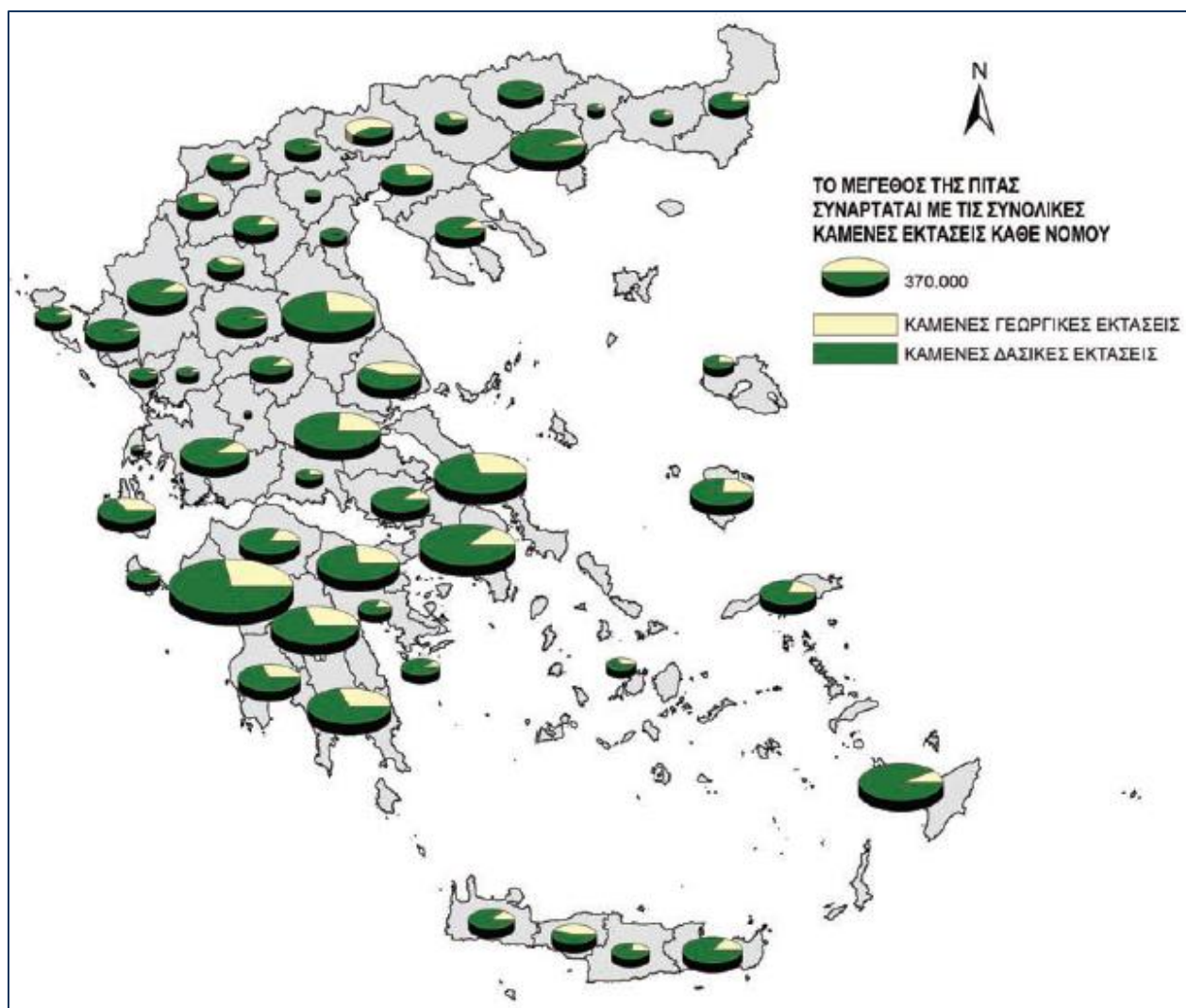
1.1.2 Οι δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα

Η χώρα μας αντιμετωπίζει κάθε χρόνο, κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, συχνά περιστατικά πυρκαγιών. Τα στατιστικά στοιχεία δείχνουν ότι κάθε χρόνο καίγονται σημαντικές εκτάσεις, άλλοτε μεγάλες και άλλοτε μικρές. Στο διάστημα 1983-2008 συνέβησαν στη χώρα 38.085 περιστατικά που έκαψαν 13.613.121 στρέμματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των περιστατικών (19%) κατανέμεται στη γεωγραφική ενότητα της Πελοποννήσου, ενώ το μικρότερο (περίπου 7%) στη Θεσσαλία. Από τη συνολική καμένη έκταση, περίπου 79% αντιστοιχεί σε δασική, ενώ το υπόλοιπο σε γεωργική γη. Αν και το φαινόμενο είναι συχνό, ορισμένα χρόνια είναι ιδιαίτερα οξύ, τόσο λόγω της εκδήλωσης πολλών και μεγάλων περιστατικών πυρκαγιών (2000, 2007, 2009), όσο και από το είδος της βλάστησης που καίγεται (2007) (Αριανούτσου Μ. κ.α., 2012).

Ακολουθούν μία ποσοστιαία αναλογία του συνόλου των καμένων εκτάσεων της περιόδου 1983-2008, ως προς την πραγματική έκταση κάθε Νομού της χώρας.(Εικόνα 1.1) καθώς και η ποσοστιαία κατανομή καμένων δασικών και γεωργικών εκτάσεων για τους Νομούς της Ελλάδας, από δεδομένα της χρονικής περιόδου 1983-2006. Το μέγεθος της πίτας συναρτάται των συνολικών καμένων εκτάσεων κάθε Νομού (Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.1: Ποσοστιαία αναλογία του συνόλου καμένων εκτάσεων της περιόδου 1983-2008, ως προς την πραγματική έκταση κάθε Νομού της χώρας. (Πηγή: Τσαγκάρη κ.α, 2011).



Εικόνα 1.2: Ποσοστιαία κατανομή καμένων δασικών και γεωργικών εκτάσεων για τους Νομούς της Ελλάδας, από δεδομένα της χρονικής περιόδου 1983-2006. Το μέγεθος της πίτας συναρτάται των συνολικών καμένων εκτάσεων κάθε Νομού (Πηγή: Τσαγκάρη κ.α., 2011).

1.1.3 Αίτια δασικών πυρκαγιών

Γνωρίζοντας τα αίτια των δασικών πυρκαγιών μπορούμε να πάρουμε και τα κατάλληλα μέτρα για την πρόληψή και την καταστολή τους. Στην χώρα μας έχει διαπιστωθεί ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των δασικών πυρκαγιών προέρχεται από ανθρώπινες δραστηριότητες και ένα μικρό ποσοστό από φυσικά αίτια. (Βορίσης, 2004)

Η φωτιά είναι αποτέλεσμα μιας χημικής διεργασίας για την οποία απαιτείται η συνύπαρξη τριών θεμελιωδών στοιχείων κατάλληλα συνδυασμένων μεταξύ τους. Τα στοιχεία αυτά είναι η καύσιμη ύλη, η θερμότητα και το οξυγόνο. Συχνά, παρουσιάζονται στα βιβλία σαν πλευρές ενός τριγώνου που ονομάζεται “το τρίγωνο της φωτιάς”. Αν αφαιρεθεί έστω και μία από τις πλευρές του τριγώνου, τότε το τρίγωνο παύει να υπάρχει. Το ίδιο ισχύει και για την ύπαρξη της φωτιάς εάν αφαιρεθεί η καύσιμη ύλη, ή το οξυγόνο ή η θερμότητα. Πάνω σε αυτή την αρχή στηρίζονται όλες οι μέθοδοι πρόληψης και καταστολής των δασικών πυρκαγιών (Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr).



Εικόνα 1.3: Το τρίγωνο της φωτιάς. Συνύπαρξη 3 θεμελιωδών στοιχείων κατάλληλα συνδυασμένων μεταξύ τους. (Πηγή: Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr.)

Η καύσιμη ύλη είναι απαραίτητη γιατί σε αυτήν εγκλείεται η θερμότητα και από αυτήν τροφοδοτούνται οι φλόγες. Το σύνολο του δάσους αποτελεί καύσιμη ύλη, καθώς όλα τα μέρη του είναι αναφλέξιμα υλικά. Η ύπαρξη θερμότητας είναι απαραίτητη για την προθέρμανση της καύσιμης ύλης μέχρι τουλάχιστον τους 300 °C (βαθμούς Κελσίου). Όταν η καύσιμη ύλη προθερμαίνεται παράγει αναφλέξιμα αέρια. Τα αέρια αυτά συνδέονται με το οξυγόνο που υπάρχει στον αέρα με τη χημική αντίδραση της καύσης εκλύοντας κυρίως μεγάλες ποσότητες θερμότητας, διοξειδίου του άνθρακα και υδρατμών. Η φλόγα είναι η περιοχή της καύσης των αερίων η οποία γίνεται ορατή χάρη στην ακτινοβολία που παράγεται. Η θερμοκρασία της ξεπερνά τους 1000 °C (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η θερμότητα αυτή μπορεί να δοθεί με διάφορους τρόπους που αποτελούν και τις αιτίες των δασικών πυρκαγιών που είναι (*Βορίσης, 2004*):

- Πυρκαγιές από κεραυνούς. Αυτές αποτελούν ένα πολύ μικρό ποσοστό των πυρκαγιών των δασών. Συνήθως δεν εξαπλώνονται, γιατί στις περισσότερες περιπτώσεις ακολουθεί βροχή η οποία σβήνει την πυρκαγιά. Εάν όμως δεν ακολουθήσει βροχή, προκαλούν καταστροφικές πυρκαγιές, γιατί οι κεραυνοί πέφτουν κυρίως σε ανώμαλες ή απόκρημνες περιοχές που είναι απρόσιτες ή τόσο δύσβατες, ώστε να μεσολαβεί πολύς χρόνος από την έναρξη της πυρκαγιάς μέχρι την έναρξη της καταστολής.
- Πυρκαγιές από εμπρησμούς από αμέλεια. Εδώ θα μπορούσαμε να κατατάξουμε την απόρριψη αναμμένου τσιγάρου, την καύση των καλαμιών των αγρών ή το κάψιμο ξερών χόρτων, κλαδιών κλπ, τις βολές του πυροβολικού και των λοιπών όπλων των Ενόπλων Δυνάμεων, από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων, τα καλώδια μεταφοράς του ηλεκτρικού ρεύματος, το κάψιμο των σκουπιδιών κα.
- Πυρκαγιές από εμπρησμούς από πρόθεση. Με πολλούς τρόπους και επινοήσεις για την δημιουργία βοσκοτόπων ή χωραφιών, ή το χειρότερο για οικοπεδοποίηση (σε περιοχές που η αξία της γης είναι μεγάλη). Στην κατηγορία αυτή οφείλονται πολλές από τις πιο καταστροφικές

πυρκαγιές γιατί συνήθως οι εμπρηστές λαμβάνουν μέτρα και επιλέγουν ημέρες που ευνοούν την γρήγορη και μεγάλη εξάπλωσή τους.

Παρατηρούμε ότι το συντριπτικό ποσοστό των δασικών πυρκαγιών προέρχεται από τον παράγοντα άνθρωπο. Η ανθρώπινη βούληση (πρόθεση) ή η ανθρώπινη αδιαφορία (αμέλεια) είναι η κύρια αιτία των δασικών πυρκαγιών. Ένα σφάλμα που γίνεται συχνά, ίσως αθέλητα, από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης είναι η απόδοση όλων σχεδόν των δασικών πυρκαγιών σε εμπρηστές. Η απόδοση αυτή δημιουργεί την εσφαλμένη εντύπωση ότι η πυρκαγιά δεν θα προέλθει από την δική μας αδιαφορία ή/και αμέλεια. Δυστυχώς η αλήθεια είναι διαφορετική αν εξαιρέσουμε το 3% περίπου των πυρκαγιών που προέρχονται από κεραυνούς οι υπόλοιπες οφείλονται περίπου κατά το ήμισυ σε εμπρησμούς από πρόθεση και κατά το ήμισυ σε εμπρησμούς από αμέλεια (Βορίσης, 2004).

Στο δάσος η ύπαρξη καύσιμης ύλης και αέρα είναι αυτονόητη. Όταν υπάρξει κατάλληλη πηγή θερμότητας το αποτέλεσμα είναι η εκδήλωση πυρκαγιάς. Το πώς θα εξελιχθεί όμως η κάθε πυρκαγιά εξαρτάται από ορισμένους παράγοντες που την επηρεάζουν. Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν μια δασική πυρκαγιά μπορούν να αναπαρασταθούν ξανασχεδιάζοντας το γνωστό μας τρίγωνο της πυρκαγιάς (Βορίσης, 2004):



Εικόνα 1.4 : Οι βασικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την εξέλιξη μιας δασικής πυρκαγιάς (Πηγή: Δ. Βορίσης, 2004)

1.1.4 Διάκριση πυρκαγιών ανάλογα με τον τρόπο εξάπλωσής τους

Οι δασικές πυρκαγιές, ανάλογα με τον τρόπο της εξάπλωσής τους και ανάλογα με τη θέση τους στην επιφάνεια του εδάφους, διακρίνονται σε (Pyne, 1996):

1. Πυρκαγιές εδάφους ή υπόγειες. Οι πυρκαγιές του είδους αυτού καίνε την οργανική ύλη που συσσωρεύεται στα δάση. Μεταδίδονται στο υπόγειο στρώμα της οργανικής ουσίας ή το χούμο, απουσία φλόγας. Ειδικότερα σε πολλούς δασικούς τόπους συγκεντρώνονται στην επιφάνεια του εδάφους διάφορες ποσότητες οργανικής ύλης, που βρίσκεται σε διάφορα στάδια αποικοδόμησης. Το στρώμα αυτό της οργανικής ύλης μπορεί να είναι καλά συμπιεσμένο, να έχει λεπτή υφή, να είναι αποκλεισμένο από τον ατμοσφαιρικό αέρα και έτσι να μη τροφοδοτείται από οξυγόνο.
2. Πυρκαγιές επιφανείας ή έρπουσες. Είναι οι πυρκαγιές που καίνε τις εκτάσεις αγροστώδη, τη στρωμνή, τους κατακεείμενους ξερούς κλάδους, πιθανά αναγεννημένα νεαρά άτομα, τα υπολείμματα των υλοτομιών ή και συνδυασμό των προηγουμένων. Ακόμη εδώ υπάγονται και οι πυρκαγιές των θαμνώνων της χώρας μας που είναι οι πιο συνηθισμένες και οι πιο επικίνδυνες.
3. Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες. Σ' αυτές καίγεται η κόμη των δέντρων. Τα δέντρα νεκρώνονται. Οι πυρκαγιές του είδους αυτού γίνονται σε φυτικά είδη που η κόμη είναι εύφλεκτη π.χ. στα κωνοφόρα, και κυρίως στη χαλέπιο και τραχεία πεύκη. Στις πυρκαγιές του είδους αυτού ο άνεμος παρασύρει σε αρκετή απόσταση καιγόμενα φύλλα, κλαδάκια, οπότε δημιουργούνται νέες εστίες πυρκαγιών. Η ταχύτητα της πυρκαγιάς στη κατηγορία αυτή είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα της έρπουσας πυρκαγιάς. Ο καπνός υψώνεται πάνω από το δάσος σε σχήμα μανιταριού, ενώ το χρώμα του είναι σκοτεινότερο από τον καπνό της έρπουσας πυρκαγιάς. Επίσης, με βάση τη θερμική ένταση πυρκαγιάς επιφανείας, την οριζόντια ροή της θερμότητας και την ταχύτητα διάδοσης μπορούμε να διακρίνουμε τρεις διαφορετικές κατηγορίες συμπεριφοράς των πυρκαγιών κόμης: παθητική, ενεργητική και ανεξάρτητη.

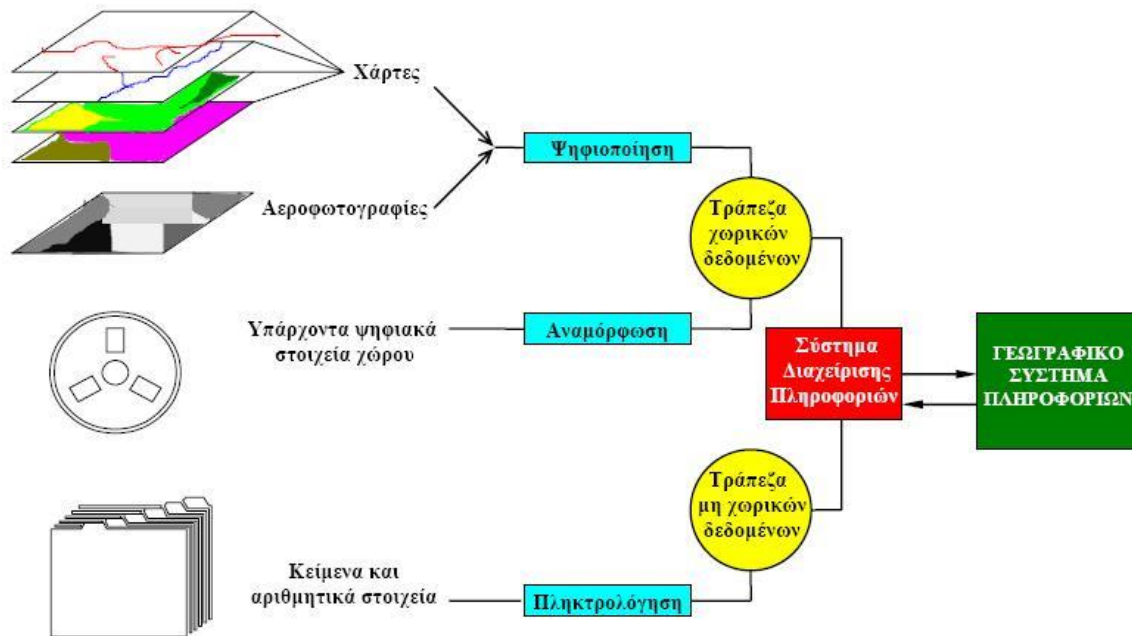
1.1.5 Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και Δασικές Πυρκαγιές

Τα ΣΓΠ είναι χρήσιμα στη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών. Υποβοηθούν την χαρτογράφηση των περιστατικών τους, την ανάλυση των εναλλακτικών στρατηγικών αντιμετώπισής τους, και μπορούν συμβάλλουν στην διαδικασία της λήψης των αποφάσεων οριοθετώντας τη σχέση μεταξύ των πληροφοριών διαφόρων θεματικών επιπέδων (Κούτσιας και Καρτέρης, 2001).

Τα ΣΓΠ δε χρησιμοποιούνται μόνο στον καθορισμό των επικίνδυνων περιοχών ή την επάρκεια των παρατηρητηρίων, αλλά μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για τους εξής σκοπούς (Κούτσιας και Καρτέρης, 2001):

1. Ανάλυση της πιθανής εξάπλωσης (μοντέλα εξάπλωσης υποστηρίζουν τις στρατηγικές διαχείρισης δασικών πυρκαγιών πρότυπα και χρονικά πλαίσια για την προβλεπόμενη συμπεριφορά της πυρκαγιάς.
2. Καθορισμό των πιθανών γραμμών ελέγχου βασιζόμενα σε τοπογραφικά χαρακτηριστικά.
3. Ορισμό των αξιών που απαιτούν προτεραιότητα στην προστασία.
4. Καθορισμό των περιοχών που απαιτούν αποκατάσταση.
5. Ανάλυση των σεναρίων «Τι αν (what if)».
6. Προσομοίωση πιθανών πυρκαγιών.

Τα ΣΓΠ, δηλαδή, μπορούν να εμπλακούν πετυχημένα, ως ένα σύγχρονο εργαλείο χωρικής επεξεργασίας και μοντελοποίησης δεδομένων του περιβάλλοντος, στη γεωγραφική ανάλυση εμφάνισης πυρκαγιών και εκτίμησης του κινδύνου αυτών (Chou, 1992). Χωρικά δεδομένα όσον αφορά την κατανομή στο χώρο και στο χρόνο της κάλυψης δασών και δασικών εκτάσεων, μετεωρολογικών δεδομένων, της τοπογραφίας και άλλων περιβαλλοντικών παραγόντων μπορούν με ευκολία και ταχύτητα να συνδυασθούν και επεξεργασθούν στα πλαίσια μιας καλά δομημένης βάσης δεδομένων μέσω των εργαλείων και πλεονεκτημάτων που προσφέρουν τα συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών, η επιστήμη της πληροφορικής και η ψηφιακή αυτόματη επεξεργασία (Κούτσιας και Καρτέρης, 2001).



Εικόνα 1.5: Συγκρότηση τράπεζας δεδομένων. (Πηγή: Καλαμποκίδης, 2008)

1.1.6 Τηλεπισκόπηση Και Δασικές Πυρκαγιές

Με τον όρο τηλεπισκόπηση εννοείται η επιστήμη παρατήρησης φαινομένων και χαρακτηριστικών από απόσταση. Η λέξη είναι σύνθετη και αποτελείται από το επίρρημα τήλε και το ρήμα επισκοπώ, δηλαδή παρατηρώ από μακριά. Τηλεπισκόπηση είναι η μέτρηση ή η απόκτηση κάποιας πληροφορίας σχετικά με κάποια ιδιότητα ενός αντικειμένου ή φαινομένου, με τη χρήση συσκευής καταγραφής η οποία δεν βρίσκεται σε φυσική ή πολύ στενή επαφή με το αντικείμενο ή το φαινόμενο μελέτης (*Colwell, 1983*).

Ειδικότερα στις γεωεπιστήμες, ο όρος είναι πιο διαδεδομένος και οι εφαρμογές έχουν μεγαλύτερο εύρος από κάθε άλλο επιστημονικό κλάδο. Η Τηλεπισκόπηση ερευνά μέσω παρατήρησης με μοναδικό τρόπο τα φυσικά φαινόμενα της Γης όπως τον καιρό, την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, τη βλάστηση, τη γεωλογία των εδαφών, το αστικό περιβάλλον, τη γεωργία, τις φυσικές καταστροφές (πυρκαγιές, πλημμύρες, σεισμούς, κατολισθήσεις, ξηρασία, καταιγίδες, ανεμοστρόβιλους, παγετώνες κλπ), τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο περιβάλλον, τη ρύπανση των πόλεων και άλλα πολλά φαινόμενα της φυσικής γήινης επιφάνειας. Το μοναδικό χαρακτηριστικό της Τηλεπισκόπησης να παρέχει πληροφορίες χωρίς την ανάγκη επιτόπιας επίσκεψης του επιστήμονα, χωρίς την παρέμβαση στην περιοχή μελέτης και με σχετικά χαμηλό κόστος, αποτελεί ένα από τα βασικότερα πλεονεκτήματα της έναντι άλλων μεθόδων συλλογής πληροφορίας (*Καρτέρης κ.α., 2007*).

Ορισμένοι δορυφόροι μας δίνουν σε μορφή δορυφορικών απεικονίσεων πληροφορίες για δεδομένα όπως υγρασία βλάστησης και αέρα, πυκνότητα βλάστησης ακόμα και καιρικές μεταβλητές που είναι απαραίτητες στη δημιουργία των μοντέλων πρόβλεψης. Όσον αφορά την πρόβλεψη των πυρκαγιών με την τηλεπισκόπηση γίνεται δυνατή η χαρτογράφηση της καύσιμης ύλης και η χαρτογράφηση της ξηρότητας της βλάστησης. Η Τηλεπισκόπηση αποτελεί ένα εργαλείο, ίσως το μοναδικό, που μπορεί να βοηθήσει στην καταγραφή της κατάστασης (ξηρότητας) της βλάστησης σε επίπεδο νομού, περιφέρειας ή χώρας. Η πληθώρα των φασματικών καναλιών (36 κανάλια) του MODIS (στους δορυφόρους Terra και Aqua) σε συνδυασμό με την ύπαρξη καναλιών στο μέσο υπέρυθρο επιτρέπει τον υπολογισμό δεικτών βλάστησης που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στην κατάσταση της υγρασίας των φυτών.

Βέβαια ο δορυφόρος που θα χρησιμοποιηθεί για τη λήψη, η κλίμακα των απεικονίσεων, τα κανάλια που θα συμμετέχουν αλλά και η πιθανή χρήση των προϊόντων που προαναφέραμε εξαρτώνται από τη μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί για την εξαγωγή του δείκτη επικινδυνότητας.

Η Τηλεπισκόπηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την καταγραφή των περιοχών που επλήγησαν από τις δασικές πυρκαγιές, για την χωροθέτηση των σημείων έναρξης, τη χαρτογράφηση και μέτρηση της καμένης έκτασης. Επιπλέον για την εκτίμηση των οικονομικών απωλειών, τον προσδιορισμό των οικολογικών επιπτώσεων, τη χαρτογράφηση των αλλαγών χρήσεων/κάλυψης και τέλος την εκτίμηση μακροπρόθεσμων απωλειών. Γενικά, τα δορυφορικά δεδομένα χρησιμεύουν ως μια γρήγορη και αξιόπιστη διαχειριστική πηγή συλλογής γενικών στατιστικών που αφορούν τις καμένες επιφάνειες. Ωστόσο το ποια δορυφορικά δεδομένα είναι τα πλέον κατάλληλα, εξαρτάται από την απαιτούμενη συχνότητα ή χρονικό διάστημα συλλογής δεδομένων, καθώς και από την κλίμακα του επιπέδου παρακολούθησης. (Καρτέρης κ.α., 2007).

Τα δεδομένα με χαμηλή διακριτική ικανότητα παρέχουν ένα συγκεκριμένο βαθμό γενικότητας, η οποία περιορίζει τη χρησιμότητα αυτών, ειδικά στις περιπτώσεις πυρκαγιών μικρού μεγέθους ή όταν απαιτήσει μεγάλη ακρίβεια χαρτογράφησης. Αντίθετα, αν απαιτείται ο εντοπισμός, η παρακολούθηση και η λεπτομερής εκτίμηση και χαρτογράφηση των καμένων επιφανειών καθώς και άλλων στατιστικών σε μηνιαία βάση ή στο τέλος της αντιπυρικής περιόδου, τότε οι διαθέσιμοι υψηλής διακριτικής ικανότητας δορυφόροι παρέχουν ικανοποιητική διαχρονική κάλυψη και χωρική λεπτομέρεια. (Καρτέρης κ.α., 2007).

Γενικά η διακριτική ικανότητα αναφέρεται στη δυνατότητα του συστήματος τηλεπισκόπησης να καταγράψει λεπτομέρειες της επιφάνειας της γης. Η γνώση της δυνατότητας αυτής είναι ουσιώδης για την πληρέστερη κατανόηση των θεωρητικών και επιχειρησιακών θεμάτων της τηλεπισκόπησης. Και αυτό γιατί η διακριτική ικανότητα μπορεί να είναι περιοριστικός παράγοντας στην προσπάθεια χρησιμοποίησης των δεδομένων τηλεπισκόπησης. Με άλλα λόγια, η γνώση της διακριτικής ικανότητας είναι βασική προϋπόθεση για την κατανόηση των δεδομένων και πληροφοριών, οι οποίες καταγράφονται από ένα σύστημα τηλεπισκόπησης (Στεργιόπουλος, 2010).



Εικόνα 1.6: Δορυφορική εικόνα από τον δορυφόρο Aqua της Nasa, στις 25 Αυγούστου 2007. Αποτελεί ένα στιγμιότυπο από τις εκτεταμένες και θανατηφόρες πυρκαγιές του 2007. (Πηγή: Νάσα, www.nasa.gov.us)

Η Τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλλει και στην παρακολούθηση της μεταπυρικής αναγέννησης. Οι πυρκαγιές στα μεσογειακά οικοσυστήματα έχουν μια σύνθετη επίδραση στις γεωμορφολογικές διαδικασίες και την αναγέννηση βλάστησης, λόγω της πολυπλοκότητας των δομών των τοπίων καθώς επίσης και των διαφορετικών αποκρίσεων τέτοιων συστημάτων στους διάφορους τύπους καθεστώτων πυρκαγιάς. Στο επίπεδο τοπίων, η αναγέννηση της βλάστησης μετά την πυρκαγιά εξαρτάται κυρίως από την αρχική βλάστηση και τους περιβαλλοντικούς – κλιματικούς παράγοντες και τις παραμέτρους των εκτάσεων της περιοχής. Η κάλυψη βλάστησης αποτελεί βασικό παράγοντα στις διαδικασίες εδαφικής διάβρωσης και υποβάθμισης εδάφους (Καρτέρης κ.α., 2007).

1.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την εξάπλωση της φωτιάς

Οι δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα αποτελούν μια από τις σημαντικότερες φυσικές καταστροφές σε έναν κατεξοχήν πυριγενές φυσικό περιβάλλον από άποψη κλίματος και βλάστησης (Kozlowski, 1974). Η φωτιά αν και αποτελεί αναπόσπαστη διαταραχή στα μεσογειακά οικοσυστήματα (Agee 1993, Wright and Bailey 1982) επηρεάζει σημαντικά τις επιμέρους λειτουργίες και πολλαπλές χρήσεις του δάσους και ασκεί καθοριστικές επιδράσεις στο φυσικό κύκλο διαδοχής της βλάστησης, καθώς και στη λειτουργία και δομή των φυσικών οικοσυστημάτων (Κούτσιας, 2001).

Οι βασικοί παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη, εξάπλωση και συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών είναι:

- 1) τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης (υφή, μέγεθος, συσσώρευση, κατανομή),
- 2) η τοπογραφία (έκθεση, κλίση, υψόμετρο, διαμόρφωση εδάφους) και
- 3) οι μετεωρολογικές συνθήκες (άνεμος, θερμοκρασία, σχετική υγρασία).

1.2.1 Δασική Καύσιμη Ύλη

Το σύνολο του δάσους αποτελεί καύσιμη ύλη, καθώς όλα τα μέρη του (στρωμνή, πόες, μικροί και μεγάλοι θάμνοι, δένδρα) είναι αναφλέξιμα υλικά. Ο τρόπος όμως που τα υλικά αυτά αναφλέγονται και η επίδρασή τους στη συμπεριφορά της φωτιάς ποικίλει ανάλογα με τη διάταξή τους στο χώρο, την ποσότητά τους, τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους, τη θερμοκρασία τους και την περιεχόμενη σε αυτά υγρασία (Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr).

Η διάταξη στο χώρο κατατάσσει την καύσιμη ύλη σε:

- Υποεδάφια,
- Επιεδάφια και
- Εναέρια.

Η υποεδάφια καύσιμη ύλη περιλαμβάνει όλα τα αναφλέξιμα υλικά που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια και περιλαμβάνει τον βαθύ χούμο, τις ρίζες και σάπιους μισοθαμένους κορμούς και κλαδιά. Η καύσιμη αυτή ύλη όταν είναι ξερή καίγεται, πάντοτε όμως με αργούς ρυθμούς λόγω της έλλειψης του απαραίτητου οξυγόνου. Έτσι, η συνεισφορά της στην εξάπλωση της φωτιάς είναι πολύ μικρή. Αντίθετα, μπορεί να διατηρήσει τη φωτιά για ώρες ή και ημέρες μετά την κατάσβεση της φλόγας από τους πυροσβέστες αποτελώντας πηγή αναζωπυρώσεων (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η επιεδάφια καύσιμη ύλη περιλαμβάνει όλα τα αναφλέξιμα υλικά που βρίσκονται στο έδαφος ή ακριβώς επάνω από αυτό. Τη στρωμή, μαμηλή φρυγανική βλάστηση, χόρτα όταν είναι ξηρά, χονδρά κλαδιά, λεπτοί κλάδοι, μικρά δένδρα και θάμνοι έως 3 m (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η αρχική ανάφλεξη των δασικών πυρκαγιών γίνεται κατά κανόνα στην επιεδάφια καύσιμη ύλη. Για την καύση της δεν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου και έτσι οι πυρκαγιές που δίνει μπορεί να έχουν επικίνδυνη συμπεριφορά, ιδίως ως προς την ταχύτητα εξάπλωσής τους (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η εναέρια καύσιμη ύλη περιλαμβάνει όλα τα πράσινα και νεκρά υλικά που βρίσκονται στην κόμη, μακριά από το έδαφος. Τα υλικά αυτά περιλαμβάνουν τα κλαδιά και τα φύλλα των δένδρων, ξηραμένα ιστάμενα δένδρα, υψηλούς θάμνους καθώς και άλλες μορφές βιομάζας που βρίσκονται στην κόμη (αναρριχώμενα φυτά, βρύα κλπ.) (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η ανάφλεξη της εναέριος καύσιμης ύλης κατά κανόνα αυξάνει κατά πολύ το μήκος της φλόγας και την ένταση της πυρκαγιάς. Παράλληλα δημιουργεί τις προϋποθέσεις για τη μετάδοση της πυρκαγιάς σε μεγάλες αποστάσεις με καύτρες (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Οι ιδιότητες της δασικής καύσιμης ύλης διαιρούνται στις φυσικές και στις χημικές. Οι φυσικές ιδιότητες είναι.(Mitsopoulos, et. al., 2016):

1. Βάρος ανά επιφάνεια (φορτίο καύσιμης ύλης), (kg/m ή t/ha).

2. Διαστάσεις καύσιμης ύλης (διάμετρος)

α. Φύλλωμα

β. κλαδιά διαμέτρου 0,0-0,6 cm

γ. κλαδιά διαμέτρου 0,61-2,5 cm

δ. κλαδιά διαμέτρου 2,51-7,5 cm

ε. κλαδιά διαμέτρου > 7,5 cm.

3. Λόγος επιφάνειας προς όγκο.

Μικρός όγκος και μεγάλη επιφάνεια σημαίνει ότι το υλικό είναι ευκολότερα και περισσότερο αναφλέξιμο, επειδή όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια, τόσο ευκολότερο είναι το χάσιμο της υγρασίας. Το μεγαλύτερο λόγο τον έχουν οι πευκοβελόνες, μετά τα ελάσματα των πλατύφυλλων και μετά τα κλαδιά. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάμετρος της καύσιμης ύλης τόσο μικρότερος είναι ο λόγος.

4. Πορώδες:

Το πορώδες της καύσιμης ύλης, δηλαδή το διαθέσιμο φορτίο καύσιμης ύλης ανά μονάδα όγκου, έχει αναγνωριστεί ως ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν τη ταχύτητα διάδοσης δασικών (Rothermel, 1972). Η ταχύτητα διάδοσης είναι αντιστρόφως ανάλογη με το πορώδες της καύσιμης ύλης. Ο Rothermel (1972) καθόρισε δυο διαφορετικές επιδράσεις του πορώδους της καύσιμης ύλης. Εάν το πορώδες βρίσκεται κάτω από μια άριστη τιμή (0,4), η αύξησή του οδηγεί σε ανάλογη αύξηση της ταχύτητας διάδοσης των πυρκαγιών (αν <0,2 πολύς αέρας και λίγη καύσιμη ύλη). Εάν το πορώδες βρίσκεται πάνω από την άριστη τιμή, η αύξησή του οδηγεί σε μείωση της ταχύτητας διάδοσης των πυρκαγιών (αν >0,7 πολύ καύσιμη ύλη και λίγος αέρας)

5. Οριζόντια και κατακόρυφη συνέχεια
6. Περιεχόμενη υγρασία

Το περιεχόμενο υγρασίας της δασικής καύσιμης ύλης επηρεάζει τη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών. Επιβραδύνει τη διαδικασία της καύσης λόγω των απωλειών θερμότητας που απαιτούνται για την αύξηση της θερμοκρασίας της υγρασίας του φυλλώματος ως το σημείο βρασμού και της θερμότητας που απαιτείται για την εξάτμιση του νερού (*Van Wagner, 1972*). Το περιεχόμενο υγρασίας επίσης, επηρεάζει την εκπομπή της φλόγας αλλάζοντας το ποσό των υδρατμών, του διοξειδίου του άνθρακα και τα μόρια αιθάλης που υπάρχουν σε αυτή (*Johnson, 1992*) αλλά και την καύση, εξαιτίας της αραίωσης του διαθέσιμου οξυγόνου από τους υδρατμούς που περιέχονται στην καύσιμη ύλη (*Simard, 1968*).

1.2.2 Οι τοπογραφικές συνθήκες

Η τοπογραφία στην περιοχή κάθε πυρκαγιάς έχει μεγάλη σημασία για τη συμπεριφορά της. Τα τοπογραφικά στοιχεία που έχουν ιδιαίτερη σημασία για την πυρκαγιά είναι η κλίση του εδάφους, η έκθεση της πλαγιάς, το υψόμετρο και ορισμένα γενικά χαρακτηριστικά της τοπογραφίας όπως φαράγγια, διάσελα, και κορυφογραμμές. Η επίδρασή της τοπογραφίας στην πυρκαγιά είναι τόσο άμεση όσο και έμμεση (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η πυρκαγιά κατά κανόνα εξαπλώνεται προς τα υψηλότερα μέρη κάθε πλαγιάς, εκτός εάν υπάρχει ισχυρός αντίθετος άνεμος. Η ταχύτητα εξάπλωσής της είναι μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση. Σε ελαφριά καύσιμα (πχ. χόρτα) όταν ο άνεμος φυσάει κατά τη φορά της κλίσης η ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς μπορεί να είναι απίστευτα μεγάλη. Η κλίση επηρεάζει άμεσα τη συμπεριφορά της φωτιάς με δύο τρόπους (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Λόγω της κλίσης οι φλόγες πλησιάζουν την καύσιμη ύλη μπροστά τους όπως συμβαίνει και στην περίπτωση ισχυρού ανέμου. Έτσι αυξάνεται σημαντικότερα η ακτινοβολία που

προθερμαίνει την καύσιμη αυτή ύλη και επιταχύνεται η ανάφλεξή της (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η παραγόμενη θερμότητα ανέρχεται παράλληλα με την πλαγιά δημιουργώντας ένα θερμό ρεύμα αέρα (επαγωγή) που αυξάνει την ταχύτητα εξάπλωσης ακόμη παραπάνω. Όταν η κλίση είναι μεγάλη, σοβαρό πρόβλημα αποτελούν φλεγόμενα κομμάτια καύσιμης ύλης που κατακυλούν στην πλαγιά δημιουργώντας νέες εστίες φωτιάς κοντά στη βάση της. Στη συνέχεια οι νέες φωτιές εξαπλώνονται και πάλι προς τα επάνω στην πλαγιά με τη βοήθεια της κλίσης έχοντας διαθέσιμη άφθονη άκαυτη ύλη (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η έκθεση της πλαγιάς παίζει σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά της φωτιάς γιατί συμμετέχει σε μεγάλο βαθμό στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας της καύσιμης ύλης(*fria.gr*).

Γενικά, στις βόρειες πλαγιές οι οποίες δέχονται τη λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία η καύσιμη ύλη είναι ψυχρότερη και περισσότερο υγρή από ότι στις υπόλοιπες πλαγιές. Οι θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες και μάλιστα κατά την κρισιμότερη περίοδο της ημέρας επικρατούν στις νότιες και νοτιοδυτικές πλαγιές. Οι ανατολικές πλαγιές θερμαίνονται σημαντικά κατά τις προμεσημβρινές ώρες ενώ οι δυτικές πλαγιές δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία μέχρι τη δύση του ήλιου. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της πλαγιάς τόσο περισσότερο ισχύουν οι παραπάνω αρχές (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Τόσο η έκθεση της πλαγιάς όσο και το υψόμετρο σε πολλές περιπτώσεις καθορίζουν τον τύπο και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης. Γενικά στις βόρειες πλαγιές η βλάστηση είναι περισσότερο πλούσια ενώ στις νότιες μπορεί να είναι αραιή. Το υψόμετρο επηρεάζει τη θερμοκρασία του αέρα που κατά μέσο όρο μειώνεται κατά 1 οC ανά 100 μ. υψομετρικής ανόδου. Το γεγονός αυτό, πέρα από την άμεση επίδρασή του στη φωτιά, επηρεάζει και τις συνθήκες ανάπτυξης των φυτών. Έτσι, το υψόμετρο είναι ένας από τους βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τη σύνθεση των φυτοκοινωνιών και επομένως και τα πυρικά τους χαρακτηριστικά (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η γενική τοπογραφική διαμόρφωση μιας περιοχής επηρεάζει έμμεσα αλλά σημαντικά τη συμπεριφορά της φωτιάς. Η μεταβολή κλίσεων, εκθέσεων και υψομέτρων έχουν βέβαια τα αποτελέσματα που προαναφέρθηκαν. Όμως, ιδιαίτερα σημαντική είναι η επίδραση των διάφορων τοπογραφικών στοιχείων στην ταχύτητα, την κατεύθυνση και τους στροβιλισμούς του ανέμου. Για παράδειγμα, όταν ο άνεμος διέρχεται από ένα βαθύ και στενό φαράγγι η ταχύτητά του αυξάνεται εντυπωσιακά. Ακόμη, όταν ο κατεύθυνση του ανέμου τέμνει μια κορυφογραμμή και η ταχύτητά του είναι αρκετά μεγάλη στην πίσω πλευρά αυτής δημιουργούνται συχνά έντονοι στροβιλισμοί που μεταβάλλουν τη συμπεριφορά της φωτιάς σε σχέση με την αναμενόμενη (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Ένα ιδιαίτερα σημαντικό τοπογραφικό στοιχείο που συχνά δημιουργεί ακραίες συνθήκες εξάπλωσης της φωτιάς είναι το κλειστό φαράγγι, δηλαδή το βαθύ φαράγγι που είναι κλειστό στο ένα άκρο του. Όταν υπάρχει αρκετή βλάστηση στις πλαγιές του φαραγγιού και μια πυρκαγιά εισέλθει στη βάση του η συμπεριφορά της μπορεί να αλλάξει δραματικά. Το φαράγγι μπορεί να λειτουργήσει σαν καμινάδα δημιουργώντας ισχυρό ρεύμα αέρα προς τα επάνω και τραβώντας την πυρκαγιά μέχρι την κορυφή του με εκπληκτικό ρυθμό. Στην ένταση του φαινομένου συντελεί η ύπαρξη ανέμου στην κορυφή του φαραγγιού και η ύπαρξη αστάθειας στην ατμόσφαιρα (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

1.2.3 Οι μετεωρολογικές συνθήκες

Ο καιρός είναι ο περισσότερο μεταβλητός παράγοντας που επηρεάζει τη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών. Η επίδρασή του είναι ιδιαίτερα μεγάλη και γι' αυτό είναι απαραίτητο να γίνει καλά κατανοητή (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Οι παράμετροι του καιρού που επηρεάζουν τη συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών είναι:

- ο άνεμος (ταχύτητα και διεύθυνση)
- η σχετική υγρασία του αέρα

- η θερμοκρασία του αέρα
- τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι, πάχνη, δροσιά)
- η ύπαρξη νεφώσεων ή ηλιοφάνειας
- η σταθερότητα της ατμόσφαιρας.

Οι παράμετροι αυτές στον τόπο της φωτιάς εξαρτώνται από:

- τις μετεωρολογικές συνθήκες
- την επίδραση της τοπογραφίας
- την επίδραση της ίδιας της πυρκαγιάς στα καιρικά φαινόμενα

Η σχετική υγρασία του αέρα, η θερμοκρασία, η ηλιοφάνεια και τα κατακρημνίσματα επιδρούν στη συμπεριφορά της φωτιάς μέσω της επίδρασής τους στην περιεχόμενη υγρασία και τη θερμοκρασία της καύσιμης ύλης όπως περιγράφηκε παραπάνω (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η ταχύτητα του ανέμου, είναι ένας από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για τη συμπεριφορά της φωτιάς. Η ταχύτητα αυτή μετράται με ανεμόμετρα σε χλμ/ώρα. Όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο ανεμόμετρο μπορεί να γίνει εκτίμησή της με την βοήθεια της κλίμακας Μποφόρ, παρατηρώντας τα αποτελέσματα του ανέμου στο δασικό περιβάλλον. Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα του ανέμου τόσο περισσότερο οι φλόγες αποκτούν κλίση προς τα εμπρός και πλησιάζουν την καύσιμη ύλη μπροστά τους. Η αποτελεσματικότητα της ακτινοβολίας πολλαπλασιάζεται και αυξάνεται κατακόρυφα η μεταφορά θερμότητας με επαγωγή για την προθέρμανση της καύσιμης ύλης. Έτσι, η ταχύτητα διάδοσης της φωτιάς πολλαπλασιάζεται, νέα καύσιμη ύλη συνεχώς αναφλέγεται και έτσι οι φλόγες μεγαλώνουν. Τυχόν μικρά διάκενα της καύσιμης ύλης που συχνά υπάρχουν στο δάσος παύουν να αποτελούν εμπόδιο στην εξάπλωση της φωτιάς (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Το μέγεθος της επίδρασης του ανέμου διαφέρει μεταξύ των διαφόρων τύπων καύσιμης ύλης. Γενικά είναι μεγαλύτερο για λεπτά καύσιμα όπως τα χόρτα και για καύσιμα που δεν είναι συμπιεσμένα. Η διάταξη των καυσίμων σε ύψος κατά κανόνα συνεπάγεται μεγαλύτερη ευαισθησία στην επίδραση του ανέμου όταν αυτά αναφλεγούν. Συχνά, όταν οι συνθήκες

ξηρασίας δεν είναι ακραίες, η μετάδοση της πυρκαγιάς σε θαμνώνες (όπου η καύσιμη ύλη είναι διατεταγμένη σε αρκετό ύψος) απαιτεί την ύπαρξη ισχυρού ανέμου. Κατά τις νυκτερινές ώρες, που συνήθως η ταχύτητα του ανέμου μειώνεται και αυξάνεται η σχετική υγρασία υγραίνοντας τη νεκρή καύσιμη ύλη, συχνά η εξάπλωση της πυρκαγιάς σε θαμνώνες παύει χωρίς την επέμβαση των δασοπυροσβεστών. Η μείωση της αποτελεσματικότητας προθέρμανσης των καυσίμων με την πτώση του ανέμου, σε συνδυασμό με την σχετικά υψηλή υγρασία των ζώντων θάμνων και την αύξηση της υγρασίας των νεκρών καυσίμων κάνουν αδύνατη την εξάπλωση της πυρκαγιάς (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η επίδραση ισχυρού ανέμου στην πυρκαγιά, ιδιαίτερα όταν αυτή εξελίσσεται σε επικόρυφη πυρκαγιά, έχει και ένα άλλο σημαντικό όσο και επικίνδυνο χαρακτηριστικό. Προκαλεί τη μεταφορά αναμένων τεμαχιδίων καύσιμης ύλης όπως κουκουνάκια, φύλλα, φλοιό κλπ. σε απόσταση δεκάδων ή και εκατοντάδων μέτρων μπροστά από το μέτωπο της φωτιάς. Τα τεμαχίδια αυτά ονομάζονται “καύτρες”. Όταν οι καύτρες προσγειωθούν σε λεπτή ξηρή καύσιμη ύλη (π.χ. χόρτα) προκαλούν νέες εστίες φωτιάς, συχνά πέρα από δρόμους και αντιπυρικές ζώνες, μηδενίζοντας τις προσπάθειες των δασοπυροσβεστών και εκθέτοντάς τους σε σημαντικό κίνδυνο εγκλωβισμού από τη φωτιά (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η διεύθυνση του ανέμου έχει σημασία κυρίως όσο αφορά τον συνδυασμό της επίδρασης της ταχύτητας του ανέμου με αυτήν της τοπογραφίας όπως περιγράφεται παρακάτω. Ιδιαίτερα σημαντικό στοιχείο όμως για την αντιμετώπιση της πυρκαγιάς είναι οι αλλαγές της διεύθυνσης του ανέμου γιατί μεταβάλλουν την κατεύθυνση του μετώπου της πυρκαγιάς δυσκολεύοντας τις δασοπυροσβεστικές προσπάθειες και αυξάνοντας τους κινδύνους (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

Η κατάσταση σταθερότητας της ατμόσφαιρας είναι άλλος ένας παράγοντας που αν και όχι άμεσα αντιληπτός από το δασοπυροσβέστη μπορεί να αποτελέσει καθοριστικό παράγοντα για την εξέλιξη μιας πυρκαγιάς. Όταν η θερμοκρασιακή δομή της ατμόσφαιρας είναι τέτοια που αντιστέκεται στην κάθετη κίνηση του αέρα η ατμόσφαιρα ονομάζεται σταθερή και δεν

διευκολύνει την ανάπτυξη της πυρκαγιάς γιατί δυσκολεύει την τροφοδοσία της με οξυγόνο. Αντίθετα, όταν η ατμόσφαιρα είναι ασταθής τότε οι συνθήκες διευκολύνουν την τροφοδοσία με οξυγόνο, και ευνοούν τη δημιουργία μεγάλης στήλης καπνού και τη γρήγορη εξάπλωση της πυρκαγιάς. Όταν εμφανίζεται φωτοχημικό νέφος στις μεγάλες πόλεις και όταν υπάρχει θολούρα και διάχυτος καπνός στην ατμόσφαιρα η ατμόσφαιρα είναι σταθερή. Αντίθετα, ένδειξη αστάθειας στην ατμόσφαιρα αποτελούν ο καθαρός καταγάλανος ουρανός, η πολύ καλή ορατότητα, η εμφάνιση μικρών νεφών με κάθετη ανάπτυξη στις κορυφές των βουνών (σωρίτες) και η δημιουργία καταγίδων (*Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr*).

1.3 Μοντέλα Καύσιμης Ύλης

Τα συμπλέγματα δασικής καύσιμης ύλης αποτελούνται από χλωρά και ξηρά μέρη φυτών διαφόρων διαστάσεων, βάρους και φυσικοχημικών ιδιοτήτων, καθώς και διαφόρου βαθμού οριζόντιας και κατακόρυφης συνέχειας, και συνιστούν την διαθέσιμη καύσιμη ύλη κατά την διάρκεια των πυρκαγιών. Η ποσοτικοποίηση και τυποποίηση των συμπλεγμάτων αυτών καθίσταται αναγκαία εκ του γεγονότος ότι αποτελούν την κύρια συνιστώσα του πυρικού περιβάλλοντος και, ως εκ τούτου, χρησιμοποιούνται ως εισαγωγικά στοιχεία σε μοντέλα πρόγνωσης τόσο του κινδύνου έναρξης όσο και της συμπεριφοράς των δασικών πυρκαγιών, που είναι απαραίτητα για την λήψη ορθολογικών αποφάσεων κατά τον σχεδιασμό του αντιπυρικού αγώνα (*Anderson, 1982*).

Ως μοντέλο δασικής καύσιμης ύλης (Fuel Model) ορίζεται ένα τυπικό σύμπλεγμα δασικών καυσίμων, του οποίου η ποσοτική έκφραση των φυσικών και χημικών παραμέτρων του είναι αντιπροσωπευτική της «μέσης» (τυπικής) κατάστασης ενός συγκεκριμένου τύπου βλαστήσεως (*Burgan, 1987*). Επειδή ένα μοντέλο καύσιμης ύλης βασίζεται στις φυσικοχημικές ιδιότητες και όχι στη χλωριδική σύνθεση της βλάστησης, το ίδιο μοντέλο είναι δυνατόν να αντιπροσωπεύει μια πλειάδα διαφορετικών οικοσυστημάτων (*Maxwell and Ward, 1980*). Συνεπώς, ένα μοντέλο καύσιμης ύλης είναι αντιπροσωπευτικό όλων των βλαστητικών διαπλάσεων των οποίων οι τιμές των παραμέτρων της καύσιμης ύλης είναι ανάλογες με αυτές του μοντέλου (*Burgan and*

Rothermel, 1984). Επιπρόσθετα με την χρήση φωτοσειρών που λαμβάνονται κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, διαφορετικοί τύποι βλάστησης με παρόμοιες ιδιότητες καύσιμης ύλης είναι δυνατόν να ομαδοποιηθούν και να αποτελέσουν ένα ενιαίο μοντέλο (*Fahnestock and Key, 1971*).

Οι φωτοσειρές είναι αντιπροσωπευτικές φωτογραφίες των τυπικών συμπλεγμάτων της καύσιμης ύλης που συνιστούν τους διάφορους τύπους βλάστησης και συνοδεύονται από μία συνοπτική απογραφή της καύσιμης ύλης των απεικονιζομένων συμπλεγμάτων, και πιθανώς, από πρόγνωση της ενδεχόμενης συμπεριφοράς του πυρός σε αυτά (*Maxwell and Ward 1980, Fisher 1981, Stocks 1990*). Η ομαδοποίηση των διαφόρων φωτοσειρών με στατιστική επεξεργασία, δυνατόν να οδηγήσει στην δημιουργία μοντέλων καύσιμης ύλης (*Brown and Bevis, 1986*).

Για τους στόχους της μοντελοποίησης χωρικών διαδικασιών, ο συνδυασμός των μοντέλων με την τεχνολογία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) είναι η αποτελεσματικότερη λύση. Ειδικότερα στο χώρο της διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών η προσέγγιση αυτή έχει δώσει πολύ θετικά αποτελέσματα σε επιχειρησιακό επίπεδο (*Βλάσιος και Φραγγής, 2010*).

Πολλά μοντέλα εξάπλωσης έχουν προταθεί διεθνώς τα οποία συνήθως τυποποιούνται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα με την επιστημονική βάση της ανάλυσης του μηχανισμού τον οποίο αποτυπώνουν. Οι κατηγορίες αυτές είναι (*Βλάσιος και Φραγγής, 2010*).

1. Εμπειρικά μοντέλα (ή στατιστικά) τα οποία κατά κύριο λόγο βασίζονται στην συλλογή στατιστικών πληροφοριών από την παρατήρηση φυσικών ή ιστορικών πυρκαγιών, σε μια ορισμένη γεωγραφική περιοχή. Δεν εξετάζουν τους μηχανισμούς και τις νομοτέλειες πίσω από την στατιστική και για τον λόγο αυτό μπορούν να εφαρμοστούν μόνο στην περιοχή με τα στοιχεία της οποίας αναπτύχθηκαν. Διεθνώς υπάρχουν δύο σημαντικά εμπειρικά μοντέλα για την εκτίμηση της συμπεριφοράς της φωτιάς, το Καναδικό και το Αυστραλιανό μοντέλο (*Βλάσιος και Φραγγής, 2010*).

2. Τα φυσικά μοντέλα (θεωρητικά ή αναλυτικά) στηρίζονται στις θεμελιώδεις αρχές της ρευστομηχανικής και των φυσικών νόμων της μεταφοράς της ενέργειας και της μάζας (*Βλάσιος και Φραγγής, 2010*).

Περιλαμβάνουν αναλυτική τυποποίηση των φυσικών μηχανισμών και διαδικασιών και για τον λόγο αυτό είναι δύσκολη η επιχειρησιακή εφαρμογή τους. Βασίζονται στην αναλυτική περιγραφή των φυσικών διαδικασιών και διεργασιών που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Έχουν το πλεονέκτημα ότι μπορούν να δώσουν ακριβή αποτελέσματα σχετικά με μεγέθη που σχετίζονται με την συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Περιγράφουν με μεγάλη αξιοπιστία φυσικές διαδικασίες όπως η ροή ρευμάτων (αερίων), η μεταφορά της θερμότητας και με τους τρεις τρόπους, η κινητική χημεία της πυρκαγιάς κ.τ.λ. Έχουν όμως ιδιαίτερες απαιτήσεις οι οποίες δεν είναι δυνατόν να καλυφτούν επιχειρησιακά όπως εξεζητημένα στοιχεία εισόδου, πολύ μεγάλους χρόνους υπολογισμών, εξειδικευμένους χρήστες κ.α. Τα μοντέλα αυτά αναφέρονται κυρίως σε εργαστηριακή κλίμακα και η εφαρμογή τους μέχρι σήμερα βρίσκεται σε ερευνητικό στάδιο (Βλάσιος και Φραγγής, 2010).

3. Τα **ημι-εμπειρικά μοντέλα (ημι-φυσικά ή εργαστηριακά μοντέλα)** βασίζονται στους φυσικούς νόμους, αλλά με ενσωματωμένους κάποιους εμπειρικούς παράγοντες.

Είναι ένας συνδυασμός γνώσης του μηχανισμού διάδοσης της πυρκαγιάς και πειραματικών δεδομένων που έχουν σκοπό να τεκμηριώσουν την θεωρητική γνώση και να επεκτείνουν τα αποτελέσματα πέραν της κλίμακας του εργαστηρίου. Βασίζονται στο καθολικό ισοζύγιο ενέργειας (Fradsen, 1971) και στην παραδοχή ότι η ενέργεια που μεταφέρεται στο άκαυτο καύσιμο είναι ίση με την ενέργεια που εκλύεται από την καύση. Πολλά στοιχεία αυτού του τύπου μοντέλων προσδιορίζονται με πειραματικό τρόπο σε εργαστηριακό περιβάλλον (Rothermel, 1972). Η απλότητα της προσέγγισης των ημι-εμπειρικών μοντέλων έχει επιτρέψει να αναπτυχθούν με βάση αυτά ένας σημαντικός αριθμός από επιχειρησιακά εργαλεία τα οποία βοηθούν στην υποστήριξη της λήψης αποφάσεων κατά τη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών.

Το σύστημα Behave που στηρίζεται στο μοντέλο εξάπλωσης του Rothermel αναπτύχθηκε από μια Μαθηματικό-Προγραμματίστρια της Δασικής Υπηρεσίας, την Patricia Andrews το 1984. Περιλαμβάνει διάφορα μοντέλα για την εκτίμηση της εξάπλωσης και συμπεριφοράς πυρκαγιών επιφανείας, της έντασης του μετώπου, του ύψους καυαλίσματος των δέντρων, την πιθανότητα νέκρωσης κ.τ.λ. Από τα επιχειρησιακά χρησιμοποιείται η εκτίμηση του ρυθμού εξάπλωσης και η ένταση μόνο για πυρκαγιές επιφανείας. Το Behave δημιουργεί πίνακες με τα αποτελέσματα των

υπολογισμών του για τις παραμέτρους συμπεριφοράς της φωτιάς, σύμφωνα με τα στοιχεία εισόδου τα οποία δίδονται από τον χρήστη. Μειονέκτημα των αρχικών εκδόσεων Behave ήταν το περιβάλλον επικοινωνίας με το χρήστη και ειδικότερα η έλλειψη ικανοποιητικής γραφικής αναπαράστασης των αποτελεσμάτων. Για το σκοπό αυτό το 2000 κυκλοφόρησε νέα έκδοση του Behave, το Behave plus το οποίο έχει φιλικότερο υπολογιστικό περιβάλλον επικοινωνίας με τον χρήστη και περιλαμβάνει πολύ περισσότερες δυνατότητες γραφημάτων για την παρουσίαση των αποτελεσμάτων (Βλάσιος και Φραγγής, 2010).

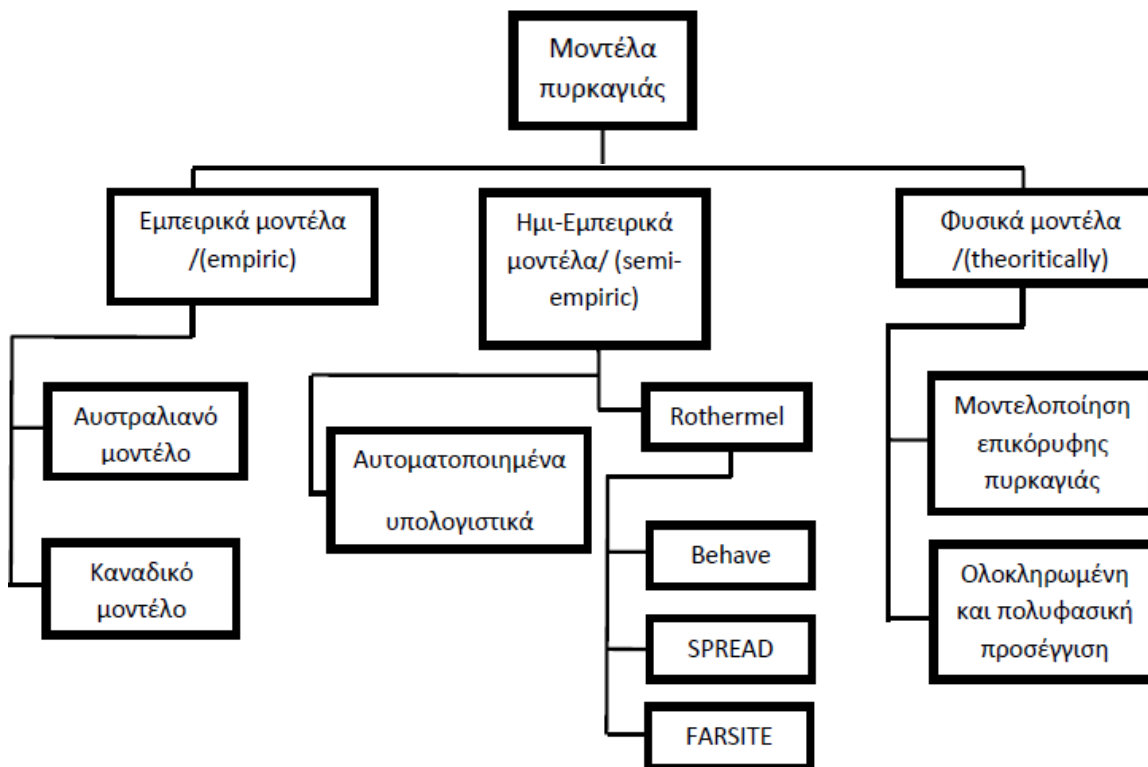
Το Spread είναι ένα λογισμικό για την προσομοίωση της εξάπλωσης της πυρκαγιάς σε ετερογενή περιβάλλοντα. Υπολογίζει το σχήμα της καμένης έκτασης, την εξέλιξη της πυρκαγιάς για τις τοπικές τιμές παραμέτρων όπως ο ρυθμός εξάπλωσης της πυρκαγιάς, το μήκος της φλόγας, η ένταση του μετώπου, η ένταση της αντίδρασης και ο χρόνος έναρξης και λήξης της εξάπλωσης τοπικά. Το εργαλείο στηρίζει την γεωγραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων του στην ανοικτή πλατφόρμα GIS, το GRASS και είναι κατάλληλο για την εκτίμηση της εξάπλωσης σε πυρκαγιές επιφανείας (Βλάσιος και Φραγγής, 2010).

Το ArcFIRE χρησιμοποιεί τοπικά για τον υπολογισμό του ρυθμού εξάπλωσης της πυρκαγιάς το μοντέλο του Rothermel και για την εκτίμηση του τρόπου ανάπτυξης της στο χώρο, την αρχή της κυματικής διάδοσης του Huygen. Το ArcFIRE προσομοιώνει την ανάπτυξη της πυρκαγιάς σαν ένα διαδιδόμενο ελλειπτικό κύμα. Η φωτιά ταξιδεύει κατά το ορισμένο χρονικό βήμα, χρησιμοποιώντας σημεία που ορίζουν το μέτωπο της πυρκαγιάς σαν ανεξάρτητες πηγές ελλειπτικών κυμάτων. Αυτές οι μικρές ελλείψεις θεωρούνται ότι σχηματίζουν ένα περίβλημα της αρχικής περιμέτρου και δημιουργούν προσομοιωτικά το νέο μέτωπο της πυρκαγιάς. Όπως φαίνεται και στο σχήμα η έλλειψη που αναπτύσσεται σε κάθε διαφορετικό τύπο καυσίμου (Fuel class) έχει διαφορετικές διαστάσεις σαν αποτέλεσμα των διαφορετικών χαρακτηριστικών του κάθε τύπου (Βλάσιος και Φραγγής, 2010).

Το Farsite ξεκίνησε σαν ένα μοντέλο πρόβλεψης της ανάπτυξης της πυρκαγιάς. Στη συνέχεια μέσω προσθηκών που έγιναν, χρησιμοποιείται σαν εργαλείο για υποστήριξη έρευνας, διαχείρισης και σχεδιασμού μέτρων πρόληψης και καταστολής. Το Farsite χρησιμοποιεί χωρικές πληροφορίες για τον τύπο καυσίμων, την τοπογραφία και τις μετεωρολογικές συνθήκες.

Ενσωματώνει σε ένα σύστημα δύο διαστάσεων υπάρχοντα μοντέλα για την εκτίμηση της συμπεριφοράς πυρκαγιών επιφανείας, επικόρυφων πυρκαγιών, δημιουργίας δευτερογενών εστιών, καύσης πίσω από το μέτωπο, επιτάχυνσης της πυρκαγιάς κ.α. Επιχειρησιακά χρησιμοποιείται το μέρος που αφορά τη συμπεριφορά των πυρκαγιών επιφανείας. Τα υπόλοιπα μοντέλα βρίσκονται ακόμη στη φάση της έρευνας, αξιολόγησης ή δοκιμών. Μια απλούστερη έκδοση του Farsite είναι το FlamMap το οποίο παρουσιάζει τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς για ένα ορισμένο σετ μετεωρολογικών παραμέτρων και παρουσιάζει στοιχεία συμπεριφοράς της πυρκαγιάς για ολόκληρη την περιοχή (σαν να καίγεται). (Βλάσιος και Φραγγής, 2010).

Το FMIS είναι ένα σύστημα που ενσωματώνει περισσότερες λειτουργίες διαχείρισης πυρκαγιών σε ένα ενιαίο υπολογιστικό περιβάλλον. Οι λειτουργίες αυτές περιλαμβάνουν την τηλεανίχνευση δασικών πυρκαγιών, την εκτίμηση του κινδύνου, την εκτίμηση της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς και την διαχείριση και το συντονισμό των κινητών μονάδων της δασοπυρόσβεσης. Το FMIS ενσωματώνει το μοντέλο Rothermel για την εκτίμηση του ρυθμού εξάπλωσης της πυρκαγιάς και χωρικό αλγόριθμο εξάπλωσης της πυρκαγιάς που στηρίζεται στην τοπολογία δικτύων τηλεπικοινωνιών (Margaritis, 1998).



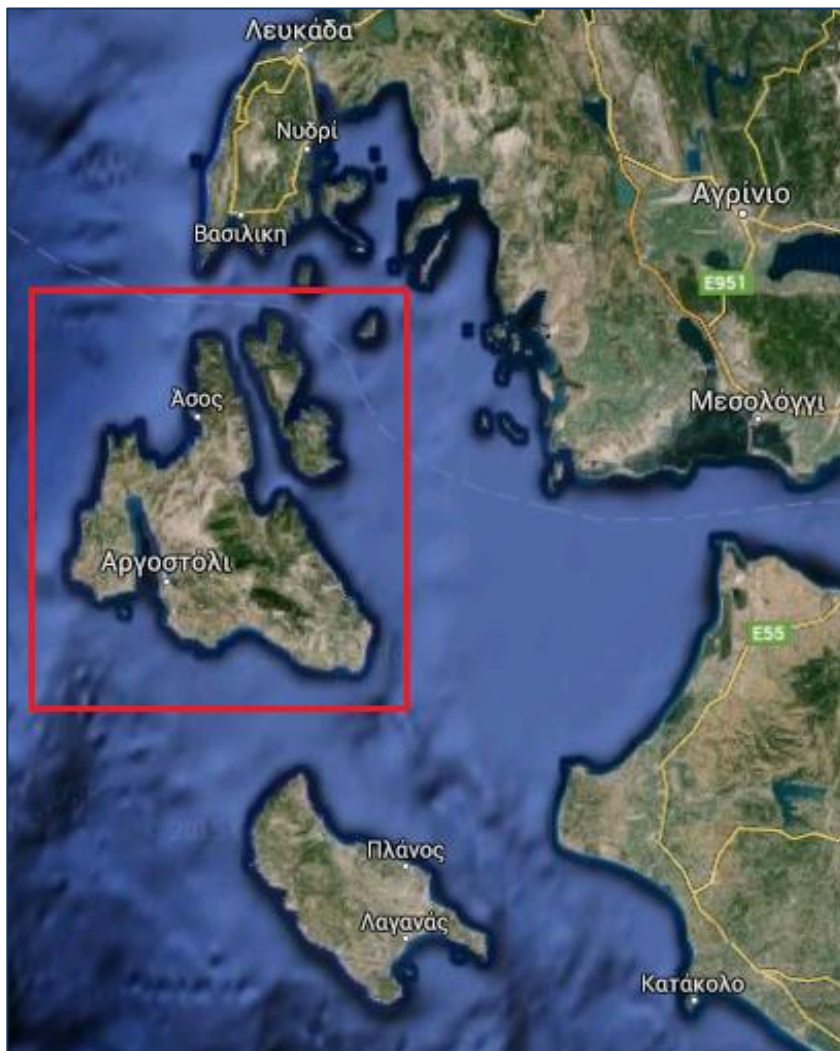
Εικόνα 1.7: Ταξινόμηση μοντέλων δασικών πυρκαγιών (Πηγή : Βλάσιος και Φραγγής, 2010).

Στην παρούσα εργασία τα μοντέλα που εξετάζονται είναι ημι-εμπειρικά μοντέλα. Τα ημιεμπειρικά μοντέλα βασίζονται στο καθολικό ισοζύγιο ενέργειας (*Fradsen, 1971*) και με την παραδοχή ότι η ενέργεια που μεταφέρεται στο άκαυτο καύσιμο είναι ίση με την ενέργεια που εκλύεται από την καύση. Η απλότητα της προσέγγισης των ημι-εμπειρικών μοντέλων έχει επιτρέψει να αναπτυχθούν με βάση αυτά ένας σημαντικός αριθμός από επιχειρησιακά εργαλεία τα οποία βοηθούν στην υποστήριξη της λήψης αποφάσεων κατά τη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών.

1.4 Περιοχή μελέτης

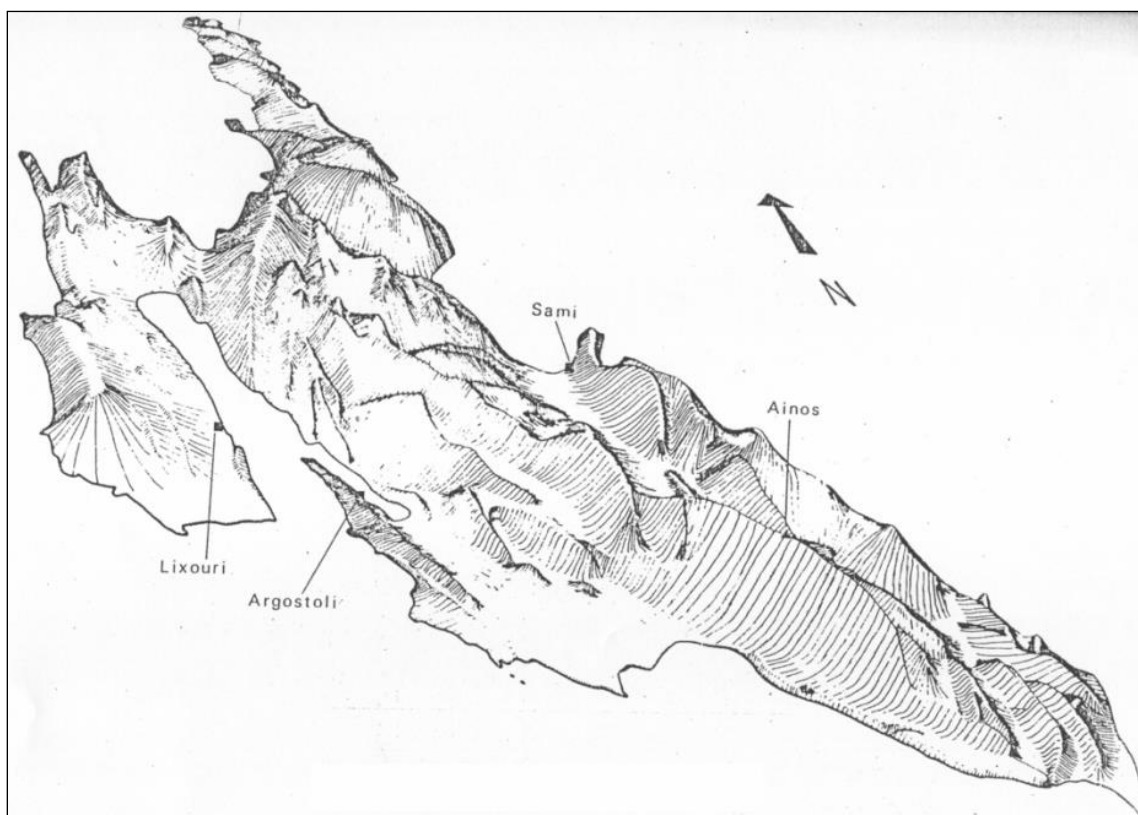
1.4.1 Γεωγραφική θέση- Έκταση Νήσου Κεφαλλονιάς

Περιοχή μελέτης αποτέλεσε ο Δήμος Κεφαλλονιάς ο οποίος ανήκει στο νησιωτικό συγκρότημα των Ιονίων Νήσων της Δυτικής Ελλάδας. Είναι το μεγαλύτερο από τα Επτάνησα και έχει συνολική έκταση 788,32 Km². Επιπλέον παρουσιάζει μέγιστο υψόμετρο 1628 m στον ορεινό όγκο του Αίνου. Ο πληθυσμός του Δήμου σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται στους 35.801 κατοίκους (*Βικιπαίδεια Εγκυκλοπαίδεια, el.wikipedia.org*).



Εικόνα 1.8: Ο Δήμος Κεφαλλονιάς ως περιοχή μελέτης(Πηγή: google map)

1.4.2 Γεωμορφολογία Νήσου Κεφαλλονιάς



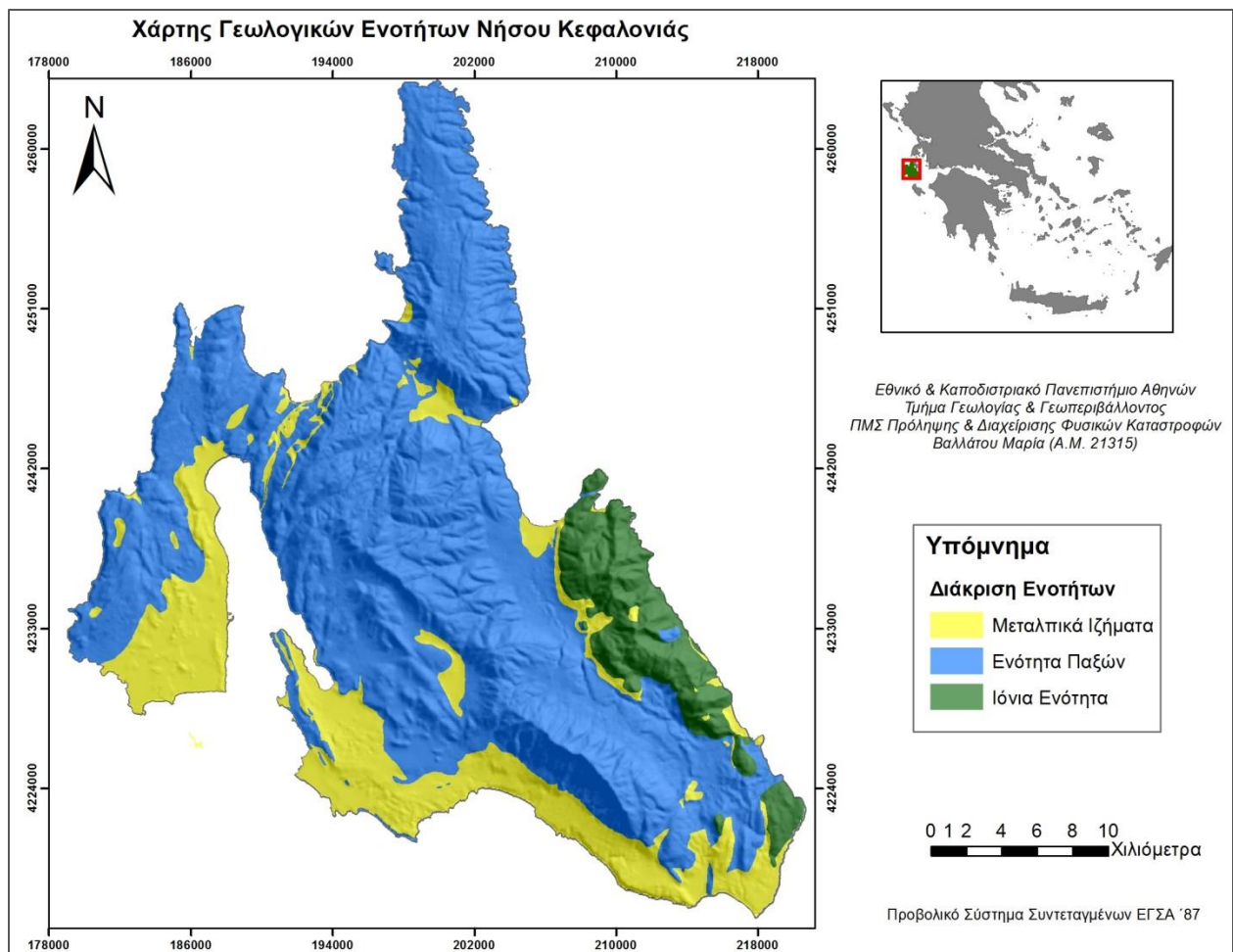
Εικόνα 1.9: Η μορφολογία της Κεφαλλονιάς (Πηγή: Γαρμπή, 2004)

Η Κεφαλλονιά χωρίζεται σε 2 τμήματα: το ανατολικό (κύριος κορμός και χερσόνησος Ερίσσου) και το πολύ μικρό δυτικό τμήμα (χερσόνησος Παλικής). Στον κορμό του νησιού διακρίνεται ο Αίνος στην ΝΑ πλευρά του νησιού με μέγιστο υψόμετρο ίσο με 1628 m. Ο Αίνος, στο μεγαλύτερο τμήμα του και ιδιαίτερα στην ανατολική πλευρά, καλύπτεται από Κεφαλληνιακή ελάτη, ενώ τα υπόλοιπα βουνά καλύπτονται με πλούσια θαμνώδη βλάστηση. Οι προεκτάσεις του όρους τέμνουν τον κύριο κορμό του νησιού. Παράλληλα προς τον Αίνο (στα ανατολικά) υψώνεται η δεύτερη και χαμηλότερη οροσειρά, με τις κορυφές Αβγό, Κόκκινη Ράχη και Άτρος. Μεταξύ των δύο οροσειρών σχηματίζεται ένα επίμηκες βύθισμα, που ξεκινά από τον κάμπο της Σάμης, προχωρεί στο Πυργί (την ορεινότερη περιοχή της Κεφαλονιάς) και καταλήγει στο νότιο τμήμα του νησιού, στην κοιλάδα του Πόρου και στην πεδιάδα του Αρακλιού. Από την άλλη η χερσόνησος της Παλικής στα δυτικά, είναι πεδινή στο μεγαλύτερο μέρος της και παράλληλα η πιο εύφορη του νησιού (Γαρμπή, 2004).

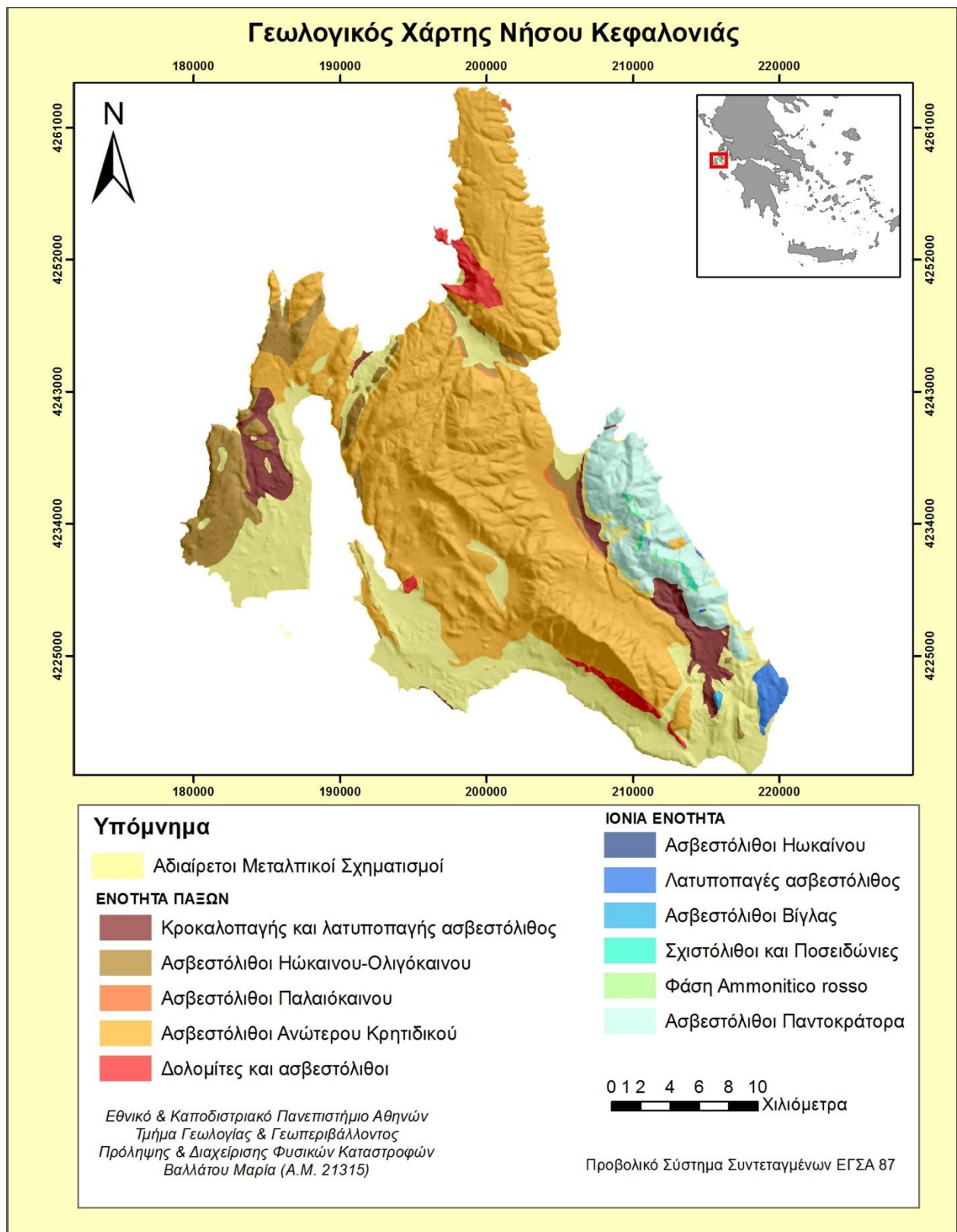
1.4.3 Η γεωλογική δομή νήσου Κεφαλλονιάς

Στη γεωλογική δομή των νήσων Κεφαλλονιάς και Ιθάκης λαμβάνουν μέρος αλπικοί σχηματισμοί» καθώς και νεότεροι πλειοτεταρτογενείς (μεταλπικοί) σχηματισμοί, οι οποίοι επικάθονται ασύμφωνα στους πρώτους. (Λέκκας κ.α. 2001)

Η νήσος Κεφαλληνία αποτελεί τμήμα των εξωτερικών Ελληνίδων όπου το μεγαλύτερο μέρος της ανήκει στην ενότητα των Παξών και ένα πολύ μικρότερο μέρος της στα νοτιοανατολικά, στην ενότητα της Ιονίου. Η ενότητα των Παξών χαρακτηρίζεται από μια νηριτική ανθρακική ακολουθία ηλικίας κατώτερου Κρητιδικού έως ανώτερου Μειοκαίνου. Η ενότητα της Ιονίου είναι επωθημένη πάνω στην ενότητα των Παξών και καλύπτει στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου μια πολύ μικρή έκταση. Η ενότητα αυτή αποτελείται κυρίως από ιουρασικούς - ηωκαινικούς ασβεστολίθους καθώς και εβαπορίτες τριαδικής ηλικίας. Οι μεταλπικές αποθέσεις αποτελούνται από μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγές και ασβεστόλιθους λιμναίας ή θαλάσσιας φάσης πλειοκαινικής ηλικίας και τεταρτογενή θαλάσσια ιζήματα και χερσαίοι σχηματισμοί αποτελούμενοι κυρίως από μάργες, αργίλους, άμμους κ.ά. (IGRS-BP, 1971). Ο ρηξιγενής και πτυχωσιγενής τεκτονισμός που παρατηρείται στη νήσο έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ΒΑ-ΝΔ, Β-Ν ΑΒΑ-ΔΝΔ.



Χάρτης 1.1: Γεωλογικές Ενότητες Νήσου Κεφαλονιάς



Χάρτης 1.2: Γεωλογικοί Σχηματισμοί Νήσου Κεφαλονιάς

1.4.4 Μετεωρολογικές- Κλιματολογικές Συνθήκες Νήσου Κεφαλονιάς

Οι διακυμάνσεις του κλίματος της Κεφαλονιάς κατά τη διάρκεια του μακρινού παρελθόντος είναι άγνωστες. Υποθέτουμε ότι υπέστη τις ίδιες μεταβολές, που συνέβησαν στον μεσογειακό και ελλαδικό χώρο κατά την εναλλαγή παγετώδων, μεσοπαγετώδων και μεταπαγετώδων περιόδων, οι οποίες ως αβιοτικοί παράγοντες επηρέασαν και διαμόρφωσαν τη βλάστηση και τη σύνθεση της χλωρίδας της. (*Φοίτος και Καμάρη, 2009*).

Η Ελλάδα γενικά ανήκει στον μεσογειακό τύπο με ήπιο χειμώνα, βροχοπτώσεις κατά την ψυχρή περίοδο και καλοκαίρι με υψηλές θερμοκρασίες και ανομβρία (*Φοίτος και Καμάρη, 2009*).

Η Κεφαλονιά και γενικότερα τα Ιόνια νησιά χαρακτηρίζονται από θερμό, άνυδρο καλοκαίρι με ασθενείς βόρειους και ξηρούς ανέμους και από χειμώνα ήπιο με άφθονες βροχοπτώσεις.

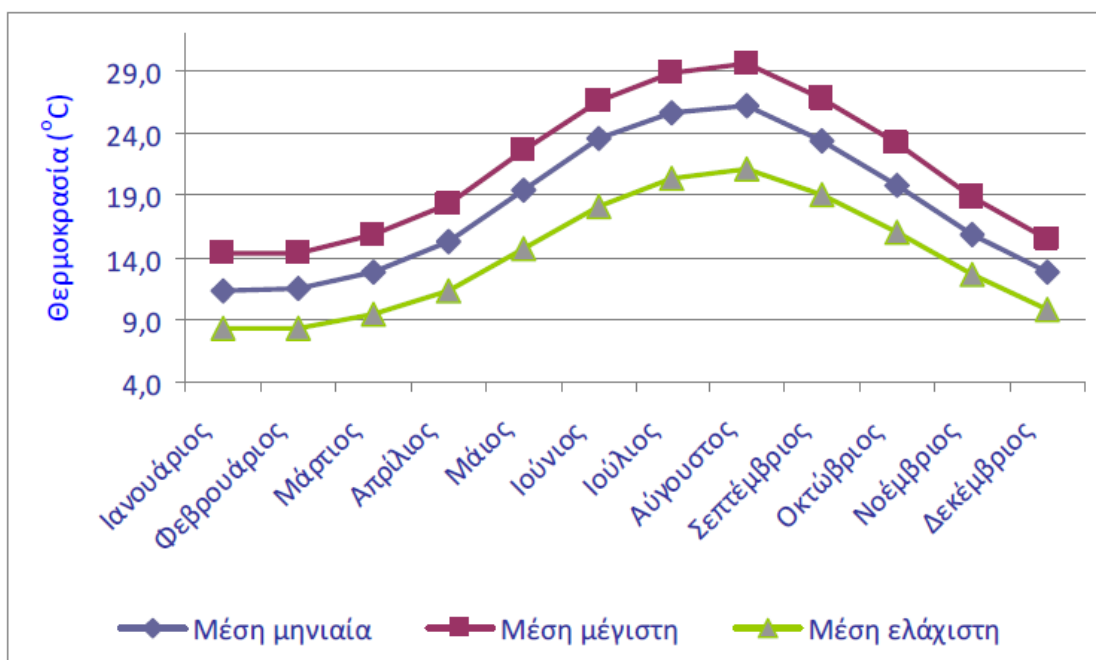
Ειδικότερα τα κλιματικά στοιχεία για την Κεφαλονιά προέρχονται: 1) από τον Σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) που βρίσκεται πλησίον της πόλης του Αργοστολίου, σε υψόμετρο 22,0 m, γεωγραφικό πλάτος 38ο 11' και γεωγραφικό μήκος 20ο 29'. 2) Από το “Γενικό Διαχειριστικό Σχέδιο Εθνικού Δρυμού Αίνου της Γενικής Γραμματείας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος” -Διεύθυνσης Δασών Κεφαλληνίας (*Μιχαλές και Γαρτσώνη, 1996*). 3) Από τη “Χλωρίδα της νήσου Κεφαλληνίας” (*Φοίτος και Damboldt, 1985*) από τον πρόσφατα εγκατεστημένο στον Αίνο αυτόματο υδρομετεωρολογικό σταθμό, εντός της ορεινής βάσης του Εθνικού Κέντρου Αστρονομίας “ ΕΥΔΟΞΟΣ” του Κεφαλληνιακού Ιδρύματος Ερευνών (Κ.Ι.Ε.) σε υψόμετρο 1100 m.

Στον πίνακα 1.1 σημειώνονται ανά μήνα οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας των ετών της περιόδου 1970 – 2001 στην περιοχή Αργοστολίου. Οι μήνες με τη χαμηλότερη μέση θερμοκρασία είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με 11,4⁰C και 11,5⁰C αντίστοιχα, ενώ η μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία παρατηρείται τον Αύγουστο με 29,5⁰C. Το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι 14,7⁰C (μέση μέγιστη τιμή-μέση ελάχιστη τιμή). Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιούλιο έφθασε τους 40,60, ενώ ανά έτος δεν έπεσε κάτω από 30,50. Η απόλυτη ελάχιστη κατά τον Μάρτιο έπεσε στους -0,4⁰C, όπου παρατηρήθηκε παγετός, ενώ ανά έτος δεν κατέβηκε κάτω από 5,4⁰C .

Πίνακας 1.1 Κύρια χαρακτηριστικά μέσης μηνιαίας και ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια του έτους (περίοδος 1970 – 2001) (Πηγή: Καραγιάννη 2010).

Μήνας	Μέση θερμοκρασία	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Απόλυτα μέγιστη	Απόλυτα ελάχιστη
Ιανουάριος	11,4	14,3	8,4	19,6	0,2
Φεβρουάριος	11,5	14,3	8,4	23,4	0,6
Μάρτιος	12,8	15,8	9,4	25,0	-0,4
Απρίλιος	15,3	18,3	11,4	28,0	4,0
Μάιος	19,5	22,6	14,8	33,6	7,8
Ιούνιος	23,5	26,5	18,1	36,0	8,0
Ιούλιος	25,7	28,8	20,3	40,6	12,4
Αύγουστος	26,1	29,5	21,1	40,0	12,4
Σεπτέμβριος	23,4	26,8	19,1	36,8	13,0
Οκτώβριος	19,8	23,1	16,1	33,0	3,0
Νοέμβριος	15,8	18,8	12,6	29,0	3,2
Δεκέμβριος	12,8	15,5	9,8	20,4	0,0
ΑΝΑ ΕΤΟΣ	18,1	21,2	14,1	30,5	5,4

Ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος. Η ελάχιστη τιμή της μέσης **θερμοκρασίας** παρατηρείται τον Φεβρουάριο (3,6⁰C) και η μέγιστη τον Αύγουστο (22,8⁰C). Το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος (μέση μέγιστη-μέση ελάχιστη) είναι 17,4 ⁰C και η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 12,6 ⁰C.



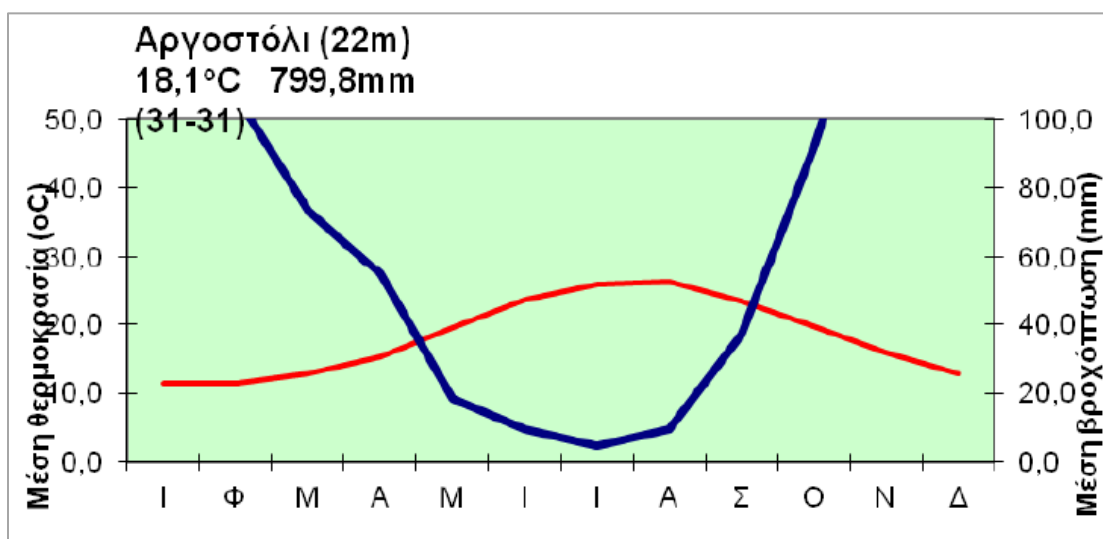
Διάγραμμα 1.2: Διακυμάνσεις των τιμών της μέσης μέγιστης, μέσης μηνιαίας και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους στο Αργοςτόλι (Πηγή: Καραγιάννη, 2010).

Οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά συχνές (περίπου 900 χιλιοστά ετησίως στις πεδινές και παράκτιες περιοχές), εξαιτίας των κινουμένων από τα δυτικά προς τα ανατολικά υφέσεων και των συχνών υγρών ανέμων του νότιου τομέα. Η πορεία της βροχής στη διάρκεια του έτους είναι απλή, με μέγιστο όριο τον Δεκέμβριο και ελάχιστο τον Ιούλιο. Αντίστοιχα απλή ετήσια πορεία παρουσιάζουν και οι βροχερές ημέρες. Το χαλάζι εμφανίζεται συχνότερα σε σχέση με άλλες περιοχές και οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο, ενώ τους θερινούς μήνες η χαλαζόπτωση είναι πολύ σπάνια. Τέλος το χιόνι δεν είναι συχνό και περιορίζεται μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες Νοέμβριο-Φεβρουάριο. Το χιόνι μπορεί να διατηρηθεί σε μερικές θέσεις του Αίνου μέχρι και τρεις μήνες (Μιχαλές και Γαρτσώνη, 1996). Οι πυρκαγιές επίσης, κατά τις οποίες αποψιλώθηκαν χιλιάδες στρέμματα δάσους κεφαλληνιακής Ελάτης, οπωσδήποτε έχουν επηρεάσει το μικροκλίμα της περιοχής (Φραγκόπουλος και Μαλεφάκης, 1963).

Πίνακας 1.2.: Κλιματικά δεδομένα του Μ.Σ. Αργοστολίου, σχετικά με τη βροχόπτωση χρονικής περιόδου 1970 – 2001 (Πηγή: Καραγιάννη, 2010). Στην τελευταία στήλη αναγράφονται για σύγκριση στοιχεία των ετών 1894 – 1929 (Πηγή: Λασκαράτου και Λαδά, 1973).

Μήνας	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm)	Μέγιστο ύψος 24ώρου σε mm	Ημέρες βροχής	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) 1894 – 1929
Ιανουάριος	105,6	68,4	12,8	127,1
Φεβρουάριος	106,8	112,5	12,5	103,2
Μάρτιος	73,5	51,0	10,4	78,6
Απρίλιος	54,9	63,1	8,9	45,1
Μάιος	18,5	49,0	4,2	27,2
Ιούνιος	9,7	67,4	1,5	14,8
Ιούλιος	4,6	47,6	0,7	4,6
Αύγουστος	9,4	26,8	1,6	10,9
Σεπτέμβριος	37,2	125,2	4,5	27,9
Οκτώβριος	91,4	112,9	9,3	128,7
Νοέμβριος	155,4	192,3	13,0	130,7
Δεκέμβριος	132,8	104,9	14,2	173,7
ΑΝΑ ΕΤΟΣ	άθροισμα 799,8	μέγιστο 104,9	άθροισμα 95,0	άθροισμα 872,5

Επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι βόρειοι, βορειοδυτικοί και ακολουθούν οι νότιοι. Οι πιο ισχυροί άνεμοι πνέουν τους μήνες Φεβρουάριο και τον Μάρτιο, ενώ οι πιο ασθενείς τον Σεπτέμβρη (Κοτίνη και Ζαμπάκα, 1983).

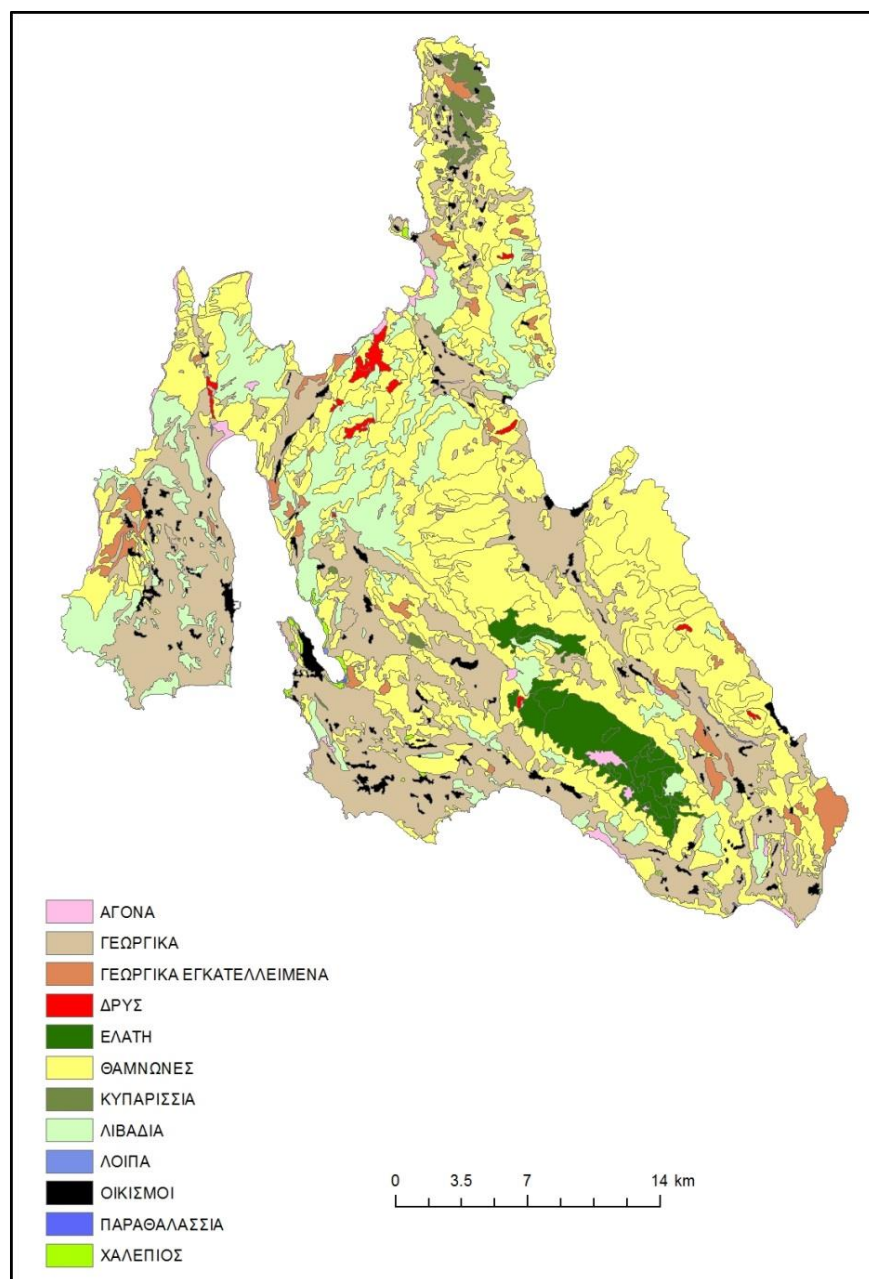


Διάγραμμα 1.3: Ομβροθερμικό διάγραμμα Αργοστολίου (Πηγή: Walter 1970).

1.4.5 Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλλονιάς

Το κλιματεδαφικό περιβάλλον δρα συνολικά για την δημιουργία της όποιας δασικής ζώνης στα διάφορα γεωγραφικά μήκη και πλάτη. Η επίδραση των κλιματικών παραγόντων είναι διαφορετική από τόπο σε τόπο και από δασοπονικό είδος σε δασοπονικό είδος. Σε τοπικό επίπεδο το διαφορετικό γεωλογικό υπόβαθρο –αποσάθρωση που δημιουργεί διαφορετικό εδαφικό προφίλ- δημιουργεί, σε συνδυασμό με τις κλιματικές συνθήκες, διαφορετική εξάπλωση και ευδοκίμηση των δασοπονικών ειδών (*Βέργος, 1988*).

Η βλάστηση της Κεφαλλονιάς αποτελείται από δάση, θαμνώνες και μερικές λιβαδικές εκτάσεις. Στον χάρτη της εικόνας 1.10 παρουσιάζεται η κάλυψη γης της Κεφαλλονιάς:



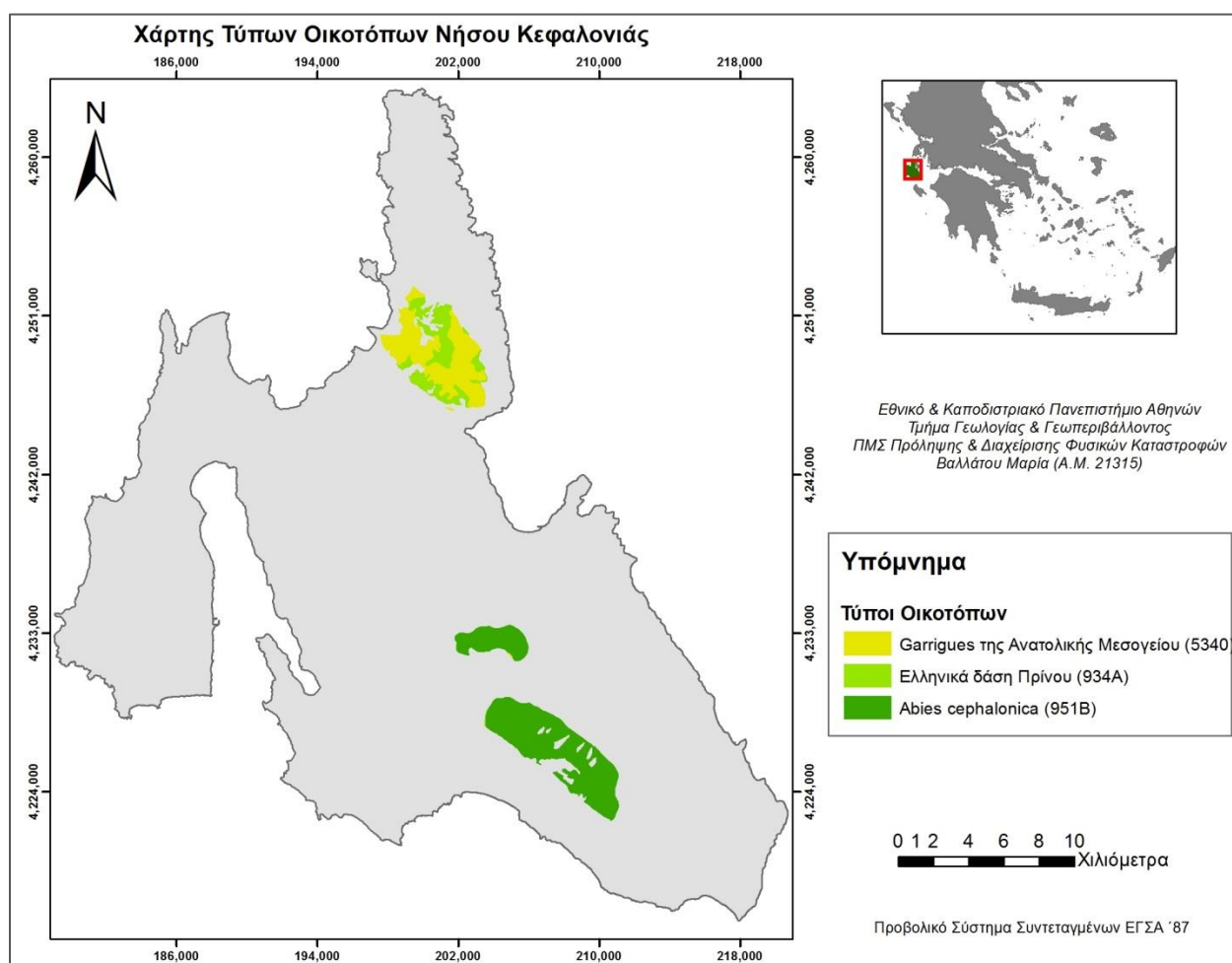
Εικόνα 1.10: Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλονιάς (Πηγή: Bossard, et al., 2000)

Οι δασικές εκτάσεις είναι κυρίως στην οροσειρά του Αίνου. Σε όλο το υπόλοιπο νησί υπάρχει έντονη θαμνώδης και ποώδης βλάστηση. Στις περιοχές κοντά στον κόλπο του Αργοστολίου αλλά και σε όλη τη νότια Κεφαλονιά, στην περιοχή της Σάμης και στο Λιβάδι της Παλικής, υπάρχουν αγροτικές εκτάσεις και κυρίως σύνθετες καλλιέργειες και εκτάσεις που κυρίως καταλαμβάνονται από τη γεωργία.

1.4.6 Τύποι Οικοτόπων Νήσου Κεφαλονιάς

Σε εφαρμογή της οδηγίας 92/43/ΕΟΚ στην Ελλάδα, (Η Οδηγία 92/43/ΕΟΚ «για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας») αναγνωρίστηκε ένας αριθμός τύπων οικοτόπων που συγκροτούν το δίκτυο “Φύση 2000”.

Η χωρική κατανομή των 3 σημαντικών τύπων οικοτόπων της περιοχής μελέτης, φαίνεται στον χάρτη 1.3.



Χάρτης 1.3: Τύποι Οικοτόπων Νήσου Κεφαλονιάς

Ακολουθεί μια περιγραφή των οικοτόπων που παρουσιάζονται στον χάρτη 1.3.

-Δάση ελληνικής Ελάτης (*Abies cephalonica*) (951B)



*Εικόνα 1.11: Οικότοπος- Δάση ελληνικής ελάτης (*Abies cephalonica*)*

Ο συγκεκριμένος τύπος οικοτόπου εμφανίζεται μόνο στον Εθνικό Δρυμό Αίνου. Συγκεκριμένα είναι ο μεγαλύτερος σε έκταση και ο σημαντικότερος από οικολογική άποψη στην περιοχή του Εθνικού Δρυμού (*Φορέας διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου*, [link: foreasainou.gr](http://foreasainou.gr)).

Ο Εθνικός Δρυμός Αίνου, ιδρύθηκε το 1962 στο νησί της Κεφαλλονιάς, κυρίως για να προστατευθεί ότι είχε απομείνει από το άλλοτε ακμαίο και μεγαλόπρεπο δάσος του, το οποίο συνίσταται σχεδόν αποκλειστικά από ένα από τα ωραιότερα δασικά δένδρα, δηλαδή από την κεφαλληνιακή Ελάτη (*Φορέας διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου*, [link: foreasainou.gr](http://foreasainou.gr)).

Στη γλωριδική σύνθεση του οικοτόπου συμμετέχουν τα είδη: *Abies cephalonica*, *Scilla nivalis*, *Cyclamenhederifolium*, *Anemone blanda*, *Corydalis densiflora*, *Saxifraga chrysoslenifolia*., *Paeoniamascula subsp. russi* κλπ. τα οποία αποτελούν και τα χαρακτηριστικά του οικοτόπου. Το ελατοδάσος εξαπλώνεται από το υψόμετρο των 800 m περίπου μέχρι σχεδόν την κορυφή του Αίνου σε υψόμετρο 1.600 m. Στα χαμηλότερα υψόμετρα (μέχρι τα 1.100-1.200 m) κάτω από τον δενδρώδη όροφο της *Abies cephalonica*, αναπτύσσεται αραιός θαμνώδης υπόροφος κυρίως με *Quercus coccifera*. Η δομή του ελατοδάσους είναι σε πολλά σημεία πυκνή με φυτοκάλυψη που προσεγγίζει το 100% και με την *Abies cephalonica* να ξεπερνά τα 20 m σε ύψος αλλά υπάρχουν και αρκετές θέσεις όπου το ελατοδάσος είναι πιο υποβαθμισμένο και αραιό. Η αναγέννηση της ελάτης επίσης ποικίλει αρκετά και είναι ικανοποιητική κατά τόπους, αλλά υπάρχουν και πολλές περιοχές στις οποίες είναι πολύ μικρή έως ανύπαρκτη. Στο γειτονικό Ρούδι το ελατοδάσος καλύπτει κυρίως το κεντρικό και δυτικό τμήμα του όρους. Εδώ οι συστάδες της *Abies cephalonica* ξεκινούν κάτω από τα 700 m υψόμετρο και εξαπλώνονται μέχρι τα υψηλότερα σημεία του όρους στα 1.100 m περίπου. Πρόσφατα εκτός της *Abies cephalonica*, κυρίαρχο είδος του Εθνικού Δρυμού, ευρεθηκαν και λίγα άτομα της *Pinus nigra* G.F. Arnold στις Β.Δ. πλαγιές (υψόμετρο περίπου 1.200 m) του Όρους Αίνος. Στα χαμηλότερα υψόμετρα (περίπου μέχρι τα 800 m) κάτω από τον δενδρώδη όροφο της *Abies cephalonica*, αναπτύσσεται πυκνός υπόροφος αειφύλλων πλατυφύλλων με *Arbutus unedo*, *A.andrachne*, *Quercus coccifera*, *Q. ilex*, και *Phillyrea latifolia*. Στα μεγαλύτερα υψόμετρα, ο θαμνώδης υπόροφος στον οποίο συμμετέχουν τα είδη *Crataegus monogyna* και *Q.coccifera* είναι πιο αραιός. Η δομή του ελατοδάσους επίσης ποικίλει και είναι πολύ πυκνή (κυρίως στο δυτικό τμήμα του Ρουδίου) ενώ στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα του όρους το ελατοδάσος είναι αραιό και υποβαθμισμένο. Ομοίως η αναγέννηση της ελάτης είναι ικανοποιητική στις θέσεις που το ελατοδάσος είναι πυκνό αλλά ουσιαστικά είναι ανύπαρκτη στις αραιές και υποβαθμισμένες συστάδες (Φορέας διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου, [link: foreasainou.gr](http://foreasainou.gr)).

-Ελληνικά δάση Πρίνου (934Α)



Εικόνα 1.12: Οικότοπος- Ελληνικά δάση Πρίνου

Αυτός ο τύπος οικοτόπου περιλαμβάνει τους υψηλούς θάμνους με *Quercuscoccifera*. Η βλάστηση αυτών των συστάδων αποτελείται από υψηλά άτομα *Q. coccifera*(2-6 m) ενώ μικρή είναι η συμμετοχή άλλων θαμνωδών ειδών (*Phillyrea latifolia*). Επίσης ο ποώδης υπόροφος είναι πολύ πτωχός. Το *Quercus coccifera* είναι ένα είδος με ισχυρή αναγεννητική ικανότητα, το οποίο μπορεί να ανθίσταται στις ανθρώπινες επιδράσεις (πυρκαγιές, βόσκηση). Στις περισσότερες περιπτώσεις η συχνότητα και η ένταση των επιδράσεων αυτών καθορίζει την δομή των θαμνώνων αυτών. Ο συγκεκριμένος τύπος οικοτόπου έχει υπολειμματικό χαρακτήρα και καταλαμβάνει μικρές εκτάσεις στο Ρούδι σε υψόμετρα 650-900 m. Καταλαμβάνει έκταση 11 ha και αντιπροσωπεύει το 0,4% των οικοτόπων της περιοχής μελέτης. Τα χαρακτηριστικά είδη διάκρισης του οικοτόπου είναι τα: *Quercus coccifera*, *Phillyrea*

latifolia, *Smilax aspera*, *Rupia peregrina*, *Asparagusacutifolius* (Φορέας διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου, [link: foreasainou.gr](http://foreasainou.gr)).

-Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου (5340)



Εικόνα 1.13: Οικότοπος- Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου

Με αυτόν τον τύπο οικοτόπου περιγράφεται η ανοικτή θαμνώδης βλάστηση αειφύλλων πλατυφύλλων που βρίσκεται σε μείξη με φρύγανα. Καταλαμβάνει έκταση 5.340 ha και αντιπροσωπεύει το 7,3% των οικοτόπων της περιοχής μελέτης. Στην περιοχή μελέτης πρόκειται συνήθως για αραιούς θαμνώνες με *Quercus coccifera* στους οποίους υπάρχει πολύ έντονη παρουσία του *Phlomis fruticosa*. Οι κοινότητες βόσκονται έντονα και αποτελούν στάδιο υποβάθμισης σκληρόφυλλων θαμνώνων. Εκτός από τα παραπάνω είδη στη σύνθεση της φυτοκοινότητας συμμετέχουν και άλλα είδη ανθεκτικά στη βόσκηση όπως τα *Crataegus*

monogyna και *Euphorbia rigida*. Οι ανοικτές αυτές δομές ευνοούν την έντονη παρουσία πολλών ποωδών ειδών με πιο άφθονα τα *Brachypodium retusum*, *Pteridium aquilinum*, *Bupleurum glumaceum*, *Festuca jeanpertiai* subsp. *achaia* κλπ. Ακόμα και οι υψηλότεροι θάμνοι είναι υπερβοσκημένοι και το ύψος τους σπάνια ξεπερνάει το 1,5 m. Αξίζει να σημειωθεί ότι στην έκταση αυτού του τύπου οικοτόπου καταγράφηκαν και νανώδη υπερβοσκημένα άτομα κεφαλληνιακής ελάτης (*Φορέας διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου*, *link: foreasainou.gr.*)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1 Μεθοδολογία

Ακολουθήθηκε η εξής μεθοδολογία:

1. Σε πρώτη φάση πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη δειγματοληψία πεδίου, με μετρήσεις των παραμέτρων της καύσιμης ύλης, αποσκοπώντας στην αντιστοίχιση των διαφόρων τύπων βλάστησης σε τύπους καύσιμης ύλης.

2. Έπειτα οι σημειακές μετρήσεις έπρεπε να αναχθούν στο επίπεδο του τοπίου που είναι όλο το νησί, μέσω της χρήσης δορυφορικής εικόνας (Landsat 8, 23-7-2015). Η δορυφορική μας έδωσε την βλάστηση στο επίπεδο του νησιού και την αντιστοίχιση της βλάστησης με την καύσιμη ύλη αλλά και την εδαφοκάλυψη από την κομοστέγη στο επίπεδο του νησιού.

3. Χρησιμοποιώντας όλα αυτά και προσδιορίζοντας 3 διαφορετικά σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης, μέσω του μοντέλου προσομοίωσης πυρκαγιών FlamMap, εκτιμήθηκαν χωρικά:

=> Η συμπεριφορά της πυρκαγιάς και

=> Ο κίνδυνος έκθεσης της βλάστησης στην πυρκαγιά.

4. Εκτίμηση της μεταβολής της αξίας των οικοτόπων της περιοχής από δασικές πυρκαγιές, μέσω του λογισμικού ArcFuels.

2.2 Δειγματοληψία Δασικής Καύσιμης Ύλης στο Πεδίο

Για τη δημιουργία τυπικών μοντέλων καύσιμης ύλης έγινε εκτεταμένη δειγματοληψία με μετρήσεις καύσιμης ύλης στον πυρήνα και στην περιφερειακή ζώνη του Εθνικού Δρυμού Αίνου. Για την επίτευξη ομοιογένειας και αντιπροσωπευτικότητας έγινε αρχικά στρωμάτωση με τη βοήθεια δασικών χαρτών και των δορυφορικών εικόνων του Google Earth και επιλέχθηκαν οι γενικές θέσεις.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε τον Αύγουστο του 2015 επειδή οι μήνες Μάιος έως Σεπτέμβριος χαρακτηρίζονται ως περίοδος υψηλού κινδύνου για πυρκαγιές στο δάσος.

Η δειγματοληψία βλάστησης πραγματοποιήθηκε στον πυρήνα και στην περιφερειακή ζώνη του Εθνικού Δρυμού Αίνου. Με το σκεπτικό ότι οι μετρήσεις θα είναι αντιπροσωπευτικές των τύπων βλάστησης και εκτός του Δρυμού. Πέραν αυτού δόθηκε έμφαση στην προστατευόμενη περιοχή.

Ο αριθμός των επιφανειών στις οποίες πραγματοποιήθηκε η δειγματοληψία ανέρχονται σε 36 και κατανέμονται σε τύπους βλάστησης ως εξής:

- Θαμνώνες αειφύλων πλατυφύλλων: 9
- Φρύγανα: 6
- Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση: 6
- Δάση Ελάτης: 7
- Πρινώνες: 7
- Χορτολιβαδικές εκτάσεις: 1

Πρέπει να σημειωθεί ότι ο αριθμός των δειγματοληπτικών επιφανειών σίγουρα επηρεάστηκε και από την προσβασιμότητα στην περιοχή του Δρυμού.

Χρησιμοποιήθηκαν: μετροταινίες, κοντάρι 2 μέτρων με χρωματική εναλλαγή, συσκευή GPS, μια φωτογραφική μηχανή, κλισίμετρο, πυξίδα, χάρακας και αλτίμετρο.

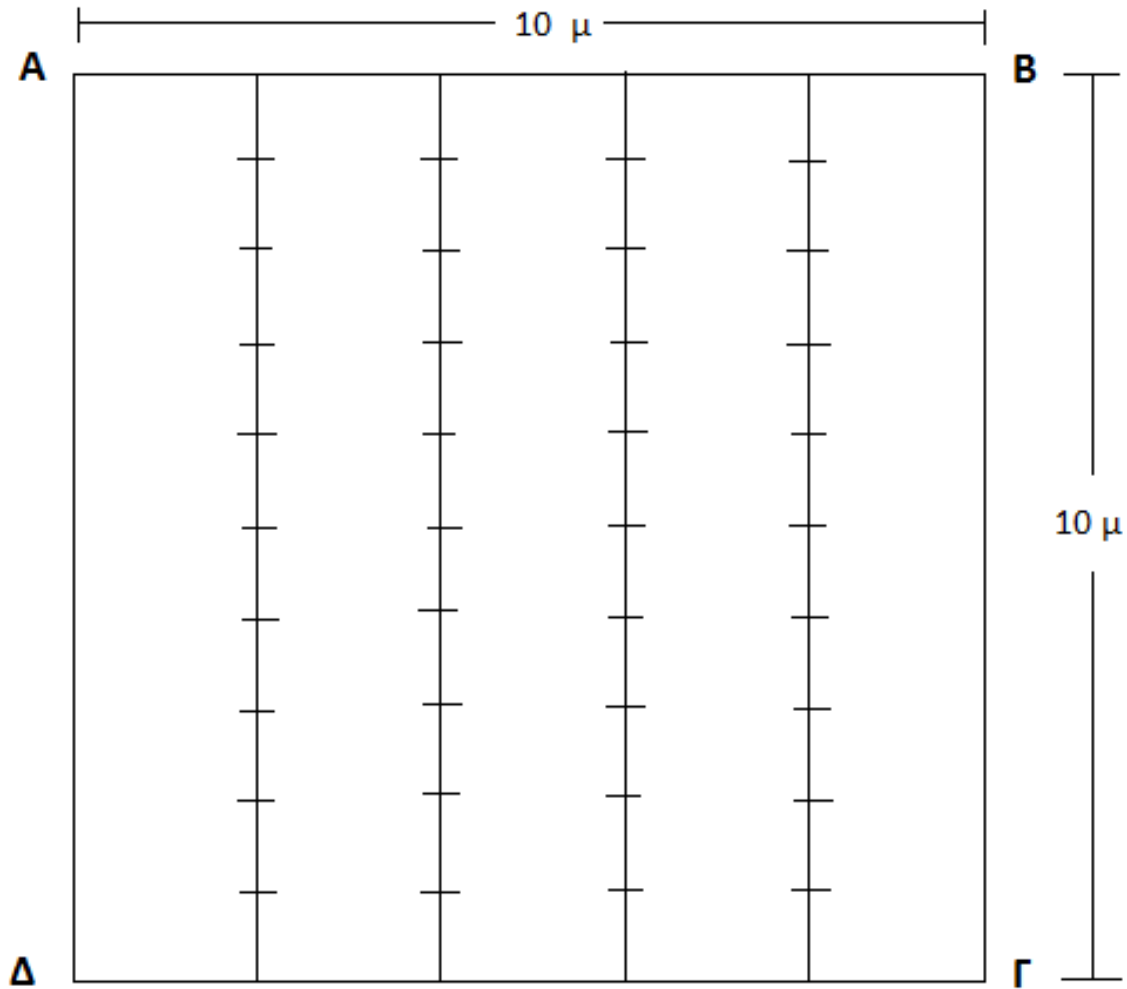
Συγκεκριμένα οριοθετήθηκαν 36 επιφάνειες των 100 τ.μ. και μετρήθηκαν: το μέσο ύψος και η κάλυψη του υπορόφου, το βάθος της στρωμνής (φυλλοτάπητα) και οπτική εκτίμηση της κάλυψης του και λήφθηκαν φωτογραφίες στις 4 κορυφές του τετραγώνου.

Επιπλέον η δειγματοληψία περιλάμβανε γενικές πληροφορίες για τη θέση όπου καταγράφηκαν τα στοιχεία όπως η μέση κλίση της πλαγιάς της δειγματοληψίας, το υψόμετρο, η έκθεση, το κυρίαρχο είδος βλάστησης καθώς και οι συντεταγμένες (x και y).

Συγκεκριμένα οριοθετήθηκε με μετροταινία μια περιοχή έκτασης 10 μ x 10 μ. (Εικόνα 2.1). Για την εκτίμηση του μέσου ύψους και της κάλυψης της καύσιμης ύλης σε κάθε δειγματοληπτική επιφάνεια διενεργήθηκε η παρακάτω συστηματική δειγματοληψία: Κατά μήκος τεσσάρων γραμμών (που τοποθετήθηκαν ανά 2 μέτρα στον κάθετο άξονα (10 μέτρων) και παράλληλα με τον επιμήκη άξονα (10 μέτρων) και σε απόσταση ανά ένα μέτρο πάνω σε κάθε γραμμή, έγινε μέτρηση του ύψους της καύσιμης ύλης με μια δίμετρη σταδία. Το μέσο ύψος και η μέση κάλυψη της βλάστησης προέκυψαν από το μέσο όρο των τιμών των 36 συνολικά μετρήσεων.

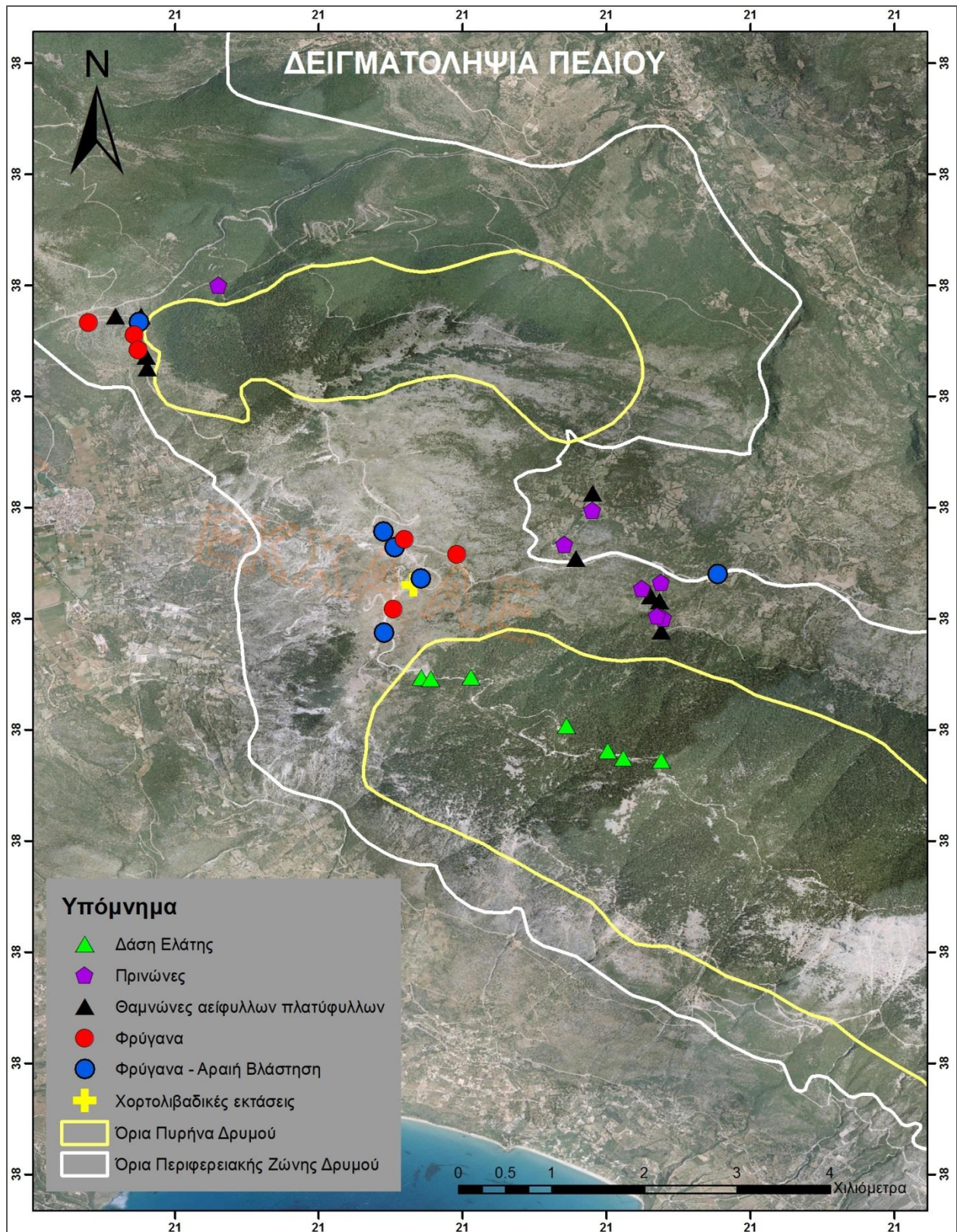
Σε 2 τυχαία σημεία της κάθε γραμμής έγινε μέτρηση του βάθους της στρωμνής (από την επιφάνεια μέχρι την αρχή του χούμου) με τη βοήθεια του χάρακα όπως επίσης και οπτική εκτίμησης της κάλυψής του. Από τις 8 αυτές μετρήσεις υπολογίστηκε το μέσο βάθος και η κάλυψη του φυλλοτάπητα/βελονοτάπητα.

Τέλος, επιλέχθηκαν σημεία φωτογράφισης έτσι ώστε το οπτικό πεδίο της φωτογραφίας να καλύπτει απόλυτα και να ορίζει επακριβώς την εκάστοτε θέση δειγματοληψίας. Μία δίμετρη σταδία (με εναλλασόμενα χρώματα ερυθρού - λευκού ανά 0.5 m) τοποθετήθηκε στο κέντρο της θέσεως δειγματοληψίας λήφθηκαν τέσσερις έγχρωμες φωτογραφίες για κάθε επιφάνεια, πάντοτε με ηλιακό φως και αποφεύγοντας την σκίαση της καύσιμης ύλης.



Εικόνα 2.1: Σχέδιο δειγματοληψίας της καύσιμης ύλης στο πεδίο

Στον χάρτη 2.1 που ακολουθεί γίνεται μία πλήρης παρουσίαση των τοποθεσιών στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις της καύσιμης ύλης.



Χάρτης 2.1: Σημεία Δειγματοληψίας Δασικής Καύσιμης Ύλης

2.3 Χαρτογράφηση Δασικής Καύσιμης Ύλης

Έπειτα από την δειγματοληψία πεδίου, οι σημειακές μετρήσεις έπρεπε να αναχθούν στο επίπεδο του τοπίου που είναι όλο το νησί, μέσω της χρήσης δορυφορικής εικόνας (Landsat 8, 23-7-2015). Η δορυφορική θα δώσει την βλάστηση στο επίπεδο του νησιού και την αντιστοίχιση της βλάστησης με την καύσιμη ύλη αλλά και την εδαφοκάλυψη από την κομοστέγη στο επίπεδο του νησιού. Έτσι ακολουθεί μία περιγραφή της χαρτογράφησης των τύπων της καύσιμης ύλης και της εδαφοκάλυψης στο επίπεδο του νησιού.

2.3.1 Ταξινόμηση των τύπων της καύσιμης ύλης

Για την ταξινόμηση των τύπων δασικής καύσιμης ύλης στην περιοχή μελέτης αλλά και της εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη, ακολουθήθηκε η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης. Οι προαναφερθείσες ταξινομήσεις πραγματοποιήθηκαν κάνοντας χρήση της δορυφορικής εικόνας Landsat 8, η οποία λήφθηκε στις 23-7-2015.

Η χαρτογράφηση της βλάστησης και αντιστοίχισή της στα μοντέλα καύσιμης ύλης στην περιοχή μελέτης αλλά και η χαρτογράφηση της εδαφοκάλυψης, έγιναν ακολουθώντας τη μέθοδο της “Επιβλεπόμενης ταξινόμησης” και του αλγορίθμου “Support vector machines”.

Η επιβλεπόμενη ταξινόμηση δίνει την δυνατότητα στον χρήστη να καθορίσει ο ίδιος τις επιθυμητές κατηγορίες ταξινόμησης. Στη συνέχεια με βάση τις επισκέψεις πεδίου αλλά και μεθόδους φωτοερμηνείας έγινε επιλογή και οριοθέτηση πάνω στην εικόνα αντιπροσωπευτικών περιοχών.

Όπως αναφέρθηκε, ως ταξινομητής χρησιμοποιήθηκε ο αλγόριθμος “Support Vector Machines”. Οι Support Vector Machines έχουν το πλεονέκτημα να χειρίζονται πολύ καλά μεγάλο πλήθος χαρακτηριστικών και παρουσιάζει υψηλή απόδοση κατά την κατηγοριοποίηση αντικειμένων (αντικείμενο ορίζουμε μία γραμμή πίνακα (διάνυσμα) που έχει ένα συγκεκριμένο πλήθος χαρακτηριστικών, χαρακτηριστικά ενός αντικειμένου είναι π.χ. πλάτος, ύψος και το βάρος ενός

τραπεζιού) μεταξύ δύο (2) κατηγοριών. Ο αλγόριθμος SVM είναι ικανός στο να κατασκευάζει μοντέλα αρκετά πολύπλοκα για να επιλύει δύσκολα προβλήματα του πραγματικού κόσμου.

2.3.2 Ταξινόμηση εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη

Ωστόσο του υπολογισμού της ταξινόμησης της αδαφοκάλυψης από την κομοστέγη, προηγήθηκε ο δείκτης βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index- NDVI, για την βελτίωση της ακρίβειας της ταξινόμησης.

Για τον υπολογισμό του χρησιμοποιήθηκε ο τύπος : $NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$, όπου NIR=κοντινό υπέρυθρο και RED=κόκκινο. Οι τιμές του κυμαίνονται από -1 μέχρι +1. Συγκεκριμένα όσο μεγαλύτερες είναι οι τιμές που παρουσιάζει ο δείκτης σε μια περιοχή τόσο πιο αυξημένη είναι η ποσότητα της πράσινης βιομάζας σε αυτή. Αντίθετα οι αρνητικές τιμές του δείκτη αντιπροσωπεύουν περιοχές με λιγότερη βλάστηση.

Ο δείκτης αυτός είναι ο πιο γνωστός από όλους, έχει ευρεία χρήση και έχει αποδειχθεί αποτελεσματικός για την αναγνώριση διαφορετικών οικοτύπων, για την παρακολούθηση φαινομενικών προτύπων επιφανειών καλυμμένων με βλάστηση, για τον υπολογισμό του εύρους της αυξητικής περιόδου και των περιόδων ξηρασίας δια μέσου της ανάλυσης χρονικών σειρών κ.α.

Η δύναμη αυτού του δείκτη έγκειται στην κλασματική του φύση, η οποία ελαχιστοποιεί πολλές μορφές θορύβου. Όπως διάφορες γωνίες φωτισμού, σκιές σύννεφων, ατμοσφαιρική υποβάθμιση, τοπογραφικές παραμορφώσεις, κ.λπ. (Mitsopoulos, et. al., 2016.).

Συγκεκριμένα για την ταξινόμηση της αδαφοκάλυψης από την κομοστέγη, διακρίθηκαν τέσσερις κατηγορίες εδαφοκάλυψης:

1. 0 – 25 (m),
2. 25 – 50 (m),
3. 50 – 75 (m),
4. 75 – 100 (m).

2.4 Χωρική Εκτίμηση της Συμπεριφοράς της Φωτιάς

2.4.1 Παράμετροι Συμπεριφοράς της Φωτιάς

Η πρόβλεψη της εξέλιξης των πυρικών παραμέτρων (ταχύτητα διάδοσης και θερμική ένταση της πυρκαγιάς, μήκος φλόγας) επιτυγχάνεται από μια σειρά εξισώσεων που βασίζονται στις αρχές της θερμοδυναμικής και έχουν επαληθευθεί με εργαστηριακά πειράματα και παρατηρήσεις πεδίου (Rothermel, 1983).

Η συμπεριφορά της δασικής πυρκαγιάς είναι μία συνισταμένη των παραμέτρων:

- Η αναμενόμενη ταχύτητα διάδοσης (m/min)

Η θεμελιώδης εξίσωση του που υπολογίζει την ταχύτητα διάδοσης μιας δασικής πυρκαγιάς, επιφανείας είναι:

$$R = \frac{I_R \xi (1 + \Phi_W + \Phi_S)}{P_b \epsilon Q_{ig}}$$

Όπου,

R = ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς (m/min),

I_R = θερμική ροή της φλεγόμενης ζώνης (kW/m²),

ξ = ποσοστό θερμικής ροής που διατίθεται για την διάδοση της πυρκαγιάς (%),

Φ_W = επίδραση του ανέμου στην εξάπλωση του πυρός,

Φ_S = επίδραση της κλίσεως του εδάφους στην εξάπλωση του πυρός,

P_b = φαινομενική πυκνότητα καύσιμης ύλης (kg/m²),

Q_{ig} = θερμότητα προθερμάνσεως καυσίμου μέχρι την θερμοκρασία ανάφλεξης (kJ/gr).

- Η θερμική ένταση (kW/m)

Η θερμική ένταση της πυρκαγιάς υπολογίζεται ως συνάρτηση της ταχύτητας διάδοσης, του βάρους των διαστάσεων και της θερμιδικής αξίας της καύσιμης ύλης.

Η θερμική ένταση πυρκαγιάς (fireline intensity), ορίζεται ως το ποσό θερμότητας που εκλύεται ανά μέτρο φλεγόμενου μετώπου της πυρκαγιάς, IB (Byram, 1959).

$$IB=W*R*Q$$

Όπου:

IB = Θερμική Ένταση Δασικής Πυρκαγιάς (kW/m²)

W=φορτίο της διαθέσιμης καύσιμης ύλης (kg/m²)

Q=θερμιδική αξία καύσιμης ύλης (kj/gr)

R= Ταχύτητα διάδοσης δασικής πυρκαγιάς (m/min).

- Το μήκος φλόγας των πυρκαγιών (m)

Το μήκος φλόγας (η πλάγια απόσταση από το ψηλότερο σημείο της πυρκαγιάς ως το σημείο που βρίσκεται στο μέσο της εστίας της πυρκαγιάς) της πυρκαγιάς (flame length) συνδέεται με τη θερμική ένταση με τον τύπο (Byram, 1959):

$$IB = 258(FL)^{2,17}$$

$$FL=0,0775(IB)^{0,46}$$

Όπου:

IB = Θερμική Ένταση δασικής πυρκαγιάς (κW/m)

FL = Μήκος Φλόγας μετώπου δασικής πυρκαγιάς (m).

Η προσομοίωση έγινε επιλέγοντας τρία (3) διαφορετικά σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης:

- Ακραίες Συνθήκες
- Μέσες Συνθήκες
- Ήπιες Συνθήκες

Συγκεκριμένα και στα 3 προαναφερθέντα σενάρια , χρησιμοποιήσαμε ως ταχύτητα ανέμου τα 25 km/h. Ως τιμές υγρασίας της καύσιμης ύλης, χρησιμοποιήσαμε τις ακόλουθες που εμφανίζονται στον Πίνακα 2.1:

Πίνακας 2.1. Τιμές υγρασίας της καύσιμης ύλης

	ΥΓΡΑΣΙΑ ΞΗΡΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ 0-0,6 εκ.	ΥΓΡΑΣΙΑ ΞΗΡΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ 0,6-2,5 εκ.	ΥΓΡΑΣΙΑ ΞΗΡΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ 2,5-7,5 εκ.	ΥΓΡΑΣΙΑ ΧΛΩΡΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (ΞΗΛΩΔΗΣ)	ΥΓΡΑΣΙΑ ΧΛΩΡΗΣ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ (ΠΟΩΔΗΣ)
ΑΚΡΑΙΕΣ	6%	8%	10%	80%	90%
ΜΕΣΕΣ	9%	11%	13%	90%	100%
ΗΠΙΕΣ	12%	14%	16%	100%	120%

Συνολικά δημιουργήθηκαν 9 χάρτες: 3 για την ταχύτητα διάδοσης της πυρκαγιάς , 3 για την ένταση μετώπου της πυρκαγιάς και 3 για το μήκος φλογών. Οι χάρτες διαβαθμίστηκαν, στις κατηγορίες του πίνακα 2.2, ανάλογα με τις ενδεικνυόμενες μεθόδους καταστολής δασικών πυρκαγιών και το βαθμό δυσκολίας αντιμετώπισης τους με κριτήριο τις πυρικές παραμέτρους στο νησί της Κεφαλλονιάς (*Rothermel, 1983*).

Πίνακας 2.2: Ενδεικνυόμενες μέθοδοι καταστολής δασικών πυρκαγιών και βαθμός δυσκολίας αντιμετώπισης τους με κριτήριο τις πυρικές παραμέτρους (Rothermel 1983).

Ένταση μετώπου kw /m	Μήκος φλογών m	Ενδεικνυόμενες μέθοδοι καταστολής
< 350	< 1,2	- Επίγειες δυνάμεις με φορητά εργαλεία αρκούν για την καταστολή της φωτιάς. - Η δημιουργία αντιτυρικής ζώνης σταματά την διάδοση της πυρκαγιάς.
250 – 1700	1,3 – 2,4	- Επιβάλλεται η χρήση πυροσβεστικών οχημάτων και προωθητηρίων, αφού οι επίγειες δυνάμεις δεν αρκούν. - Άριστη η αποτελεσματικότητα Α/Φ για τη μείωση της θερμικής έντασης της πυρκαγιάς.
1700 – 3500	2,5 – 3,4	- Κίνδυνος δημιουργίας νέων εστιών και πυρκαγιών κόμης. Η κατά μέτωπο επίθεση με επίγειες δυνάμεις αδύνατη. - Αναγκαία η χρήση Α/Φ για τη μείωση της θερμικής έντασης της πυρκαγιάς.
> 3500	> 3,5	- Χρήση Α/Φ για την δημιουργία αντιτυρικής ζώνης μπροστά από το μέτωπο της πυρκαγιάς. Ρίψεις και στη πυρκαγιά για την μείωση της εντάσεώς της.
Ταχύτητα διάδοσης m/min		Βαθμός δυσκολίας αντιμετώπισης πυρκαγιάς
< 2		Χαμηλός
2 – 15		Μέτριος
15 – 30		Υψηλός
> 30		Πολύ υψηλός

2.4.2 Προαπαιτούμενα αρχεία εισαγωγής

Για την χωρική εκτίμηση της συμπεριφοράς του πυρός, προαπαιτούνταν κάποια αρχεία σε μορφή ASCII grid files και τα οποία εισήχθησαν στο FlamMap ver. 5. (Mitsopoulos., *et.al.*, 2016). Το FlamMap είναι ένα χωροχρονικό μοντέλο και πρέπει να εισαχθούν σε αυτό ένα πλήθος χωρικά δεδομένα τα οποία αποτελούν και τους παράγοντες που συγκροτούν το τρίγωνο της φωτιάς (τοπογραφία, χαρακτηριστικά καύσιμης ύλης και καιρικές συνθήκες). Συγκεκριμένα εισήχθησαν τα εξής αρχεία:

1) Το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (DEM)

Το ανάγλυφο του εδάφους (Ψ.Μ.Ε) επηρεάζει άμεσα την πιθανότητα εκδήλωσης και τη συμπεριφορά μιας πυρκαγιάς και αποτελείται από επιμέρους στοιχεία όπως ο προσανατολισμός (έκθεση ως προς τον ορίζοντα) και η κλίση (Κοτσώνη , 2009).

2) Κλίση Εδάφους(SLOPE)

Η πυρκαγιά κατά κανόνα εξαπλώνεται προς τα υψηλότερα μέρη κάθε πλαγιάς, εκτός εάν υπάρχει ισχυρός αντίθετος άνεμος. Η ταχύτητα εξάπλωσης της είναι μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση. Σε μικρή ποσότητα καύσιμης ύλης (πχ .χόρτα) όταν ο άνεμος φυσάει κατά τη φορά της κλίσης η ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς μπορεί να είναι εξαιρετικά υψηλή (Κοτσώνη, 2009).

Όταν η κλίση είναι μεγάλη, σοβαρό πρόβλημα αποτελούν φλεγόμενα κομμάτια καύσιμης ύλης που κατρακυλούν στην πλαγιά δημιουργώντας νέες εστίες φωτιάς κοντά στη βάση της. Στη συνέχεια οι νέες φωτιές εξαπλώνονται και πάλι προς τα επάνω στην πλαγιά με τη βοήθεια της κλίσης έχοντας διαθέσιμη άφθονη άκαυτη ύλη (Κοτσώνη , 2009).

3) Έκθεση Πρανών(ASPECT)

Η έκθεση της πλαγιάς παίζει σημαντικό ρόλο στη συμπεριφορά της φωτιάς γιατί συμμετέχει σε μεγάλο βαθμό στη διαμόρφωση της θερμοκρασίας και της υγρασίας της καύσιμης ύλης. Γενικά, στις βόρειες πλαγιές οι οποίες δέχονται τη λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία η καύσιμη ύλη είναι

θερμότερη και περισσότερο υγρή από ότι στις υπόλοιπες πλαγιές. Οι θερμότερες και ξηρότερες συνθήκες και μάλιστα κατά την κρισιμότερη περίοδο της ημέρας επικρατούν στις νότιες και νοτιοδυτικές πλαγιές (Κοτσώνη, 2009).

Οι ανατολικές πλαγιές θερμαίνονται σημαντικά κατά τις προμεσημβρινές ώρες ενώ οι δυτικές πλαγιές δέχονται την ηλιακή ακτινοβολία μέχρι τη δύση του ήλιου. Όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση της πλαγιάς τόσο περισσότερο ισχύουν οι παραπάνω αρχές. Επίσης, είναι ιδιαίτερα σημαντικό το ότι όταν θερμαίνεται μια πλαγιά δημιουργούνται τοπικοί άνεμοι προς τα επάνω της πλαγιάς που επίσης συνεισφέρουν στη γρηγορότερη εξάπλωση της φωτιάς. Κατά τις νυκτερινές ώρες που το έδαφος της πλαγιάς κρυώνει, ο αέρας που έρχεται σε επαφή με αυτό κρυώνει επίσης (Κοτσώνη, 2009).

4) Ταξινόμηση Τύπων Καύσιμης Ύλης

5) Ταξινόμηση Εδαφοκάλυψης από την Κομοστέγη

Όλες οι παραπάνω χωρικές πληροφορίες ενσωματώνονται αυτόματα σε ένα αρχείο του FlamMap που ονομάζεται Landscape file Generation. Το αρχείο αυτό δημιουργείται από το FlamMap και αναφέρεται στα φυσικά χαρακτηριστικά του εδάφους. Για την δημιουργία του όπως αναφέραμε και παραπάνω απαιτούνται 5 αρχεία ASCII τα οποία προέρχονται από GIS. Τα 5 αρχεία πρέπει να είναι της ίδιας μορφής (δηλαδή, ίδιος αριθμός στηλών και γραμμών, να αναφέρονται στην ίδια περιοχή και σύστημα αναφοράς), διαφορετικά θα υπάρχει πρόβλημα.

Η ακριβής μεθοδολογία εκτίμησης της συμπεριφοράς της φωτιάς, περιγράφεται στο κεφάλαιο Π4 του Παραρτήματος.

2.5 Χωρική εκτίμηση του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης από δασικές πυρκαγιές

Τα απαιτούμενα χωρικά δεδομένα τύπου κανάβου (raster) που χρησιμοποιήθηκαν για την προσομοίωση του κινδύνου στο FlamMap ver. 5 ήταν το υψόμετρο, η κλίση, η έκθεση, οι τύποι δασικής καύσιμης ύλης και η πυκνότητα της δασικής καύσιμης ύλης. Η ταχύτητα ανέμου καθορίστηκε σε 25 km/h και η διεύθυνση του σε Βορειοανατολική. Ο αριθμός των πολλαπλών τυχαίων σημείων ανάφλεξης καθορίστηκε στις 30.000. Η διάρκεια της προσομοίωσης ήτανε στις 6 ώρες καθώς είναι η μέση τιμή της διάρκειας κατάσβεσης πυρκαγιών που παρατηρείται στην Κεφαλλονιά (Dimitrakopoulos, 2001). Το FlamMap ver. 5 υπολογίζει τις παρακάτω παραμέτρους κινδύνου δασικών πυρκαγιών, για τα 3 προαναφερθέντα σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης:

- Η Πιθανότητα καύσης (Burn Probability): Ο αριθμός μιας ψηφίδας (pixel) που έχει καεί ως ποσοστό του συνολικού αριθμού των σημείων ανάφλεξης στην περιοχή.

$$BP_{xy} = \left(\frac{F_{xy}}{n_{xy}} \right)$$

Όπου F_{xy} ο αριθμός καύσης κάθε ψηφίδας xy και n_{xy} ο αριθμός των τυχαίων σημείων ανάφλεξης (20000).

- Η Αναμενόμενη ένταση (Expected Fireline Intensity):

$$CFL = \sum_{i=1}^{20} \left(\frac{BP_i}{BP} \right) (F_i)$$

Όπου F_i είναι το μήκος των φλογών (m), και BP_i η πιθανότητα καύσης. Το αναμενόμενο μήκος φλογών (CFL) είναι η μέση τιμή που παρουσιάζει το μήκος των φλογών ανά ψηφίδα σύμφωνα με την προσομοίωση (Scott et al. 2013).

- Το αναμενόμενο μέγεθος πυρκαγιάς (Expected Fire Size): Οι συντεταγμένες και η αναμενόμενη καμένη έκταση για κάθε ένα σημείο ανάφλεξης στην περιοχή κάτω από συγκεκριμένες μετεωρολογικές συνθήκες.

2.6 Εκτίμησης της μεταβολής στην αξία των οικοτόπων εξ αιτίας της φωτιάς

Η χωρική εκτίμηση της μεταβολής της αξίας των πόρων της περιοχής διενεργήθηκε με το ειδικό λογισμικό ArcFuels ver.10. Το σύστημα αυτό επιτρέπει να εφαρμοστούν διάφορα μοντέλα πυρκαγιών σε μία πλατφόρμα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Viallant, 2003).

Ο παρακάτω τύπος απεικονίζει την μαθηματική εξίσωση που χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση της μεταβολής στην αξία των πόρων της περιοχής (Calkin, 2010):

$$E(NVC_j) = \sum B P_i R F_j(i, X_j)$$

Όπου $E(NVC_j)$ είναι η αναμενόμενη μεταβολή της αξίας στον πόρο j , $B P_i$ η πιθανότητα καύσης και $R F_i$ είναι η συνάρτηση απόκρισης (response function) του πόρου j ως συνάρτηση της θερμικής έντασης της πυρκαγιάς I στο χωρικό σημείο X_i .

Η μεταβολή στην αξία των οικοτόπων της περιοχής μελέτης λόγω των πυρκαγιών εκτιμήθηκε με συναρτήσεις απόκρισης, οι οποίες βασίζονται στις κατηγορίες της τιμής του μήκους φλογών που προέκυψαν από την προσομοίωση που διενεργήθηκε με το λογισμικό FlamMap. Διενεργήθηκε χωρική επικάλυψη των χαρτών με την πληροφορία των οικοτόπων της περιοχής μελέτης και με τα αποτελέσματα της πιθανότητας καύσης.

Στον πίνακα 2.3, παρουσιάζονται οι τιμές απόκρισης των οικοτόπων στις διάφορες κατηγορίες των τιμών του μήκους των φλογών. Η κλίμακα τιμών για την μεταβολή της αξίας των οικοτόπων ορίστηκε (-100: +100). Δηλαδή όσο πιο αρνητική η τιμή απόκρισης, τόσο πιο καταστροφική είναι η μεταβολή της αξίας.

Πίνακας 2.3: Οι τιμές απόκρισης των οικοτόπων στις διάφορες κατηγορίες των τιμών του μήκους των φλογών.

	Πολύ χαμηλής έντασης πυρκαγιά	Χαμηλής έντασης πυρκαγιά	Μέση έντασης πυρκαγιά	Μεγάλης έντασης πυρκαγιά	Πολύ μεγάλης έντασης πυρκαγιά	Ακραίας έντασης πυρκαγιά
5340 "Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου"	0	0	0	-10	-20	-30
934A "Ελληνικά δάση πρίνου"	0	0	0	-10	-20	-30
951B "Δάση ελληνικής ελάτης (<i>Abies cephalonica</i>)".	-20	-30	-40	-70	-80	-90

Συγκεκριμένα το ροζ χρώμα υποδηλώνει ανθεκτικά συστήματα ενώ το μπορντό, το ευάλωτο σύστημα. Θεωρούμε πως πρόκειται για ένα περιστατικό πυρκαγιάς που εκδηλώνεται σε ένα ώριμο σύστημα, δηλαδή δεν ασχολούμαστε με την επίδραση που θα είχε στην απόκριση του συστήματος το ιστορικό πυρκαγιών του (αριθμός και μεσοδιάστημα διαδοχικών περιστατικών).

A. Τα δύο συστήματα πλατυφύλλων «Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου» και «Ελληνικά δάση πρίνου» αντέχουν στη φωτιά και τα χαρακτηριστικά τους ξυλώδη είδη (χαμηλοί θάμνοι και υψηλοί θάμνοι) αναβλαστάνουν ή αναγεννώνται με φύτευση σπερμάτων των θαμνωδών ειδών τους μετά τη φωτιά. Κατά συνέπεια, η τιμή απόκρισής τους είναι πάντα θετική, ακόμη και στην πολύ μεγάλης έντασης πυρκαγιά. Ενδεχομένως κάποια νεαρά άτομα, που δεν έχουν ακόμη καλά ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα, να μην αντέξουν στην ακραίας έντασης πυρκαγιά. Για τα δάση Πρίνου και τα Garrigues, στην χαμηλή ένταση πυρκαγιάς, δεν έχουμε μεταβολή δηλαδή θα καούν και θα αναγεννηθούν. Αν οι θετικές τιμές υποδηλώνουν «ανάγκη της βλάστησης να καεί», τότε μπορούμε να βάλουμε 0.

B. Σε ότι αφορά τα «Δάση ελληνικής ελάτης (*Abies cephalonica*)», εδώ τα πράγματα αλλάζουν μια και το χαρακτηριστικό, κυρίαρχο είδος, η Κεφαλληνιακή ελάτη, δεν διαθέτει ενεργητικό μηχανισμό απόκρισης στη φωτιά και η φυσική της αναγέννηση εξαρτάται αποκλειστικά και μόνον από την ύπαρξη άκαυτης κόμης, είτε στα «καμένα» δένδρα είτε σε άκαυτες συστάδες. Δεδομένου δε, ότι πρόκειται για ένα ενδημικό είδος, η αξία των συστάδων του αποκτά

μεγαλύτερη σημαντικότητα. Εδώ λοιπόν, η ένταση της φωτιάς θα παίζει πολύ μεγάλο ρόλο, μια και σε μια χαμηλής έντασης φωτιά, η πιθανότητα να ξεφύγουν κάποια άτομα είναι μεγαλύτερη σε σχέση με την αντίστοιχη σε μια μεγάλης έντασης πυρκαγιά.

Με βάση αυτά προκύπτει η βαθμολογία των τύπων βλάστησης ως προς τις κλάσεις έντασης πυρκαγιάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

3.1 Καύσιμη Ύλη- Κατάρτιση Μοντέλων

Έπειτα από εκτεταμένη αντιπροσωπευτική δειγματοληψία στο νησί της Κεφαλλονιάς χρησιμοποιώντας τους μέσους όρους των παραμέτρων της καύσιμης ύλης (ύψος υπορόφου, φυτοκάλυψη, πάχος φυλλοστρωμνής, κάλυψη φυλλοστρωμνής, καταρτίστηκαν συνολικά 6 μοντέλα καύσιμης ύλης, τα οποία αντιπροσωπεύουν όλους τους τύπους βλάστησης της Κεφαλλονιάς.

Επειδή αναφερόμαστε σε μία προσατευόμενη περιοχή και δεν μπορούσε να γίνει καταστροφική δειγματοληψία (κοπή και ζύγιση όλης της ζωντανής και νεκρής καύσιμη ύλης). Για την μέτρηση της βιομάζας και της περιεχόμενης υγρασίας, χρησιμοποιήθηκαν βιβλιογραφικά δεδομένα από έγκυρη αναφορά και συγκεκριμένα του κ.Δημητρακόπουλου για τα μοντέλα καύσιμης ύλης του Μεσογειακού χώρου και την αναμενόμενη συμπεριφορά της πυρκαγιάς.

Επιπλέον έγινε συσχέτιση των εργασιών πεδίου με τις έτοιμες αντιπροσωπευτικές τιμές αφού χρησιμοποιώντας το βάρος (τόνοι ανά εκτάρια) του εκάστοτε τύπου καύσιμης ύλης, πραγματοποιήθηκε αναγωγή των τιμών της φυτοκάλυψης στις τιμές του βάρους της.

Έτσι λοιπόν παρουσιάζονται στην συνέχεια τα 6 μοντέλα καύσιμης ύλης που καταρτίστηκαν:

1 .ΧΟΡΤΟΛΙΒΑΔΙΚΕΣ ΕΚΤΑΣΕΙΣ



Εικόνα 3.1: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Χορτολίβαδα»

Πίνακας 3.1: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Χορτολίβαδα»

ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ			Άλλες Μετρήσεις
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ (cm)	ΒΑΡΟΣ (t/ha)	% ΒΑΡΟΥΣ	Βάρος Φυλλοστρωμής (t/ha) 0,46
0,0 – 0,6	4,36	90	Ύψος υπορόφου (cm): 50 Φυτοκάλυψη (%): 100
0,6 – 2,5	0,49	10	
2,6 – 7,0			Πάχος φυλλοστρωμής (cm) 0
Χλωρό φύλλωμα			
ΣΥΝΟΛΟ	4,85	100	Κάλυψη Φυλλοστρ.(%)=0
ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΕΙΔΗ (%)			
grasses			

2. ΦΡΥΓΑΝΑ



Εικόνα 3.2: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα»

Πίνακας 3.2: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα»

ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ			Άλλες Μετρήσεις
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ (cm)	ΒΑΡΟΣ (t/ha)	% ΒΑΡΟΥΣ	Βάρος Φυλλοστρωμνής (t/ha) 6,6
0,0 – 0,6	3.15	24.08	Ύψος υπορόφου(cm): 42.4 Φυτοκάλυψη (%): 56.5
0,6 – 2,5	2.25	17.20	
2,6 – 7,0	0.23	1.76	Πάχος φυλλοστρωμνής (cm) 0.33 Κάλυψη Φυλ(%)= 10.2
Χλωρό φύλλωμα	1.76	13.46	
ΣΥΝΟΛΟ	7.39	56.5	
ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΕΙΔΗ (%)			Cistus sp. (16.7)
Phlomis fruticosa (50)			Sarcopoterium spinosum (16.7)
Euphorbia characias (50)			
Thymus sp. (50)			
Quercus coccifera (33.33)			

3.ΦΡΥΓΑΝΑ- ΑΡΑΙΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ



Εικόνα 3.3: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση»

Πίνακας 3.3: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση»

ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ			Άλλες Μετρήσεις
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ (cm)	ΒΑΡΟΣ (t/ha)	% ΒΑΡΟΥΣ	Βάρος Φυλλοστρωμνής (t/ha) 6,6
0,0 – 0,6	3.15	13,38	Ύψος υπορόφου(cm):28.33
0,6 – 2,5	2.25	9,56	
2,6 – 7,0	0.23	0,98	Φυτοκάλυψη (%): 31.4
Χλωρό φύλλωμα	1.76	7,48	
ΣΥΝΟΛΟ	7.39	31,4	Πάχος φυλλοστρωμνής (cm) 0,17
			Κάλυψη Φυλ.= 11
ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΕΙΔΗ (%)			
Euphorbia characias (83.33)			
Thymus sp.(33.33)			
Cistus sp. (33.33)			

4.ΘΑΜΝΩΝΕΣ ΑΕΙΦΥΛΛΩΝ ΠΛΑΤΥΦΥΛΛΩΝ



Εικόνα 3.4: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Θαμνώνες αείφυλλων- πλατύφυλλων»

Πίνακας 3.4: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Θαμνώνες αείφυλλων- πλατύφυλλων»

ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ			Άλλες Μετρήσεις
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ (cm)	ΒΑΡΟΣ (t/ha)	% ΒΑΡΟΥΣ	Βάρος Φυλλοστρωμής (t/ha) 3,01
0,0 – 0,6	12,7	22,10	Ύψος υπορόφου (cm): 95.74 Φυτοκάλυψη (%): 60.3
0,6 – 2,5	10,5	18,27	
2,6 – 7,0	4,1	7,14	Πάχος φυλλοστρωμής (cm) 1.17 Κάλυψη Φυλλοστρ.(%)= 42.6
>7,0	0,6	1,04	
Χλωρό φύλλωμα	6,75	11,75	
ΣΥΝΟΛΟ	34,65	60.3	
ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΕΙΔΗ (%)		Thorny plants (11.11)	
Quercus coccifera (88.89)		Ferns (11.11)	
Phlomis fruticosa (55.56)		Olea sp. (11.11)	
Arbutus unedo (22.22)		Thymus sp. (11.11)	
Cistus sp. (11.11)			

5. ΠΡΙΝΩΝΕΣ



Εικόνα 3.5: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Πρινώνες»

Πίνακας 3.5: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Πρινώνες»

ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ			Άλλες Μετρήσεις
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ (cm)	ΒΑΡΟΣ (t/ha)	% ΒΑΡΟΥΣ	Βάρος Φυλλοστρωμής (t/ha) 6,6
0,0 – 0,6	1,6	29.81	Ύψος υπορόφου (cm): 110.7 Φυτοκάλυψη (%) 35.4
0,6 – 2,5	0,3	5.59	
2,6 – 7,0	-	-	Πάχος φυλλοστρωμής (cm) 3,41 Κάλυψη Φυλ.(%) = 68
Χλωρό φύλλωμα	-	-	
ΣΥΝΟΛΟ	1,9	35.4	
ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΕΙΔΗ (%)			
Phlomis fruticosa (71.43)			
Quercus coccifera (14.29)			
Abies cephalonica (14.29)			

6.ΔΑΣΗ ΕΛΑΤΗΣ



Εικόνα 3.6: Δειγματοληψία για τον τύπο βλάστησης «Δάση Ελάτης»

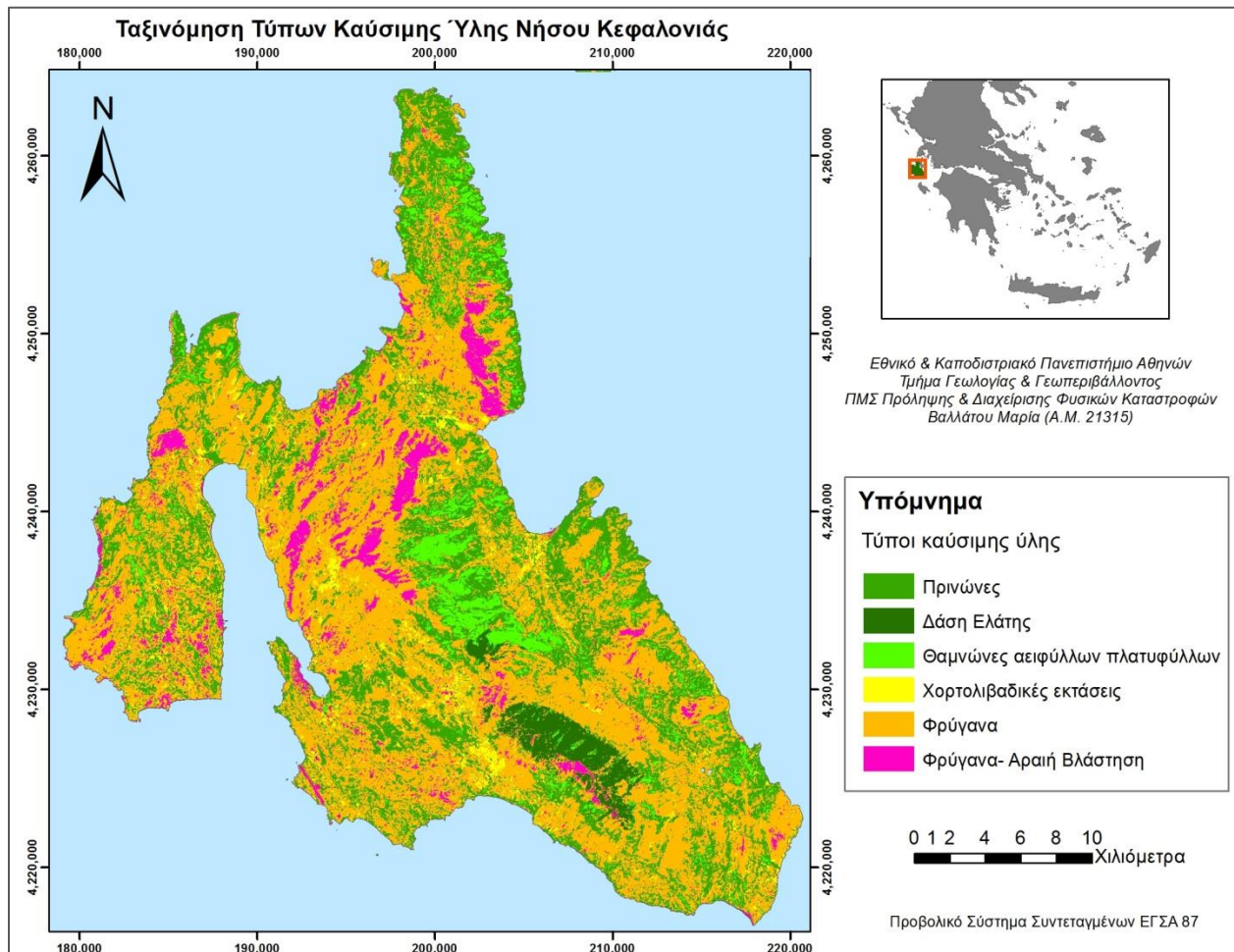
Πίνακας 3.6: Αποτελέσματα Μετρήσεων για τον τύπο βλάστησης «Δάση Ελάτης»

ΦΟΡΤΙΟ ΚΑΥΣΙΜΗΣ ΥΛΗΣ			Άλλες Μετρήσεις
ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ (cm)	ΒΑΡΟΣ (t/ha)	% ΒΑΡΟΥΣ	Βάρος Φυλλοστρωμνής (t/ha) 1,28
0,0 – 0,6	1,93	14.15	Ύψος υπορόφου(cm): 39.6
0,6 – 2,5	0,75	5.50	
2,6 – 7,0	-	-	Φυτοκάλυψη (%): 39.3
Χλωρό φύλλωμα	2,68	19.65	
ΣΥΝΟΛΟ	5.36	39.3	Πάχος φυλλοστρωμνής (cm) 4.5
			Κάλυψη Φυλ(%)= 76.1
ΚΥΡΙΑΡΧΑ ΕΙΔΗ (%)		Abies cephalonica (14.29)	
Mosses (71.43)			
Quercus coccifera (42.86)			
Crataegus monogyna (14.29)			
Ferns (14.29)			

3.2 Αποτελέσματα Χαρτογράφησης Δασικής Καύσιμης Ύλης

Για την ταξινόμηση των τύπων της καύσιμης ύλης και της εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης και ο ταξινομητής “Support vector machines”. Οι προαναφερθείσες ταξινομήσεις πραγματοποιήθηκαν κάνοντας χρήση της δορυφορικής εικόνας Landsat 8, με χωρική ανάλυση 30m, η οποία λήφθηκε στις 23-7-2015.

1. Ταξινόμηση Τύπων Δασικής Καύσιμης Ύλης



Χάρτης 3.1: Ταξινόμηση Τύπων Δασικής Καύσιμης Ύλης

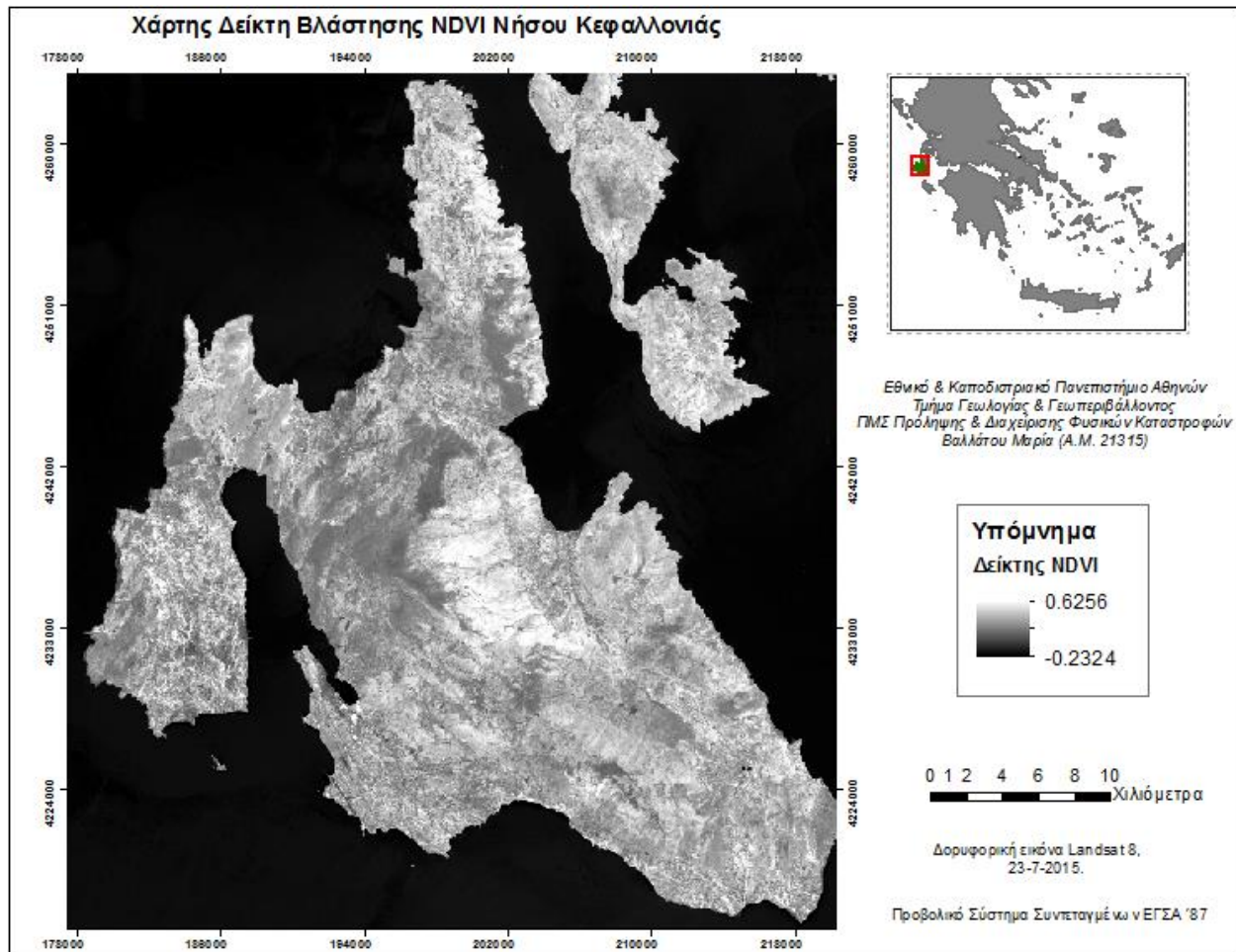
Πίνακας 3.7: Έκταση και ποσοστό κάθε τύπου καύσιμης ύλης

Τύποι καύσιμης ύλης	Έκταση(Km ²)	Ποσοστό(%)
Πρινώνες	220.4477	28.10
Δάση Έλάτης	26.9999	3.44
Θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων	39.9230	5.09
Χορτολίβαδικές εκτάσεις	29.7180	3.79
Φρύγανα	417.0899	53.17
Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση	50.1956	6.40
Σύνολο	784.3742	100.00

Έλατα υπάρχουν μόνο στο Νότιο τμήμα του νησιού. Συγκεκριμένα καταλαμβάνουν το 3.44% της έκτασης του νησιού αφού εμφανίζονται μόνο στον πυρήνα του Εθνικού Δρυμού Αίνου και στο Όρος Ρούδι. Οι χορτολίβαδικές εκτάσεις, καταλαμβάνουν μόνο το 3.79% και εκδηλώνονται διάσπαρτα στην περιοχή μελέτης. Τα φρύγανα κυριαρχούν σε όλο το νησί αφού καταλαμβάνουν το 59.57%. Επιπλέον οι θαμνώνες αείφυλλων πλατυφύλλων(μέχρι 3m), εμφανίζονται κυρίως στην κεντρική Κεφαλλονιά και αντιστοιχούν στο 5.09% της συνολικής έκτασης. Τέλος οι πρινώνες είναι αρκετοί και διάσπαρτοι σε όλο το νησί, με την έκταση τους να ανέρχεται στο 28.10%.

2. Δείκτης Βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index

Για τη βελτίωση της ακρίβειας της ταξινόμησης της εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη, υπολογίστηκε και ενσωματώθηκε στη διαδικασία της ταξινόμησης ο δείκτης βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index.



Χάρτης 3.2: Δείκτης Βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index

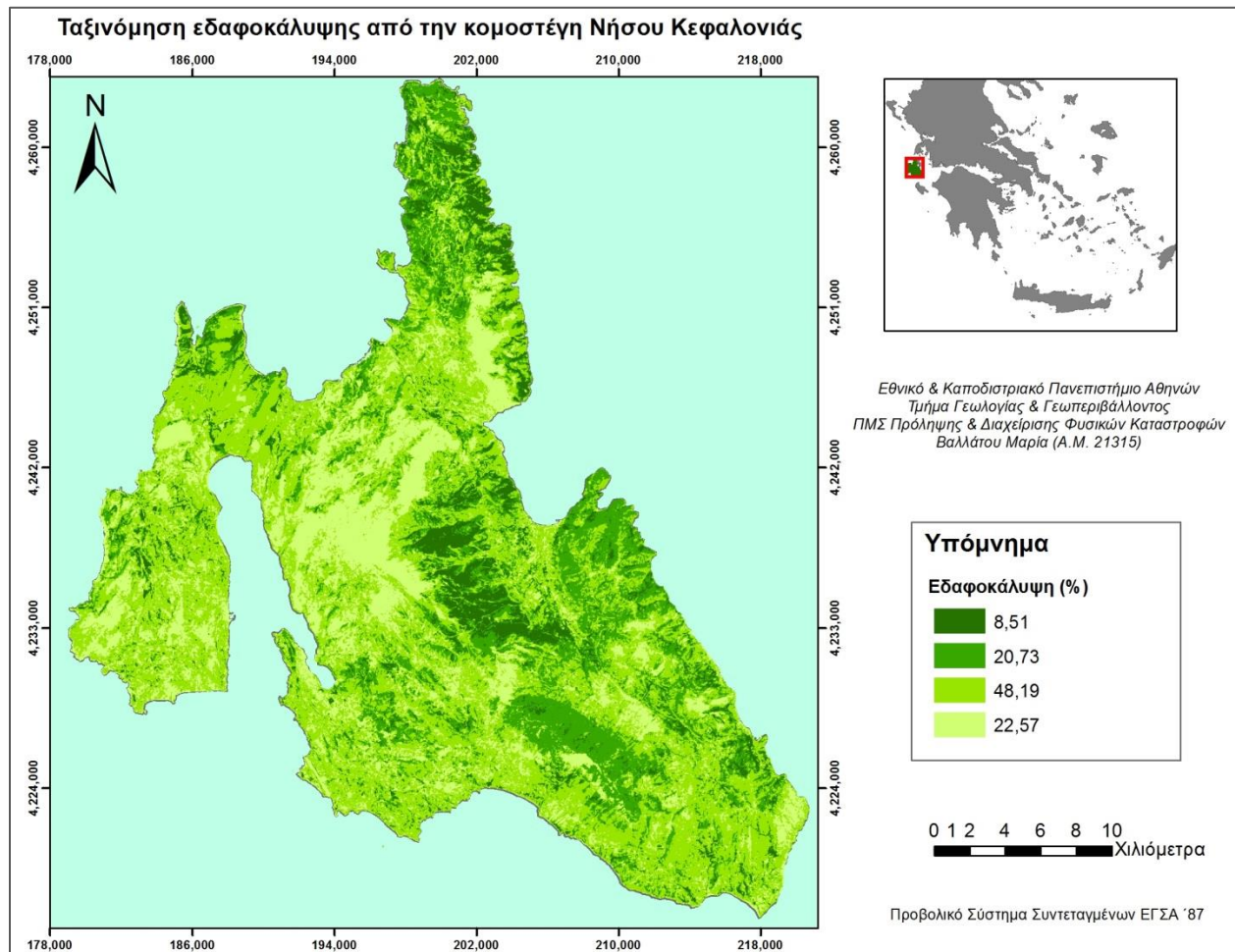
Πολύ υψηλές τιμές παρατηρούνται κυρίως στις περιοχές με κάλυψη από “θαμνώνες” (Χάρτης 3.2). Υψηλές είναι οι τιμές και στις περιοχές που καλύπτονται από “Κεφαλληνιακή ελάτη”. Εκεί δηλαδή που είναι αυξημένη η ποσότητα της πράσινης βιομάζας. Αντίθετα στις περιοχές χαρακτηρισμένες ως “φρύγανα” και “φρύγανα-αραιή βλάστηση” έχουμε χαμηλές τιμές λόγω της σποραδικής κάλυψης.

3. Ταξινόμηση Εδαφοκάλυψης από την Κομοστέγη

Έχοντας λοιπόν υπολογίσει τον δείκτη Βλάστησης Normalized Difference Vegetation Index, πραγματοποιήθηκε η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης, αποσκοπώντας στην ταξινόμηση της εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη.

Συγκεκριμένα διακρίθηκαν 4 κατηγορίες εδαφοκάλυψης:

- 3 0 – 25 (m),
- 4 25 – 50 (m),
- 5 50 – 75 (m),
- 6 75 – 100 (m).



Χάρτης 3.3: Ταξινόμηση Πυκνότητας Δασικής Καύσιμης Ύλης

Πίνακας 3.8: Έκταση και ποσοστό κάθε κατηγορίας πυκνότητας καύσιμης ύλης

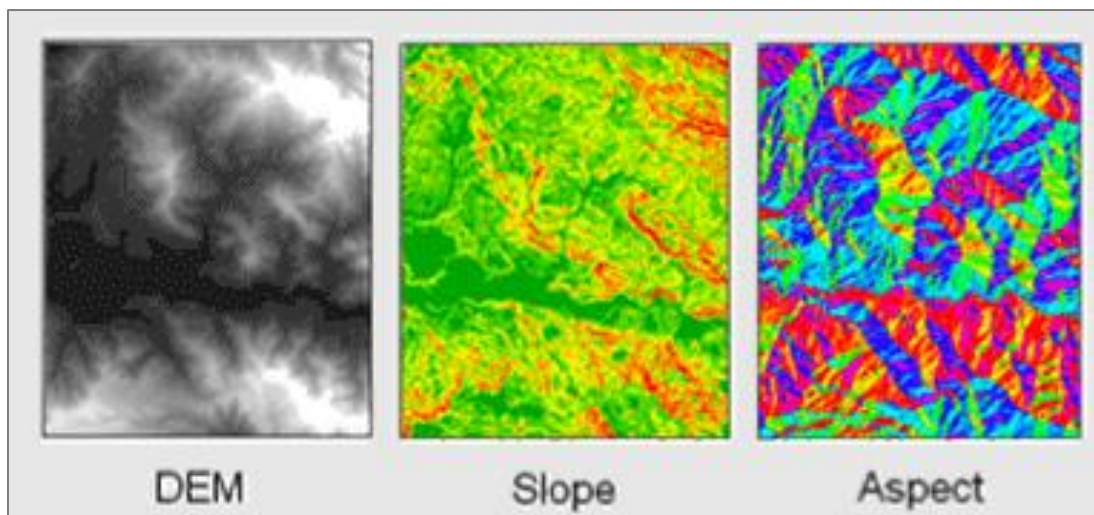
Εδαφοκάλυψη(m)	Έκταση(km ²)	Ποσοστό(%)
75- 100	66.7242	8.51
50- 75	162.6350	20.73
25- 50	378.0112	48.19
0- 25	177.0037	22.57
Σύνολο	784.3742	100.00

Η κατηγορία πυκνότητας 75-100 m, παρατηρείται κυρίως στις περιοχές με κάλυψη από θαμνώνες και καταλαμβάνει το 8.51% της έκτασης του νησιού. Η κατηγορία πυκνότητας 50-75 m, παρατηρείται κυρίως στις περιοχές με κάλυψη από ελάτη αλλά και πουρναρώνες, και καταλαμβάνει το 20.73% της συνολικής έκτασης. Αντίστοιχα η κατηγορία 25-50m παρατηρείται κυρίως στις περιοχές με κάλυψη από φρύγανα. Η κατηγορία πυκνότητας 25-50m κυριαρχεί αφού καταλαμβάνει το 48.19% της συνολικής έκτασης. Τέλος η κατηγορία 0-25m παρατηρείται κυρίως στις περιοχές με κάλυψη από φρύγανα με αραιή βλάστηση αλλά και από χορτολίβαδα.

3.3 Σχεδιασμός της Βάσης Δεδομένων

Η χωρική εκτίμηση της συμπεριφοράς του πυρός (ενότητα 3.4) αλλά και η χωρική εκτίμηση του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης στις δασικές πυρκαγιές (ενότητα 3.5), προαπαιτούν την δημιουργία των θεματικών επιπέδων:

- ✓ Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital elevation model) ,
- ✓ Κλίσεις Εδάφους(Slope),
- ✓ Προσανατολισμός Πρανών(Aspect)

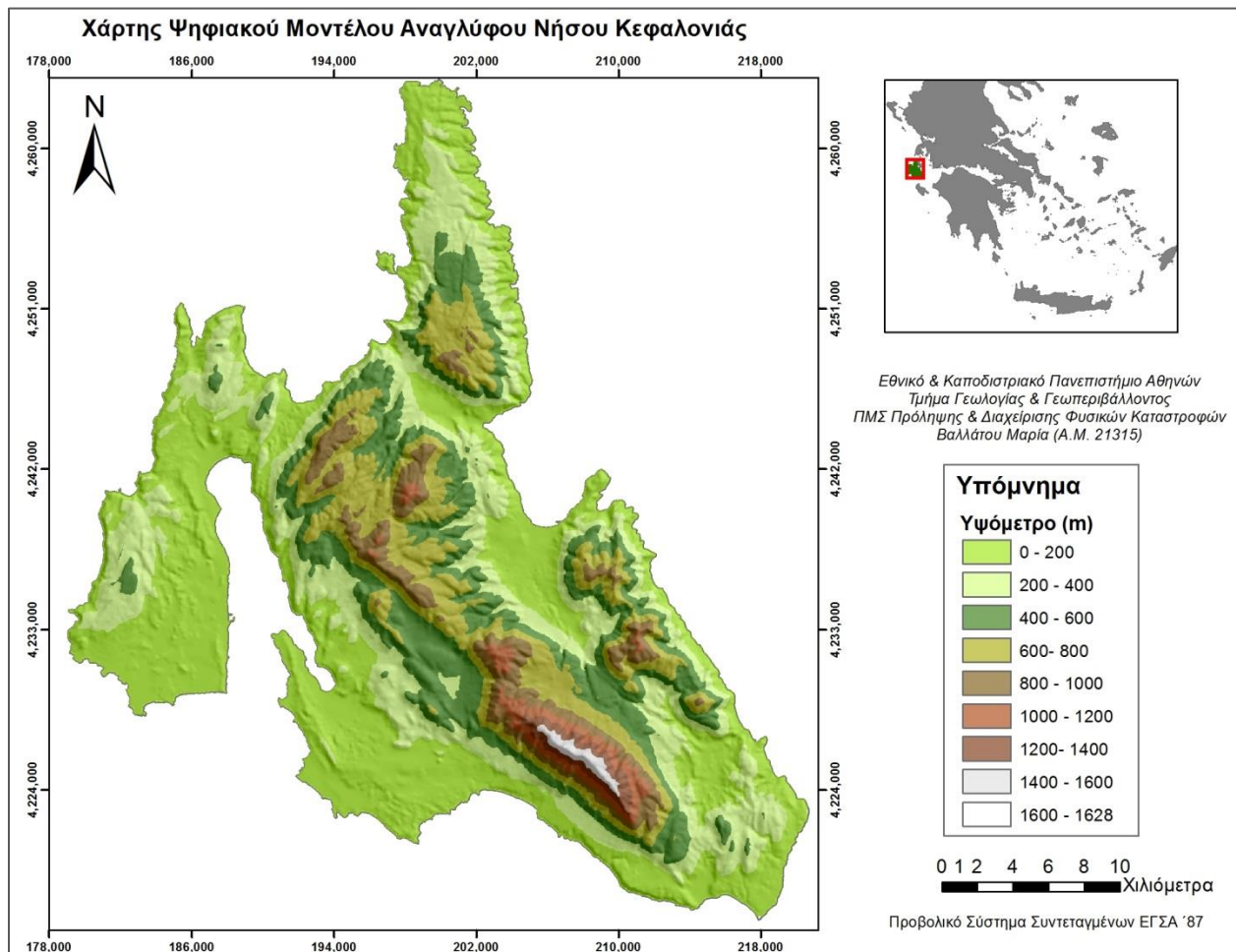


Εικόνα 3.7: Δημιουργία των θεματικών επιπέδων “Slope” και “Aspect” επί του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου “Dem”. (Πηγή: giscommons.org).

Ακολουθεί η παρουσίαση των θεματικών επιπέδων: ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου, κλίσεις εδάφους, και προσανατολισμός πρανών.

1. Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital elevation model)

Σχεδόν στο μισό της έκτασης της Κεφαλλονιάς το υψόμετρο είναι από 0-200 μέτρα, κυρίως η παραλιακή περιμετρική ζώνη και περίπου το 80% της επιφάνειας της χερσονήσου της Παλίκης (χάρτης 3.4). Στην Παλίκη το μεγαλύτερο υψόμετρο που φαίνεται να παρουσιάζεται, είναι λίγο παραπάνω από τα 400 μέτρα. Γύρω από την οροσειρά του Αίνου και στο βορειότερο τμήμα στην περιοχή των Πατρικάτων συναντώνται υψόμετρα ως και τα 800 μέτρα. Οι επόμενες υψομετρικές ζώνες συναντώνται κυρίως στην περιοχή γύρω από τον Αίνο με υψηλότερο σημείο τα 1628 μέτρα, όπως έχει προκύψει από το ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου.

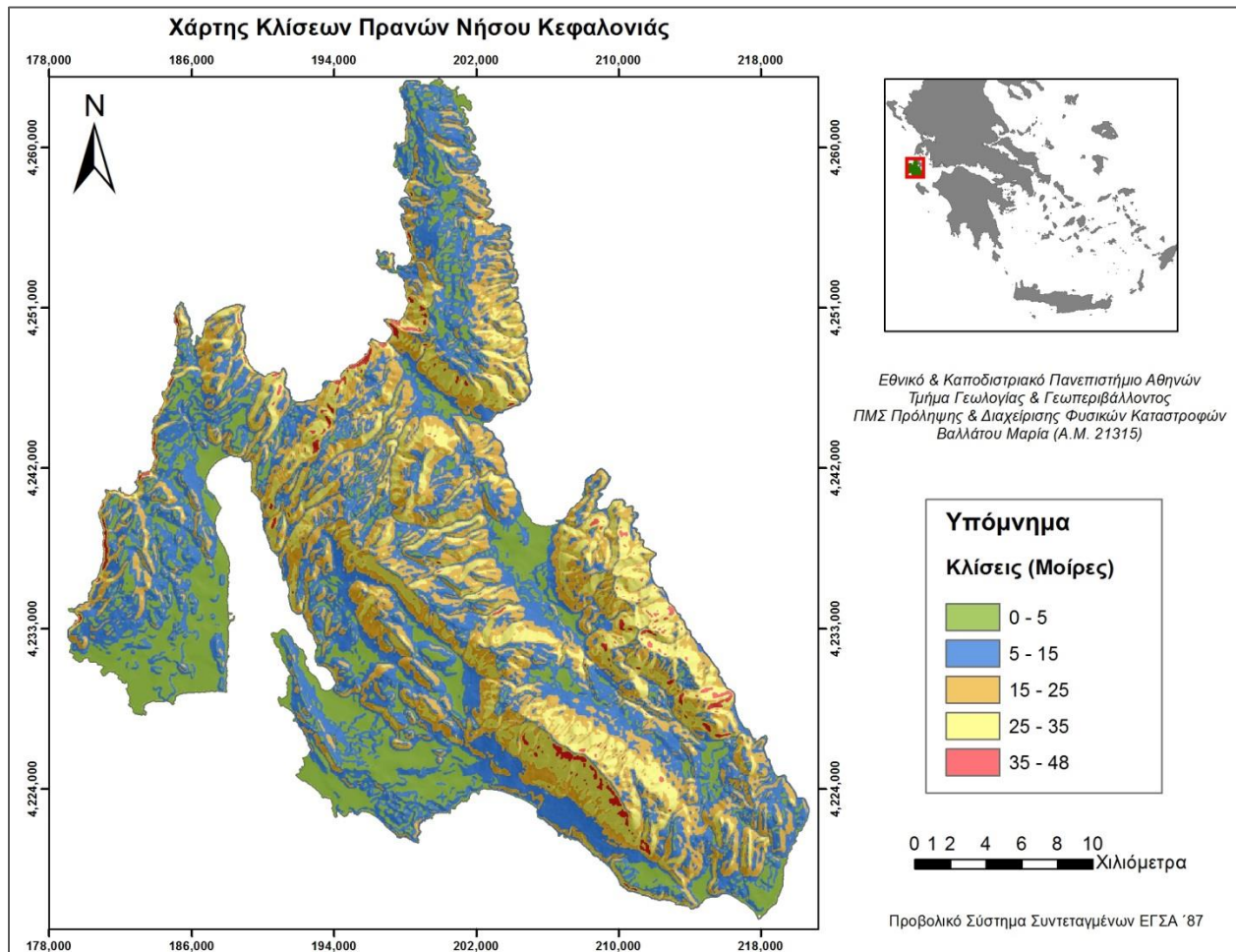


Χάρτης 3.4: Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Νήσου Κεφαλονιάς

2. Κλίσεις Εδάφους (Slope)

Η Κεφαλονιά, αν και συγκαταλέγεται στα πιο ορεινά νησιά του Ιονίου λόγω του Αίνου, έχει αρκετούς λόγους να χαρακτηριστεί εξίσου πεδινή (χάρτης 3.5). Κλίσεις από 0-15 μοίρες παρουσιάζονται στο μεγαλύτερο τμήμα του νησιού στα πεδινά τμήματα, αλλά εξίσου υπολογίσιμη επιφάνεια καταλαμβάνουν κλίσεις μέχρι και 35 μοίρες.

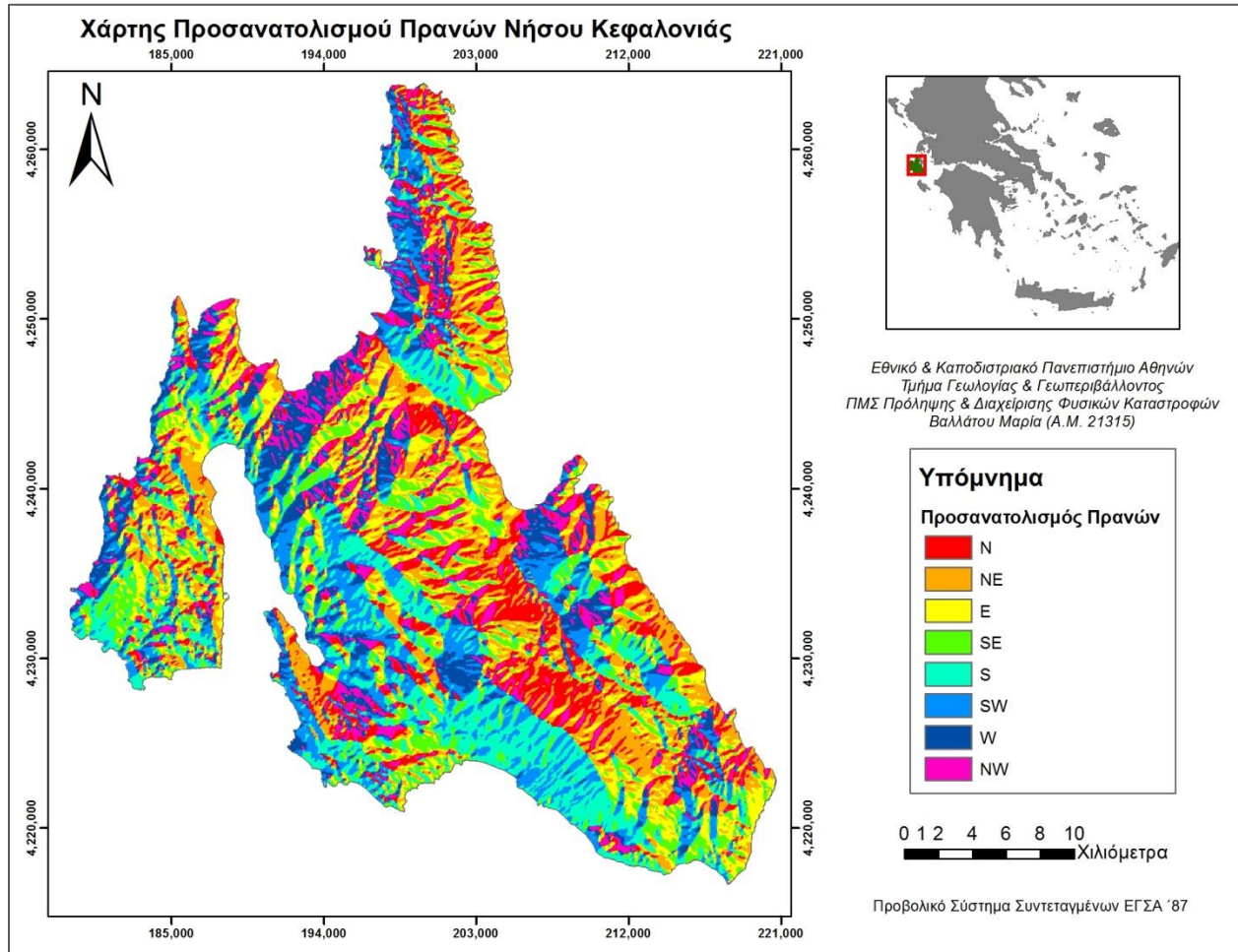
Συγκεκριμένα μεγάλες κλίσεις συναντώνται στο δυτικό τμήμα της χερσονήσου της Παλικής, στο ανατολικό τμήμα Σάμης-Πόρου, στο νοτιοδυτικό τμήμα του Άσου και τέλος στις νοτιοδυτικές εκθέσεις του Αίνου σε μεγάλα υψόμετρα.



Χάρτης 3.5 : Οι κλίσεις του Εδάφους Νήσου Κεφαλονιάς

3. Προσανατολισμός Πρανών (Aspect)

Η τοπογραφική έκθεση των πρανών φαίνεται γενικώς να παρουσιάζει μια ισορροπημένη κατανομή στο νησί της Κεφαλονιάς (χάρτης 3.6).



Χάρτης 3.6 : Ο Προσανατολισμός των Πρανών Νήσου Κεφαλονιάς

3.4 Αποτελέσματα Χωρικής Εκτίμησης της Συμπεριφοράς του Πυρός

Η χωρική εκτίμηση της συμπεριφοράς του πυρός στην Κεφαλλονιά, πραγματοποιήθηκε κάνοντας χρήση του μοντέλου FlamMap ver. 5

Για την χωρική εκτίμηση της συμπεριφοράς του πυρός στην Κεφαλλονιά, έγινε χρήση των εξής θεματικών επιπέδων:

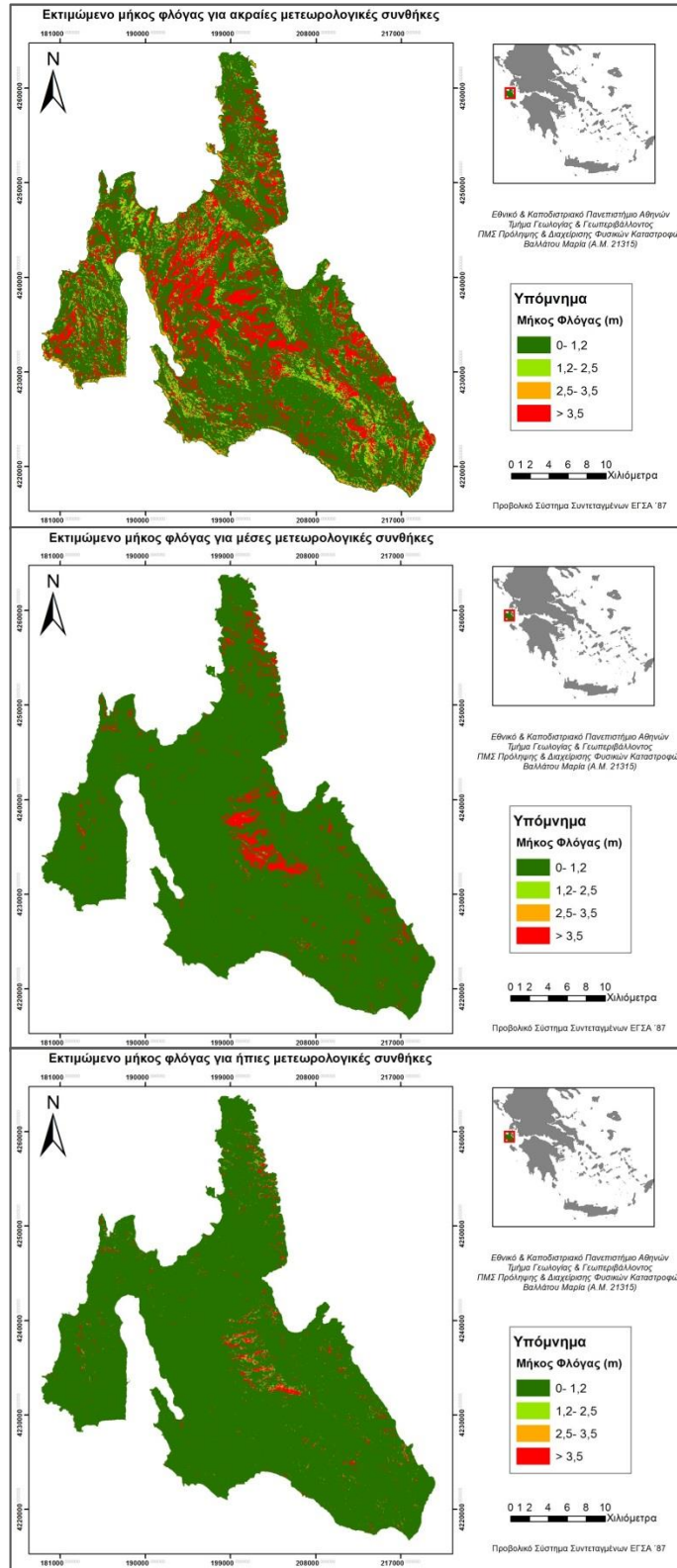
1. Το Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM)
2. Η Κλίση εδάφους (SLOPE)
3. Έκθεση- προσανατολισμός πρανών (ASPECT)
4. Ταξινόμηση εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη
5. Ταξινόμηση Τυπων καύσιμης ύλης

Η συμπεριφορά της δασικής πυρκαγιάς είναι μία συνισταμένη των παραμέτρων:

- Αναμενόμενη ταχύτητα διάδοσης,
- Θερμική ένταση και
- Μήκος φλόγας των πυρκαγιών.

Η προσομοίωση έγινε επιλέγοντας τρία διαφορετικά σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης: (1) Ακραίες Συνθήκες, (2) Μέσες Συνθήκες, (3) Ήπιες Συνθήκες.

Έτσι λοιπόν ακολουθεί η παρουσίαση των παραγόμενων αποτελεσμάτων της αναμενόμενης ταχύτητας διάδοσης, της θερμικής έντασης και του μήκους φλόγας των πυρκαγιών για κάθε ένα από τα 3 διαφορετικά σενάρια.

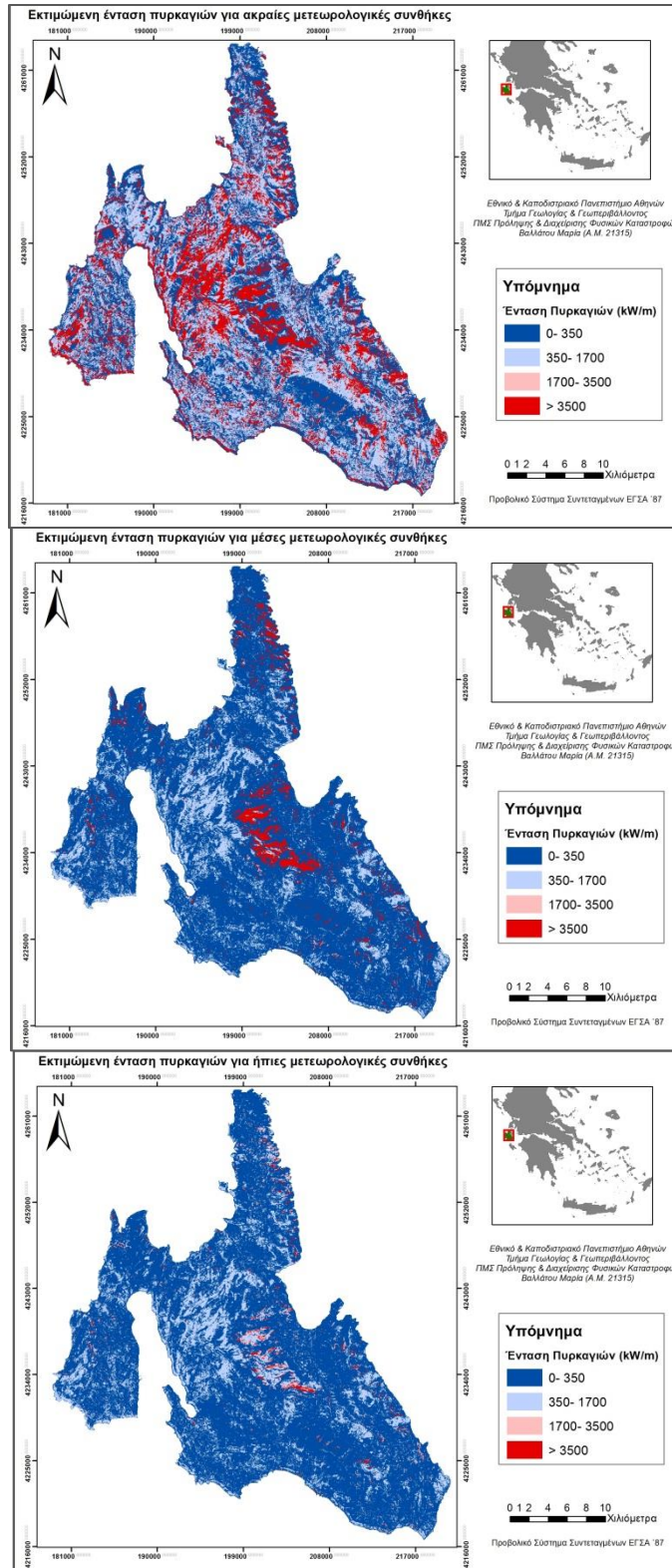


Χάρτης 3.7: Εκτιμώμενο μήκος φλόγας για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Στον χάρτη 3.7 φαίνεται ότι το εκτιμώμενο μήκος φλόγας, για ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές διάσπαρτα σε όλη την έκταση του νησιού όπου εμφανίζονται διάφοροι τύποι καύσιμης ύλης όπως θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων, και φρύγανα. Επιπλέον οι υψηλές τιμές του εκτιμώμενου μήκους φλόγας εμφανίζονται σε περιοχές που αντιστοιχούν σε όλες τις κατηγορίες πυκνότητας της καύσιμης ύλης με κυρίαρχη την 75-100m. Τέλος στις περιοχές αυτές κυριαρχούν οι κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες αλλά και ο βόρειος-βορειοανατολικός- βορειοδυτικός προσανατολισμός.

Επιπλέον το εκτιμώμενο μήκος φλόγας, για μέσες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού, όπου κυριαρχούν θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων. Στις περιοχές αυτές κυριαρχούν η πυκνότητα καύσιμης ύλης 75-100m, ο βόρειος και ο βορειοανατολικός προσανατολισμός των πρανών καθώς και κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες.

Αντίστοιχα το εκτιμώμενο μήκος φλόγας, για ήπιες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές σε λίγες περιοχές στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού. Ισχύουν τα ίδια χαρακτηριστικά τύπου καύσιμης ύλης, πυκνότητας της καύσιμης ύλης, προσανατολισμού πρανών και κλίσεων εδάφους με αυτά των μέσων μετεωρολογικών συνθηκών.

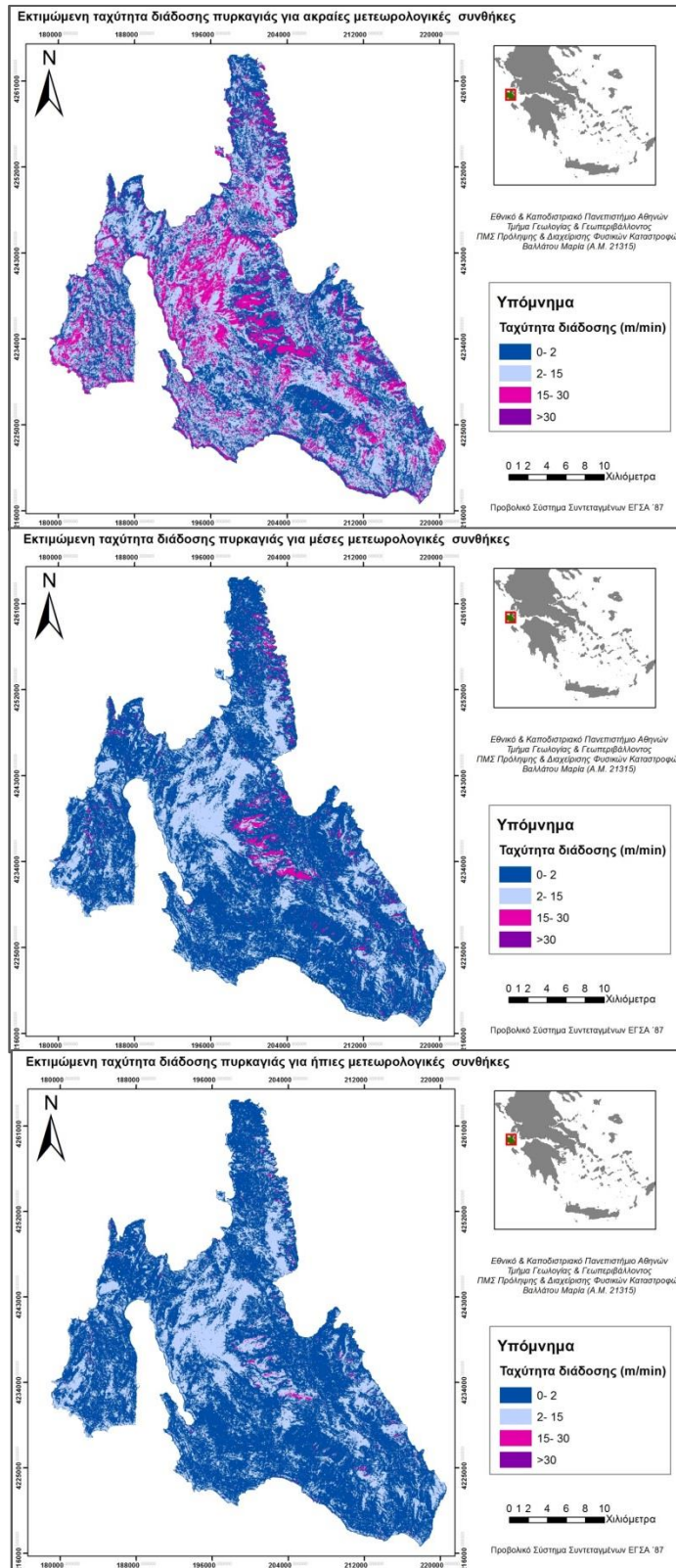


Χάρτης 3.8: Εκτιμώμενη ένταση πυρκαγιών για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Στον χάρτη 3.8 φαίνεται ότι η εκτιμώμενη ένταση πυρκαγιών, για ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές διάσπαρτα σε όλη την έκταση του νησιού όπου εμφανίζονται διάφοροι τύποι καύσιμης ύλης όπως θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων, αλλά και φρύγανα. Επιπλέον οι υψηλές τιμές του εκτιμώμενου μήκους φλόγας εμφανίζονται σε περιοχές που αντιστοιχούν σε όλες τις κατηγορίες πυκνότητας της καύσιμης ύλης με κυρίαρχη την 75-100m. Τέλος στις περιοχές αυτές κυριαρχούν οι κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες αλλά και ο βόρειος-βορειοανατολικός- βορειοδυτικός προσανατολισμός.

Επιπλέον η εκτιμώμενη ένταση πυρκαγιών, για μέσες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού, όπου κυριαρχούν και εδώ, θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων 75- 100m. Στις περιοχές αυτές κυριαρχεί ο βόρειος και ο βορειοανατολικός προσανατολισμός των πρανών και κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες.

Αντίστοιχα η εκτιμώμενη ένταση πυρκαγιών, για ήπιες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές σε λίγες περιοχές στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Επικρατούν και εδώ τα ίδια χαρακτηριστικά τύπου καύσιμης ύλης, πυκνότητας της καύσιμης ύλης, προσανατολισμού πρανών και κλίσεων εδάφους με αυτά των μέσων μετεωρολογικών συνθηκών.



Χάρτης 3.9: Εκτιμώμενη ταχύτητα διάδοσης πυρκαγιάς για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες

Στον χάρτη 3.9 φαίνεται ότι η εκτιμώμενη ταχύτητα διάδοσης, για ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές διάσπαρτα σε όλη την έκταση του νησιού όπου εμφανίζονται διάφοροι τύποι καύσιμης ύλης όπως θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων, αλλά και φρύγανα. Επιπλέον οι υψηλές τιμές της εκτιμώμενης ταχύτητας διάδοσης εμφανίζονται σε περιοχές που αντιστοιχούν σε όλες τις κατηγορίες πυκνότητας της καύσιμης ύλης με κυρίαρχη την 75-100m. Τέλος στις περιοχές αυτές κυριαρχούν οι κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες αλλά και ο βόρειος-βορειοανατολικός- βορειοδυτικός προσανατολισμός.

Επιπλέον η εκτιμώμενη ταχύτητα διάδοσης, για μέσες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού, όπου κυριαρχούν και εδώ, θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων. Στις περιοχές αυτές κυριαρχούν η πυκνότητα καύσιμης ύλης 75-100m, ο βόρειος και ο βορειοανατολικός προσανατολισμός των πρηνών καθώς και κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες.

Αντίστοιχα η εκτιμώμενη ταχύτητα διάδοσης, για ήπιες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές σε λίγες περιοχές στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Ισχύουν τα ίδια χαρακτηριστικά τύπου καύσιμης ύλης, πυκνότητας της καύσιμης ύλης, προσανατολισμού πρηνών και κλίσεων εδάφους με αυτά των μέσων μετεωρολογικών συνθηκών.

3.5 Αποτελέσματα Χωρικής Εκτίμησης του Κινδύνου Έκθεσης της βλάστησης από Δασικές Πυρκαγιές

Η χωρική εκτίμηση του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης από δασικές πυρκαγιές στην Κεφαλλονιά, πραγματοποιήθηκε κάνοντας χρήση του μοντέλου FlamMap ver. 5

Για την χωρική εκτίμηση του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης από δασικές πυρκαγιές, έγινε χρήση των εξής θεματικών επιπέδων:

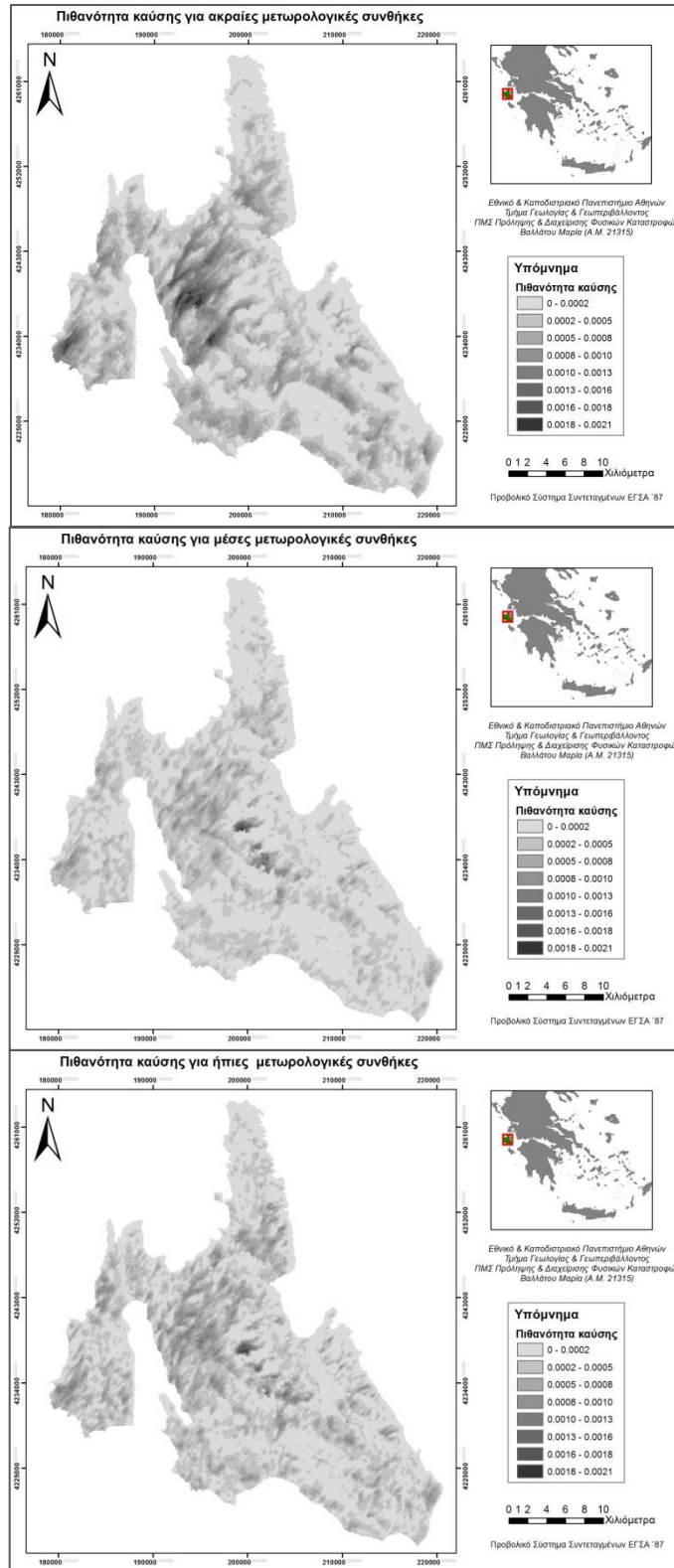
6. Το Ψηφιακό μοντέλο αναγλύφου (DEM)
7. Η Κλίση εδάφους (SLOPE)
8. Έκθεση- προσανατολισμός πρανών (ASPECT)
9. Ταξινόμηση πυκνότητας καύσιμης ύλης
10. Ταξινόμηση Τυπων καύσιμης ύλης

Ο κίνδυνος έκθεσης της βλάστησης από δασικές πυρκαγιές είναι μία συνισταμένη των παραμέτρων:

- Πιθανότητα καύσης
- Αναμενόμενη ένταση
- Το αναμενόμενο μέγεθος πυρκαγιάς

Η προσομοίωση έγινε επιλέγοντας τρία διαφορετικά σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης: (1) Ακραίες Συνθήκες, (2) Μέσες Συνθήκες, (3) Ήπιες Συνθήκες.

Έτσι λοιπόν ακολουθεί η παρουσίαση των παραγόμενων αποτελεσμάτων της πιθανότητας καύσης, της αναμενόμενης έντασης και του αναμενόμενου μεγέθους πυρκαγιάς για κάθε ένα από τα 3 διαφορετικά σενάρια.

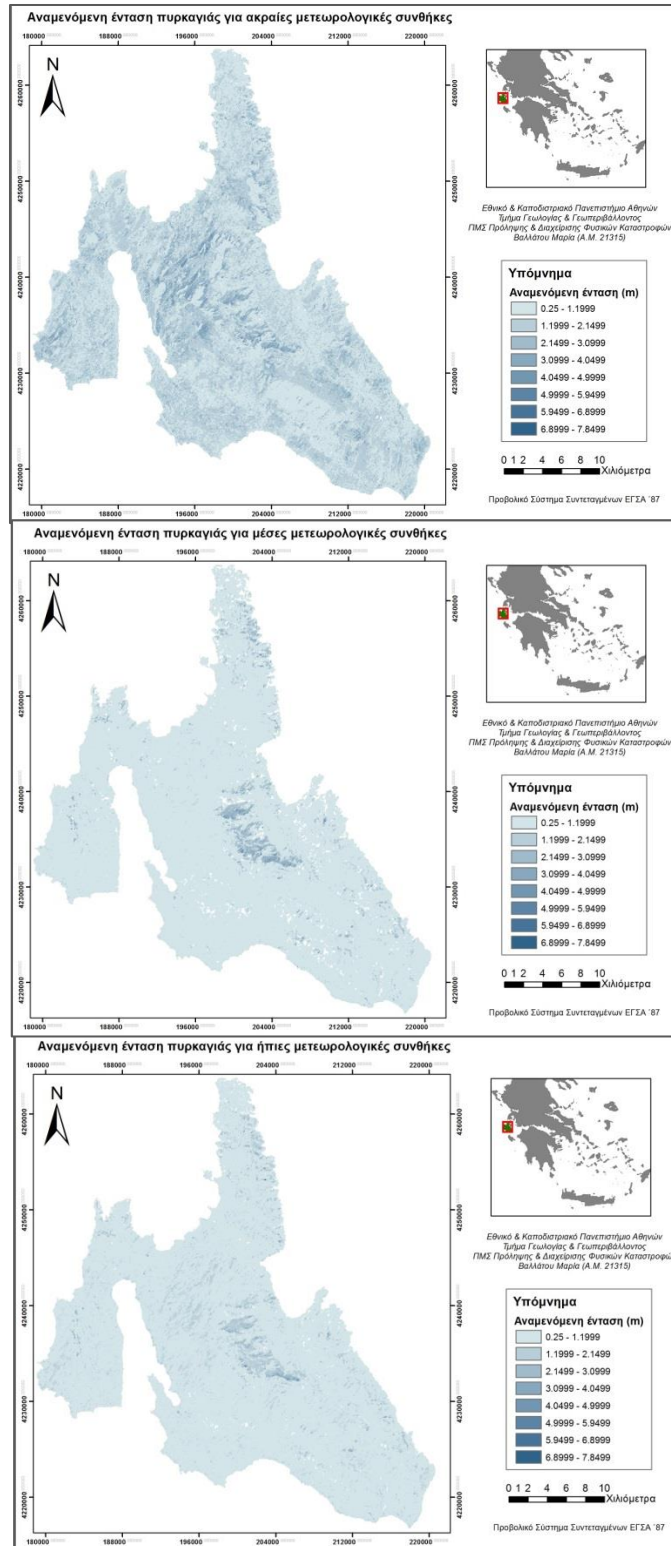


Χάρτης 3.10: Πιθανότητα καύσης για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Στον χάρτη 3.10 φαίνεται ότι η πιθανότητα καύσης, για ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές της, στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του νησιού όπου κυριαρχούν τα φρύγανα και οι θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων. Επιπλέον οι υψηλές τιμές, της πιθανότητας καύσης, εμφανίζονται σε περιοχές στις οποίες υπερτερεί η πυκνότητα 0-25m. Τέλος στις περιοχές αυτές κυριαρχούν οι κλίσεις εδάφους 5-35 μοίρες αλλά και ο βόρειος, βορειοδυτικός, νότιος και νοτιοδυτικός προσανατολισμός.

Επιπλέον η πιθανότητα καύσης, για μέσες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό τμήμα του νησιού, όπου κυριαρχούν, θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων και φρύγανα. Η πυκνότητα που υπερτερεί είναι ίση με 0- 25m. Στις περιοχές αυτές κυριαρχεί ο βόρειος, βορειοδυτικός, βορειοανατολικός, νότιος και νοτιοδυτικός, προσανατολισμός των πρανών και κλίσεις εδάφους 5-35 μοίρες.

Αντίστοιχα η πιθανότητα καύσης, για ήπιες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Επικρατούν και εδώ τα ίδια χαρακτηριστικά τύπου καύσιμης ύλης, πυκνότητας καύσιμης ύλης, προσανατολισμού πρανών και κλίσεων εδάφους με αυτά των μέσων μετεωρολογικών συνθηκών.

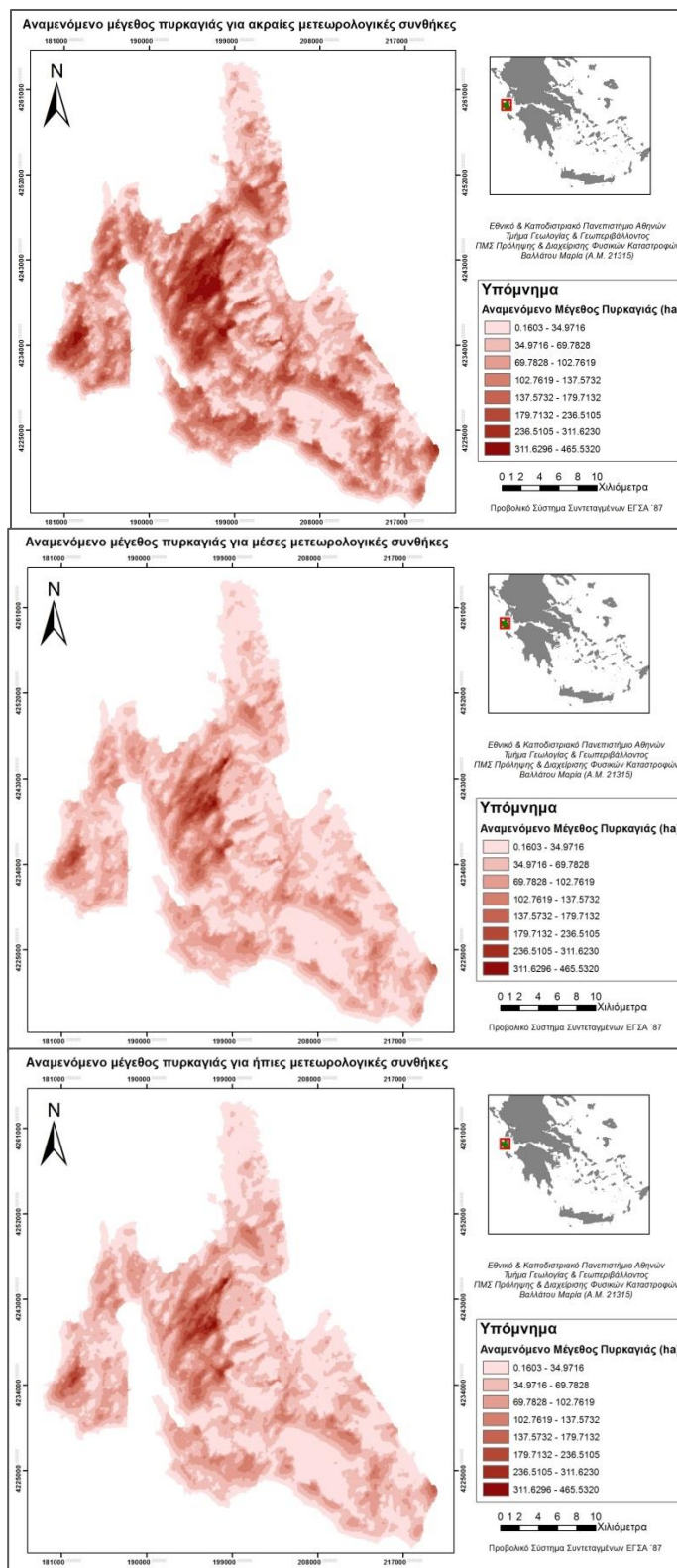


Χάρτης 3.11: Αναμενόμενη ένταση πυρκαγιάς για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Στον χάρτη 3.11 φαίνεται ότι η αναμενόμενη ένταση πυρκαγιών, για ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές διάσπαρτα σε όλη την έκταση του νησιού όπου εμφανίζονται διάφοροι τύποι καύσιμης ύλης όπως θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων, πουρναρώνες αλλά και φρύγανα. Επιπλέον οι υψηλές τιμές της αναμενόμενης έντασης πυρκαγιών εμφανίζονται σε περιοχές που αντιστοιχούν σε όλες τις κατηγορίες πυκνότητας της καύσιμης ύλης με κυρίαρχη την 75-100m. Τέλος στις περιοχές αυτές κυριαρχούν οι κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες αλλά και ο βόρειος-βορειοανατολικός- βορειοδυτικός προσανατολισμός.

Επιπλέον η αναμενόμενη ένταση πυρκαγιών, για μέσες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού, όπου κυριαρχούν και εδώ, θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων 75- 100m. Στις περιοχές αυτές κυριαρχεί ο βόρειος και ανατολικός προσανατολισμός των πρανών και κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες.

Αντίστοιχα η αναμενόμενη ένταση πυρκαγιών, για ήπιες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές σε λίγες περιοχές στο κεντρικό τμήμα και βόρειο τμήμα του νησιού. Επικρατούν και εδώ τα ίδια χαρακτηριστικά τύπου καύσιμης ύλης, πυκνότητας της καύσιμης ύλης, προσανατολισμού πρανών και κλίσεων εδάφους με αυτά των μέσων μετεωρολογικών συνθηκών.



Χάρτης 3.12: Αναμενόμενη μέγεθος πυρκαγιάς για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

Στον χάρτη 3.12 φαίνεται ότι το αναμενόμενο μέγεθος πυρκαγιάς, για ακραίες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει τις υψηλότερες τιμές της, διάσπαρτα σε όλο το νησί, όπου κυριαρχούν τα φρύγανα και θαμνώνες αειφύλλων-πλατυφύλλων. Επιπλέον οι υψηλές τιμές, του αναμενόμενου μεγέθους πυρκαγιάς εμφανίζονται σε περιοχές στις οποίες υπερτερεί η πυκνότητα 0-25m. Τέλος στις περιοχές αυτές κυριαρχούν οι κλίσεις εδάφους 5-35 μοίρες αλλά και ο βόρειος, βορειοδυτικός, νότιος και νοτιοδυτικός προσανατολισμός.

Επιπλέον το αναμενόμενο μέγεθος πυρκαγιάς, για μέσες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό τμήμα του νησιού, όπου κυριαρχούν φρύγανα. Η πυκνότητα που υπερτερεί είναι ίση με 0- 25m. Στις περιοχές αυτές κυριαρχεί ο νότιος, νοτιοδυτικός, βόρειος και βορειοδυτικός προσανατολισμός των πρανών και κλίσεις εδάφους 5-35 μοίρες.

Αντίστοιχα το αναμενόμενο μέγεθος πυρκαγιάς, για ήπιες μετεωρολογικές συνθήκες, παρουσιάζει υψηλές τιμές στο κεντρικό τμήμα του νησιού. Επικρατούν και εδώ τα ίδια χαρακτηριστικά τύπου καύσιμης ύλης, πυκνότητας καύσιμης ύλης, προσανατολισμού πρανών και κλίσεων εδάφους με αυτά των μέσων μετεωρολογικών συνθηκών.

3.6 Αποτελέσματα εκτίμησης της μεταβολής στην αξία των οικοτόπων όπως αυτή προκαλείται από τις δασικές πυρκαγιές

Η χωρική εκτίμηση της μεταβολής της αξίας των οικοτόπων της περιοχής διενεργήθηκε με το ειδικό λογισμικό ArcFuels ver.10. Το σύστημα αυτό επιτρέπει να εφαρμοστούν διάφορα μοντέλα πυρκαγιών σε μία πλατφόρμα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (*Viallant et al. 2003*).

Η προσομοίωση έγινε επιλέγοντας τρία (3) διαφορετικά σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκαν τα ακόλουθα σενάρια μετεωρολογικών συνθηκών και υγρασίας της καύσιμης ύλης:

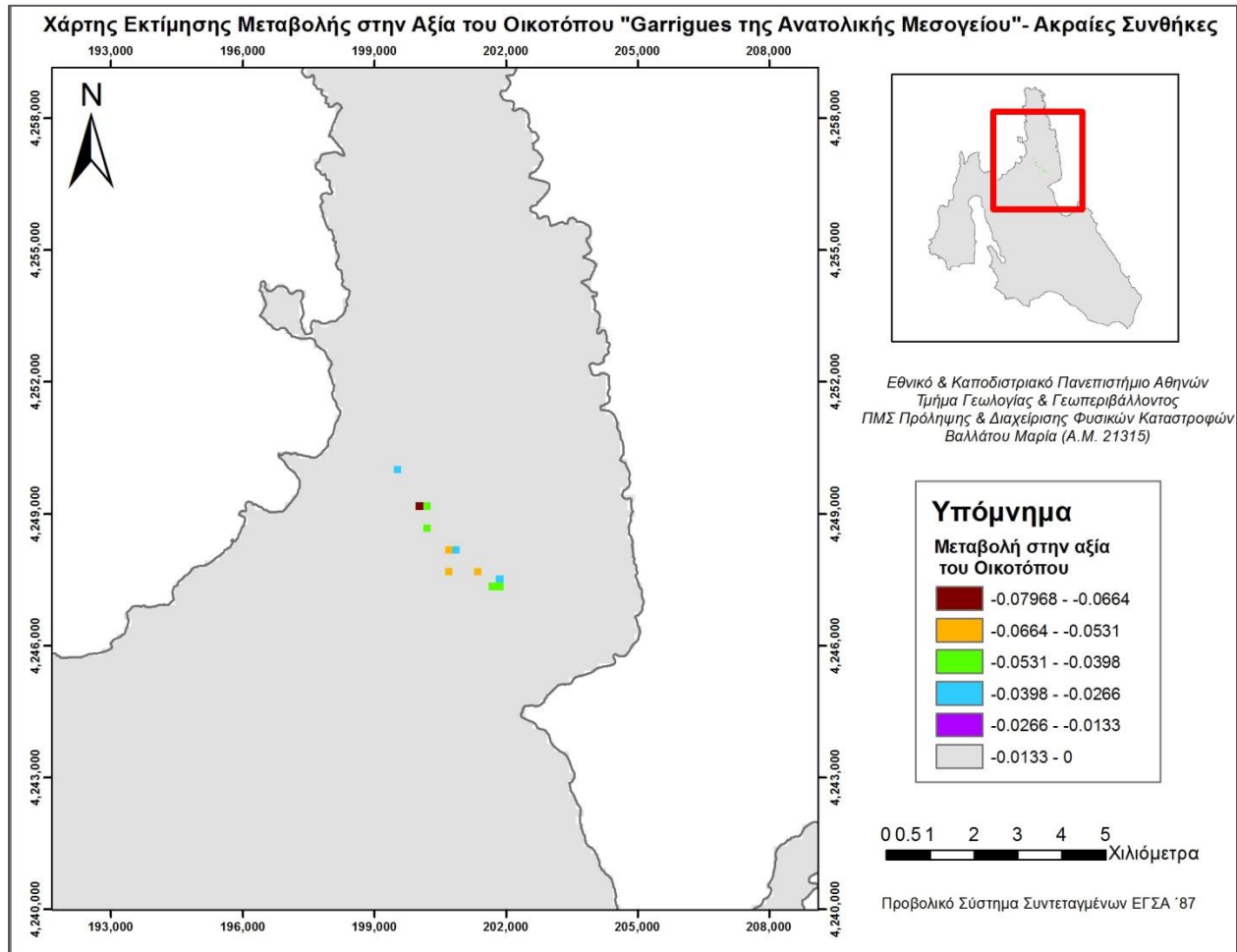
- Ακραίες Συνθήκες
- Μέσες Συνθήκες
- Ήπιες Συνθήκες

Για κάθε ένα από τα 3 διαφορετικά μετεωρολογικά σενάρια, υπολογίστηκε χωρικά η μεταβολή της αξίας του οικοτόπου “Δάση Ελληνικής Ελάτης”, ο οποίος αποτελεί ένα ευάλωτο σύστημα.

Ενώ η μεταβολή της αξίας των οικοτόπων “Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου” και “Ελληνικά Δάση Πρίνου”, οι οποίοι αποτελούν ανθεκτικά συστήματα, εκτιμήθηκε μόνο για το σενάριο των ακραίων μετεωρολογικά συνθηκών.

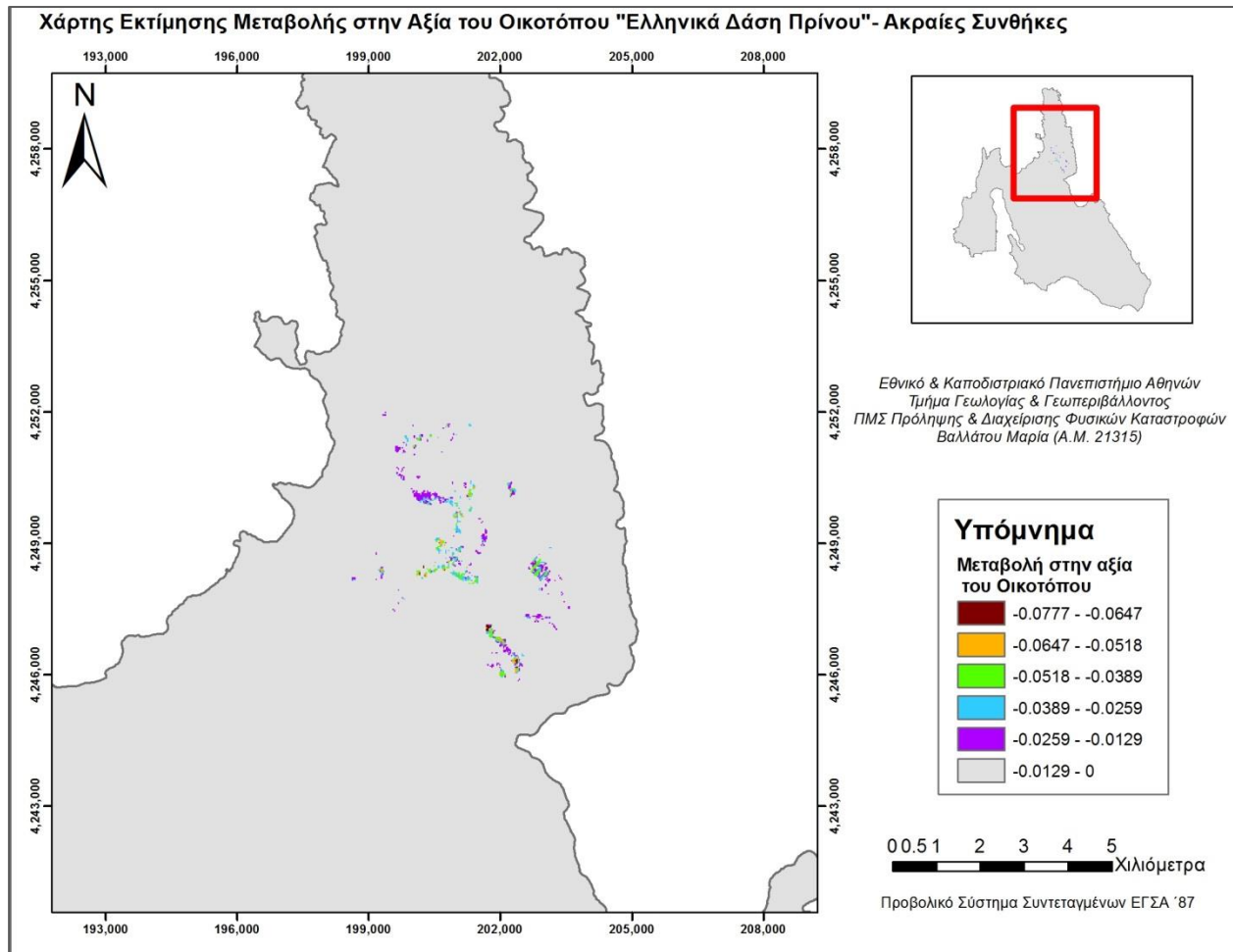
Έτσι λοιπόν ακολουθεί η παρουσίαση των παραγόμενων αποτελεσμάτων της μεταβολής της αξίας των οικοτόπων “Ελληνικά Δάση Πρίνου”, “Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου” και “Δάση Ελληνικής Ελάτης”.

➤ Οικότοπος – Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου



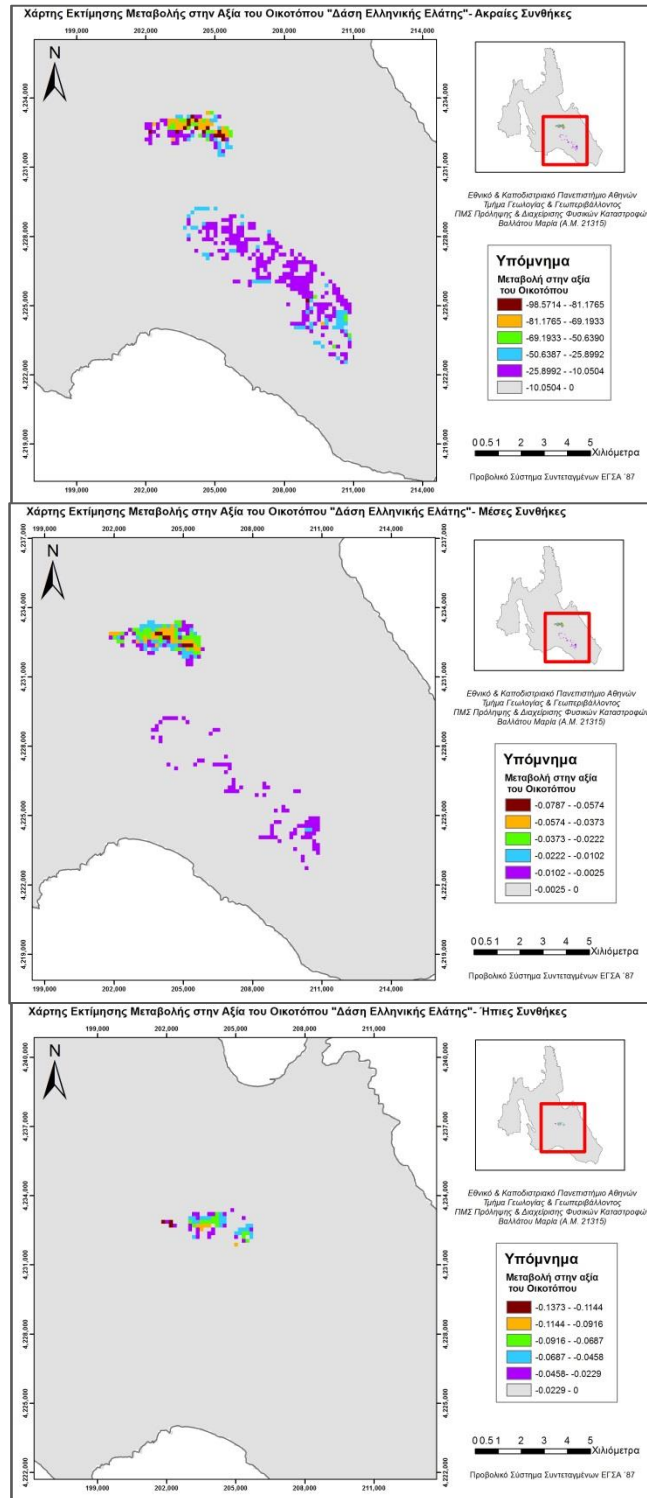
Χάρτης 3.13: Εκτίμησης της μεταβολής στην αξία του οικοτόπου «Ελληνικά Λάση Πρίνου»– Ακραίες Συνθήκες.

➤ Οικότοπος – Ελληνικά Δάση Πρίνου



Χάρτης 3.14: Εκτίμησης της μεταβολής στην αξία του οικοτόπου «Ελληνικά Δάση Πρίνου»– Ακραίες Συνθήκες.

➤ Οικότοπος – Δάση Ελληνικής Ελάτης



Χάρτης 3.15: Εκτίμησης της μεταβολής στην αξία του οικοτόπου «Δάση Ελληνικής Ελάτης» για ακραίες (άνω χάρτης), μέσες (μεσαίος χάρτης) και ήπιες (κάτω χάρτης) μετεωρολογικές συνθήκες.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για πρώτη φορά, στο νησί της Κεφαλλονιάς, επιχειρείται η αντιστοίχιση της βλάστησης σε καύσιμη ύλη. Ένα βήμα εντελώς απαραίτητο έτσι ώστε να εκτιμηθεί ο κίνδυνος των δασικών πυρκαγιών. Η αντιστοίχιση αυτή, έγινε μέσω εκτεταμένης δειγματοληψίας μετρήσεων δασικής καύσιμης ύλης στο νησί της Κεφαλλονιάς.

Αντίστοιχη μεθοδολογία δειγματοληψίας πεδίου, με μετρούμενα μεγέθη το μέσο ύψος και η κάλυψη του υπορόφου, το βάθος του φυλλοτάπητα και η οπτική εκτίμηση της κάλυψης του, έχει ακολουθηθεί σε μελέτες όπως αυτή της Μεσσαλούρη Ι.(2012) στο όρος του Πηλίου, του Ξανθόπουλου Γ. στην Περιφέρεια της Αττικής και του Mitsopoulos I.D. et al. (2015) στην περιοχή της Πεντέλης.

Στα πλαίσια των προαναφερθέντων μελετών, της πρόβλεψης της συμπεριφοράς της δασικής πυρκαγιάς, προηγείται η δημιουργία τυπικών μοντέλων καύσιμης ύλης. Για τη δημιουργία τυπικών μοντέλων καύσιμης ύλης γίνεται εκτεταμένη δειγματοληψία με μετρήσεις καύσιμης ύλης σε αντιπροσωπευτικά σημεία της εκάστοτε περιοχής μελέτης.

Ωστόσο η μεθοδολογία δειγματοληψίας πεδίου, που ακολούθησαν ο Ξανθόπουλος Γ. κ.α. αλλά και ο Mitsopoulos et al. (2015), διαφοροποιείται σε σχέση με την μεθοδολογία της παρούσας εργασίας, μόνο στο σημείο της μέτρησης της βιομάζας της ζωντανής και νεκρής καύσιμης ύλης. Αφού στην παρούσα εργασία δεν πραγματοποιήθηκε καταστροφική δειγματοληψία ζωντανής και νεκρής καύσιμης ύλης και μετέπειτα ζύγιση αυτών αλλά χρησιμοποιήθηκαν έτοιμες αντιπροσωπευτικές τιμές. Κατά τα άλλα ακολουθείται ακριβώς το ίδιο σκεπτικό δημιουργίας τυπικών μοντέλων καύσιμης ύλης, καταλήγοντας σε 6 μοντέλα καύσιμης ύλης (χορτολιβαδικές εκτάσεις, φρύγανα, φρύγανα- αραιή βλάστηση, θαμνώνες αείφυλλων-πλατυφύλλων, πρινώνες, και δάση ελάτης).

Έτσι λοιπόν αποδεικνύεται ότι η συστηματική δειγματοληψία είναι ο ορθότερος τρόπος για την ακριβή περιγραφή της δασικής καύσιμης ύλης μιας περιοχής.

Έπειτα από την δειγματοληψία πεδίου, ακολούθησε η διαδικασία της φωτοερμηνείας, αποσκοπώντας στην αντιστοίχιση των διαφόρων τύπων βλάστησης σε τύπους καύσιμης ύλης.

Συγκεκριμένα στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε χαρτογράφηση των τύπων της καύσιμης ύλης αλλά και της εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη στο επίπεδο του νησιού. Χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της επιβλεπόμενης ταξινόμησης και ο τεξινομητής support vector machines.

Αντίστοιχη μεθοδολογία αντιστοίχισης των διαφόρων τύπων βλάστησης σε τύπους καύσιμης ύλης, χρησιμοποίησαν οι Gitas, I.Z et al. (2006) και Mallinis G. et al. (2008). Αυτοί οριοθέτησαν την δασική καύσιμη ύλη στις περιοχές της Μεσογείου, ακολουθώντας την μέθοδο της επιβλεπόμενης ταξινόμησης και χρησιμοποιώντας τον αλγόριθμο “support vector machines”.

Συνεπώς αποδεικνύεται ότι η διαδικασία της φωτοερμηνείας, είναι ο ορθότερος τρόπος για την ακριβή αντιστοίχιση των διαφόρων τύπων βλάστησης σε τύπους καύσιμης ύλης.

Έπειτα από την διαδικασία της φωτοερμηνείας, ακολούθησε η εκτίμηση της συμπεριφοράς της φωτιάς και η εκτίμηση της έκθεσης της βλάστησης στην φωτιά. Η επιλογή του μοντέλου προσομοίωσης πυρκαγιάς, στην παρούσα εργασία, αποδείχθηκε ορθή, δεδομένου ότι έχει χρησιμοποιηθεί και σε άλλες μελέτες με επιτυχία. Συγκεκριμένα η προσομοίωση της πυρκαγιάς, πραγματοποιήθηκε, κάνοντας χρήση του ημι-εμπειρικού μοντέλου προσομοίωσης πυρκαγιάς FlamMap.

Το ημι- εμπειρικό μοντέλο προσομοίωσης πυρκαγιάς FlamMap, χρησιμοποιήθηκε και στην μελέτη του Mitsopoulos et al. (2015). Σκοπός αυτής της μελέτης, ήταν να εκτιμηθεί χωρικά ο κίνδυνος των δασικών πυρκαγιών, σε ένα τυπικό αστικό δάσος μεσογειακού τύπου στην περιοχή της Πεντέλης, και η πιθανή επίδραση των τριών διαφορετικών σεναρίων μετεωρολογικών συνθηκών (καταστάσεων καύσης) για τα ακόλουθα τέσσερα συστατικά του κινδύνου πυρκαγιάς: πιθανότητα καύσης, το μήκος της φλόγας και το μέγεθος της πυρκαγιάς. Συγκεκριμένα εφαρμόστηκε ο αλγόριθμος προσομοίωσης πυρκαγιάς “minimum travel time”, χρησιμοποιώντας το μοντέλο FlamMap, για να εκτιμηθεί η πιθανή εκδήλωση του κινδύνου δασικής πυρκαγιάς για κάθε ένα από τα διαφορετικά σενάρια καύσης. Στην μελέτη του Mitsopoulos et al. (2015), τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν μια ισχυρή επίδραση των μοντέλων καύσιμης ύλης στην πιθανότητα καύσης, στο μέγεθος πυρκαγιάς και στο μήκος της φλόγας. Ειδικότερα, η

συνδυασμένη επίδραση των πυκνών θαμνώνων, των δασών πεύκων χαμηλού υψομέτρου και η πολυπλοκότητα της τοπογραφία στο μήκος της φλόγας ήταν σχετικές μεταξύ τους, ιδιαίτερα στο νοτιοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, ενώ τα ποώδη καύσιμα, όπως θαμνώδεις εκτάσεις χαρακτηρίζονται από χαμηλότερο μήκος φλόγας αλλά υψηλότερη πιθανότητα καύσης. Από τις τρεις διαφορετικές συνθήκες καύσης που μελετήθηκαν, η ακραία είχε τις υψηλότερες τιμές πιθανότητας καύσης, μήκους φλόγας και μεγέθους πυρκαγιάς.

Αντίστοιχα στην παρούσα μελέτη, εκτιμήθηκε χωρικά ο κίνδυνος των δασικών πυρκαγιών στο νησί της Κεφαλλονιάς, και η πιθανή επίδραση των τριών διαφορετικών σεναρίων μετεωρολογικών συνθηκών για τα ακόλουθα τέσσερα συστατικά του κινδύνου πυρκαγιάς: η αναμενόμενη ταχύτητα διάδοσης, η θερμική ένταση, το μήκος της φλόγας, η πιθανότητα καύσης, και το αναμενόμενο μέγεθος της πυρκαγιάς. Στην παρούσα μελέτη, τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν μια ισχυρή επίδραση των μοντέλων καύσιμης ύλης στην αναμενόμενη ταχύτητα διάδοσης, στην θερμική ένταση, στο μήκος της φλόγας, στην πιθανότητα καύσης, και στο αναμενόμενο μέγεθος της πυρκαγιάς. Ειδικότερα, η συνδυασμένη επίδραση των πυκνών θαμνώνων και των φρυγάνων με κλίσεις εδάφους 15-35 μοίρες αλλά και βόρειο-βορειοανατολικό- βορειοδυτικό προσανατολισμό χαρακτηρίζονται από υψηλό μήκος φλόγας. Από τις τρεις διαφορετικές συνθήκες καύσης που μελετήθηκαν, η ακραία είχε τις υψηλότερες τιμές αναμενόμενης ταχύτητας διάδοσης, θερμικής έντασης, μήκους φλόγας, πιθανότητας καύσης, και αναμενόμενου μεγέθους πυρκαγιάς.

Επιπλέον η ορθή επιλογή του ημι- εμπειρικού μοντέλου προσομοίωσης πυρκαγιάς FlamMap, βασίζεται σε μελέτες όπως αυτή του Jahdi R., et.al. (2015), σύμφωνα με την οποία έγινε μία σύγκριση, των αποτελεσμάτων προσομοίωσης δασικής πυρκαγιάς στο Εθνικό πάρκο Golestan, στο Ιράν, που εξήχθησαν μέσω των ημι-εμπειρικών μοντέλων FlamMap και του Farsite. Μέσω της προαναφερθείσας σύγκρισης διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα που εξήχθησαν μέσω του FlamMap, μπορούν να θεωρηθούν σε μεγάλο βαθμό αξιόπιστα, κρίνοντας από την αποτύπωση της εικόνας της προσομοίωσης της πυρκαγιάς.

Επομένως το ημί- εμπειρικό μοντέλο προσομοίωσης πυρκαγιάς FlamMap μπορεί να αποτελέσει λειτουργικό κομμάτι ενός γενικότερου συστήματος πρόληψης, διαχείρισης και αντιμετώπισης δασικών πυρκαγιών.

Επιπροσθέτως στην μελέτη του Mitsopoulos et al. (2015), προσδιορίστηκε η χωρική έκταση των οικιστικών δομών στην περιοχή μελέτης μέσω διαδικασιών φωτοερμηνείας. Ενώ μέσω του λογισμικού ArcFuel εκτιμήθηκε η απώλεια των οικιστικών δομών, από την πολύ χαμηλή μέχρι την πολύ υψηλή ένταση πυρκαγιάς (κατηγορίες μήκους φλόγας), μέσω της υπέρθεσης των θεματικών επιπέδων των οικιστικών δομών με της πιθανότητας καύσης.

Ωστόσο στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcFuels ver.10, έτσι ώστε να εκτιμηθεί χωρικά η μεταβολή της αξίας των οικοτόπων της Κεφαλλονιάς και όχι η τρωτότητα των οικιστικών δομών της περιοχής,. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι στην αξία, δύο εκ των τριών οικοτόπων, σημειώνεται σημαντική μεταβολή.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χαρτογράφηση της καύσιμης ύλης έχει ουσιαστική σημασία για τη διαχείριση πυρκαγιών, ιδιαίτερα για τον υπολογισμό της επικινδυνότητας μιας πυρκαγιάς, του κινδύνου εμφάνισής της καθώς και για την προσομοίωση της εξάπλωσης της (μήκος φλόγας, ταχύτητα διάδοσης, θερμική ένταση του μετώπου κ.α.) στο χώρο. Η επεξεργασία δορυφορικών εικόνων υψηλής διακριτικής ικανότητας και χωρικής ανάλυσης σε συνδυασμό με χάρτες βλάστησης και εντατική επιτόπια έρευνα στη περιοχή συνέβαλαν στην καταγραφή της βλάστησης και στην αντιστοίχιση της σε τύπους καύσιμης ύλης.

Συγκεκριμένα η μοντελοποίηση της δασικής καύσιμης ύλης με σκοπό την εκτίμηση της συμπεριφοράς του πυρός και του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης, έγινε χρησιμοποιώντας το ημι-εμπειρικό λογισμικό προσομοίωσης πυρκαγιών FlamMap. Το μοντέλο χρησιμοποίησε ως δεδομένα για τις προαναφερθείσες εκτιμήσεις, την ταχύτητα του ανέμου, την υγρασία της καύσιμης ύλης, τα υψόμετρα του εδάφους, την κλίση εδάφους, τον προσανατολισμός των πρανών, και μία περιγραφή της καύσιμης ύλης (τύποι καύσιμης ύλης και η εδαφοκάλυψη από την κομοστέγη). Αφού οι βασικοί παράγοντες που επιδρούν στην έναρξη, συμπεριφορά και εξάπλωση των δασικών πυρκαγιών είναι τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης, η τοπογραφία και οι μετεωρολογικές συνθήκες.

Όσον αφορά τον παράγοντα των μετεωρολογικών συνθηκών, εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα για την περιοχή μελέτης:

- Η σχετική υγρασία μεταβάλλεται με την θερμοκρασία και μάλιστα αύξηση της θερμοκρασίας σημαίνει αύξηση της σχετικής υγρασίας. Με φορά της ακραίες προς τις ήπιες μετεωρολογικές συνθήκες αυξάνονται οι τιμές της περιεχόμενης υγρασίας της καύσιμης ύλης. Επομένως κατά τις ακραίες συνθήκες, οι τύποι της καύσιμης ύλης έχουν χαμηλότερη περιεχόμενη υγρασία και συνεπώς είναι πιο εύφλεκτοι. Συγκεκριμένα οι χαμηλές τιμές της περιεχόμενης υγρασίας της ξηρής καύσιμης ύλης, επηρέασαν αρνητικά τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς και τον κίνδυνο έκθεσης της βλάστησης στην πυρκαγιά.

Όσον αφορά τον παράγοντα της τοπογραφίας, εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα για την περιοχή μελέτης:

- Ο προσανατολισμός των πρανών, επιδρά στην περιεχόμενη στα κάυσιμα υγρασία. Συγκεκριμένα οι παράμετροι της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς και του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης στην πυρκαγιά σημειώνουν τις υψηλότερες τιμές τους στις νότιες, νοτιοδυτικές, βόρειες και βορειοδυτικές εκθέσεις. Σίγουρα οι νότιες εκθέσεις δέχονται εντονότερα την ηλιακή ακτινοβολία αλλά σε κάποιες περιπτώσεις μπορεί στις νότιες πλαγιές να έχουμε λιγότερη βλάστηση και έτσι να έχουμε μεγαλύτερη ένταση πυρκαγιάς στις βόρειες.
- Η κλίση του εδάφους ειδικά στην ορεινή χώρα, παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση της πυρκαγιάς. Η ταχύτητα εξάπλωσης της είναι μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η κλίση. Επιπλέον η πυρκαγιά κατά κανόνα εξαπλώνεται προς τα υψηλότερα μέρη κάθε πλαγιάς, εκτός εάν υπάρχει ισχυρός αντίθετος άνεμος. Συγκεκριμένα οι περιοχές μεγάλων κλίσεων και υψομέτρων ταυτίζονται εν μέρει με τις περιοχές που σημειώνονται οι υψηλότερες τιμές των παραμέτρων του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης στην πυρκαγιά και της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς. Πρέπει να αναφερθεί ότι οι μεγαλύτερες τιμές υψομέτρων και κλίσεων εδάφους, σημειώνονται στην περιοχή του Αίνου αλλά ωστόσο λόγω της υπέρθεσης των θεματικών επιπέδων που πραγματοποιείται μέσω του μοντέλου προσομοίωσης FlamMap, άλλοι παράγοντες όπως η εδαφοκάλυψη από την κομοστέγη, την εξαιρούν από τις επικίνδυνες περιοχές.

Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της καύσιμης ύλης, εξήχθησαν τα εξής συμπεράσματα για την περιοχή μελέτης:

- ✓ Όσο πιο ομοιόμορφη και συνεχόμενη κατανομή της καύσιμης ύλης υπάρχει τόσο μεγαλύτερη και γρηγορότερη ανάφλεξη και πλήρη καύση αναμένεται, ενώ όσο πιο πολλά διάκενα βλάστησης υπάρχουν τόσο περισσότερες είναι οι αλλαγές στην ταχύτητα εξάπλωσης και την ένταση μιας πυρκαγιάς. Συγκεκριμένα εμφανίζονται χαμηλές τιμές των παραμέτρων της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς και του κινδύνου έκθεσης της βλάστησης από την πυρκαγιά στους τύπους βλάστησης “Δάση Ελάτης” και “Πρινώνες” αφού έχουμε μικρές τιμές εδαφοκάλυψης από την κομοστέγη.

Στο τελευταίο μέρος της ανάλυσης επιχειρήθηκε να εκτιμηθεί η μεταβολή της αξίας των οικοτόπων της Κεφαλλονιάς, κάνοντας χρήση του λογισμικού ArcFuel.

Ο υπολογισμός της μεταβολής της αξίας των οικοτόπων εξ αιτίας των δασικών πυρκαγιών, έδειξε ότι δεν προκαλείται σημαντική μεταβολή στην αξία του οικοτόπου “Garrigues της Ανατολικής Μεσογείου” σε αντίθεση με τους οικοτόπους “Ελληνικά Δάση Πρίνου” και “Δάση Ελληνικής Ελάτης”.

Η μεταβολή της αξίας του οικοτόπου “Δάση Ελληνικής Ελάτης”, θα ήταν αποτέλεσμα με ιδιαίτερη σημασία καθώς θα επηρέαζε την βιοποικιλότητα του Εθνικού Δρυμού Αίνου, που αποτελεί προστατευόμενη περιοχή. Οι επιπτώσεις γίνονται ακόμα σημαντικότερες λαμβάνοντας υπ’ όψιν ότι και η ανάκαμψη του πληθυσμού του συγκεκριμένου ενδημικού είδους, έπειτα από περιστατικά πυρκαγιών, εκτιμάται ως ιδιαίτερα βραδεία.

Από την περιγραφείσα χωρική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, προκύπτει ότι το μοντέλο προσομοίωσης πυρκαγιάς FlamMap μπορεί να αποτελέσει λειτουργικό κομμάτι ενός γενικότερου συστήματος πρόληψης, διαχείρισης και αντιμετώπισης δασικών πυρκαγιών. Δυνατοί χρήστες του θα είναι Φορείς Προστασίας του Περιβάλλοντος, Αρχές Διαχείρισης Δασών, Τοπικές Αρχές, Ομάδες Πολιτικής Προστασίας του Περιβάλλοντος, Σώματα Πυρόσβεσης, Παρατηρητήρια Πυρκαγιών, ΜΚΟ, Σώματα Εθελοντών κ.α. Ουσιαστικά αναφερόμαστε στην ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος για την ανίχνευση, την εποπτεία και την υποστήριξη της επιχειρησιακής διαχείρισης των δασικών πυρκαγιών.

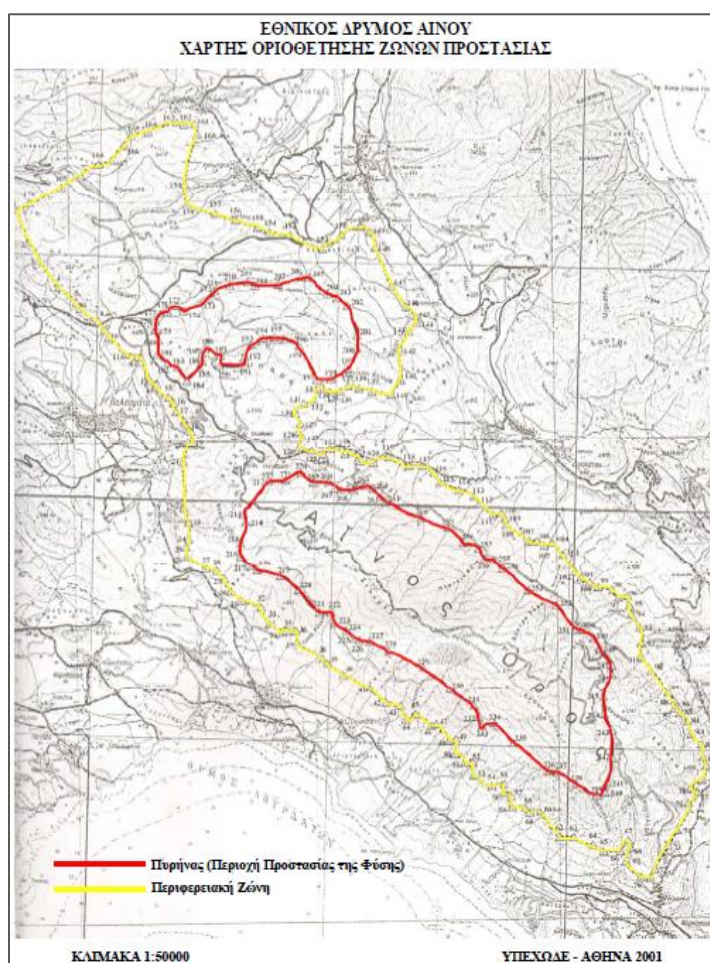
Γενικά η χαρτογράφηση ευφλεκτικότητας της δασικής καύσιμης ύλης μαζί με όλα τα σύγχρονα εργαλεία της Γεωπληροφορικής και της Τηλεπισκόπησης θα μπορούσαν να ενσωματωθούν σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα αντιπυρικής προστασίας της χώρας μας, προκειμένου να επιτευχθεί αποτελεσματική διαχείριση των δασικών πυρκαγιών τόσο σε τοπική κλίμακα όσο και σε περιφερειακό επίπεδο και να βοηθήσουν αποτελεσματικά στην αντιπυρική προστασία που προβλέπει την μείωση του κινδύνου και της καταστρεπτικότητας των δασικών πυρκαγιών. Με αυτήν επιτυγχάνεται το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα ως προς τον περιορισμό των καταστροφών με ιδιαίτερο χαμηλό κόστος.

Η πιθανή μελλοντική αλλαγή της χωρικής κατανομής της βλάστησης και της αντίστοιχης καύσιμης ύλης, αναμένεται να αλλάξει τα αποτελέσματα των μοντέλων που χρησιμοποιήθηκαν, κατά συνέπεια, διερεύνηση διαφόρων σεναρίων αυτών των αλλαγών θα οδηγούσε σε πληρέστερα αποτελέσματα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν τόσο από τον Φορέα Διαχείρισης της προστατευόμενης περιοχής όσο και από την Περιφέρεια για την αποτελεσματικότερη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Π.1 Εθνικός Δρυμός Αίνου

Ο Εθνικός Δρυμός Αίνου, ιδρύθηκε το 1962, κυρίως για να προστατευθεί ότι είχε απομείνει από το άλλοτε ακμαίο και μεγαλόπρεπο δάσος του, το οποίο συνίσταται σχεδόν αποκλειστικά από ένα από τα ωραιότερα δασικά δένδρα, δηλαδή από την κεφαλληνιακή Ελάτη (*Abies cephalonica*). Και δικαίως κηρύχθηκε ως Εθνικός Δρυμός ο Αίνος, αφού το όρος αποτελεί κατά τον Διεθνή Κώδικα Βοτανικής την κλασσική θέση του ενδημικού για την Ελλάδα είδους της κεφαλληνιακής Ελάτης. Αλλά και πέραν τούτου γιατί το όλον οικοσύστημα του Αίνου είναι ιδιαίτερου επιστημονικού και αισθητικού ενδιαφέροντος και αποτελεί τον πνεύμονα της Κεφαλονιάς και την καρδιά της πλούσιας βιοποικιλότητας της νήσου (Πολίτη, 2006).



Εικόνα ΠΙ: Χάρτης οριοθέτησης ζωνών προστασίας Εθνικού Δρυμού Αίνου (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, 2001)

Π2. Περιγραφή ευρύτερης περιοχής μελέτης Εθνικού Δρυμού Αίνου

Εκτείνεται σε γεωγραφικό μήκος 20° 38' και 20° 44' ανατολικά και σε γεωγραφικό πλάτος 38° 06' και 38° 10' βόρεια, και αναπτύσσεται με κατεύθυνση ΒΒΔ – ΝΝΑ. Η συνολική έκταση είναι 28,62 km² και αποτελείται από τον κύριο ορεινό όγκο του όρους Αίνος και το μικρότερο όρος Ρούδι. Ο πυρήνας του Δρυμού αποτελείται από δύο τμήματα με σαφή διάκριση μεταξύ τους. Το μεγαλύτερο τμήμα του πυρήνα βρίσκεται στο όρος Αίνος και έχει έκταση 23.160 στρέμματα. Το δεύτερο τμήμα του πυρήνα βρίσκεται στο όρος Ρούδι, έχει έκταση 5.460 στρέμματα και αναπτύσσεται ΒΔ του Αίνου. Έπειτα από σειρά συστηματικών επισκέψεων και λαμβάνοντας υπ' όψιν αφ' ενός την έντονη ανθρώπινη παρέμβαση στο Νότιο μέρος του όρους Ρούδι (υπερβόσκηση) και αφ' ετέρου το γεγονός ότι η βλάστηση της Βόρειας πλευράς αυτού προσομοιάζει με την κατάσταση που επικρατεί στον Αίνο, καταλήξαμε στην επιλογή της μεγαλύτερης γεωγραφικής ενότητας του Αίνου για την πραγματοποίηση της έρευνας (Πολίτη, 2006).

Το δάσος Κεφαλληνιακής ελάτης στον Αίνο σχηματίζει αμιγείς συστάδες με κάλυψη 93.4 % [Γενικό Διαχειριστικό Σχέδιο (ΓΔΣ) 1996] και φιλοξενεί 8 ενδημικά φυτά, εκ των οποίων τα *Viola cephalonica*, *Saponaria aenesia*, *Scutellaria rubicunda* subsp. *cephalonica*, *Ajuga orientalis* subsp. *aenesia* είναι αποκλειστικώς ενδημικά του Εθνικού Δρυμού (Φοίτος, Damboldt 1985). Η *Abies cephalonica* Loudon παρουσιάζει την κύρια ανάπτυξή της εντός των ορίων του Δρυμού, δηλαδή από το υψόμετρο των 900 μέτρων έως την κορυφή. Σε ορισμένες πλαγιές, εμφανίζεται ήδη από τα 550 m, και σε επαφή με είδη μεσογειακής θαμνώδους βλάστησης (*Quercus coccifera*, *Arbutus unedo*, *Pistacia lentiscus*, *Crataegus monogyna*) μέχρι τα 1000 m περίπου. Στον υπόροφο της περιοχής μελέτης φύονται ως επί το πλείστον ποώδη φυτά (*Anemone blanda*, *Campanula spathulata*, *Crepis neglecta*, *Crocus sieberi* subsp. *sublimis*), θαλλόφυτα καθώς και νεαρά άτομα *Abies cephalonica*.

(α)



(β)



(γ)



Εικόνα Π2: Βορειοδυτική έκθεση πλαγιάς της οροσειράς του Αίνου όπου απεικονίζεται η εξάπλωση της ζώνης της *Abies cerhalonica* από την κορυφή έως και την ανώτερη μεσογειακή ζώνη σε επαφή με φυτοκοινότητες σκληροφύλλων αειφύλλων θάμνων (α), *Arbutus unedo* (β) και (γ) *Quercus coccifera*. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).

(α)



(β)



(γ)



Εικόνα Π3: Άτομο *Cercis siliquastrum* σε πλήρη ανθοφορία και μέρος απόμον (δεξιά) *Crataegus monogyna* σε μερική ανθοφορία (α), άνθη *Cercis siliquastrum* (β) και (γ) καρποί *Crataegus monogyna*. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).



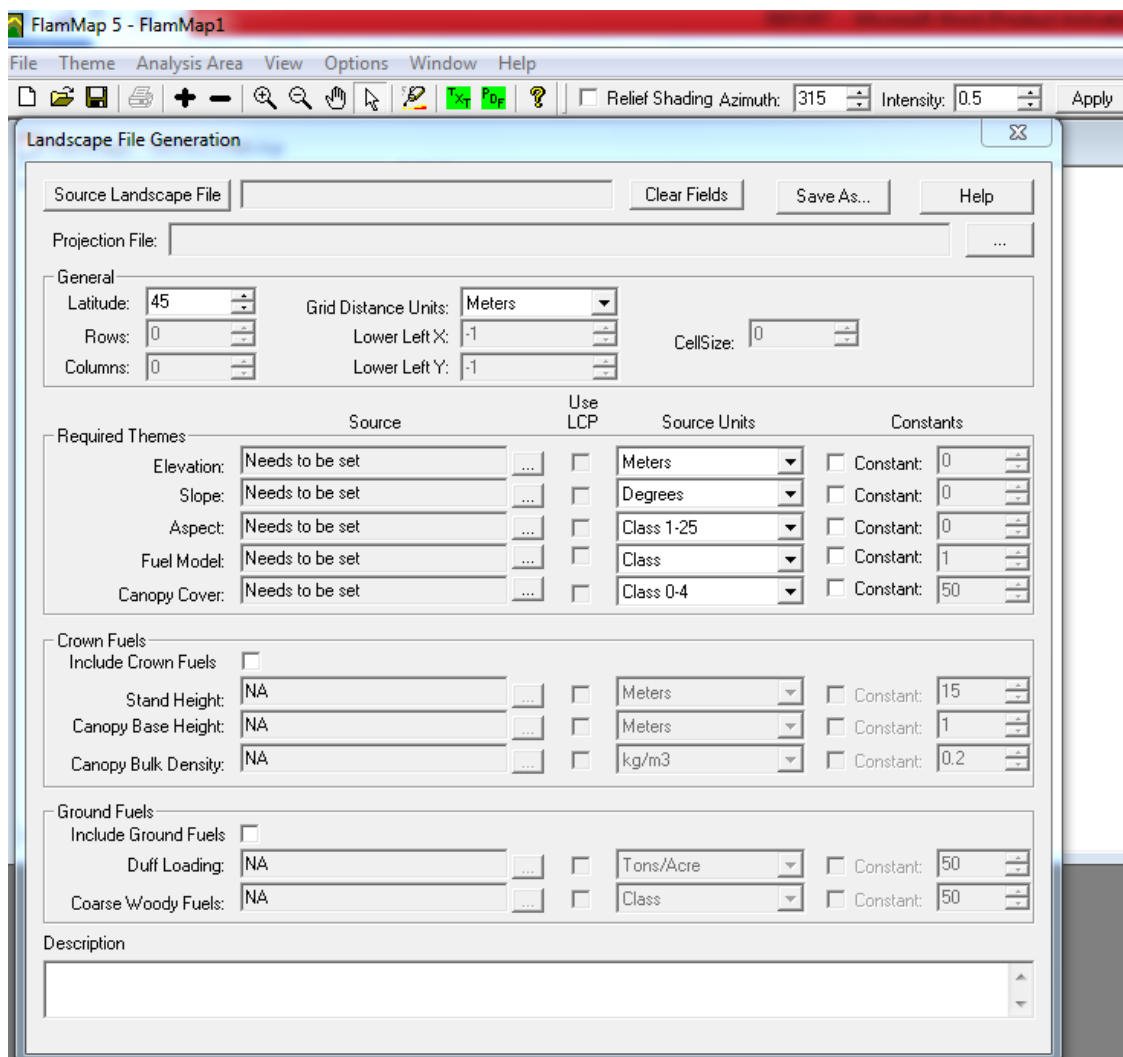
Εικόνα Π4: Ποώδη φυτά που συναντώνται στην περιοχή μελέτης. Από πάνω προς τα κάτω: Crocus sp., Ornithogalum sp., Anemone blanda. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).



Εικόνα Π5: Η *Ajuga orientalis* subsp. *aenesia*, ενδημικό είδος του Εθνικού Δρυμού Αίνου – Ρουδίου, (α), η *Orchis quadripunctata* (β) και (γ) η *Paeonia mascula* susp. *russi*. (Πηγή: Πολίτη Π, 2006).

Π3. Μεθοδολογία εκτίμησης της συμπεριφοράς της φωτιάς

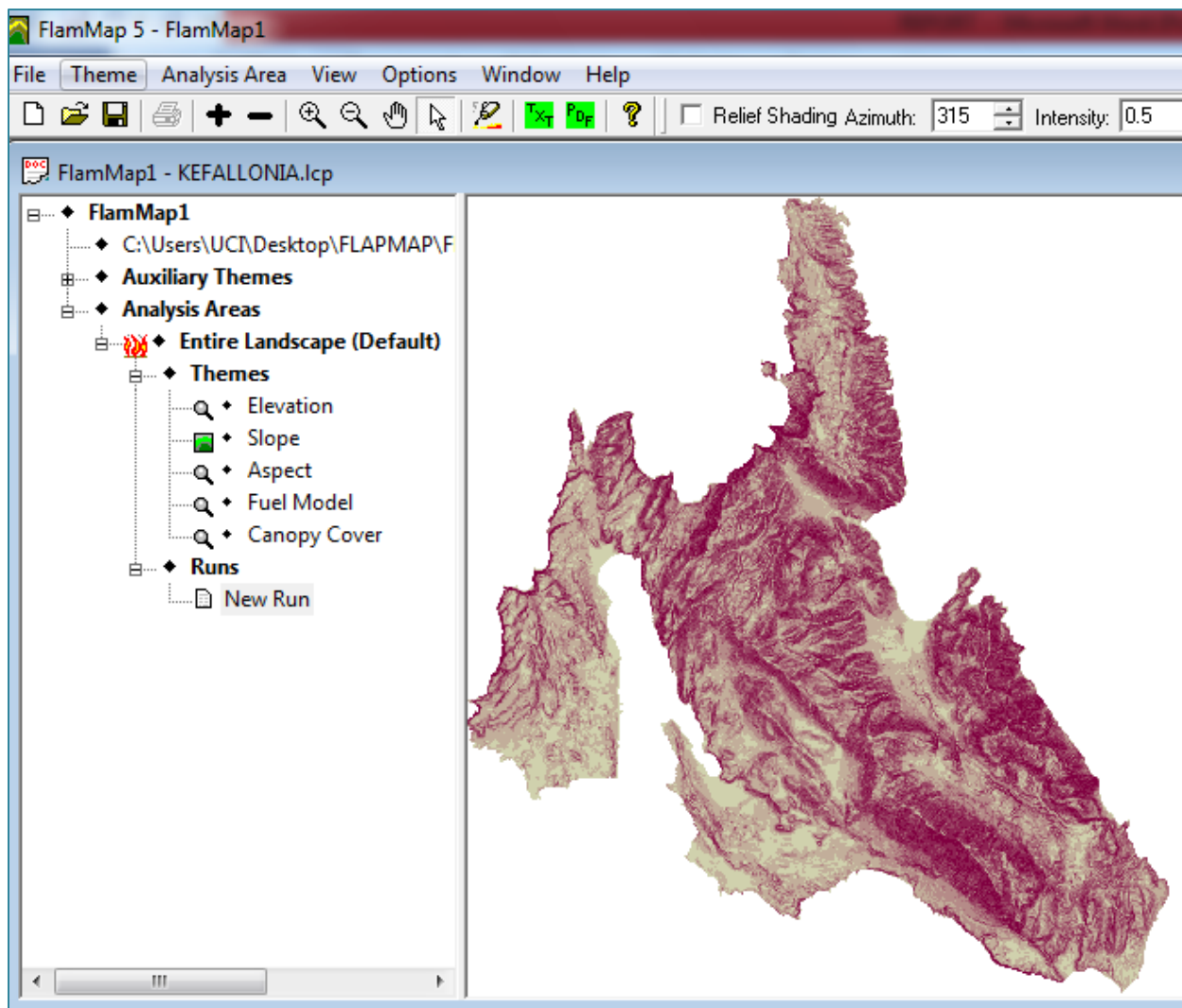
Για την δημιουργία του αρχείου τοπίου Landscape file Generation, επιλέγουμε από το κύριο Menu: File – Create Land File. Εδώ μας ζητείται από το πρόγραμμα να εισάγουμε τις παραπάνω πληροφορίες, οι οποίες πρέπει να είναι αποθηκευμένες σε ένα ενιαίο φάκελο στο δίσκο (Εικόνα Π6).



Εικόνα Π6: Παράθυρο εισαγωγής των χωρικών πληροφοριών στο FlamMap

Για την παραγωγή των χαρτών ταχύτητας διάδοσης και έντασης μετώπου πυρκαγιάς χρησιμοποιούμε το λογισμικό FlamMap. Ανοίγουμε το πρόγραμμα και εισάγουμε το LCP που δημιουργήσαμε προηγουμένως στο FlamMap (Theme – Farsite landscape). Βρίσκουμε το αρχείο

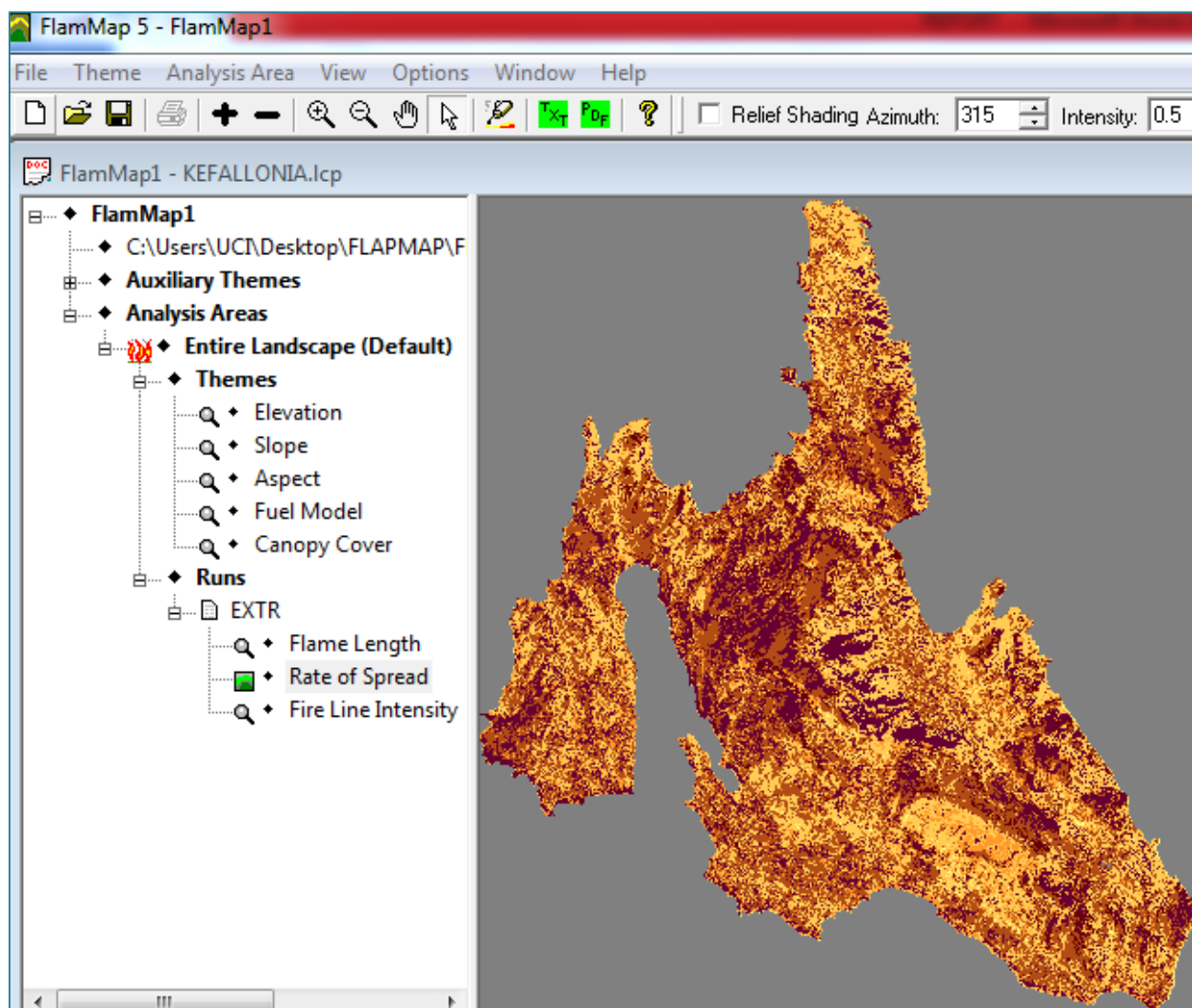
στο δίσκο μας και το εισάγουμε. Στο κύριο παράθυρο εργασίας μας απεικονίζεται ο χάρτης της περιοχής με όλα τα επίπεδα χωρικής πληροφορίας (Εικόνα Π7).



Εικόνα Π7: Παράθυρο εργασίας στο FlamMap

Για να δημιουργηθούν οι χάρτες επιλέγουμε από το μενού Analysis Area και αμέσως την εντολή New Run. Στο παράθυρο New Run επιλέγουμε το όνομα της προσομοίωσης που επιθυμούμε, εισάγουμε το αρχείο (FMD) με τα μοντέλα καύσιμης ύλης της περιοχής, το αρχείο FMS της υγρασίας της καύσιμης ύλης και τέλος την ταχύτητα του ανέμου που εμείς επιθυμούμε (Wind=25 km/h) . Στη συνέχεια επιλέγουμε από το μενού της εντολής New Run το Fire Behavior Options. Εδώ επιλέγουμε ποια πυρικά χαρακτηριστικά μας ενδιαφέρουν να υπολογιστούν χωρικά (Output Grids). Στη δική μας περίπτωση επιλέγουμε την ταχύτητα διάδοσης πυρκαγιάς (Rate of Spread), την ένταση μετώπου πυρκαγιάς (Fireline Intensity) και το

μήκος του φλεγόμενου μετώπου (Flame Length). Πατάμε την επιλογή «Εφαρμογή» και αμέσως μετά την επιλογή Launch. Αναμένουμε περίπου 15-20 min ώσπου το πρόγραμμα να κάνει τους υπολογισμούς και μετά εμφανίζονται στο μικρό αριστερό παράθυρο δίπλα στο κύριο παράθυρο δύο ξεχωριστά αρχεία που το κάθε ένα απεικονίζουν χωρικά την ταχύτητα διάδοσης και την ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς με ξεχωριστή χρωματική διαβάθμιση (Εικόνα Π8). Τα δύο αρχεία μπορούμε να τα επεξεργαστούμε, κάνοντας αριστερό κλικ, δίνοντας την επιθυμητή χρωματική και περιγραφική διαβάθμιση. Επίσης, μπορούμε να τα αποθηκεύσουμε ως ASCII Grid ή ως αρχεία εικόνας (BMP, JPEG, GIF, TIFF, PNG). Επιπλέον, με την εντολή 3D Window απεικονίζονται οι χάρτες μας σε τρισδιάστατη μορφή. Τις προσομοιώσεις μπορούμε να τις εφαρμόσουμε άπειρες φορές και σε διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες (π.χ. πολλά σενάρια με διαφορετικές ταχύτητες ανέμου).



Εικόνα Π8: Παράθυρο εργασίας στο FlamMap - Χάρτης έντασης μετώπου πυρκαγιάς

Π4. Πίνακες πρωτογενών δεδομένων εργασιών πεδίου

Πίνακας Π1: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Έλατα»

NAME	y_coord	x_coord		
EA1	4228633	203818	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	12 μοίρες
EB1	4228626	203814	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1043 m
EG1	4228637	203808	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	40,9 cm
ED1	4228644	203813	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	36,4 %
EK1	4228635	203813	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	40%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	1 cm
EA2	4228615	204233	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	7 μοίρες
EB2	4228629	204226	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1071 m
EG2	4228634	204235	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	17,8 cm
ED2	4228623	204243	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	100%
EK2	4228626	204234	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	83%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	3,5 cm
EA3	4227708	205494	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	14 μοίρες
EB3	4227706	205498	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1364 m
EG3	4227703	205495	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	34,8 cm
ED3	4227705	205490	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	22,7 %
EK3	4227705	205494	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	70%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	12,5 cm
EA4	4227659	205820	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	17 μοίρες
EB4	4227670	205830	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1384 m
EG4	4227680	205819	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	20 cm
ED4	4227670	205808	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	2,3 %
EK4	4227670	205820	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	100%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	5,5 cm
EA5	4227791	205368	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	13 μοίρες
EB5	4227792	205370	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1343 m
EG5	4227784	205369	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	62,2 cm
ED5	4227783	205366	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	52,3 %
EK5	4227788	205369	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	80%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	3 cm
EA6	4228081	205025	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	25 μοίρες
EB6	4228070	205024	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1189 m
EG6	4228066	205030	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	61.5 cm
ED6	4228077	205030	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	52,3 %

EK6	4228074	205027	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	80%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	4.5 cm
EA7	4228611	203900	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	15 μοίρες
EB7	4228615	203880	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1060 m
EG7	4228629	203882	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	40 cm
ED7	4228624	203903	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	9%
EK7	4228620	203892	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	80%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	2.6 cm

Πίνακας Π2: Προτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Πουρναρόνες»

NAME	y_cord	x_cord		
DA1	4230379	205337	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	4 μοίρες
DB1	4230368	205334	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	671 m
DG1	4230370	205323	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	80,7 cm
DD1	4230379	205326	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	61,4 %
DK1	4230374	205331	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	62%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	5,2 cm
DA2	4229221	205848	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	8 μοίρες
DB2	4229216	205847	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	680 m
DG2	4229215	205835	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	196 cm
DD2	4229224	205843	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	6,8 %
DK2	4229219	205843	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	90%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	2 cm
DA3	4229577	205898	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	7 μοίρες
DB3	4229570	205896	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	708 m
DG3	4229578	205878	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	108 cm
DD3	4229585	205880	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	45,4 %
DK3	4229577	205888	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	64%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	4,5 cm
DA4	4232908	202252	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	16 μοίρες
DB4	4232899	202245	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	626 m
DG4	4232908	202236	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	61,4 cm
DD4	4232908	202236	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	41%
DK4	4232910	202236	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	100%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	5,4 cm
DA5	4230026	205087	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	4 μοίρες
DB5	4230011	205090	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	670 m

DG5	4230008	205086	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	54,8 cm
DD5	4230012	205067	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	27%
DK5	4230016	205083	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	90%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	6,1 cm
DA6	4229510	205728	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	8 μοίρες
DB6	4229518	205734	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	742 m
DG6	4229521	205718	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	125 cm
DD6	4229535	205745	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	43,2%
DK6	4229531	205742	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	35%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,3 cm
DA7	4229189	205897	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	10 μοίρες
DB7	4229189	205890	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	740 m
DG7	4229193	205891	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	149 cm
DD7	4229196	205896	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	22,7%
DK7	4229191	205894	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	35%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,4 cm

Πίνακας Π3: Προτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Θαμνόνες»

NAME	y_cord	x_cord		
TA1	4229387	205871	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	10 μοίρες
TB1	4229376	205866	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	736 m
TG1	4229380	205857	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	75 cm
TD1	4229389	205858	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	34%
TK1	4229382	205864	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	5%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,2 cm
TA2	4229443	205804	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	19 μοίρες
TB2	4229429	205791	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	738 m
TG2	4229435	205783	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	93 cm
TD2	4229449	205796	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	29,5 %
TK2	4229439	205793	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	20%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,3 cm
TA3	4229056	205876	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	12 μοίρες
TB3	4229043	205870	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	761 m
TG3	4229052	205860	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	78 cm
TD3	4229063	205867	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	75%
TK3	4229053	205869	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	80%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,4 cm

TA4	4232170	201601	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	24 μοίρες
TB4	4232166	201607	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	682 m
TG4	4232167	201602	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	66,4 cm
TD4	4232170	201597	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	66%
TK4	4232168	201601	ΚΑΛΥΨΗ	35%
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
			ΠΑΧΟΣ	0,5 cm
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
TA5	4232042	201612	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	23 μοίρες
TB5	4232040	201610	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	694 m
TG5	4232045	201599	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	165 cm
TD5	4232047	201602	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	84%
TK5	4232043	201605	ΚΑΛΥΨΗ	70%
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
			ΠΑΧΟΣ	0,5 cm
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
TA6	4232603	201580	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	20 μοίρες
TB6	4232595	201577	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	605 m
TG6	4232599	201568	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	106 cm
TD6	4232607	201566	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	56,8%
TK6	4232601	201573	ΚΑΛΥΨΗ	45%
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
			ΠΑΧΟΣ	2 cm
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
TA7	4232611	201363	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	22 μοίρες
TB7	4232604	201357	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	617 m
TG7	4232614	201349	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	95,5 cm
TD7	4232621	201355	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	75%
TK7	4232612	201356	ΚΑΛΥΨΗ	55%
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
			ΠΑΧΟΣ	2,8 cm
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
TA8	4230558	205348	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	9 μοίρες
TB8	4230550	205342	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	671 m
TG8	4230557	205333	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	95,6 cm
TD8	4230564	205336	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	72,7 %
TK8	4230558	205339	ΚΑΛΥΨΗ	38%
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
			ΠΑΧΟΣ	0,1 cm
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
TA9	4229858	205174	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	19 μοίρες
TB9	4229868	205178	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	875 m
TG9	4229868	205167	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	87,2 cm
TD9	4229857	205163	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	50%
TK9	4229862	205171	ΚΑΛΥΨΗ	35%
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	
			ΠΑΧΟΣ	3,7 cm
			ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	

Πίνακας Π4: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Φρύγανα»

NAME	Y_cord	X_cord		
FA1	4229952	204160	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	15 μοίρες
FB1	4229945	204168	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	849 m
FG1	4229941	204163	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	33,5cm
FD1	4229949	204155	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	56,8%
FK1	4229947	204162	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0 cm
FA2	4230131	203729	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	17 μοίρες
FB2	4230126	203729	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	890 m
FG2	4230129	203722	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	38,8 cm
FD2	4230125	203722	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	57%
FK2	4230128	203725	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0 cm
FA6	4229373	203603	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	4 μοίρες
FB6	4229381	203605	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	750 m
FG6	4229376	203597	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	34,9 cm
FD6	4229384	203600	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	27,3 %
FK6	4229378	203602	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	10%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,2 cm
FA9	4232404	201516	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	7 μοίρες
FB9	4232401	201509	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	655 m
FG9	4232407	201505	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	27 cm
FD9	4232412	201511	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	52,3 %
FK9	4232406	201511	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	15%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,3 cm
FA11	4232558	201132	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	16 μοίρες
FB11	4232546	201129	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	623 m
FG11	4232550	201121	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	91 cm
FD11	4232561	201123	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	75%
FK11	4232553	201126	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	16%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,2 cm
TA4	4232242	201548	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	7 μοίρες
TB4	4232232	201546	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	660 m
TG4	4232243	201537	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	29,2 cm
TD4	4232251	201539	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	70,4%
TK4	4232242	201542	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	20%

			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,3 cm
--	--	--	------------------------	--------

Πίνακας Π5: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Φρύγανα- Αραιή Βλάστηση»

NAME	Y_cord	X_cord		
FA3	4230220	203549	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	9 μοίρες
FB3	4230211	203549	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	904 m
FG3	4230215	203541	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	28,3cm
FD3	4230223	203545	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	20,4%
FK3	4230217	203547	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	10%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,5 cm
FA4	4229701	203853	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	12 μοίρες
FB4	4229696	203849	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	975 m
FG4	4229697	203842	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	32,8 cm
FD4	4229705	203844	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	25%
FK4	4229700	203847	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	18%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,5 cm
FA5	4229129	203519	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	17 μοίρες
FB5	4229122	203516	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	1007 m
FG5	4229126	203509	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	27,8 cm
FD5	4229132	203512	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	45,4 %
FK5	4229127	203513	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	15%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,5 cm
FA7	4230050	203640	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	8 μοίρες
FB7	4230055	203640	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	905 m
FG7	4230041	203628	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	34,4 cm
FD7	4230034	203628	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	22,7 %
FK7	4230048	203636	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	8%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,2 cm
FA8	4229654	206377	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	4 μοίρες
FB8	4229648	206370	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	660 m
FG8	4229655	206361	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	33,9 cm
FD8	4229661	206368	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	15,9 %
FK8	4229654	206369	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	15%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0,3 cm
FA10	4232546	201561	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	14 μοίρες
FB10	4232540	201559	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	622 m
FG10	4232548	201548	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	12,8 cm

FD10	4232549	201551	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	59%
FK10	4232545	201555	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0 cm

Πίνακας Π6: Πρωτογενή δεδομένα πεδίου για τον τύπο καύσιμης ύλης «Χορτολίβαδα»

NAME	y_cord	x_cord		
XA1	4229631	203785	ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ	4 μοίρες
XB1	4229623	203780	ΥΨΟΜΕΤΡΟ	957 m
XG1	4229627	203776	ΜΕΣΟ ΥΨΟΣ	50 cm
XD1	4229635	203781	ΜΕΣΗ ΚΑΛΥΨΗ	100%
XK1	4229629	203781	ΚΑΛΥΨΗ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0%
			ΠΑΧΟΣ ΦΥΛΛΟΣΤΡΩΜΝΗΣ	0

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Αριανούτσου Μ., “Μεσογειακά οικοσυστήματα:Βοποικιλότητα, προσαρμογές και κύρια περιβαλλοντικά προβλήματα”, Ορεινός χώρος και δάση, διεπιστημονικό ινστιτούτο περιβαλλοντικών ερευνών (ΔΙΠΕ),

Αριανούτσου Μ., Καζάνης Δ., 2012, “Ο οικολογικός ρόλος της φωτιάς στα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας”, Το δάσος: Μια ολοκληρωμένη προσέγγιση, WWF Ελλάς, Αθήνα.

Βασιλάκος Χ., Χατζόπουλος Ι., Καλαμποκίδης Κ. και Παπαπαναγιώτου Ε., 1999, “Σχεδιασμός δικτύου ανίχνευσης δασικών πυρκαγιών με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών”, Τμήμα Περιβάλλοντος Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης και ΓΣΠ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΓΣΠ-Δυνατότητες και Εφαρμογές Προοπτικές και Προκλήσεις, Αθήνα.

Βασιλάκος Χ., 2007, “Τηλεπισκόπηση, τεχνητή νοημοσύνη και Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών στην εκτίμηση κινδύνου δασικών πυρκαγιών”, Σχολή Περιβάλλοντος. Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Βέργος Σ., 1988, “Σημειώσεις Μαθημάτων Δασοκομικής Καρδίτσα”, Τμήμα Δασοπονίας, ΤΕΙ Λάρισας.

Βορίσης Δ., 2001, “Η καταστολή των δασικών πυρκαγιών”, Αρχηγείο Πυροσβεστικού Σώματος ,Διεύθυνση ΙV – Τμήμα Β ,Χορηγός εκτύπωσης ,Τυπογραφεία ΦΟΙΝΙΞ Α. Ε.

Γαρμπή Σ., 2004, “Υδρολογική διερεύνηση της Νήσου Κεφαλονιάς, με χρήση G.I.S”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Γήτας Ι., Μαλλίνης Γ. και Καρτέρης Μ., 2007, “Εφαρμογές τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών στην πρόληψη, αντιμετώπιση και επιτήρηση δασικών πυρκαγιών”, Θεσσαλονίκη.

Δημητρακόπουλος Α.Π., 1992., “Προσομοίωση της συμπεριφοράς του πυρός σε μακκία και φρυγανικά μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα”. Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας: 'Ερευνα και Πράξη στα Ελληνικά Δάση', Καλαμάτα.

Δημητρακόπουλος Α. Π., Mateeva V. και Ξανθόπουλος Γ., 2001, “Μοντέλα καύσιμης ύλης μεσογειακών τύπων βλάστησης της Ελλάδος”. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, Σειρά VI, Τόμος 12, Τεύχος 3/2001, σελ 192-206.

Ευθυμιάτου Ε. και Κατσούνη Ν., 2012, “Οι ανθρώπινες επιδράσεις στην εξελικτική πορεία της χλωρίδας και της βλάστησης της κεφαλονιάς από την προϊστορική εποχή μέχρι σήμερα: μελέτη για εφαρμογή στην περιβαλλοντική εκπαίδευση”, Τμήμα επιστημών της εκπαίδευσης και της αγωγής στην προσχολική ηλικία, Σχολή ανθρωπιστικών και κοινωνικών επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Καϊλίδης Δ. Σ., 1981α., “Οι πυρκαγιές των δασών, θάμνων και χόρτων στην Ελλάδα.” Δασικά χρονικά, τεύχος 11-12.

Καϊλίδης Δ. Σ. και Καρανικόλα Π., 2004, “Δασικές Πυρκαγιές, 1900 – 2000”, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη.

Καϊλίδης Δ., Καρανικόλα Π. και Ταμπάκης Σ., 2004, “Οι δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα τον προηγούμενο αιώνα (1900-2000)”, Πρακτικά του 1^{ου} Περιβαλλοντικού Συνεδρίου, Ορεστιάδα, σελ. 249-258.

Καλαμποκίδης Κ., 2008, “Σημειώσεις του Μαθήματος Οικολογία και Διαχείριση Πυρκαγιών”, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Καλαμποκίδης Κ., 2008, “Χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών Στην Διαχείριση Πυρκαγιών Του Φυσικού Περιβάλλοντος”, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστημίου Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Καλαμποκίδης Κ., Ρούσσου Ο., Βασιλάκος Χ. και Μαρκοπούλου Δ., 2004, “Χωρική Μοντελοποίηση Καύσιμης Ύλης Και Συμπεριφορά Πυρκαγιών Τοπίου”, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας.

Καλαμποκίδης Κ., Σουλακέλλης Ν. και Ρούσου Ο., 2009, “Χαρτογράφηση και τρισδιάστατη οπτικοποίηση καύσιμης ύλης για διαχείριση πυρκαγιών με χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης και εργαλείων Γεωπληροφορικής”, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Καρτέρης Μ., Μαλλίνης Γ. και Κούτσιας Ν., 2007, “Εφαρμογές δορυφορικών δεδομένων υψηλής και πολύ υψηλής ευκρίνειας στη χαρτογράφηση και παρακολούθηση καμένων εκτάσεων”, Πρακτικά Επιστημονικού Συνεδρίου- Αποκατάσταση καμένων εκτάσεων 13-14 Δεκεμβρίου, Αθήνα.

Καραγιάννη Β., 2010, “Διαχείριση και προστασία των ενδημικών, απειλούμενων και σπάνιων φυτών του Εθνικού Δρυμού Αίνου Κεφαλονιάς”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Τμήμα Βιολογίας, Παν/μιο Πατρών.

Κοτίνη και Ζαμπάκα Σ., 1983, “Συμβολή στη μελέτη του κλίματος της Ελλάδας”, Ακαδημία Αθηνών, Κέντρον Έρευνας Φυσικής της Ατμοσ. Και Κλιμ., αρ. 8.

Κοτσώνη Γ., 2009, “Αναπτυξη ενός συστήματος διαχείρισης δασικών πυρκαγιών στην περιοχή της Παρνηθας με χρήση της τεχνολογίας των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Σχολή Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Κουρακος Π., 2008, “Επιβραδυντική δράση ελληνικών ορυκτών στη δασική υλη *Cistus incanus* με τη μεθοδο limiting oxygen index”, Αθήνα.

Κούτσιας Ν. και Καρτέρης Μ., 1999, “Μοντελοποίηση και χαρτογράφηση του βαθμού επικινδυνότητας έναρξης των δασικών πυρκαγιών σε εθνική κλίμακα”, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών- Δυνατότητες και Εφαρμογές, Προοπτικές και Προκλήσεις.

Κούτσιας Ν, “Ανασκόπηση, Μεθοδολογία και τεχνικές χαρτογράφησης καμένων εκτάσεων με υψηλής χωρικής διακριτικής ικανότητας δορυφορικά δεδομένα στα Μεσογειακά οικοσυστήματα”.

Κουτσιρίμπα Ε., Τσιάρας Γ. και Ψαρράς Π., 1994, “Οι δασικές πυρκαγιές στην ευρωπαϊκή κοινότητα”, Αγροτικός Συνεργατισμός, τεύχος 3-4, σελ 50-55.

Κωνταντίνου Γ., 2012, “Μελέτη κατηγοριοποίησης δεδομένων με μηχανές διανυσμάτων υποστήριξης (Support Vector Machines) και υλοποίηση εφαρμογής”.

Κωνσταντινίδης Π., 2001, “Φωτιές η καταστροφή και η αναγέννηση των Ελληνικών Δασών”.

Λασκαράτου και Λαδά Μ., 1973, “Τό κλίμα της Κεφαλληνίας”, Αθήνα.

Λέκκας Ε, Δαναμος Γ και Μαυρίκας Γ., 2001, “Γεωλογική δομή και εξέλιξη των νήσων Κεφαλλονιάς & Ιθάκης”.

Μαρκάλας Σ., 1996α., “Οι δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα το 1993”, Α.Π.Θ., Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Υλωρικής, αρ. 3/1996.

Μεσσαλούρη Ι., 2012, “Ανάλυση απειλής απο δασικές πυρκαγιές στην περιοχή του Όρους Πηλίου ως βάση για τον σχεδιασμό της αντιπυρικής προστασίας του.”, Μ.Π.Σ Πρόληψη και διαχείριση φυσικών καταστροφών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.

Μιχαλές Β. και Γαρτσώνη Ε., 1996, “ Γενικό Διαχειριστικό Σχέδιο Εθνικού Δρυμού Αίνου (Master Plan), Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος”, Διεύθυνση Δασών Κεφαλληνίας, Αργοστόλι, σελ. 109.

Ντάφης Σ. Α., 1986, “Δασική Οικολογία”, Εκδόσεις Γιαχσύδη, Θεσσαλονίκη.

Ξανθόπουλος Γ, 1998, “Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα: Παρελθόν, παρόν και μέλλον”.

Ξανθόπουλος Γ., 1990, “Δυνατότητες πρόβλεψης της συμπεριφοράς της φωτιάς στα δάση της Ελλάδα”, Πρακτικά του Πανελλήνιου Συνεδρίου της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, με θέμα “Δασοπονία και Περιφερειακή Ανάπτυξη”, Καρπενήσι.

Ξανθόπουλος Γ. και Μάναση Μ., 2001, “Μεθοδολογία δημιουργίας καύσιμης ύλης για την πρόβλεψη της συμπεριφοράς των δασικών πυρκαγιών”, Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου, Προστασία φυσικού περιβάλλοντος και αποκατάσταση διαταραγμένων περιοχών”, 17-20 Οκτωβρίου, Κοζάνη. Ελληνική Δασολογική Εταιρεία, Θεσσαλονίκη, 541-549σελ.

Ξανθόπουλος Γ., Δόσης Σ., Καρπή Α., Παναγιωτίδου Ε. και Σουφλής Δ., “Αντιπροσωπευτικά μοντέλα δασικής καύσιμης ύλης για την περιφέρεια της Αττικής. Δημιουργία και λογισμικό αξιοποίησης” Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, Αθήνα.

Πολίτη Π., 2006, “Παρακολούθηση και διαχείριση της ζωτικότητας της Κεφαλληνιακής ελάτης (*Abies cephalonica*)”, «Πρόγραμμα παρακολούθησης (Monitoring)» του Τ.Δ.Ε. του Φορέα διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου.

Ρούσσου Ο., 2009, “Χατογράφηση και τρισδιάστατη οπτικοποίηση καύσιμης ύλης για διαχείριση πυρκαγιών με χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης και εργαλείων Γεωπληροφορικής.”, Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου.

Στεργιόπουλος Ι., 2010, “Χαρτογράφηση της δασικής καύσιμης ύλης με μεθόδους Τηλεπισκόπησης και τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών”, Εργαστήριο Δασικής Διαχειριστικής & Τηλεπισκόπησης.

Τομέας Σχεδιασμού και Ανάπτυξης Φυσικών Πόρων, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σελ. 247.

Ταμπάκης Σ. και Καρανικόλα Π., 2015, “Δασικές Πυρκαγιές και κοινωνία”.

Τσαγκάρη Κ., Καρέτσος Γ. και Προύτσος Ν., 2011, “Δασικές Πυρκαγιές Ελλάδας 1983 – 2008”, Έκδ. WWF Ελλάς και ΕΘΙΑΓΕ-ΙΜΔΟ και ΤΔΠ, Αθήνα, σελ. 112.

Φοίτος Δ., Καμάρη Γ. και Κατσούνη Ν., 2009, “*Campanula garganica* Ten. subsp. *Cephallica*”, Βιβλίο Ερυθρών Δεδομένων των Σπανίων & Απειλουμένων Φυτών της Ελλάδας, 1(A-D): 179-182σελ. – Πάτρα. Έκδ. Ελλην. Βοτ. Εταιρείας.

Φοίτος Δ., Κωνσταντινίδης Θ. και Καμάρη Γ., “Βιβλίο Ερυθρών Δεδομένων των Σπανίων & Απειλουμένων Φυτών της Ελλάδας”, 1(A-D): 179-182 σελ., Έκδ. Ελλην. Βοτ.Εταιρείας, Πάτρα.

Φοίτος Δ. & Damboldt J. , 1985, “Η γλωρίδα της νήσου Κεφαλληνίας. – Βοτανικά”, Χρονικά 5(1-2): 1-204+ 2 χάρτες.

Φραγγής Β., 2010, “Μαθηματική προσομοίωση της εξέλιξης δασικής πυρκαγιάς”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Φραγκόπουλος Ι. και Μαλεφάκης Ι., 1963, “Υδρολογική και γεωχημική μελέτη της νήσου Κεφαλληνίας. – Δελτίον Επιστημονικών Ερευνών”, αριθ. Ι (ΥΔ). – Αθήνα. Γενική Δ/νσις Γεωργίας, Υπηρ. Εγγείων Βελτιώσεων.

Ξενόγλωσση

Arianoutsou M. and Vilà M., “Fire and invasive plant species in the Mediterranean basin”, Department of Ecology and Systematics”, Faculty of Biology, School of Sciences, National and Kapodistrian University of Athens, Athens.

Arroyo L.A., Healey S.P., Cohen W.B., Cocero D., Manzanera J.A., 2006, “Using object-oriented classification and high-resolution imagery to map fuel types in a Mediterranean region.” J. Geophys. Res. Biogeosci., 111, doi:10.1029/2005JG000120.

Anderson H.E., 1982, "Aids to determining fuel models for estimating fire behavior". USDA, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Research Paper INT-122, Ogden, Utah, 22p.

Andrews P.L., 1986, "BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system—BURN subsystem", Part 1. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Gen. Tech. Rep. INT- 194. Ogden, Utah, 130p.

Bossard, M., Feranec J. and Otahel, J., 2000, " CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000", Technical report No 40. Copenhagen (EEA).

Brown J.K. and Bevins C.D., 1986, "Surface Fuel Loadings and Predicted Fire Behavior for Vegetation Types in the Northern Rocky Mountains", U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Res. Note INT-358, 9 p.

Buckley A.R., Gahegan, M. and Clarke K., 2000, "Geographic Visualization".

Burgan R.E. and Rothermel R.C, 1984, "BEHAVE: fire behavior prediction and fuel modeling system—Fuel subsystem", U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Gen. Tech. Rep. INT- 167., 126p, Ogden, Utah.

Burgan R. E, 1987, "Concepts and interpreted examples in advanced fuel modeling", U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station, Gen. Tech. Rep. INT- 238. Ogden, Utah, 126p.

Byram G.M. 1959, "Combustion of forest fuels", In: Davis K.P. (ed.), Forest Fire: control and use. New York, McGraw Hill Book Co, 61-89p.

Caldararo N., 2002., "Human ecological intervention and the role of forest fires in human ecology. The Science of the Total Environment.", 2002;292:141–165p.

Calkin D., Ager A.A., Gilbertson-Day J., Scott J.H., Finney, Schrader-Patton C., Quigley T.M., Strittholt J.R., Kaiden J.D., 2010, "Wildland Fire Risk and Hazard: Procedures for the First Approximation", RMRS-GTR-235. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, 62 p.

Chuvieco E. and Congalton, R.G., 1989, "Application of remote sensing and geographical information systems to forest fire hazard mapping. Remote sensing of the Environment", 41-53p.

Chuvieco E. and Martin M.P., 1994, "Global fire aping and fire danger estimation using AVHRR images. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 60(5)",563-570p.

Dalponte M., Ørka H.O., Gobakken T., Gianelle D., Næsset E., 2013,"Tree species classification in boreal forests with hyperspectral data.", IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 51, 2632–2645.

Daniel, T. C., Carroll M.S., Moseley C., and Raish C., "Introduction, in: Humans, Fire, and Forests", Oregon State University Press, Corvallis, Oregon, 1-8p.

Dimitrakopoulos A.P., 2001, "Pyrostat - a computer program for forest fire data inventory and analysis in Mediterranean countries. Environmental Modelling and Software", 16(4). : 351-359p.

European Commission, 2010,"Forest Fires in Europe 2009. Publication Office of the European Union", Luxembourg, EUR 24502 EN, 83p.

Fahnestock G.R., Key W.K., 1971., "Weight of brushy forest fire fuels from photographs." Forest Science 17(1): 119 – 124p.

Feret J.B., Asner G.P., 2013,"Tree species discrimination in tropical forests using airborne imaging spectroscopy.", IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 51, 73–84.

Finney M. A., 1998., "FARSITE: Fire Area Simulator-model development and evaluation." Res. Pap. RMRS-RP-4, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 47 p.

Fisher W.C. ,1981., "Photo guides for appraising downed woody fuels in Montana forests: How they were made". U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Research Note INT- 299. Ogden, Utah, 12p.

Fradsen. W., 1971, "Current approaches to modeling the spread of wildland fire".

Gitas, I.Z., Mitri G.H., Kazakis G., Ghosn D., Xanthopoulos G, 2006, "Fuel type mapping in Anopolis, Crete by employing QuickBird imagery and object-based classification.", For. Ecol. Manag., 234, S228.

San, Miguel and Ayanz et al., 2009, "Comprehensive Monitoring of Wildfires in Europe: The European Forest Fire Information System (EFFIS)", European Commission, Joint Research Centre Italy.

Johnson E.A., 1992., "Fire and Vegetation Dynamics: Studies from the North American Boreal Forest. Cambridge University Press", 129p.

Keane R.E., Burgan R., Wagtendonk J., 2001., “Mapping wildland fuels for fire management across multiple scales: Integrating remote sensing, GIS, and biophysical modeling”. *International Journal of Remote Sensing* 10: 301 – 319p.

Komarek E.V., 1983., “Fire as an anthropogenic factor in vegetation ecology”, Chapter 6. In: Holzner W, Werger MJA, Ikusima I, editors. *Man's Impact on Vegetation Geobotany*, 77-82p.

Koski W.H. and Fischer W.C., 1979., “Photo series for appraising thinning slash in North Idaho”. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Gen. Tech. Rep. INT- 46. Ogden, Utah, 50p.

Luke R. H. 1962. “Meeting protection objectives in difficult years. In *Proceedings of the Fifth World Forestry Congress*”, Volume 2. August 29 - September 10, 1960, Seattle, Washington. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D.C., 971-978p.

Mallinis G., Mitsopoulos I.D., Dimitrakopoulos A.P., Gitas I.Z., Karteris M., 2008, “Local-scale fuel-type mapping and fire behavior prediction by employing high-resolution satellite imagery.”, *IEEE J. Sel. Top. Appl. Earth Obs. Remote Sens.*, 1, 230–239.

Margaris, et. al., 1998. “Effects of land use and eventual on soil erodibility in dry Mediterranean condition”.

Martin R.E., Anderson H., Boyer W., Dietrich J., Hirsh H., Johnson V. and McNab W. 1979. “Effects of fire on fuels: A state-of-knowledge Review”. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Gen. Tech. Rep. WO – 13, 64p.

Maselli F., Rodolfi A., Bottai L. and Conese C., 1996, “Evaluation of forest fire risk by the analysis of environmental data and TM images”. *International Journal of Remote Sensing* 17(7), 1417-1423p.

Maxwell W.G. and Ward F.R. 1980, “Guidelines for developing or supplementing natural photo series. U.S. Department of Agriculture”, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Res. Note PNW- 358. Portland, Oregon, 19p.

Melgani F., Bruzzone L., 2004, “Classification of hyperspectral remote sensing images with support vector machines.” *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.*, 42, 1778–1790.

Miller T., 2000, "Living in the Environment: Principles Connections and Solutions", 11th Ed. Book/cole Publishing Company.

Mitrakos K., 1980, "A Theory for Mediterranean Plant life". *Acta Oecol.-Oec. Plant* 1(15) : 245-252p.

Mitsopoulos I., Mallinis G. and Arianoutsou M., 2015, "Wildfire Risk Assessment in a Typical Mediterranean Wildland-Urban Interface of Greece".

Mitsopoulos I.D., Mallinis G., Paschalidou A. and Emmanouloudis D., 2016. "Fire suppression difficulty estimation and mapping in a Mediterranean landscape using Landsat-8 imagery and spatial fire behavior analysis". In: IEEE 18th Mediterranean Electrotechnical Conference – MELECON 2016. 18-20 April 2016, Limassol, Cyprus.

Murphy P. J., 1990. "The art and science of fire management. Proceedings of First West Fire Council Annual Meeting and Workshop". Kananaskis Village, Alberta, October 24 - 27, 1988, The art and science of fire management, 23-26 p.

Pal M., Mather P.M., 2004, "Assessment of the effectiveness of support vector machines for hyperspectral data.", *Future Gener. Comput. Syst.*, 20, 1215–1225.

Pyne S.J., Andrews P.L. and Laven R.D., 1996, "Introduction to Wildland Fire", 2nd Edition, Wiley and Sons, Inc, New York.

Riera P. and Mogas J., 2002, "Evaluation of a risk reduction in forest fires in a Mediterranean region", *Forest Policy and Economics*, 6, 521-528p.

Rothermel R.C., 1972, "A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels". U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Res. Pap. INT-115, 40pp., Ogden, Utah, 25p.

Rothermel R.C., 1983, "How to predict the spread and intensity of forest and range fires". U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Gen. Tech. Rep. INT- 143. Ogden, Utah, 25p.

Salas J., Chuvieco, E., 1994, "Geographic information systems for wildland fire risk mapping", *Wildfire* 3(2), 7-13p.

Salis M., Darvishsefat A., Mostafavi A. and Etemad V., 2015, “Evaluating fire modelling systems in recent wildfires of the Golestan National Park”, Iran.

Simard A.G., 1996. “Fire severity, changing scales, and how things hang together”. *International Journal of Wildland Fire* 1(1), 23-34p.

Simard A.J., 1968, “The moisture content of forest fuels”. A review of the basic contents. Canadian Department of Forest and Rural Development, Forest Fire Research Institute, Information Report FF-X-14. Ottawa, Ontario, 47p.

Sneeuwjagt R. J., and Frandsen, W.H., 1976, “Behavior of experimental grass fires vs predictions based on Rothermel’s fire model”, 357–367.

Sneeuwjagt R.J. and Peet G.B. 1985. “Forest fire behavior tables for western Australia”. 3rd edition. Department of Conservation and Land Management, Australia, 59p.

Scott, Joe H., Thompson, Matthew P., Calkin and David E., 2013, “A wildfire risk assessment framework for land and resource management”. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-315. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, 83 p.

Stocks B.J., McRae D.J., Lynham T.J. and Hartley G., 1990, “A photo- series for assessing fuels in natural forest stands in Northern Ontario”. COFRDA REPORT 3304. Forestry Canada, Ontario Region, 161 p.

Tampakis S., Papageorgiou A., Karanikola P., Arabatzis G. and Tsantopoulos G., 2005, “The forest fires in the Mediterranean from a policy point of view”, *New Medit, Mediterranean Journal of Economics, Agriculture, and Environment*, 4(3), 47-51p.

Taylor S.W., Pike R.G. and Alexander M.E., 1996, “ Field Guide to Canadian Forest Fire Behavior Prediction (FBP) System”. FRDA Handbook 12, British Columbia, Canada, 60p.

Van Wagner C.E., 1972, “Duff consumption by fire in eastern pine stand”, *Canadian Journal of Forest Research* 2: 34-39p.

Vaillant, N.M., Ager, A.A. and Anderson, J., 2013, “ArcFuels10 system overview”. Gen. Tech. Rep. PNW GTR-875. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 256 p.

Weise D. R., Gelobter A., Haase S.M., Sackett S.S., 1998, “Photo Series for Quantifying Fuels and Assessing Fire Risk in Giant Sequoia Groves”, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station, Gen. Tech. Rep. PSW - GTR – 163, 49p.

Underhill J., 2009, “Late Cenozoic deformation of the Hellenide foreland”, Western Greece Geological Society of America Bulletin.

Xanthopoulos G. and Manasi M., 2002, “A practical methodology for the development of shrub fuel models for fire behavior prediction.”, In Proceedings of 4th International Conference on Forest Fire Research. November 18-23, Luso-Coimbra, Portugal. Millpress Science Publishers, Rotterdam, the Netherlands. Abstract 124p.

Ιστοσελίδες

Βικιπαίδεια Εγκυκλοπαίδεια, el.wikipedia.org, 2/6/2016

Νάσα, www.nasa.gov.us, 10/6/2016

Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων, fria.gr, 15/6/2016

Φορέας διαχείρισης Εθνικού Δρυμού Αίνου, link: foreasainou.gr, 5/7/2016