



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»



Μεταπτυχιακή Εργασία

***«Μελέτη δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης
μετά από δασικές πυρκαγιές. Περιοχή μελέτης Δήμος Πωγωνίου»***

Ελένη Β. Καψοπούλου
Δασολόγος/Περιβαλλοντολόγος

Αθήνα, Μάρτιος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (Δ.Π.Μ.Σ.)
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ»

Μεταπτυχιακή Εργασία

***«Μελέτη δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης
μετά από δασικές πυρκαγιές . Περιοχή μελέτης Δήμος Πωγωνίου»***

Ελένη Β. Καψοπούλου
Δασολόγος/Περιβαλλοντολόγος

Τριμελή εξεταστική επιτροπή:

Καράντζαλος Κων/νος
(επιβλέπων)

Αργιαλάς Δημήτριος

Κολοκούσης Πολυχρόνης

.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

.....
(Υπογραφή)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν έναν σημαντικό κίνδυνο για πολλές περιοχές του κόσμου. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι δασικές πυρκαγιές συνιστούν κίνδυνο τόσο για τους ανθρώπους όσο και για το φυσικό περιβάλλον κρίνεται σκόπιμο να εντοπιστούν και να προσδιοριστούν οι παράγοντες που τις επηρεάζουν καθώς και οι συνέπειές τους. Σκοπός της παρούσας διπλωματικής είναι μία ολοκληρωμένη καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή μελέτης (Δήμος Πωγωνίου) πριν και μετά τη μεγάλη δασική πυρκαγιά της 22/08/2000. Η καταγραφή βασίστηκε στην ανάλυση δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων, διαθέσιμων χαρτογραφικών δεδομένων και σχετικών στατιστικών στοιχείων. Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα διαφορετικών ημερομηνιών λήψης από τους δορυφόρους LANDSAT σε συνδυασμό με διαθέσιμα χαρτογραφικά δεδομένα και στατιστικά στοιχεία από το Δασαρχείο Ιωαννίνων και την ιστοσελίδα της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας. Στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, έγινε εφαρμογή υφιστάμενου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης στην περιοχή μελέτης. Η υλοποίηση έγινε κυρίως με χρήση τεχνικών αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης. Η αξιολόγηση της μεθοδολογίας πραγματοποιήθηκε με την σύγκριση των αποτελέσματα του μοντέλου με την υφιστάμενη κατάσταση ενώ παράλληλα έγινε προσπάθεια βελτίωσής του.

ABSTRACT

Forest fires are a serious problem for many regions of the world. Take into consideration that forest fires are risk for both humans and natural environment, it is appropriate to detect and identify the factors that affect them and their consequences. The aim of this paper is to integrate registration the existing situation at Pogoni before and after the forest fire in 22/08/2000. This was made by analyzing satellite images, topographic data and statistical data. It is used satellite data (from Landsat TM) from several dates and also statistical data from Forest Inspection of Ioannina and from the site of Fire Service. Furthermore, we try to use models for this paper: the natural regeneration model and erosion model. The implementation mainly was done by Object-oriented. Also it is compared the consequence from this model with the present situation and we try to improve them. Finally, it is mentioned the results from this paper.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διατριβή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Τηλεπισκόπησης της σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στα πλαίσια της ολοκλήρωσης μεταπτυχιακής διατριβής με τίτλο μεταπτυχιακού προγράμματος «Περιβάλλον και ανάπτυξη ορεινών περιοχών». Το θέμα της διατριβής είναι η μελέτη δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και διάβρωσης μετά από δασικές πυρκαγιές και ως περιοχή μελέτης ορίστηκε ο Δήμος Πωγωνίου.

Με την περάτωση της μελέτης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Δρ. Πολυχρόνη Κολοκούση ο οποίος συνέβαλλε σημαντικά στην ολοκλήρωση της εργασίας, την υπομονή και καθοδήγησή καθόλη τη διάρκεια της έρευνας. Ακόμη, τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Καράντζαλο Κωνσταντίνο για την υποστήριξή του. Την Δασολόγο στο Δασαρχείο Ιωαννίνων κ. Θεμελή Αικατερίνη για την βοήθεια της στην περιοχή μελέτης.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω και να αφιερώσω την μελέτη μου στην κ. Αναστασία Παπαγιάννη και την οικογένεια μου για κάθε βοήθεια που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια του μεταπτυχιακού, την στήριξη και την εμπύχωση τους!

Μετά τιμής,

Ελένη Β. Καψοπούλου

Περιεχόμενα

Γενικά	13
1. Εισαγωγή	14
1.1 Ζώνες δασικής βλάστησης	14
1.2 Ορόφωση συστάδας	17
1.3 Δασικό έδαφος- Δασικός τύπητας	19
1.4 Υδρολογικός κύκλος	22
1.5 Δασικές πυρκαγιές	23
1.5.1 Είδη δασικών πυρκαγιών	27
1.5.2 Αιτίες έναρξης πυρκαγιάς	29
1.5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις δασικές πυρκαγιές.....	29
1.5.4 Δασικές πυρκαγιές στη περιοχή της Μεσογείου	33
1.5.5 Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα.....	36
1.6 Η περίπτωση του Δήμου Πωγωνίου	37
1.6.1 Γενικές πληροφορίες για την περιοχής μελέτης	38
1.6.2 Φυσικό περιβάλλον	40
1.6.3 Το κλίμα της περιοχής	42
1.6.4 Τοπική Οικονομία και Απασχόληση	42
1.6.5 Σύγκριση Περιφέρειας Ηπείρου, Νομού Ιωαννίνων και Δήμου Πωγωνίου	43
1.6.6 Πυροσβεστικό κλιμάκιο Πωγωνίου	47
1.7 Διάβρωση εδάφους	51
1.8 Ερημοποίηση εδάφους	53
1.9 Βόσκηση σε καμένες εκτάσεις	54
1.10 Αναδάσωση	56
1.11 Οι συνέπειες του καπνού των δασικών πυρκαγιών	59
1.12 Τηλεπισκόπηση	62
1.13 Αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνων	65
1.14 Μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης μετά από δασικές πυρκαγιές	67

2. Μεθοδολογία	69
2.1 Δεδομένα για την περιοχή μελέτης	69
2.2 Προεπεξεργασία δεδομένων	73
2.2.1 Προεπεξεργασία ψηφιακού μοντέλου εδάφους	73
2.2.2 Υπολογισμός δεικτών βλάστησης.....	74
2.2.3 Δημιουργία προσεγγιστικού χάρτη βάθους εδάφους	75
2.3 Εντοπισμός της καμένης περιοχής.....	79
2.4 Ταξινόμηση βλάστησης πριν την πυρκαγιά.....	83
2.5 Ρυθμός βαθμού αναγέννησης μετά την πυρκαγιά.....	87
2.6 Εφαρμογή μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης.....	91
2.7 Εφαρμογή μοντέλου διάβρωσης στην περιοχή μελέτης.....	98
2.8 Εφαρμογή Βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης	105
2.9 Εφαρμογή βελτιωμένου μοντέλου διάβρωσης εδάφους.....	112
3. Συμπεράσματα-Προοπτικές	120
4. Βιβλιογραφία.....	122
4.1 Ξένη βιβλιογραφία	122
4.2 Ελληνική βιβλιογραφία	126
4.3 Έρευνα σε ιστοσελίδες	128

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Ορόφωση συστάδας.....	18
Εικόνα 2. Ταξινόμηση εδαφών.....	21
Εικόνα 3. Υδρολογικός κύκλος	22
Εικόνα 4. Καμένες εκτάσεις στην περιοχή της Μεσογείου το έτος 2004 και 2007	34
Εικόνα 5. Αριθμός πυρκαγιών για τις χώρες της Μεσογείου το έτος 2004 και 2007	34
Εικόνα 6. Καπνός από δασικές πυρκαγιές στην Ινδονησία	61
Εικόνα 7. Περιοχές φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.....	63
Εικόνα 8. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους	72
Εικόνα 9. Χάρτες κλίσεων και προσανατολισμών	73
Εικόνα 10. Δείκτης τοπογραφικής θέσης (TPI) για τη περιοχή μελέτης	73
Εικόνα 11. Δείκτης τοπογραφικής θέσης (TPI).....	74
Εικόνα 12. MSAVI2 (α), (β), (γ), (δ), (ε), (στ).....	75
Εικόνα 13. Υπολογισμός maxMSAVI2 (για όλα τα έτη).....	76
Εικόνα 14. Πλαίσιο διαλόγου "Καθόλου βλάστηση"	77
Εικόνα 15. Πλαίσιο διαλόγου "Πυκνή βλάστηση"	78
Εικόνα 16. Πλαίσιο διαλόγου "Μέση πυκνότητα βλάστησης"	78
Εικόνα 17. Πλαίσιο διαλόγου "Πυκνή βλάστηση"	78
Εικόνα 18. Βάθος εδάφους	79
Εικόνα 19. Landsat 7 της 25/10/2000	79
Εικόνα 20. Πλαίσιο διαλόγου "καμένη δασική περιοχή" (κατωφλίωση του λόγου swir-2/nir)	81
Εικόνα 21. Πλαίσιο διαλόγου "καμένη δασική περιοχή+"	81
Εικόνα 22. Πλαίσιο διαλόγου "όχι καμένη δασική περιοχή"	81
Εικόνα 23. Οριοθέτηση καμένης δασικής περιοχής	82
Εικόνα 24. Πλαίσια διαλόγου για την ταξινόμηση της βλάστησης (πριν την πυρκαγιά)	84
Εικόνα 25. Ταξινόμηση της υφιστάμενης βλάστησης (πριν την πυρκαγιά)	85
Εικόνα 26. Δείγματα εκπαίδευσης και ελέγχου για το ρυθμό φυσικής αναγέννησης.....	88
Εικόνα 27. Πλαίσιο διαλόγου για τον "ρυθμό φυσικής αναγέννησης"	88
Εικόνα 28. Ταξινόμηση ρυθμού αναγέννησης της καμένης δασικής περιοχής	89
Εικόνα 29. Συναρτήσεις συμμετοχής για MSAVI2 και προσανατολισμό για την κατηγορία "Severe limitation"	92
Εικόνα 30. Συναρτήσεις συμμετοχής για τη κατηγορία "Strong limitation"	93
Εικόνα 31. Συναρτήσεις συμμετοχής για τη κατηγορία "Moderate limitation"	94
Εικόνα 32. Συναρτήσεις συμμετοχής για την κατηγορία "Slight limitation"	95
Εικόνα 33. Συναρτήσεις συμμετοχής για τη κατηγορία "No limitation"	95
Εικόνα 34. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία "No risk"	99
Εικόνα 35. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία "Slight risk"	100
Εικόνα 36. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία "Moderate risk"	101
Εικόνα 37. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία "High risk"	102
Εικόνα 38. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Very high risk"	102
Εικόνα 39. Μοντέλο κινδύνου διάβρωσης για τη καμένη δασική περιοχή	103
Εικόνα 40. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified No limitation"	106
Εικόνα 41. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Slight limitation"	107

Εικόνα 42. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Moderate limitation"	108
Εικόνα 43. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Strong limitation"	108
Εικόνα 44. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Severe limitation"	109
Εικόνα 45 α & β. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης	110
Εικόνα 46. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified No risk"	114
Εικόνα 47. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Slight risk"	115
Εικόνα 48. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Moderate risk"	116
Εικόνα 49. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified High risk"	116
Εικόνα 50. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Very High risk"	117
Εικόνα 51. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου διάβρωσης για την καμένη περιοχή	117

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1. Ζώνες δασικής βλάβησης της Ελλάδας	17
Χάρτης 2. Χωρικής ένταξης του Δήμου Πωγωνίου στην Περιφέρεια Ηπείρου.....	39
Χάρτης 3. Δήμος Πωγωνίου.....	40
Χάρτης 4. Παγκόσμιος χάρτης διάβρωσης και ερημοποίησης των εδαφών.....	51
Χάρτης 5. Λιθολογικός χάρτης του Δήμου Πωγωνίου.....	67
Χάρτης 6. Τοπογραφικό διάγραμμα καμένης περιοχής.....	67
Χάρτης 7. Ψηφιοποίηση του Δήμου Πωγωνίου.....	69

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

Σχήμα 1. Παγκόσμιες επιπτώσεις δασικών πυρκαγιών	25
Σχήμα 2. Τρίγωνο έναρξης πυρκαγιάς	25
Σχήμα 3. Τρίγωνο συμπεριφοράς δασικής πυρκαγιάς	26
Σχήμα 4. Αίτια ερημοποίηση	52
Σχήμα 5. Στοιχεία τηλεπισκόπηση	65

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Εργαστηριακές μετρήσεις σε βελόνες τραχείας πεύκης.....	32
Πίνακας 2. Ο αριθμός των καμένων εκτάσεων και των πυρκαγιών στις 5 χώρες	36
Πίνακας 3. Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (Ιωάννινα και Κόνιτσα).....	43
Πίνακας 4. Μέσες απώλειες εδαφικού υλικού με τη διάβρωση καμένων εκτάσεων.....	51
Πίνακας 5. Απώλεια θρεπτικών στοιχείων από καμένη και μη έκταση σε ισχυρές και ήπιες κλίσεις κατά το πρώτο έτος μετά από εμφάνιση πυρκαγιάς στη Ν. Καλιφόρνια.....	52
Πίνακας 6. Κλάσεις δυνατότητας φυσικής αναγέννησης.....	69
Πίνακας 7. Κλάσεις εδαφικής διάβρωσης.....	69
Πίνακας 8. Εικόνες Landast και ημερομηνίες για την περιοχή μελέτης.....	69
Πίνακας 9. Οριοθέτηση καμένης δασικής περιοχής.....	81
Πίνακας 10. Εργαστηριακές μετρήσεις σε βελόνες τραχείας πεύκης	31
Πίνακας 11. Ο αριθμός των καμένων εκτάσεων και των πυρκαγιών στις 5 χώρες (1980-2010)	35
Πίνακας 12. Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (Ιωάννινα και Κόνιτσα)	42
Πίνακας 13. Μέσες απώλειες εδαφικού υλικού με τη διάβρωση καμένων εκτάσεων.....	51
Πίνακας 14. Απώλεια θρεπτικών στοιχείων από καμένη και μη έκταση σε ισχυρές και ήπιες κλίσεις κατά το πρώτο έτος μετά από εμφάνιση πυρκαγιάς στη Ν. Καλιφόρνια	52
Πίνακας 15. Κλάσεις δυνατότητας φυσικής αναγέννησης	67
Πίνακας 16. Κλάσεις εδαφικής διάβρωσης	68
Πίνακας 17. Εικόνες Landast και ημερομηνίες για την περιοχή μελέτης.....	69
Πίνακας 18. Οριοθέτηση καμένης δασικής περιοχής.....	82
Πίνακας 19. Κανόνες ταξινόμησης για την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης πριν την πυρκαγιά	85
Πίνακας 20. Ταξινόμηση της καμένης περιοχής	86
Πίνακας 21. Συνολική έκταση που αποτεφρώθηκε (σε στρ.)	86
Πίνακας 22. Κανόνες ταξινόμησης του ρυθμού αναγέννησης	89
Πίνακας 23. Έλεγχος ταξινόμησης του ρυθμού αναγέννησης στην καμένη δασική περιοχή	90
Πίνακας 24. Κανόνες ταξινόμησης μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης για την καμένη δασική περιοχή.....	97
Πίνακας 25. Ταξινόμηση μοντέλο διάβρωσης για την καμένη δασική περιοχή	104
Πίνακας 26. Κανόνες ταξινόμησης για το βελτιωμένο μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης	111
Πίνακας 27. Κανόνες ταξινόμησης για το βελτιωμένο μοντέλο κινδύνου διάβρωσης	119

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1. Αριθμός καμένων εκτάσεων χωρών της Μεσογείου (1980-2010).....	32
Διάγραμμα 2. Αριθμός πυρκαγιών χωρών της Μεσογείου (1980-2010).....	33
Διάγραμμα 3. Καμένες εκτάσεις στην Ελλάδα (1980-2010).....	35
Διάγραμμα 4. Αριθμός πυρκαγιών στην Ελλάδα (1980-2010).....	35
Διάγραμμα 5. Αριθμός πυρκαγιών στην Περιφέρεια Ηπείρου(2000-2011)	42
Διάγραμμα 6 . Αριθμός πυρκαγιών στο Νομό Ιωαννίνων (2000-2011)	42
Διάγραμμα 7. Αριθμός πυρκαγιών στο Δήμο Πωγωνίου(2000-2011)	42
Διάγραμμα 8. Αριθμός καμένων εκτάσεων για την Περιφέρεια Ηπείρου(2000-2011)	42
Διάγραμμα 9. Αριθμός καμένων εκτάσεων για τον Νομό Ιωαννίνων (2000-2011)	42
Διάγραμμα 10. Αριθμός καμένων εκτάσεων για τον Δήμο Πωγωνίου (2000-2011)	43
Διάγραμμα 11. Συνολικός αριθμός δασικών πυρκαγιών για τον Δήμο Πωγωνίου	44
Διάγραμμα 12. Τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας	62
Διάγραμμα 15. Ταξινόμηση καμένης περιοχής.....	81
Διάγραμμα 16. Ταξινόμηση της καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης (πριν την πυρκαγιά).....	84
Διάγραμμα 17. Ταξινόμηση ρυθμού αναγέννησης στην καμένη δασική περιοχή.....	89
Διάγραμμα 18. Ταξινόμηση δυνατότητας φυσικής αναγέννησης στην καμένη περιοχή.....	96
Διάγραμμα 19. Ταξινόμηση μοντέλου διάβρωσης στην καμένη περιοχή.....	102
Διάγραμμα 20. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης.....	109
Διάγραμμα 21. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου κινδύνου διάβρωσης.....	117

Γενικά

Οι σημερινές κοινωνίες διαφέρουν από τις παλαιότερες, ως προς το ότι υπάρχει γρηγορότερος ρυθμός μεταβολής φυσικού και κοινωνικού περιβάλλοντος (Καραμέρης, 2006). Η εποχή μας χαρακτηρίζεται ως μια εποχή οικονομικής κρίσης όμως, πέρα από την οικονομική κρίση υπάρχει και η οικολογική. Έχει δημιουργηθεί λοιπόν, ένα οικονομικό μοντέλο το οποίο στηρίζεται στην παραγωγή χωρίς όρια και στο μέγιστο οικονομικό κέρδος (Καραμέρης, 2006). Δυστυχώς όμως, αυτή η μορφή ανάπτυξης είχε ως αποτέλεσμα την ρύπανση των δασών, λιμνών κλπ. Όλες οι παραπάνω αλλαγές προκάλεσαν τελικώς, τις ανησυχίες των ανθρώπων και οδήγησαν στον επαναπροσδιορισμό της σχέσης άνθρωπος- περιβάλλον.

Έτσι, το 1972 ο **Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών** συγκαλεί στη Στοκχόλμη συνδιάσκεψη με θέματα που άπτονται του περιβάλλοντος. Μετά από τρία χρόνια η **UNESCO** συγκαλεί το Διεθνές Συνέδριο του Βελιγραδίου (Καραμέρης, 2006). Ένα από τα συμπεράσματα του συνεδρίου ήταν ότι θα πρέπει να επέλθει αλλαγή στάσεων των ανθρώπων απέναντι στο περιβάλλον. Έπειτα ακολούθησαν αρκετές διασκέψεις, με σημαντικότερη εκ των οποίων το 1987 όπου η **Παγκόσμια Επιτροπή Περιβάλλοντος και Ανάπτυξης του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών** με πόρισμά της (*Το Κοινό μας Μέλλον*) διατύπωσε τους προβληματισμούς της σχετικά με την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων (Καραμέρης, 2006). Στο Ρίο το 1992 υιοθετήθηκε η Agenda 21, ένα παγκόσμιο πρόγραμμα για τις αρχές, τα δικαιώματα και τις υποχρεώσεις των χωρών-μελών για την προστασία του περιβάλλοντος (Καραμέρης, 2006).

Η περιβαλλοντική πολιτική είναι ένα σύνολο μέτρων που στόχο έχουν την εξασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος, την προστασία του εδάφους, του αέρα, της χλωρίδας και της πανίδας και σκοπό έχει να μειώσει τις δυσμενείς επιδράσεις των ανθρώπινων επεμβάσεων καθώς και την αλόγιστη χρήση των φυσικών διαθεσίμων. Σύμφωνα με τον Καραμέρη (2006) η περιβαλλοντική πολιτική διέπεται από τρεις αρχές, η πρώτη είναι η **αρχή της πρόληψης** όπου δεν αρκεί να απομακρύνονται εκ των υστέρων οι ζημιές στο οικοσύστημα. Η δεύτερη είναι η **αρχή του αίτιου** σύμφωνα με την οποία το κράτος παρεμβαίνει και καλύπτει τα έξοδα, όταν ο αίτιος δεν είναι εύκολο να προσδιοριστεί είτε στις κρίσιμες καταστάσεις δεν υπάρχουν διαθέσιμα μέσα και χρόνος. Τρίτον, η **αρχή της συνεργασίας** πρόκειται για την συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων κοινωνικών ομάδων για τον σχεδιασμό και την λήψη απόφασης.

1. Εισαγωγή

1.1 Ζώνες δασικής βλάστησης

Η Ελλάδα λόγω της μορφολογικής (έντονο ανάγλυφο) και της γεωγραφικής της θέσης (σταυροδρόμι Ευρώπης και Ανατολής) χαρακτηρίζεται από πλούσια χλωρίδα και πανίδα. Οι παράγοντες που επηρεάζουν τη βλάστηση της χώρας μας σύμφωνα με τον Ντάφη (1976) είναι:

- ✓ **Η χλωρίδα.** Συναντάται στη χώρα μας η μεσογειακή, η μεσευρωπαϊκή και η ιρανοκασπική.
- ✓ **Το κλίμα.** Βροχοπτώσεις κυρίως την άνοιξη και το φθινόπωρο και με περισσότερο ή λιγότερο ξηρασία το θέρος.
- ✓ **Η ορογραφική διαμόρφωση.** Η Ελλάδα είναι κυρίως ορεινή χώρα (μεγάλοι ορεινοί όγκοι όπως Πίνδος, Οίτη, Παναχαϊκό, Ερύμανθος, Ταΰγετος κ.ά.)
- ✓ **Η γεωλογική σύνθεση.** Τα πετρώματα της Ελλάδας είναι τα προαλπικά, αλπικά και μεταλπικά. Στους προαλπικούς σχηματισμούς ανήκουν τα κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα των κρυσταλλοπαγών μαζών της χώρας και μερικά μικρής εξάπλωσης ιζηματογενή και πυριγενή πετρώματα. Στους αλπικούς και μεσοαλπικούς σχηματισμούς ανήκουν το μέγιστο μέρος των ιζηματογενών πετρωμάτων και μεγάλο μέρος των πυριγενών.
- ✓ **Η ιστορία.** Ο οριζόντιος διαμελισμός, η ορογραφική διαμόρφωση, η ακτινογραφία και ο νησιωτικός κόσμος επηρεάζουν την ελληνική ιστορία.

Με την επίδραση λοιπόν, των παραπάνω παραγόντων προκύπτουν οι 5 ζώνες βλάστησης. Καλό είναι να αναφερθεί πως πολλές φορές τα όρια δεν είναι σαφή με αποτέλεσμα να αλληλοσυνδέονται μεταξύ τους οι ζώνες.,

Στην Ελλάδα διακρίνονται 5 κύριες ζώνες βλάστησης [Ντάφης (1976), Αθανασιάδης (1986)]:

- ✓ **Η ευμεσογειακή ζώνη βλάστησης ή ζώνη αριάς (*Quercetalia illicis*)**

Μια λωρίδα κατά μήκος των ακτών της δυτικής νοτιοανατολικής και ανατολικής Ελλάδας (μέχρι Ολύμπου) στα νησιά του Ιονίου και Αιγαίου Πελάγους, στα πόδια, στο νότιο τμήμα και στις ακτές της Χαλκιδικής και κατά νησίδες στις ακτές της Μακεδονίας και Θράκης. Υποδιαιρείται σε δυο υποζώνες:

- Υποζώνη Oleo-Ceratonion

Εμφανίζεται στην ξηρότερη ΝΑ και Α. Ελλάδα (μέχρι το Πήλιο), στα νησιά του Νότιου Αιγαίου, σε μερικά νησιά του Ιονίου και στις χαμηλότερες θέσεις των ποδιών και της Ν. Χαλκιδικής

- Υποζώνη Quercion ilicis

Εμφανίζεται στη Δ. Ελλάδα από την επιφάνεια της θάλασσας, στην Α. Ελλάδα μέχρι το Ν. Πήλιο και τα πόδια της Χαλκιδικής πάνω από το Oleo-lentiscetum. Στη ΒΑ Ελλάδα (πχ Όσσα, Όλυμπο κ.ά)

- ✓ **Παραμεσογειακή ζώνη βλάστησης (*Quercetalia pubescentis*)**

Εμφανίζεται σε συνέχεια της προηγούμενης κατακόρυφα στα όρη και οριζόντια στο εσωτερικό της χώρας. Υποδιαιρείται σε δυο υποζώνες:

- Υποζώνη Ostrygo-Carpinion

Υποδιαιρείται στις εξής 3 υποζώνες. Τον Quercetum cocciferae, το Coccifero-Carpinetum και το Carpinetum orientalis. Το Quercetum cocciferae εμφανίζεται στη νότια Ελλάδα και στην Κρήτη, φτάνει σε υψόμετρο 1000 και πλέον μέτρα, εμφανιζόμενο και στον υπόροφο ελάτης και μαύρης πεύκης. Χαρακτηρίζεται από την έλλειψη του ανατολικού γαύρου. Το Coccifero-Carpinetum εμφανίζεται ως λοφώδες ή πεδινό σε μια σημαντική έκταση τόσο στην κεντρική, ανατολική Ελλάδα (από τη Λαμία και βορειότερα) και στη βόρεια Ελλάδα όσο και στα εσωτερικά της δυτικής Ελλάδας. Η καλλιέργεια της ελιάς και των εσπεριδοειδών δεν είναι δυνατή αντιθέτως καλλιεργούνται βαμβάκι, σιτηρά, αραβόσιτος, καπνός κλπ. Τέλος, ο Carpinetum orientalis εμφανίζεται στη Βόρεια Ελλάδα, στις κοιλάδες των ποταμών Αξιού, Στρυμώνα, Νέστου κλπ, στις βόρειες εκθέσεις της λοφώδους περιοχής και στις παρυφές των υψηλών ορέων, όπου αντικαθιστά τα Coccifero-Carpinetum ή και συνεχίζεται με αυτό. Συναντάται Fraxinus ornus, Pistacia terebinthus, Acer monsoessulanum, Sorbus torminalis, Ligustrum vulgare κ.ά. Κυριαρχεί η καλλιέργεια σιτηρών, καπνού, αμπέλου και δημιουργούνται άριστες συνθήκες για την καλλιέργεια οπωροφόρων δέντρων (ροδακινιάς, μηλιάς).

- Υποζώνη Quercion confertae (ξηροφύλων φυλλοβόλων δασών)

Η υποζώνη αυτή συναντάται ως λοφώδη, υποορεινή ή και ορεινή στη βόρεια και κεντρική Ελλάδα, στη Στερεά και τη Πελοπόννησο. Αντιπροσωπεύει περίπου το 1/3 των ελληνικών δασών. Υποδιαιρείται σε 3 χώρους. Το Quercetum confertae, το Tilio-Castanetum (είδη όπως Castanea vesca, Fraxinus ornus κ.ά.) και το Quercetum montanum (δάση Quercus cerris και Quercus petraea).

✓ **Ζώνη δασών οξιάς-ελάτης και ορεινών παραμεσόγειων κωνοφόρων (Fagetalia) (ορεινή-υπαλπική)**

Χαρακτηρίζεται από ψυχρή, υγρόφιλη μεσευρωπαϊκή βλάστηση. Διακρίνεται σε δυο υποζώνες την Abietion cerhalonicae και την Fagion moesiacaе. Η πρώτη εμφανίζεται στις ορεινές περιοχές της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου, ενώ η δεύτερη στις ορεινές περιοχές της κεντρικής και βόρειας Ελλάδας. Η ζώνη της Fagion moesiacaе διακρίνεται σε Fagetum moesiacaе, Abietum borisii regis και το Abieti-Fagetum moesiacaе. Τα δάση Fagetum moesiacaе εμφανίζονται κατά νησίδες σε Β., ΒΑ., ΒΔ., εκθέσεις και σχεδόν αποκλειστικά σε πυριτικά πετρώματα. Κατακόρυφα στα δάση αυτά διακρίνονται 3 ζώνες Fagetum submontanum, Fagetum montanum και το Fagetum subalpinum. Το Fagetum submontanum εμφανίζεται στην ανατολική Ελλάδα και Θράκη σε υψόμετρο 300-800 μέτρα. Ο δεύτερος σε υψόμετρο 800-1600 μέτρα και ο τρίτος σε δασοόρια της οξιάς των υψηλών ορέων της Β. Ελλάδας. Τα δάση της Abietum borisii regis εξαπλώνονται στην κεντρική Πίνδο.


✓ **Ζώνη ψυχρόβιων κωνοφόρων (Vaccinio-Picetalia)(ορεινή-υπαλπική)**

Η ζώνη αυτή εμφανίζεται στα υψηλά όρη της βόρειας Ελλάδας (Γκορίλα, Πίνδο, Βέρμιο). Διακρίνεται σε 2 υποζώνες το Pinion heldreichii (εξαπλώνεται σε εδάφη με ασβεστολιθικά πετρώματα) και το Vaccinior Piceion (εξαπλώνεται σε εδάφη με πυριτικά πετρώματα).

✓ **Εξωδασική ζώνη υψηλών ορέων (Astragalo-Acantholimonetalia)**

Εμφανίζεται στα υψηλά όρη της χώρας μας πάνω από το δασό- και δενδροόρια που συνήθως είναι ανθρωπογενή. Συντίθεται από μια θαμνώδη και ποώδη βλάστηση, που έχει υποβαθμιστεί εξαιτίας της υπερβόσκησης. Διακρίνεται σε Astragalo-Daphnion και το Junipero-Daphnion. Η πρώτη εξαπλώνεται σε ασβεστολιθικά όρη της κεντρικής και νότιας Ελλάδας και συντίθεται από το Astragalus tragantha, Festuca sp., Daphne oleoides κ.ά.. Η δεύτερη εξαπλώνεται σε πυριτικά πετρώματα στα όρη της βόρειας Ελλάδας και συντίθεται από Juniperus nana, Festuca sp., Daphne oleoides κλπ.



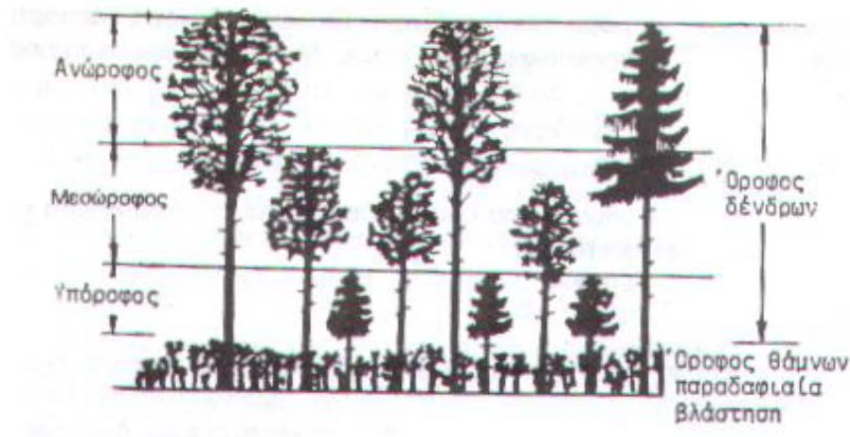
- | | | | |
|---|---|---|--|
|  | Oleo-Ceratonion
υποζώνη ελιάς - καρυδιάς |  | Fogion moesiaca
υποζώνη οξυάς |
|  | Quercion ilicis ,
υποζώνη αριάς |  | Pinion nigrae
υποζώνη μούρης πεύκης |
|  | Ostrya - carpinion ,
υποζώνη αστριάς γαύρου |  | Vaccinio - Picetalia
υποζώνη ερυθρελάτης |
|  | Quercion cocciferae
υποζώνη πλατ. δρυός |  | Astragalo - Acantholimonetalia
υπαλπική ζώνη |
|  | Abietion cypripicae
υποζώνη κεφαλληνιακής
ελάτης | | |

Χάρτης 1. Ζώνες δασικής βλάστησης της Ελλάδας (Ντάφης 1976)

Πηγή Διπλωματική εργασία Νικούσης Κ.(2013)

1.2 Ορόφωση συστάδας

Οι δασικές κοινωνίες διακρίνονται πρώτον στον όροφο των δέντρων που κυριαρχούν (ανώροφος), τον όροφο των δέντρων που κυριαρχούνται ή που έχουν κυριαρχηθεί (μεσώροφος), τον όροφο των θάμνων που φτάνουν σε ύψος 3-4 μέτρα, τον όροφο των ποών και γράστων και τον όροφο των βρυών (Ντάφης, 1986). Οι δυο τελευταίες αποτελούν την παρεδαφιαία βλάστηση ή υποβλάστηση (Εικόνα 1). Πολύ συχνά όμως, οι παρεμβάσεις των ανθρώπων μεταβάλλουν τη σύνθεση της υποβλάστησης.



Εικόνα 1. Ορόφωση συστάδας

Πηγή Διπλωματική εργασία Νικούσης Κ.(2013)

Σύμφωνα με τον Ντάφη (1986) τα δέντρα που επικρατούν μέσα στο δάσος υπάρχει ενδεχόμενο να υποστούν διάφορες αλληλεπιδράσεις. Δεν είναι λίγες όμως οι φορές που η συνύπαρξη αυτή οδηγεί σε ανταγωνισμό, μιας και το κάθε δέντρο προσπαθεί να αποκτήσει φως, νερό, οξυγόνο και θρεπτικές ουσίες. Ως ανταγωνισμός ορίζεται (Odum 1983, Κούκουρας κ.ά 1986):

«η προσπάθεια που κάνουν δυο είδη για την απόκτηση απαραίτητων πόρων για την ανάπτυξή τους όταν βέβαια, αυτοί προσφέρονται σε συγκεκριμένες ποσότητες»

Συνεπώς όταν φυσάει αέρας οι κόμες των δέντρων έρχονται σε επαφή με τα κλαδιά των γειτονικών δέντρων προκαλώντας φθορά σε οφθαλμούς, άνθη και καρπούς (Ντάφης, 1986). Βέβαια, ο ίδιος αναφέρει το εξής αντιπαράδειγμα πως μετά από δασική πυρκαγιά σε δάσος ελάτης εμφανίζονται ελαφρόσπορα, φωτόφυτα είδη, ανθεκτικά σε εξωτερικούς παράγοντες όπως η *Salix carpea* ή πρόσκοπα δασοπονικά είδη (μαύρη πεύκη). Δημιουργώντας το κατάλληλο έδαφος για την ευδοκίμηση της ελάτης.

1.3 Δασικό έδαφος- Δασικός τύπητας

Ο Wilde (1958) ορίζει ως δασικό έδαφος

«το τμήμα της επιφάνειας της γης το οποίο χρησιμεύει για την στήριξη και την ανάπτυξη της δασικής βλάστησης».

Χαρακτηριστικό γνώρισμα των δασικών εδαφών είναι ο παχύς επιφανειακός ορίζοντας αποτελούμενος κυρίως από υπολείμματα φυτών και ζώων σε διαφορετικό βαθμό αποσύνθεσης (Παπαμίχος, 1996). Οι ζωντανοί οργανισμοί που βρίσκονται στο έδαφος χρειάζονται ενέργεια και θρεπτικά στοιχεία για να ζήσουν και να επιβιώσουν. Μεγάλο μέρος των θρεπτικών στοιχείων που συγκεντρώνονται στα επιφανειακά στρώματα του εδάφους ακολουθούν έναν κύκλο κατά τον οποίο θρεπτικά στοιχεία προσλαμβάνονται από τις ρίζες των βαθύτερων στρωμάτων του εδάφους, μεταφέρονται στα υπέργεια τμήματα των δέντρων και επιστρέφουν σ' αυτό με τη μορφή φυλλάδας, δηλαδή σύμφωνα με τον Hartmann (1952) υπάρχει ένας κύκλος ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων. Οι Lutz και Chandler (1946) διαπίστωσαν πως οι επιφανειακοί ορίζοντες του εδάφους διαδραματίζουν σπουδαίο ρόλο γιατί εκεί βρίσκονται τα θρεπτικά στοιχεία και οι ρίζες θρέψης των δέντρων. Η σπουδαιότητα του εδάφους βασίζεται στο γεγονός ότι εξασφαλίζει στα δέντρα στήριξη (ακόμα και σε περιοχές που επικρατούν ισχυροί άνεμοι) δεύτερον, στην ύπαρξη σε αυτό απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων και νερού (Παπαμίχος, 1996).

Ορυκτοποίηση (Παπαμίχος, 1996): η διάσπαση των οργανικών υπολειμμάτων σε απλούστερες οργανικές ενώσεις και ορυκτά συστατικά (CO_2 , K,P,Ca,S).

Χούμος, χουμοποίηση (Παπαμίχος, 1996): καθώς λαμβάνει χώρα η παραπάνω διαδικασία έχει ως αποτέλεσμα τη σύνθεση νέων πολύπλοκων οργανικών ενώσεων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας άμορφης, σκοτεινόχρωμης οργανικής ουσίας το χούμο.

Φυλλάδα ή ξηροτάπητας (Παπαμίχος, 1996): πρόσφατα φυτικά και ζωικά υπολείμματα που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους. Η δομή τους διακρίνεται μιας και η αποσύνθεση δεν έχει προχωρήσει αρκετά.

Φυτικά υπολείμματα (Παπαμίχος, 1996): τα φύλλα, τα κλαδιά, τα άνθη, οι καρποί κλπ.

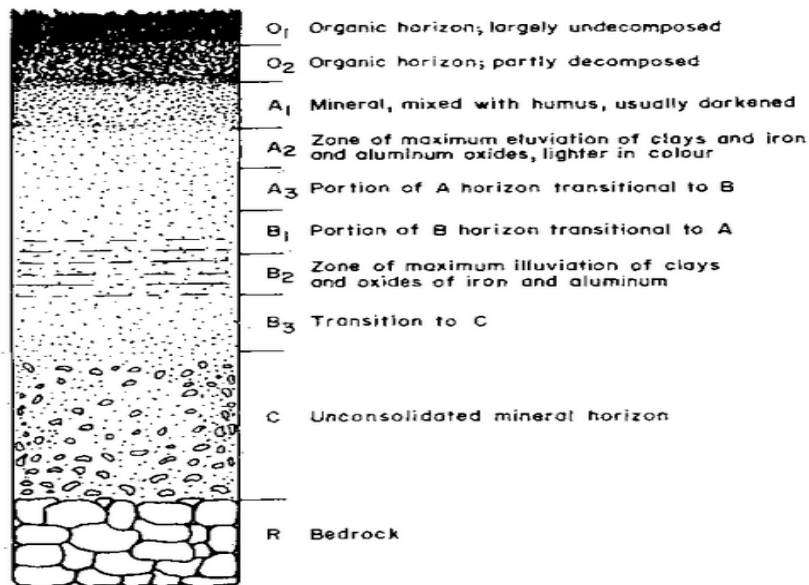
Οργανική ουσία (Παπαμίχος, 1996): η οργανική ουσία του εδάφους που βρίσκεται πάνω στην επιφάνειά του και μέσα στη μάζα του ανεξαρτήτως από το βαθμό αποσύνθεσης.

Δασικός χούμος ή δασικός τάπητας (Παπαμίχος, 1996): το επιφανειακό οργανικό στρώμα που καλύπτει το δασικό έδαφος με διαφορετικό βαθμό αποσύνθεσης. Το κατώτερο μέρος του στρώματος μπορεί να είναι λιγότερο ή περισσότερο αναμειγμένο με το ανόργανο έδαφος. Το πάχος του και η ποσότητα του εξαρτάται από την εποχή του έτους. Παραδείγματος χάριν, στο τέλος του φθινοπώρου μετά την πτώση των φύλλων (πλατύφυλλα) αυξάνεται αρκετά ενώ, μικρότερο πάχος γίνεται αντιληπτό κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και αρχές φθινοπώρου. Πάχος δασικού τάπητα 3 cm συγκρατεί 15 mm νερό (Pritchett, 1979)

Οι ρίζες, ο όγκος του εδάφους, και τα θρεπτικά στοιχεία συνδέονται με μια σχέση αλληλεξάρτησης. Συγκεκριμένα στην Ελλάδα, η αύξηση της δασικής βλάστησης σε μεγάλο βάθος εδάφους σημαίνει και αύξηση πρόληψης θρεπτικών στοιχείων και υγρασίας απαραίτητα για την ανάπτυξη του φυτού (Παπαμίχος, 1996). Μια ιδιότητα που παρουσιάζουν οι ρίζες είναι η πλαστικότητα, δηλαδή έχουν την ικανότητα να αλλάζουν την μορφή τους ανάλογα με τις συνθήκες που επικρατούν. Ο Παπαμίχος (1996) αναφέρει το παράδειγμα της δασική πεύκης σε βαθιά, χαλαρά εδάφη όπου σχηματίζονται βαθύρριζα δέντρα (πασσαλόριζα) φτάνοντας σε βάθος μεγαλύτερο των 4 μέτρων. Αντιθέτως, σε αβαθή εδάφη σχηματίζονται πλάγιες ρίζες μεγάλης έκτασης. Άλλο παράδειγμα που αναφέρει είναι στην Βλαχοκερασιά Τριπόλεως άτομα πεύκης ηλικίας 10 ετών και ύψους 7 μέτρων δεν είχαν πασσαλώδη ρίζα αλλά πλάγιες ρίζες βάθους 10-20 εκατοστών και εκτείνονταν σε απόσταση μεγαλύτερη των 5 μέτρων.

Σύμφωνα με τον Παπαμίχο (1996) από άποψη μορφολογίας τα εδάφη αποτελούνται από στοιβάδες που ονομάζονται **ορίζοντες (horizons)** και έχουν διαφορετική εμφάνιση, πάχος και διαφορετικές ιδιότητες. Στις αρχές της δεκαετίας του 1950 αναπτύχθηκε το σύστημα ταξινόμησης των εδαφών. Μια διεθνή συνεργασία μεταξύ του **FAO** και την **UNESCO** (Εικόνα 2) προκύπτουν τα εξής:

- ✓ 0-ορίζοντας ανώτατο στρώμα εδάφους
- ✓ A-ορίζοντας 30-50 cm
- ✓ E-ορίζοντας διαχωρίζει το επιφανειακό από το υπέδαφος
- ✓ B-ορίζοντας
- ✓ C-ορίζοντας
- ✓ R



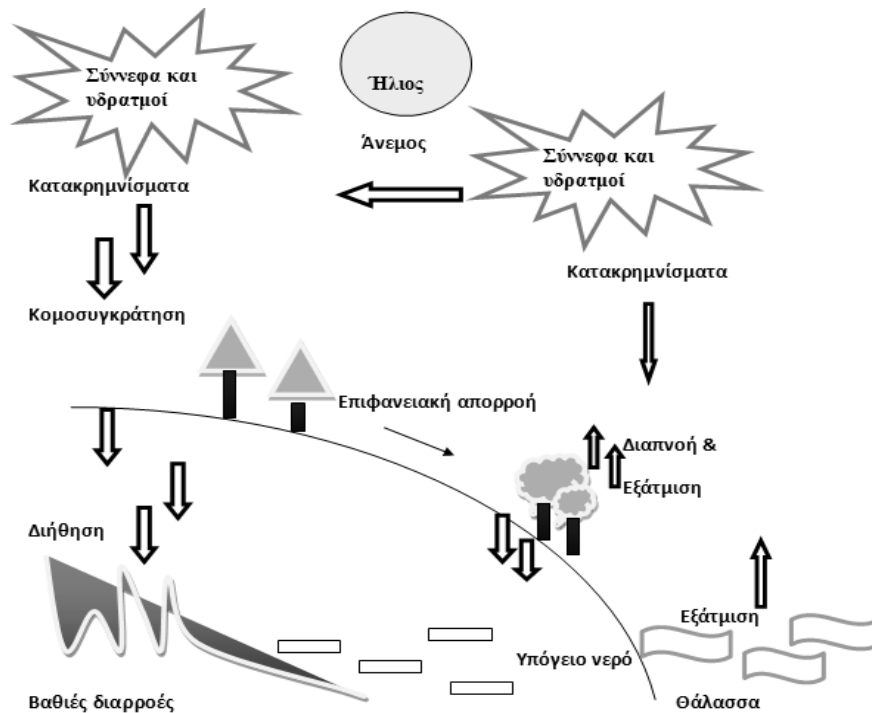
Εικόνα 2. Ταξινόμηση εδαφών

Πηγή FAO (www.fao.org)

Ποια η σημασία του χούμου και του δασικού τάπητα;

Βασιζόμενοι ο Switzer και Nelson (1972) στο γεγονός ότι ο χούμος είναι πηγή αζώτου και άλλων θρεπτικών στοιχείων υπολόγισαν πως σε μια συστάδα είδους *Pinus taeda* 20 ετών ότι 40-50% ετήσιες ανάγκες για άζωτο και ασβέστιο καλύπτονται από την αποσύνθεση του δασικού τάπητα. Σύμφωνα με τον Παπαμίχο (1996) ο δασικός τάπητας δρα ευεργετικά προστατεύοντας το έδαφος από την διάβρωση μιας και εμποδίζει την επιφανειακή απορροή του νερού με αποτέλεσμα να απορροφάται και να αποθηκεύεται είτε στα κατώτερα στρώματα εδάφους εμπλουτίζοντας τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα είτε παρέχοντας το απαραίτητο νερό για την ανάπτυξη των δέντρων. Κλείνοντας, πολλές φορές χρησιμοποιείται η αραίωση ως δασοκομικό μέτρο. Με το μέτρο αυτό ο δασολόγος έχει ως στόχο την κατάληξη στο έδαφος περισσότερο φως, θερμότητα και υγρασία επηρεάζοντας έτσι τη ταχύτητα αποσύνθεσης των φυτικών υπολειμμάτων (Παπαμίχος, 1996). Παρά τα οφέλη του δασικού τάπητα παρατηρείται πολύ συχνά επέμβαση του ανθρώπου. Μέσω των υλοτομιών, της υπερβόσκησης και των δασικών πυρκαγιών διαταράσσεται η ισορροπία με απόρροια πτώση της παραγωγικότητας όπως παρουσιάζουν οι Baule και Fricker (1970) σε δάση της Γερμανίας όπου μειώθηκε η αύξηση των συστάδων κατά 20-75%.

1.4 Υδρολογικός κύκλος



Εικόνα 3. Υδρολογικός κύκλος

Πηγή «Δασικά Εδάφη» Παπαμίχος Ν. (1996)

Το νερό αποτελεί το αναγκαιότερο συστατικό για τα φυτά βέβαια, η έλλειψη νερού μπορεί να προκαλέσει σοβαρές συνέπειες στα φυτά. Μιας και η πηγή πρόσληψης νερού για τα δασικά δέντρα είναι το έδαφος ο εφοδιασμός του εδάφους μέσω των κατακρημνισμάτων έχει μεγάλη σημασία για τα διάφορα δασοπονικά είδη. Ερμηνεύοντας λοιπόν, την Εικόνα 3 προκύπτει ότι το νερό ακολουθεί μια διαδρομή. Ένα μέρος των κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι) εξατμίζεται απευθείας κατά την άφιξη του στο έδαφος και επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Το μεγαλύτερο όμως μέρος που φτάνει στο έδαφος, κινείται στην επιφάνεια της γης και διαμέσου των ποταμών και των ρεμάτων καταλήγει στη θάλασσα. Αποδέκτες σε αυτή την περίπτωση μπορεί να είναι ρυάκια, ποτάμια, χείμαρροι κ.ά. Το τρίτο και τελευταίο μέρος διηθείται προς τα κατώτερα στρώματα εδάφους εμπλουτίζοντας τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Σύμφωνα λοιπόν, με τον Στεφανίδη (2007): «Ένα μέρος του νερού υφίσταται συνεχή κυκλοφοριακή κίνηση μεταξύ της γήινης επιφάνειας και της ατμόσφαιρας γνωστή ως υδρολογικός κύκλος ή υδρολογική ανακύκλωση».

Κατά τον Παπαμίχο (1996) ορίζεται ως «Το νερό που φτάνει στο έδαφος μικρό μέρος του χρησιμοποιείται από τα φυτά στη συνέχεια διαπνέεται στην ατμόσφαιρα, με εξαίρεση μιας ποσότητας όπου χρησιμοποιείται για την σύνθεση της φυτικής ουσίας. Πολύ σημαντικό ρόλο παίζουν τα δασικά οικοσυστήματα μιας και μειώνουν την επίδραση των ακραίων καιρικών φαινομένων».

1.5 Δασικές πυρκαγιές

Οι συνθήκες της ζωής του ανθρώπου άλλαξαν όταν ανακάλυψε την φωτιά. Η ανακάλυψη της φωτιάς αποτέλεσε σπουδαίο γεγονός. Στην αρχή ο άνθρωπος έκανε σκληρές προσπάθειες για να τη διατηρήσει, στη συνέχεια να την κατακτήσει και να τη χρησιμοποιήσει για τις ανάγκες του. Η ελληνική μυθολογία με την σειρά της αναφέρει την φωτιά. Σύμφωνα με την παράδοση ο Ήφαιστος είναι ο δημιουργός της και ο Προμηθέας την έκλεψε για να την χαρίσει στους ανθρώπους. Στους Πέρσες επίσης η φωτιά ήταν το κυριότερο αντικείμενο της λατρείας. Ανάλογες θρησκευτικές παραδόσεις με τους αρχαίους Έλληνες είχαν και οι Ρωμαίοι. Με την επικράτηση του χριστιανισμού όμως η λατρεία της φωτιάς αφανίστηκε.

«Όστις κλέπτει, σφετερίζεται ή βλάπτει εις τα δάση ξυλικήν, τιμωρείται...»

Νομοθετικό διάταγμα «Περί των εις τα δάση ανομημάτων», 10 Ιουλίου 1836 (το πρώτο νομοθέτημα για τα δάση)

Με την δημιουργία του ελληνικού κράτους ο νομοθέτης θεσμοθετεί εκείνες τις αρχές όπου θα πρέπει να εφαρμόζονται από τους πολίτες του ελληνικού κράτους δυο εκ των οποίων είναι (Πηγή: www.hellenicparliament.gr):

- ✓ Σύμφωνα με το άρθρο 24 του συντάγματος που αφορά την προστασία του περιβάλλοντος ως **δάσος ή δασικό οικοσύστημα** ορίζεται:

Το οργανικό σύνολο άγριων φυτών με ξυλώδη κορμό πάνω στην αναγκαία επιφάνεια του εδάφους, τα οποία, μαζί με την εκεί συνυπάρχουσα χλωρίδα και πανίδα, αποτελούν μέσω της αμοιβαίας αλληλεξάρτησης και αλληλοεπίδρασής τους, ιδιαίτερη βιοκοινότητα (δασοβιοκοινότητα) και ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον (δασογενές). Δασική έκταση υπάρχει όταν στο παραπάνω σύνολο η άγρια ξυλώδης βλάστηση, υψηλή ή θαμνώδης, είναι αραιά.

- ✓ Ομοίως με το άρθρο 117:

Δημόσια ή ιδιωτικά δάση και δασικές εκτάσεις που καταστράφηκαν ή καταστρέφονται από πυρκαγιά ή που με άλλο τρόπο αποψιλώθηκαν ή αποψιλώνονται δεν αποβάλλουν για το λόγο αυτό το χαρακτήρα που είχαν πριν καταστραφούν, κηρύσσονται υποχρεωτικά αναδασωτέες και αποκλείεται να διατεθούν για άλλο προορισμό.

Τα δάση και οι δασικές εκτάσεις διακρίνονται ακολούθως (Μέλισσας, 2013 www.courses.arch.ntua.gr):

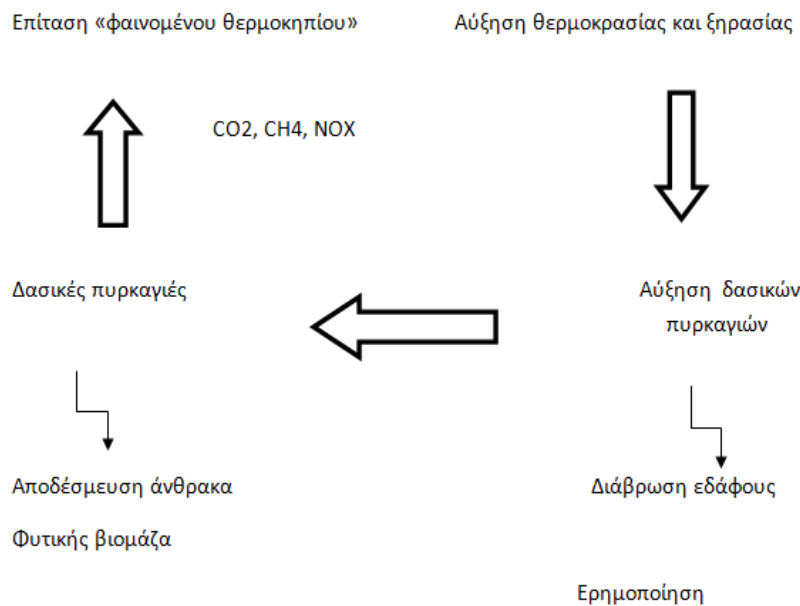
- ✓ Δάση και δασικές εκτάσεις τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερο επιστημονικό, αισθητικό, οικολογικό, ή γεωμορφολογικό ενδιαφέρον (εθνικοί δρυμοί, αισθητικά δάση, υγροβιότοποι, διατηρητέα μνημεία της φύσεως),
- ✓ Δάση και δασικές εκτάσεις, τα οποία ασκούν ιδιαίτερη προστατευτική επίδραση επί των εδαφών και των υπογείων υδάτων, τα οποία είναι πλησίον λεκανών απορροής χειμάρρων, υπερκείμενων πόλεων, χωριών ή οικισμών, ασκούν προστασία σε φυσικά ή πολιτιστικά μνημεία ή σημαντικών τεχνικών έργων (προστατευτικά δάση και δασικές εκτάσεις),
- ✓ Δάση και δασικές εκτάσεις, τα οποία παρουσιάζουν ιδιαίτερη σημασία από απόψεως παραγωγής δασικών προϊόντων ή άλλων αγαθών πρωτογενούς παραγωγής (εκμεταλλεύσιμα ή παραγωγικά δάση και δασικές εκτάσεις),
- ✓ Δάση και δασικές εκτάσεις που προσφέρονται για αναψυχή του πληθυσμού ή αποτελούν παράγοντα συνθηκών διαβίωσης αυτού στην περιοχή ή την τουριστική ανάπτυξη αυτής (δάση και δασικές εκτάσεις αναψυχής),
- ✓ Τα δάση και δασικές εκτάσεις, τα οποία δεν εμπίπτουν σε οποιανδήποτε από τις παραπάνω κατηγορίες.

Η δημιουργία υγιών δασών τα οποία είναι ικανά να παράγουν άριστη ποιότητα ξύλου και δασοκομικών προϊόντων αλλά και μέγιστη κοινωφελή επίδραση στον άνθρωπο (περίπατοι στην φύση) αποτελούν δασοκομικό σκοπό.

Η σύγχρονη όμως καταναλωτική κοινωνία δημιουργεί πληθώρες ανάγκες με αποτέλεσμα την δημιουργία κοινωνικών, οικονομικών και πολιτικών προβλημάτων. Κάθε χρόνο καίγονται δασοσκεπείς εκτάσεις, θαμνότοποι και ορεινοί βοσκότοποι. Οι δασικές πυρκαγιές αποτελούν ένα από τα σπουδαιότερα προβλήματα του φυσικού περιβάλλοντος και οι επιπτώσεις τους είναι παγκόσμιες. Οι πυρκαγιές αφήνουν στο πέρασμά τους τεράστιες ζημιές (ανθρώπινα θύματα, ανυπολόγιστη οικονομική καταστροφή κ.ά.). Οι παράγοντες που επηρεάζουν την δημιουργία δασικών πυρκαγιών ποικίλουν από βιοτικούς και αβιοτικούς, μικρής και μεγάλης κλίμακας (Cardille *et al.*, 2001 και Moritz *et al.*, 2005). Το κλίμα και οι καιρικές συνθήκες για παράδειγμα οι ψηλές θερμοκρασίες, η παρατεταμένη ξηρασία και οι δυνατοί άνεμοι συνιστούν έναν καθοριστικό παράγοντα εκδήλωσης πυρκαγιών (Agee, 1993, Granström, 1993, Pyne *et al.*, 1996). Για παράδειγμα, στον ανατολικό Καναδά, η ξηρασία έχει βρεθεί να έχει μια ισχυρή επιρροή στη συχνότητα των πυρκαγιών (Carcaillet *et al.*, 2001), ενώ δεν φαίνεται να υπάρχει καμία συσχέτιση μεταξύ της έντασης της ξηρασίας και της συχνότητας των πυρκαγιών σε πευκοδάση της Καλιφόρνια (Fry και Stephens, 2006). Οι αβιοτικοί παράγοντες μπορούν και αυτοί με την σειρά τους να παίξουν σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση δασικής πυρκαγιάς για παράδειγμα, η εξάπλωση μιας πυρκαγιάς μπορεί να επηρεάζεται

από την τοπογραφία (μεγάλες κλίσεις δασικών εδαφών), την εύφλεκτη ξηροφυτική βλάστηση (Susmel, 1973, Ryne *et al.*, 1996 και Omi, 2005).

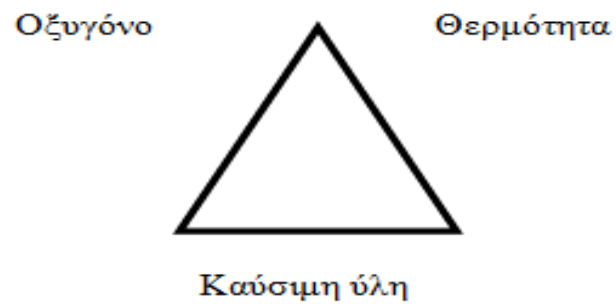
Ανθρωπογενείς δραστηριότητες μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιές. Σύμφωνα με τον Δημητρακόπουλο (2009) οι παγκόσμιες επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών συνίστανται από τρεις παράγοντες, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την αλλαγή του κλίματος της Γης και την ερημοποίηση (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Παγκόσμιες επιπτώσεις δασικών πυρκαγιών
Πηγή Πανεπιστημιακές σημειώσεις Δημητρακόπουλος Π. Α.(2009)

Η φωτιά αποτελεί μια χημική διεργασία για την πραγματοποίηση της οποίας απαραίτητα στοιχεία είναι η θερμότητα, ο αέρας (ή το οξυγόνο) και η καύσιμη ύλη. Η απουσία ενός στοιχείου συνεπάγεται την παύση ύπαρξης του τρίγωνο της φωτιάς. Διατυπώθηκε έτσι η θεωρία του «τριγώνου της πυρκαγιάς» (Σχήμα 2). Το πώς συμπεριφέρεται όμως, μια φωτιά εξαρτάται από τρεις παράγοντες (De Bano *et al*, 1998, Γκόφας, 2001). Πρώτον, από τις καιρικές συνθήκες που επικρατούν όπως ο άνεμος, η σχετική υγρασία του αέρα, η θερμοκρασία του αέρα, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, η ύπαρξη νεφώσεων ή ηλιοφάνειας και τέλος η σταθερότητα της ατμόσφαιρας. Δεύτερον, από τις τοπογραφικές συνθήκες της περιοχής οι οποίες παίζουν σημαντικό ρόλο στο πως συμπεριφέρεται η πυρκαγιά παραδείγματος χάριν η κλίση του εδάφους, η έκθεση της πλαγιάς και το υψόμετρο. Τρίτον, οι πόες, τα χόρτα, οι μικροί και μεγάλοι θάμνοι, ο ξηροφυλλοτάπητας συνιστούν τη καύσιμη ύλη.

Το τρίγωνο έναρξης φωτιάς (De Bano et al, 1998, Γκόφας, 2001)



Σχήμα 2. Τρίγωνο έναρξης πυρκαγιάς

Τρίγωνο συμπεριφοράς δασικής πυρκαγιάς



Σχήμα 3. Τρίγωνο συμπεριφοράς δασικής πυρκαγιάς

1.5.1 Είδη δασικών πυρκαγιών

Σύμφωνα με τους De Bano *et al.*, (1998) και Καϊλίδη (1993) οι δασικές πυρκαγιές ανάλογα με τον τρόπο εξάπλωσης τους και τη θέση τους στο έδαφος ταξινομούνται ως εξής:

- ✓ **Πυρκαγιές εδάφους.** Χαρακτηρίζονται ως δύσκολα αποκαλυπτόμενες μιας και υπάρχει πιθανότητα να μην φαίνεται ο καπνός. Καίγεται η οργανική ύλη που συσσωρεύονται στα εδάφη των δασών κυρίως των βόρειων χωρών. Μπορούν να διεισδύσουν σε βαθύτερα στρώματα εδάφους σε 1-2 μέτρα και για αυτό το λόγο χαρακτηρίζονται αρκετά επικίνδυνες μιας και καίγεται εξ ολοκλήρου το ριζικό σύστημα πολλών φυτών.
- ✓ **Πυρκαγιές επιφανείας ή έρπουσες.** Είναι οι πιο συνηθισμένες πυρκαγιές στην Ελλάδα. Οι πυρκαγιές επιφανείας καίνε χορτολιβαδικές εκτάσεις, τον φυλλοτάπητα ή βελονοτάπητα κ.ά. Επίσης, διαδίδονται πολύ γρήγορα μιας και υπάρχει παρουσία οξυγόνου, καύσιμη ύλη και θερμότητα. Η μετάβαση των πυρκαγιών επιφανείας στην κόμη των δένδρων, επιφέρει την αύξηση της ταχύτητας διάδοσης, της θερμικής έντασης και της δημιουργίας νέων εστιών πυρκαγιών (Simard *et al.*, 1983).
- ✓ **Πυρκαγιές κόμης ή επικόρυφες.** Καίγεται η κόμη των δένδρων. Οι πυρκαγιές κόμης είναι δύσκολο να αντιμετωπιστούν με άμεση προσβολή (Albini and Stocks 1986, Alexander 2000) και είναι υπεύθυνες για το μεγαλύτερο ποσοστό καμένων εκτάσεων σε δάση κωνοφόρων (Albini 1984, Graham 2003).
- ✓ **Σημειακές πυρκαγιές ή πυρκαγιές καύτρας.** Δημιουργούνται από εκσφενδονισμένες καύτρες οι οποίες με τη σειρά τους δημιουργούν νέες προχωρημένες εστίες μέχρι και 300 μ. μπροστά από το κυρίως μέτωπο της φωτιάς. Οι νέες αυτές εστίες ενώνονται με τη μητρική πυρκαγιά.
- ✓ **Πυρκαγιές αστραπών ή δένδρων.** Προέρχονται κυρίως από αστραπές και εμφανίζονται σε μεμονωμένα δέντρα. Βέβαια, η κατάσβεσή τους είναι εύκολη μιας και κατά τη διάρκεια της αστραπής υπάρχει και η βροχή.

Η ταχύτητα εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς (km/h) δίνεται από τον τύπο (Καϊλίδης,1990):

$$R = \frac{IR \xi (1 + \Phi W + \Phi S)}{Pb \ Qig}$$

Όπου:

R: ταχύτητα διάδοσης πυρκαγιάς

IR: θερμική ροή της φλεγόμενης ζώνης

ξ : ποσοστό θερμικής ροής που διατίθεται γι την διάδοση της πυρκαγιάς

ΦW : επίδραση του ανέμου στην εξάπλωση τις πυρκαγιάς

ΦS: επίδραση της κλίσεως στην εξάπλωση της πυρκαγιάς

Pb: φαινομενική πυκνότητα καύσιμης ύλης

Qig: θερμότητα προθερμάνσεως καύσιμου μέχρι την θερμοκρασία ανάφλεξης

Το μήκος της φλόγας (m) μετράται από το μέσο της βάσης της έως την κορυφή της. Συνδέεται με τη θερμική ένταση (Byram 1959):

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

Όπου:

IB= Θερμική Ένταση δασικής πυρκαγιάς(kW/m)

FL= Μήκος Φλόγας μετώπου δασικής πυρκαγιάς (m)

Η θερμική ένταση πυρκαγιάς IB(Byram 1959):

$$IB=W*R*Q$$

Όπου:

IB= Θερμική Ένταση δασικής πυρκαγιάς(kW/m)

W =φορτίο καύσιμης ύλης (kg/m²)

R= Ταχύτητα διάδοσης δασικής πυρκαγιάς (m/min)

Q= θερμιδική αξία καύσιμης ύλης (kj/gr)

1.5.2 Αιτίες έναρξης πυρκαγιάς

Κατά τον Βορίση (2004) οι τρόποι κατά τους οποίους εκδηλώνεται μια πυρκαγιά είναι:

- ✓ **Τυχαία συμβάντα** (αυτανάφλεξη) ή **φυσικά αίτια** . Στα φυσικά αίτια ανήκουν πχ οι πυρκαγιές από κεραυνούς.
- ✓ **Εμπρησμοί εκ προθέσεως** (από δόλο) . Συνήθως οι εμπρηστές επιλέγουν κατάλληλες ημέρες για την γρήγορη εξάπλωση της πυρκαγιάς.
- ✓ **Εμπρησμοί από αμέλεια**. Ανήκουν κυρίως οι πυρκαγιές από απόρριψη τσιγάρου, καύση σκουπιδιών σε σκουπιδότοπο, καύση καλαμιών, καύση ξερών χόρτων κλπ.
- ✓ **Άγνωστα αίτια** . Οι πυρκαγιές κατά τις οποίες δεν μπορούν να εξηγηθούν ή να αποδειχθούν.

Το πέταμα αναμένων τσιγάρων και σπύρτων, οι κατασκηνωτές για το ψήσιμο των φαγητών τους μέσα στο δάσος ανάβουν φωτιές, η καύση καλαμιών σε χορτολιβαδικές και δασικές εκτάσεις, η καύση σκουπιδιών σε σκουπιδότοπους, πυρκαγιές με σκοπό την αλλαγή χρήσεως γης, η εγκατάλειψη της υπαίθρου και η αστυφιλία όπου η γη ερημώνεται με αποτέλεσμα τη συσσώρευση νεκρής οργανικής ύλης είναι μερικές από τις αιτίες που προκαλούνται πυρκαγιές. Κρίνεται σκόπιμο αναφοράς πως σε πολλά χερσαία οικοσυστήματα η φωτιά αποτελεί δασοδιαχειριστικό μέσο για την υποβοήθηση της σποράς όπως παραδείγματος χάριν το άνοιγμα των κώνων σε ορισμένα δασοπονικά είδη. Οι κώνοι παραμένουν κλειστοί στα κλαδιά των κωνοφόρων δέντρων (χαλεπίου και τραχείας πεύκης, στην Ελλάδα) για αρκετά χρόνια (έως και 15 χρόνια) μέχρι και την ωρίμανσή τους. Μετά την πυρκαγιά της κώμης λιώνει η ρητίνη που κρατά τα βράκτια των κώνων κλειστά και έτσι οι περιεχόμενοι σπόροι απελευθερώνονται στο έδαφος. Παρόλα αυτά σε αυτήν την περίπτωση η φωτιά θα πρέπει να είναι ελεγχόμενη και προκαθορισμένη.

1.5.3 Παράγοντες που επηρεάζουν τις δασικές πυρκαγιές

(Πηγή ΕΘΙΑΓΕ & www.fria.gr)

✓ Καύσιμη ύλη

Ως καύσιμη ύλη νοείται το ζωντανό ή νεκρό οργανικό βλαστητικό υλικό που υπάρχει στο έδαφος ή πάνω στα δέντρα που προκαλεί ή συμβαίνει ανάφλεξη (Pyne *et al.*, 1996). Ο ξηροφυλλοτάπητας, τα χόρτα, οι πόες, οι μεγάλοι και οι μικροί θάμνοι τα οποία είναι αναφλέξιμα. Η καύσιμη ύλη διακρίνεται σε επιεδάφια και εναέρια (Καϊλίδης, 1993). Η επιεδάφια αποτελείται από το ζωντανό και νεκρό υλικό πάνω στο έδαφος και όταν αυτά ξεραίνονται αποτελούν πολύ εύφλεκτη καύσιμη ύλη (Καϊλίδης, 1993). Αναλόγως με το δασικό είδος υπάρχουν τα φύλλα και βελόνες στο έδαφος. Αγρωστώδη και ποώδη φυτά που βρίσκονται στη σκιά των ψηλών δέντρων ξεραίνονται το καλοκαίρι. Ομοίως και τα φρύγανα (μικροί θάμνοι) που κι αυτά το καλοκαίρι ξηραίνονται. Οι θάμνοι που υπάρχουν στο δάσος (σχίνος, πουρνάρι) συνιστούν υλικό επικίνδυνο για διάδοση και εξάπλωση δασικών πυρκαγιών. Λεπτά και χοντρά κλαδιά κυρίως μετά από υλοτομίες αποτελούν υλικό για διάδοση των πυρκαγιών. Η εναέρια καύσιμη ύλη περιλαμβάνει τα πράσινα και νεκρά υλικά που βρίσκονται στην κόμη. Όσο τα δένδρα μεγαλώνουν οι θάμνοι σιγά-σιγά εξαφανίζονται καθώς η ανεπτυγμένη κόμη των δέντρων εμποδίζει το ηλιακό φως να φτάσει στο έδαφος (Ντάφης, 1986). Δέντρα τα οποία έχουν προσβληθεί από μικροοργανισμούς (έντομα, μύκητες) είναι νεκρά και μπορούν πολύ πιο εύκολα να καούν. Ακόμη, ο κισσός που αναπτύσσεται πάνω σε δέντρα (παράσιτο-ξενιστής) μπορεί μια έρπουσα φωτιά να τη μετατρέψει σε επικόρυφη. Συνοψίζοντας, προκύπτει ότι οι παράγοντες που παίζουν ρόλο στην ανάφλεξη των υλικών είναι η διάταξή τους στο χώρο, η ποσότητά τους, η θερμοκρασία και την περιεχόμενη σε αυτά υγρασία (Πίνακας 1). Στις βόρειες πλαγιές οι οποίες δέχονται τη λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία η καύσιμη ύλη είναι θερμότερη και περισσότερο υγρή από ότι στις υπόλοιπες πλαγιές (Ντάφης, 1986). Η βρεγμένη καύσιμη ύλη δεν καίγεται μιας και περιέχει μεγάλα ποσοστά υγρασίας. Όσο πιο ξερή η καύσιμη ύλη τόσο πιο εύκολα καίγεται βέβαια πρέπει να συνηγορούν και άλλοι παράγοντες (θερμοκρασία, άνεμοι). Η ποσότητα της καύσιμης ύλης, μετράται σε τόνους/στρέμμα ή σε κιλά / τετραγωνικό μέτρο.

Υγρασία Βελονοτάπ.	Υγρασία ατμ.αέρα	Θερμοκρασία αέρα C°	Ταχύτητα ανέμου χιλ./ώρα	Ταχύτ. διάδοσ. φωτιάς m/1'
10%	47%	26	0	0,35
10%	40%	24	7	1,20
11%	61%	28	0	0,19
11%	55%	24	0 - 5 - 10	0,66
11%	69%	22	0	0,28
11%	69%	22	10	0,66
14%	29%	28	0	0,30
14%	29%	28	12	1,70
14%	69%	16	0 - 5	0,31
20%	55%	13	10 - 20	1,20
21%	40%	10	10 - 15	0,44
25%	53%	27	0 - 5	1,00
25%	64%	15	0	0,12
30%	50%	26	0 - 10	0,75
35%	74%	25	0	0,20

Πίνακας 1. Εργαστηριακές μετρήσεις σε βελόνες τραχείας πεύκης

Πηγή Διπλωματική διατριβή Παπαθεοδοσίου και Χριστοδούλου (2009)

✓ **Καιρικές συνθήκες**

Ο άνεμος, η σχετική υγρασία του αέρα, η θερμοκρασία του αέρα, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (βροχή, χιόνι κλπ) επιδρούν σημαντικά στην έναρξη και διάδοση των δασικών πυρκαγιών (Καϊλίδης, 1993). Η βροχή που πέφτει διαβρέχει τη κόμη, το φυλλοτάπητα και τη νεκρή ύλη και έτσι αποτρέπει την έναρξη πυρκαγιών. Οι υψηλές και μεγάλης διάρκειας θερμοκρασίες αποτελούν παράγοντες για έναρξη και εξάπλωση πυρκαγιών. Ο Καϊλίδης (1993) παρατήρησε ότι στον ελλαδικό χώρο από τα τέλη της άνοιξης μέχρι αρχές φθινοπώρου διαδραματίζονται οι περισσότερες πυρκαγιές όπου και επικρατούν μεγάλης διάρκειας ξηρές και ζεστές περιόδους. Η ταχύτητα και η ένταση του ανέμου είναι παράγοντες που επιδρούν στη συμπεριφορά μιας δασικής πυρκαγιάς. Η ταχύτητα μετράται σε χιλμ/ώρα. Η διεύθυνση του ανέμου σε συνδυασμό με τη ταχύτητα του ανέμου και τη τοπογραφία αποτελούν σημαντικό στοιχείο όσον αφορά την πυρκαγιά. Κατά τον Καϊλίδη (1993) όσο μεγάλη είναι η ένταση του ανέμου τόσο περισσότερο οξυγόνο υπάρχει συνεπώς οι φλόγες καίνε τη καύσιμη ύλη αφού την έχουν ξηράνει και τελικώς αυτή αναφλέγεται. Ακόμη, η μεταφορά καυτρών λόγω του ανέμου συνιστά τη δημιουργία νέων εστιών κι έτσι γίνεται πιο δύσκολη η κατάσβεση για τους πυροσβέστες. Η δασική ύλη εάν ξεραθεί μπορεί να γίνει ακόμη πιο εύφλεκτη. Σύμφωνα με τον Μιμικό (1994) η εξάτμιση αποτελεί συνδυασμό της θερμοκρασίας, του ανέμου και της ηλιακής ακτινοβολίας.

✓ Τοπογραφικές συνθήκες

Η κλίση του εδάφους, η έκθεση της πλαγιάς, το υψόμετρο είναι μερικοί από τους τοπογραφικούς παράγοντες που έχουν μεγάλη σημασία για τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς.

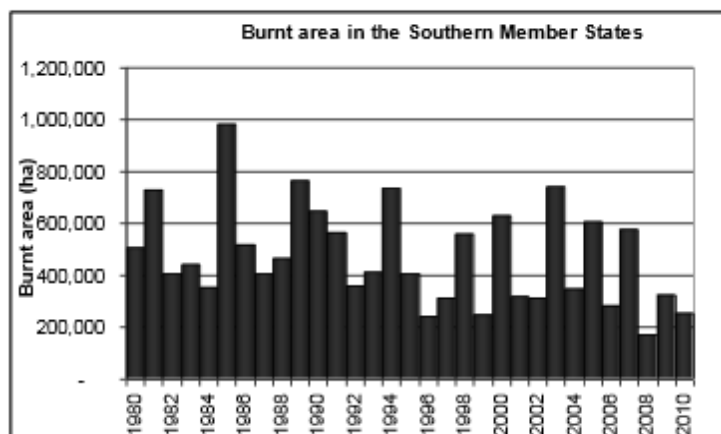
Κατά τον Καϊλίδη (1993) και Ντάφη (1986) στις νότιες, νοτιοδυτικές και δυτικές πλαγιές η δασική ύλη ξηραίνεται πιο εύκολα. Ένας ακόμη σπουδαίος παράγοντας που επηρεάζει την εξάπλωση είναι και η κλίση της πλαγιάς. Σε μελέτη του Γκόφα (2001) με τις ίδιες τοπογραφικές και κλιματικές συνθήκες, η ταχύτητα ανόδου της πυρκαγιάς είναι δεκαέξι φορές μεγαλύτερη από ότι της καθόδου δηλαδή η φωτιά εξαπλώθηκε γρηγορότερα από κάτω προς τα επάνω κι όχι το αντίθετο.

Πως επηρεάζεται το έδαφος από τις δασικές πυρκαγιές;

Οι επιδράσεις των δασικών πυρκαγιών στο έδαφος ποικίλουν και εξαρτώνται κυρίως από τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητές του. Η φωτιά προκαλεί στο οικοσύστημα μεταβολές όπου εξαρτώνται κυρίως από το είδος, την κατάσταση και την ποσότητα της καύσιμης ύλης, την ένταση της φωτιάς, την τοπογραφία και τις συνθήκες του εδάφους. Η επίδραση των πυρκαγιών στην βιοχημεία των εδαφών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση και την διάρκεια της πυρκαγιάς. Αμφότερα τα παραπάνω ελέγχονται από τη διαθεσιμότητα της ποσότητας και της ποιότητας του οργανικού υλικού, τους περιβαλλοντικούς παράγοντες και τις επικρατούσες συνθήκες δεδομένης χρονικής περιόδου (Certini, 2005 και Knicker, 2007). Η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εδάφους κατά την εμφάνιση μιας πυρκαγιάς παίρνει τιμές από 300° C έως 900° C ή και περισσότερο (Humphreys και Lamber 1965) λαμβάνοντας υπόψη το είδος, την κατάσταση της βλάστησης και τις καιρικές συνθήκες. Ακόμη, η καταστροφή της οργανικής ουσίας που έπεται από μια πυρκαγιά εξαρτάται από την ένταση της πυρκαγιάς κατά τον De Bano *et al.*, (1977) σε θερμοκρασίες μεταξύ 100° C και 200° C δεν υφίσταται καταστροφή της οργανικής ουσίας, σε θερμοκρασίες 200° C και 300° C το 85% της οργανικής ουσίας καταστρέφεται και τέλος στους 450° C καίγεται εντελώς. Σημαντικό ρόλο παίζει και η αντίδραση του εδάφους. Κατά τον Tarrant (1956) μετά από μια έντονη πυρκαγιά παρατηρήθηκε μεταβολή του pH από 4,4 σε 7,2. Κατά τον Παπαμίχο (1996) στοιχεία όπως K, P, Ca, Na, Mg παραμένουν στη στάχτη αντιθέτως ο C, το N και μικρές ποσότητες των S, P και K διαφεύγουν στην ατμόσφαιρα. Τέλος, ο Παπαμίχος (1996) αναφέρει ότι βακτήρια και μύκητες βρέθηκαν σε μεγάλη ποσότητα μετά από μια πυρκαγιά.

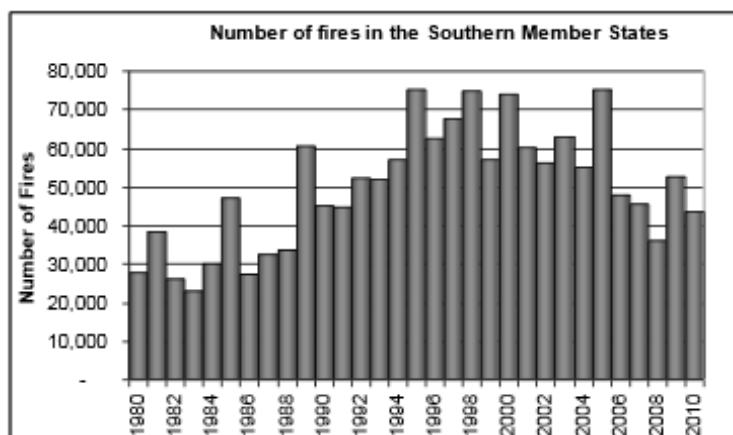
1.5.4 Δασικές πυρκαγιές στη περιοχή της Μεσογείου

Παρόλο που η φωτιά αποτελεί δασοδιαχειριστικό μέσο και σκοπό έχει τον έλεγχο της βλάστησης στα βοσκοτόπια ώστε να υπάρχουν επιθυμητά φυτά για τα πρόβατα, τις αίγες και τα βοοειδή αρκετές είναι οι φωτιές που στις μέρες μας δεν σχετίζονται με τον παραπάνω σκοπό (San –Miguel-Ayanz *et al.*, 2012). Ενώ κανονικά αποτελούν φυσικό φαινόμενο συχνά είναι αποτέλεσμα εντατικών ανθρώπινων δραστηριοτήτων με συνέπεια την άσκηση περιβαλλοντικής πίεσης σε περιοχές της Μεσογείου (Oliveira *et al.*, 2012). Περίπου 65.000 πυρκαγιές συμβαίνουν στην Ευρώπη καίγοντας κατά μέσο όρο μισό εκατομμύριο εκτάρια δασικής έκτασης (European Commission, 2011). Κατά προσέγγιση το 85% των συνολικών καμένων εκτάσεων ανήκουν στην περιοχή της Μεσογείου (San- Miguel- Ayanz and Camia, 2010). Οι δασικές πυρκαγιές δημιουργούν πολλές περιβαλλοντικές και οικονομικές καταστροφές (απώλεια ανθρώπων και ζώων) αυτό γίνεται εντονότερο σε μια περιοχή όπως η Μεσόγειος όπου έχει αρκετό πληθυσμό και είναι πυκνοκατοικημένη (San- Miguel- Ayanz and Camia, 2010). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το έτος 2007 όπου στην Πελοπόννησο καταγράφηκε μεγάλος αριθμός καμένων εκτάσεων και αρκετά ανθρώπινα θύματα. Σύμφωνα με την Labrourou (2009) οι φωτιές συχνά είναι αποτέλεσμα των πολιτικών συνθηκών σε επίπεδο τοπικό ή περιφερειακό που επικρατούν σε μια χώρα. Στο *Διάγραμμα 1* παρουσιάζεται ο αριθμός καμένων εκτάσεων στην Ισπανία, Πορτογαλία, Γαλλία, Ιταλία, Ελλάδα (5 Southern Member States) από το 1980 έως το 2010. Ομοίως στο *Διάγραμμα 2* ο αριθμός των πυρκαγιών σε αυτές τις χώρες. Σύμφωνα με το **European Forest Fire Information System (EFFIS)** κατά τη διάρκεια του 2010 κάηκαν συνολικά 253.664 εκτάρια και ο αριθμός των πυρκαγιών που συνέβησαν ήταν 43.584.



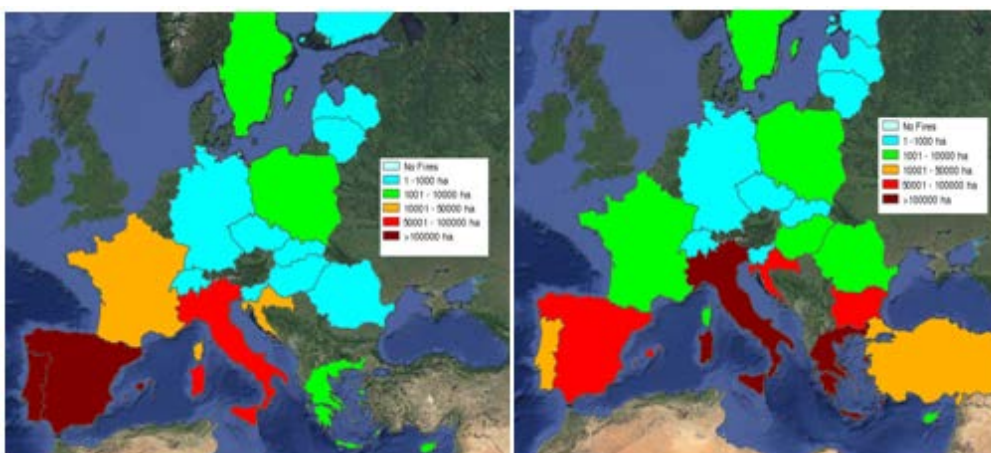
Διάγραμμα 1. Αριθμός καμένων εκτάσεων των χωρών της Μεσογείου από το 1980- 2010

Πηγή <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>



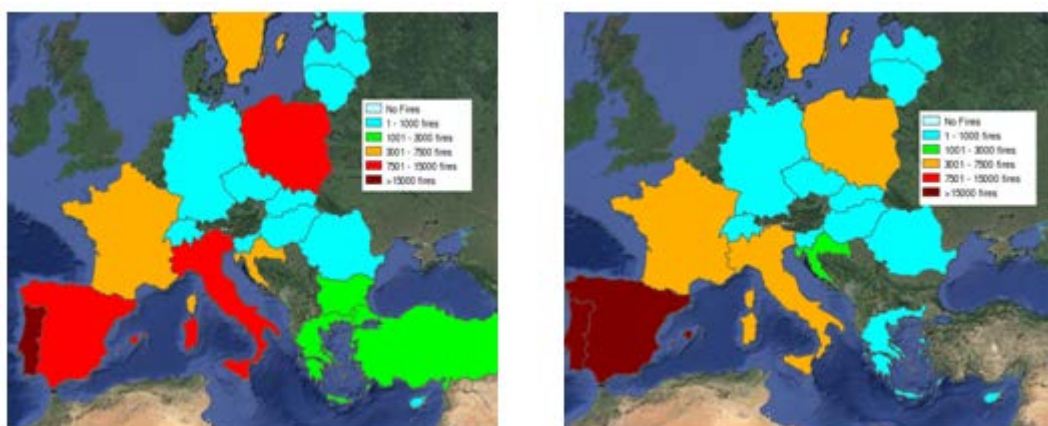
Διάγραμμα 2. Αριθμός πυρκαγιών των χωρών της Μεσογείου από το 1980- 2010

Πηγή <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>



Εικόνα 4. Καμένες εκτάσεις στην περιοχή της Μεσογείου το έτος 2004 και 2007

Πηγή <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>



Εικόνα 5. Αριθμός πυρκαγιών για τις χώρες της Μεσογείου το έτος 2004 και 2007

Πηγή <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>

Στην *Εικόνα 4* παρουσιάζεται η μεταβολή των καμένων εκτάσεων στην περιοχή της Μεσογείου για το έτος 2004 η Ισπανία κατέχει την πρώτη θέση μεταξύ των χωρών της Μεσογείου με τις περισσότερες καμένες εκτάσεις (σκούρο κόκκινο χρώμα). Η Ιταλία έρχεται στη δεύτερη θέση και η Ελλάδα στην τέταρτη. Αντιθέτως, για το έτος 2007 η Ιταλία και η Ελλάδα βρίσκονται στις πρώτες θέσεις με το μεγαλύτερο ποσοστό των καμένων εκτάσεων ανήκοντας στην κατηγορία των >100000 ha και ακολουθούν οι υπόλοιπες χώρες.

Επιπλέον, στην *Εικόνα 5* περιγράφεται ο αριθμός των πυρκαγιών γύρω από την Μεσόγειο. Παρατηρείται η μεταβολή στο χρώμα των χωρών. Το 2004 η Ελλάδα έχει χρώμα γαλάζιο που αντιστοιχεί στη κατηγορία 1-1000 συμβάντων πυρκαγιών και το 2007 πράσινο (1001-3000 πυρκαγιές).

Στον *Πίνακα 2* περιγράφεται ο αριθμός των καμένων εκτάσεων και ο αριθμός πυρκαγιών ανά δεκαετία στις 5 χώρες τα τελευταία 30 χρόνια. Δηλαδή η α' δεκαετία από το 1980-1989, η β' από το 1990-1999 και τέλος η γ' από το 2000-2010.

Number of fires	PORTUGAL	SPAIN	FRANCE	ITALY	GREECE ^(*)	TOTAL
2010	22 026	11 475	3 900	4 884	1 052	43 584
% of total in 2010	51%	27%	9%	11%	2%	100%
Average 1980-1989	7 381	9 515	4 910	11 575	1 264	34 645
Average 1990-1999	22 250	18 152	5 538	11 164	1 748	58 851
Average 2000-2010	24 684	17 736	4 360	7 043	1 636	55 458
Average 1980-2010	18 317	15 218	4 917	9 834	1 552	49 838
TOTAL (1980-2010)	567 831	471 760	152 431	304 861	48 110	1 544 993

Burnt areas (ha)	PORTUGAL	SPAIN	FRANCE	ITALY	GREECE	TOTAL
2010	133 090	54 770	10 300	46 537	8 967	253 664
% of total in 2010	52%	22%	4%	18%	4%	100%
Average 1980-1989	73 484	244 788	39 157	147 150	52 417	556 995
Average 1990-1999	102 203	161 319	22 735	118 573	44 108	448 938
Average 2000-2010	148 555	118 833	21 247	80 483	45 577	414 695
Average 1980-2010	109 386	173 169	27 504	114 276	47 309	471 644
TOTAL (1980-2010)	3 390 976	5 368 227	852 632	3 542 542	1 466 591	14 620 968

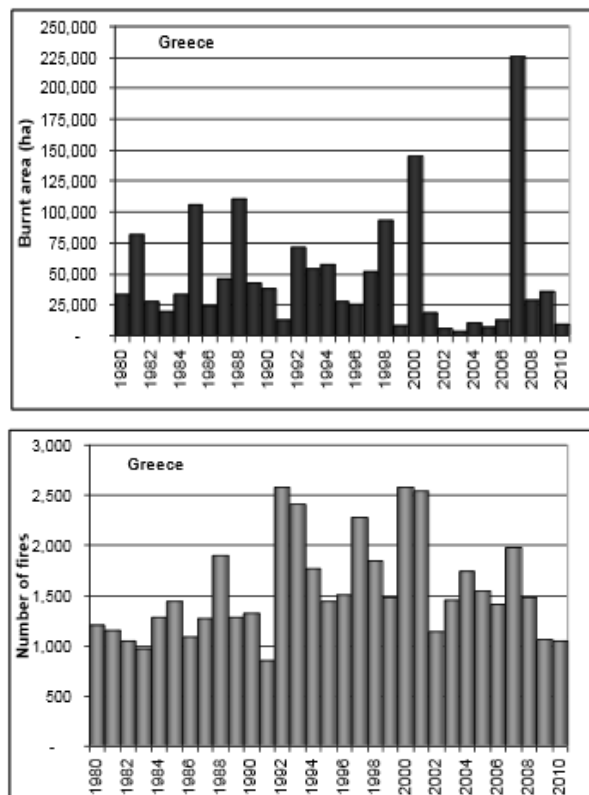
^(*) Numbers of fires are incomplete since 2009.

Πίνακας 2. Ο αριθμός των καμένων εκτάσεων και των πυρκαγιών στις 5 χώρες (1980-2010)

Πηγή <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>

1.5.5 Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα

Σύμφωνα με το European Forest Fire Information System (**EFFIS**) την τριακονταετία 1980-2010 οι καμένες εκτάσεις στην Ελλάδα συνολικά ήταν 1.466.591 εκτάρια και μπήκαν 48.110 πυρκαγιές (Διάγραμμα 3 και 4). Κατά τους Jesus San-Miguel –Ayanz *et al.* (2013) ο μέσος ετήσιος αριθμός πυρκαγιών την δεκαετία 2000-2010 στην Ελλάδα ήταν 1636 και κάηκαν 45.577 εκτάρια. Το 2007 ήταν η χειρότερη χρονιά για τα ελληνικά δάση. Στο τέλος του Αυγούστου πέντε κύριες φωτιές έλαβαν χώρα στην Πελοπόννησο όπου έκαψαν 170.000 εκτάρια και δυο στην Εύβοια όπου κάηκαν 25.000 εκτάρια πλησιάζοντας το 70% των καμένων εκτάσεων της χώρας (European Commission, 2008). Επίσης η υπολογιζόμενη οικονομική ζημιά ανέρχεται στα 1.5 δις. € (Jesus- San- Miguel- Ayanz *et al.*, 2013). Η αξιολόγηση του **EFFIS** βασιζόμενη στην ανάλυση δεδομένων τηλεπισκόπησης του δορυφόρου MODIS (San-Miguel- Ayanz *et al.*, 2009) οδήγησε στην εκτίμηση υπολογισμού καμένων εκτάσεων που ήταν περίπου 330.000 εκτάρια. Πυροσβεστικές δυνάμεις, εποχικοί δασοπυροσβέστες, εθελοντές, εναέρια μέσα (ελικόπτερα, *super puma*) συμμετείχαν στην κατάσβεση των πυρκαγιών. Βοήθεια ακόμη υπήρξε και από άλλες Ευρωπαϊκές χώρες όπως την Ισπανία, την Ιταλία, την Πορτογαλία και την Γαλλία παρέχοντας στην ελληνική κυβέρνηση *canadairs*, *aircrafts* και ελικόπτερα (Balatsos, 2008).



Διάγραμμα 3 & 4. Καμένες εκτάσεις & Αριθμός πυρκαγιών στην Ελλάδα (1980-2010)

Πηγή <http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis/>

1.6 Η περίπτωση του Δήμου Πωγωνίου

Γιατί επιλέχθηκε ο Δήμος Πωγωνίου ως περιοχή μελέτης;

Παρά την τεράστια οικονομική, πολιτισμική, κοινωνική και οικολογική αξία των ορεινών περιοχών οι περιοχές αυτές για μεγάλο διάστημα παρέμειναν στο περιθώριο της αναπτυξιακής ατζέντας, μόλις το 1992 στράφηκε το ενδιαφέρον στις περιοχές αυτές (Καλιαμπάκος κ.ά., 2009). Οι κυβερνήσεις κατάλαβαν την σπουδαιότητα των ορεινών όγκων και έτσι με το Κεφάλαιο 13 της Agenda 21 (Διαχείριση Ευαίσθητων Οικοσυστημάτων: Βιώσιμη Ορεινή Ανάπτυξη) αναφέρουν ποιες είναι οι προτεραιότητες τους ως προς τις ορεινές περιοχές και οι δράσεις τους γι'αυτές (Καλιαμπάκος κ.ά., 2009).

Μια ορεινή περιοχή είναι και ο Δήμος Πωγωνίου ο οποίος χαρακτηρίζεται ως μια περιοχή με πλούσια πολιτιστική κληρονομιά (πολυφωνικό Πωγωνήσιο τραγούδι), με τοπία ιδιαίτερου φυσικού κάλλους και με σημαντική θέση στην ελληνική ιστορία (στο Κεράσοβο και το Περιστέρι υπάρχει μνημείο πεσόντων από την αντίσταση κατά των Γερμανών). Κλείνοντας, τόσο η γεωγραφική θέση του Δήμου (γεινίαση με την Αλβανία) όσο και κατά την επεξεργασία των στατιστικών στοιχείων και την επιτόπια έρευνα στην περιοχή μελέτης έγινε αντιληπτό πως πολλές από τις δασικές πυρκαγιές στο Δήμο εισέρχονται από την γείτονα χώρα. Σύμφωνα με τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από το Δασαρχείο Ιωαννίνων και το Πυροσβεστικό Κλιμάκιο Δελβινακίου ο Δήμος Πωγωνίου **αποτελεί περιοχή υψηλής επικινδυνότητας εκδήλωσης πυρκαγιάς** πρώτον, λόγω της καύσιμης ύλης που κυριαρχεί στα δάση της περιοχής δεύτερον λόγω της γεωμορφολογίας του και τρίτον, των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν. Ερευνώντας τον Δήμο Πωγωνίου αντιληφθήκαμε πως υπάρχει μεγάλη εγκατάλειψη πρώην γεωργικών εκτάσεων, απόρροια του οποίου είναι να καταλαμβάνουν τη θέση τους διάφορα δασοπονικά είδη συνεπώς έχουμε αλλαγή των χρήσεων γης. Γεννήθηκαν έτσι οι κατάλληλες συνθήκες για την επικράτηση της θαμνώδης- φρυγανώδης βλάστησης (αύξηση δηλαδή της βιομάζας). Η αύξηση της βιομάζας με την σειρά της δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες διάδοσης πυρκαγιών και μεγάλης αναφλεξιμότητας. Για όλους αυτούς τους λόγους λοιπόν κρίνεται σκόπιμο η περαιτέρω έρευνα στην περιοχή.

1.6.1 Γενικές πληροφορίες για την περιοχής μελέτης



Χάρτης 2. Χάρτης Χωρικής ένταξης του Δήμου Πωγωνίου στην Περιφέρεια Ηπείρου

Πηγή http://el.wikipedia.org/wiki/Δήμος_Πωγωνίου & Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου

Ο Δήμος Πωγωνίου συνορεύει με τον Δήμο Κόνιτσας, με τον Δήμο Ζαγορίου με τον Δήμο Ζίτσας, με τον Δήμο Φιλιατών καθώς και με την Αλβανία (Χάρτης 2). Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία (2001) και το Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου (2012-2014) ο Δήμος έχει έκταση 704,059 km². Στα βόρεια του δήμου υπάρχει το όρος Νεμέρτσικα (2.209 m), το όρος Τσαμαντά (1.826 m) στα νότια, το όρος Κασιδιάρη (1.329 m) και το όρος Μακρύκαμπο (1.672 m) [Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου (2012-2014)]. Από τα όρη Νεμέρτσικα και Κουτσόκρανο (1.324 m) ξεκινούν μικροί χείμαρροι που ενώνονται με το ποταμό Γορμό. Ο ποταμός Γορμός εκβάλλει στον ποταμό Καλαμά. Ο Καλαμάς στη συνέχεια να ρέει στον νόμο Θεσπρωτίας και εκβάλλει στο Ιόνιο πέλαγος. Μεταξύ των ορέων του Μακρύκαμπου και του Κουτσόκρανου πηγάζει ο Κουβαράς ο οποίος είναι παραπόταμος του ποταμού Δρίνου. Ο ποταμός Δρίνος πηγάζει στην περιοχή του Δολού και της Πωγωνιανής και συνεχίζει στην Αλβανία. Στους πρόποδες του Κασιδιάρη σχηματίζεται ο Γυρφοπόταμος ο οποίος συλλέγει τα νερά που απορρέουν στην περιοχή της Λάκκας Μουχτάρη, ενώνεται με τον ποταμό Δρίνο και συνεχίζει προς την Αλβανία [Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου (2012-2014)].



Χάρτης 3 Δήμος Πωγωνίου

Πηγή <http://parakalamoscity.blogspot.gr>

Τα χωριά του Δήμου Πωγωνίου

Μερόπη	Στρατινίτσα	Μαυροβούνι	Καλπάκι	Άνω Ραβένια
Δρυμάδες	Κακκόλακος	Κάτω Ραβένια	Δολιανά	Γεροπλάτανος
Δολό	Κάτω Μερόπη	Κεφαλόβρυσο	Παλαιόπυργος	Μαυρόπουλο
Πωγωνιανή	Καστάνιανη	Ξηρόβαλτος	Κεράσοβο	Ποντικάτες
Αγία Μαρίνα	Δελβινάκι	Αργυροχώρι	Βροντισμένη	Καταρράκτης
Ωραιόκαστρο	Βήσσανη	Ρουσιιά	Ιερομνήμη	Παρακάλαμος
Κρυονέρι	Αρετή	Κουκλιοί	Μαζαράκι	Μαυρονόρος
Τεριάχι	Φαράγγι	Χαραυγή	Κτίσματα	Λίμνη
Σιταριά	Περιστέρι	Χρυσορράχη	Βασιλικό	Άγιος Κοσμάς
Ριάχοβο	Νεγράδες	Ρεπέτιστα		

Σύμφωνα με την απογραφή της Ελληνικής Στατιστική Αρχή (2001) και το Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου (2012-2014) ο πραγματικός πληθυσμός του Δήμου ανέρχεται στους 11.092 κατοίκους, ο δε μόνιμος πληθυσμός σε 9.987 κατοίκους. Δυστυχώς, ο Δήμος Πωγωνίου είναι αρκετά αραιοκατοικημένος με 16 κατοίκους ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο (απογραφή 2001, Ελληνική Στατιστική Αρχή). Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι ο Δήμος είναι ορεινός και υπάρχει τάση φυγής των νέων προς τα Ιωάννινα ή την Ηγουμενίτσα.

1.6.2 Φυσικό περιβάλλον

Ο Δήμος Πωγωνίου χαρακτηρίζεται από πλούσια βιοποικιλότητα (περιοχές Natura 2000, τοπίο ιδιαίτερου φυσικού κάλους (ΤΙΦΚ), ζώνη ειδικής προστασίας (ΖΕΠ) για την ορνιθοπανίδα της περιοχής) (www.pogoni.gr)

Η δασική χλωρίδα της περιοχής συντίθεται από τα εξής δασικά είδη: *Quercus frainetto*, *Quercus cerris*, *Quercus pubescens*, *Quercus macedonica*, *Quercus coccifera*, *Arbutus unedo*, *Cornus mas L.*, *Corpinus orientalis*, *Ostrya Carpinifolia*, *Platanus orientalis L.*, *Juniperus communis*, *Fraxinus ornus*, *Acer pseudoplatanus*. Σε χαμηλότερα υψόμετρα (400-750 μέτρα) επικρατούν οι μεσογειακοί θαμνώνες με κυρίαρχο είδος το πουρνάρι. Επίσης, κυριαρχεί η ασφάκα, ενώ υπάρχουν άφθονα αρωματικά φυτά. Σε μεγαλύτερα υψόμετρα (έως 1200 μέτρα) αρχίζει η ζώνη των δρυοδασών (www.pogoni.gr).

Επιπλέον, στις εκτάσεις περιμετρικά των ποταμών αναπτύσσεται βλάστηση που είναι δυνατό να διακριθεί σε δύο κύριες κατηγορίες: α) βλάστηση καλαμώνων (ψαθιά, σύφα, κύπερη) και β) παρυδάτια δενδρώδης βλάστηση που περιλαμβάνει πλατάνια και ιτιές (www.pogoni.gr).

Στις βραχώδεις πλαγιές του όρους Νεμέρτσικα φωλιάζουν είδη αρπακτικών πουλιών. Μεγάλα θηλαστικά, όπως ο λύκος (*Canis lupus*) και το αγριογούρουνο (*Sus scrofa*), ενώ στο φαράγγι του Κουβαρά έχουν παρατηρηθεί αρκούδες (*Ursus arctos*) και αγριόγιδα (*Capella rupi-carpa*). Στα νερά των ποταμών και της λίμνης της Ζαραβίνας ζει η βίδα (Lutra lutra). Άλλα θηλαστικά είναι η αλεπού (*Vulpes vulpes*), ο ασβός (*Meles meles*), το κουνάβι (*Martes foina*), η νυφίτσα (*Mustella nivalis*), ο δασοπόντικας (*Apodemus sylvaticus*), ο λαγός (*Lepus europaeus*), ο σκίουρος (*Sciurus vulgaris*) και άλλα. Τέλος, στα ποτάμια της περιοχής υπάρχει η πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) (www.pogoni.gr).

Σύμφωνα με τη Βάση Δεδομένων για την Ελληνική Φύση (Φιλότης) του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου (<http://filotis.itia.ntua.gr>)

✓ Η λίμνη Τζαραβίνα

Η λίμνη Τζαραβίνα έχει χαρακτηριστεί ως Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ). Η λίμνη έχει συνολική έκταση 45,82 ha. Στη λίμνη φωλιάζουν πολλά υδρόβια πουλιά. Χαρακτηρίζεται ως ένα σημαντικό οικοσύστημα με ενδιαφέροντα φυσικά, οικολογικά και γεωμορφολογικά στοιχεία. Στην νότια πλευρά της περιβάλλεται από δρυοδάση.

✓ **Το φαράγγι Δολού Πωγωνιανής**

Ομοίως και το Φαράγγι Δολού Πωγωνιανής έχει χαρακτηριστεί ως Τοπίο Ιδιαίτερου Φυσικού Κάλλους (ΤΙΦΚ). Πρόκειται για ένα απότομο και βαθύ φαράγγι που περνάει κάτω από το χωριό Δολό Πωγωνιανής. Το σχηματίζει ο ποταμός Κουβαράς που είναι η αρχή του ποταμού Δρίνου. Μέσα στο φαράγγι υπάρχει πυκνή βλάστηση και βγαίνουν πολλά νερά. Στην αρχή του φαράγγιού βρίσκονται ένα μονότοξο γεφύρι και ερείπια νερόμυλου.

✓ **Όρος Δούσκον, Ωραιόκαστρο, Δάσος Μερόπης, Κοιλάδα Γορμού, Λίμνη Δελβινακίου (GR2130010)**

Έχει συνολική έκταση 17409.73 εκτάρια. Βρίσκεται στο βόρειο τμήμα του νομού Ιωαννίνων στα σύνορα με την Αλβανία Αποτελείται από λοφώδη περιοχή που καλύπτεται από δάση δρυός. Στην περιοχή του Δελβινακίου τα δασικά είδη που φύονται είναι *Quercus frainetto* (δρυς η πλατύφυλλη), *Quercus Cerris* (δρυς η ευθύφλοια), *Quercus pubescens* (δρυς η χνοώδης) και *Quercus Macedonica* (δρυς η μακεδονική) και κάποια είδη της *Ostrygo-Carpinion* (Όστρυα η καρπινόφυλλη), *Carpinus orientalis* (Γαύρος η βετουλοειδής), *Fraxinus ornus* (Φράξος ο όρνος) και *Acer sp.*(Σφενδάμι), *Juniperus communis* (Άρκευθος η κοινή).

Αξιόλογα πτηνά που υπάρχουν είναι: *Accipiter brevipes* (σαΐνι), *Apus apus* (σταχτάρα), *Aquila chrysaetos* (χρυσαητό), *Buteo buteo* (γερακίνα), *Circaetus gallicus* (φιδαιτός), *Cuculus canorus* (κούκος), *Falco peregrines* (πετρίτης), *Gyraetus barbatus* (γυπαητός), *Gyps fulvus* (όρνιο), *Hieraetus pennatus* (σταυραητός), *Luscinia megarhynchos* (αηδόνη), *Urupa erops* (τσαλαπετεινός), *Streptopelia turtur* (τριγώνι), *Tachybaptus ruficollis* (νανοβουτηχτάρι) κ.ά.

1.6.3 Το κλίμα της περιοχής

Σύμφωνα με το Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου (2012-2014) το κλίμα που επικρατεί στην περιοχή μπορεί να χαρακτηριστεί ως αμιγώς εύκρατο και οι μέγιστες θερμοκρασίες που παρατηρούνται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο ενώ οι ελάχιστες κατά τους μήνες Ιανουάριο και Φεβρουάριο. Στο Δήμο δεν λειτουργεί μετεωρολογικός άρα κλιματολογικά στοιχεία για την περιοχή συλλέχθησαν από τα Ιωάννινα ή την Κόνιτσα και ενδεικτικά ακολουθεί ο πίνακας με τη μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία για τα Ιωάννινα και τη Κόνιτσα (Πηγή: Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου 2012-2014).

Περιοχή/ Μήνας	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΙΑ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ
Ιωάννινα	10,0	11,4	14,4	17,7	23,1	27,7	30,9	31,0	26,6	21,3	15,4	10,9
Κόνιτσα	10,0	11,4	14,6	17,4	22,7	27,6	30,8	30,7	27,1	21,1	14,6	10,5

Πίνακας 3. Μέση μέγιστη μηνιαία θερμοκρασία (Ιωάννινα και Κόνιτσα)

Πηγή: Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 20701-3/2010 και Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου (2012-2014)

1.6.4 Τοπική Οικονομία και Απασχόληση

Σύμφωνα με το Επιχειρησιακό πρόγραμμα Πωγωνίου (2012-2014) η τοπική κοινωνία ασχολείται κυρίως με τη γεωργία και την κτηνοτροφία, τις κατασκευές, το χονδρικό και λιανικό εμπόριο. Συγκεκριμένα, ο πρωτογενής τομέας αποτελεί σημαντικό οικονομικό κλάδο και πηγή εσόδων των κατοίκων το Δήμου Πωγωνίου μιας και η κτηνοτροφία αποτελεί τη σημαντικότερη απασχόληση των κατοίκων της περιοχής. Ως σημαντικότεροι κλάδοι θεωρούνται η προβατοτροφία και η αιγοτροφία, η πτηνοτροφία, η χοιροτροφία και τέλος, η μελισσοκομία. Ο δευτερογενής τομέας της περιοχής βασίζεται στη μεταποιητική δραστηριότητα και τη βιομηχανία τροφίμων.

1.6.5 Σύγκριση Περιφέρειας Ηπείρου, Νομού Ιωαννίνων και Δήμου Πωγωνίου

Σύμφωνα με έρευνα που έγινε από την WWF Hellas και το Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων με τίτλο «**Δασικές πυρκαγιές Ηπείρου 1983-2008**» ο Νομός Ιωαννίνων κατέχει την 1^η θέση καμένων εκτάσεων και δασικών πυρκαγιών μεταξύ των νομών της Ηπείρου. Επί προσθέτως, στο ίδιο κείμενο αναφέρεται η σημαντικότητα των μεγάλων κλίσεων (40%-60%) όπου ευνοούν την εκδήλωση πυρκαγιάς και η έκθεση συγκεκριμένα νότιας πλαγιά εμφανίζουν ως επί το πλείστον μεγαλύτερες δασικές πυρκαγιές στο νομό. Με βάση τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την Πυροσβεστική Υπηρεσία και το Δασαρχείο Ιωαννίνων και έπειτα από στατιστική επεξεργασία προκύπτουν τα παρακάτω Διαγράμματα.



Διάγραμμα 5 & 6. Αριθμός πυρκαγιών στο Περιφέρεια Ηπείρου και Νομό Ιωαννίνων (2000-2011)

Πηγή www.fireservice.gr και ίδια επεξεργασία

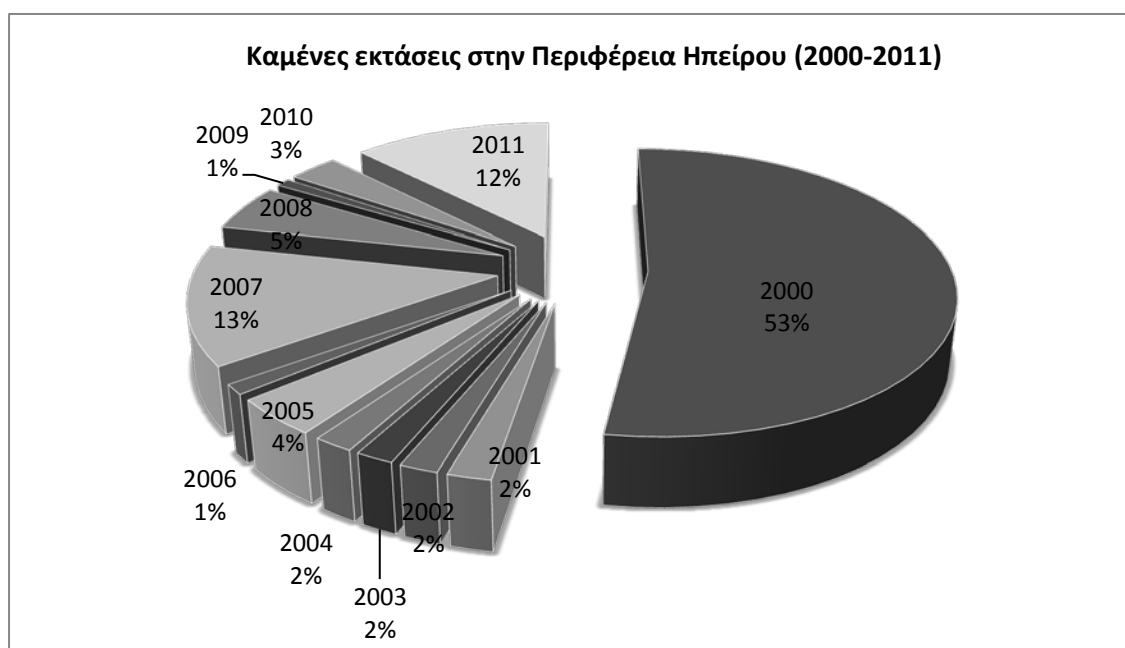


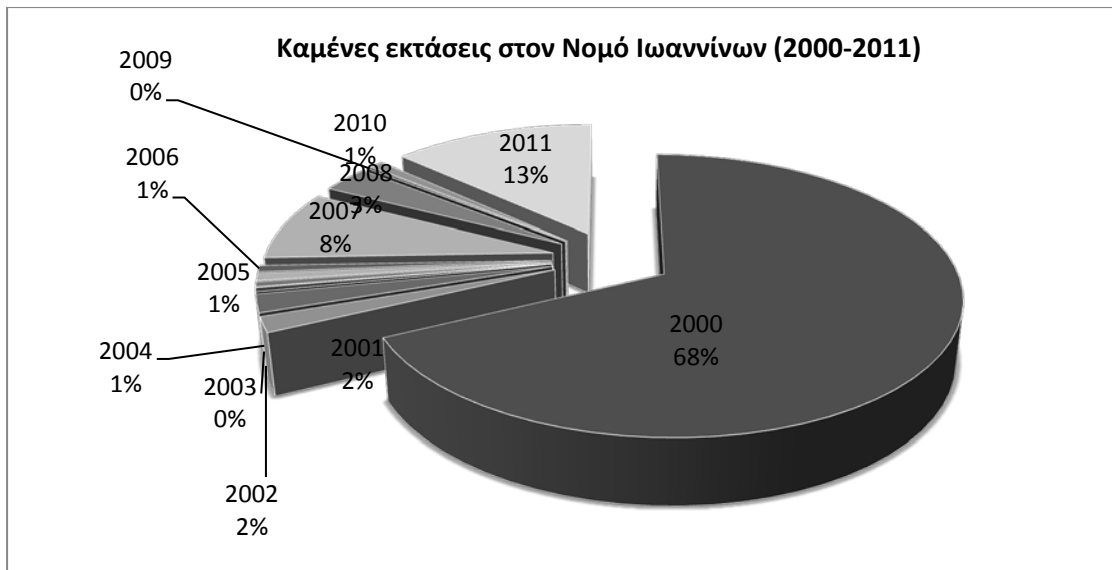
Διάγραμμα 7. Αριθμός πυρκαγιών στο Δήμο Πωγωνίου(2000-2011)

Πηγή www.fireservice.gr και ίδια επεξεργασία

Μελετώντας τα Διαγράμματα 8,9 και 10 τα συμπεράσματα που εξήχθησαν για τις καμένες εκτάσεις τόσο για το σύνολο των νομών της Περιφέρειας (Άρτα, Θεσπρωτία, Πρέβεζα, Ιωάννινα) όσο και για τον Δήμο Πωγωνίου είναι:

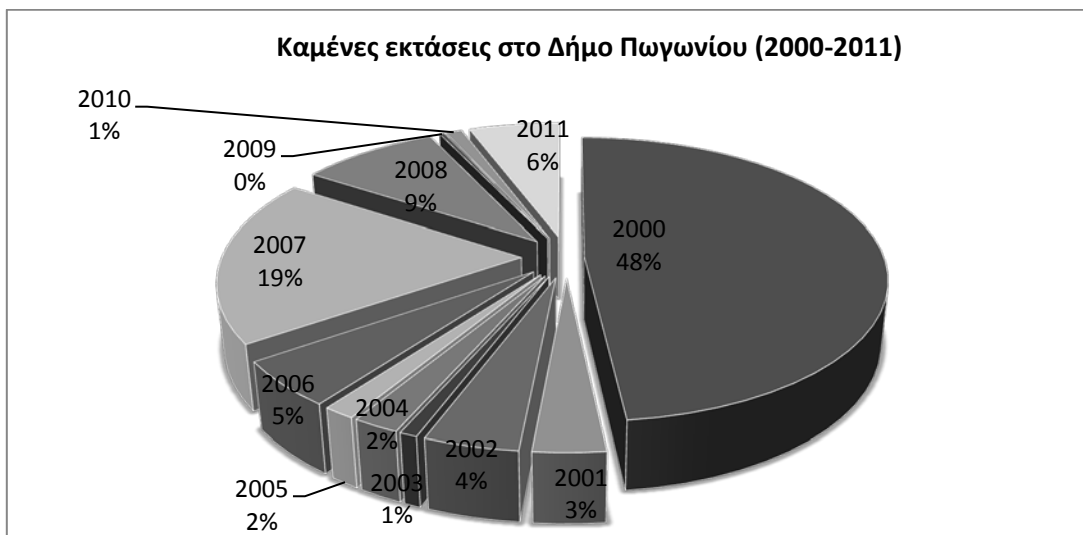
Για την Περιφέρεια Ηπείρου το έτος 2000 κάηκαν περίπου το 50% των εκτάσεων για το χρονικό διάστημα 2000 έως 2011. Δεύτερον, για τον Νομό Ιωαννίνων ισχύει κάτι αντίστοιχο, δηλαδή παρατηρείται ότι το έτος 2000 κάηκε το 68% της συνολικής έκτασης. Ομοίως στο Δήμο Πωγωνίου το 2000 οι καμένες εκτάσεις καταλαμβάνουν το 48%. Συμπερασματικά προκύπτει ότι το 2000 δεν ήταν καλή χρονιά για τα δάση της Ηπείρου τόσο σε βαθμό Περιφέρειας όσο και τοπικά στον Δήμο Πωγωνίου.





Διάγραμμα 8 & 9. Αριθμός καμένων εκτάσεων (σε στρ.) για την Περιφέρεια Ηπείρου και για τον Νομό Ιωαννίνων (2000-2011)

Πηγή www.fireservice.gr και ίδια επεξεργασία

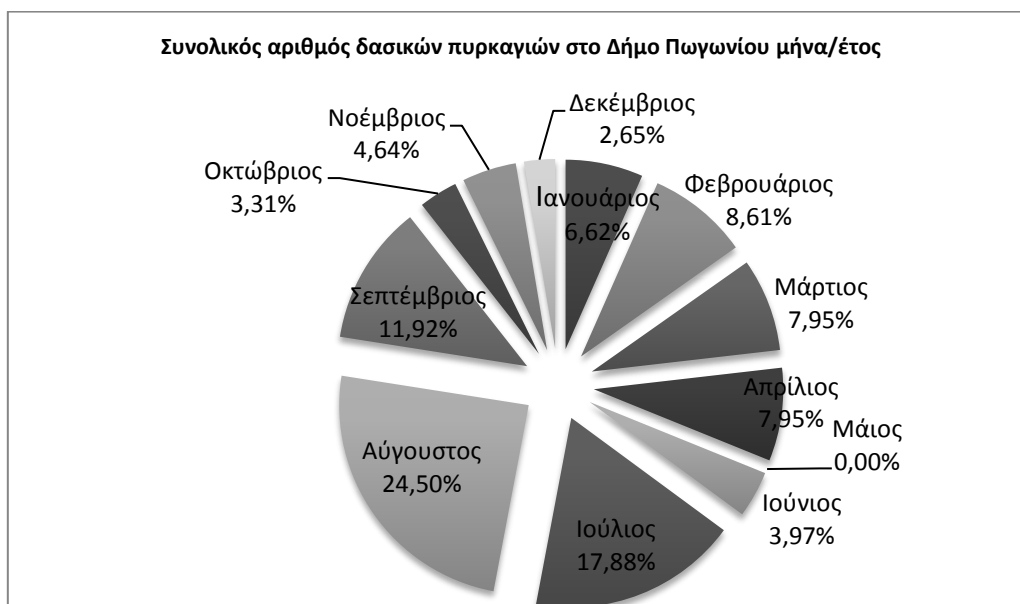


Διάγραμμα 10. Αριθμός καμένων εκτάσεων (σε στρ.) για τον Δήμο Πωγωνίου(2000-2011)

Πηγή www.fireservice.gr και ίδια επεξεργασία

Στο **Διάγραμμα 11** παρουσιάζεται ο αριθμός των δασικών πυρκαγιών ανά έτος και ανά μήνα για την περίοδο 2000-2011 στον Δήμο Πωγωνίου. Ο μήνας Αύγουστος αποτελεί τον μήνα με την μέγιστη συχνότητα εμφάνισης πυρκαγιών σε ποσοστό 24,5% για την χρονική περίοδο 2000-2011. Συνολικά το 54,3% του συνόλου των δασικών πυρκαγιών συμβαίνουν κατά τη διάρκεια των θερινών μηνών με την εξής ιεράρχηση τον Ιούλιο 17,88%, τον Αύγουστο 24,50% και το Σεπτέμβριο 11,92%. Αν στα παραπάνω προστεθούν και οι πυρκαγιές του Οκτωβρίου (3,31%) και του

Ιουνίου (3,97%) τότε κατά τη διάρκεια της επίσημης αντιπυρικής περιόδου από 1^η Μαΐου έως 31^η Οκτωβρίου συμβαίνουν σχεδόν τα 2/3 του συνόλου των δασικών πυρκαγιών.



Διάγραμμα 11. Συνολικός αριθμός δασικών πυρκαγιών για τον Δήμο Πωγωνίου για το 2000-2011

Πηγή www.fireservice.gr και ίδια επεξεργασία

1.6.6 Πυροσβεστικό κλιμάκιο Πωγωνίου

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε επίσης, έρευνα σχετικά με το ευρύτερο θέμα των πυρκαγιών και της δασοπροστασίας στην περιοχή του Πωγωνίου μέσω συνεντεύξεων με το προσωπικό του Πυροσβεστικού Κλιμακίου Δελβινακίου (17 άτομα). Το προσωπικό κλήθηκε να απαντήσει συνολικά σε έξι ερωτήσεις. Ακολουθούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τις συνεντεύξεις. Αρχικά, στην ερώτηση εάν πιστεύουν ότι υπάρχει συνεργασία – συντονισμός μεταξύ Δασαρχείου, Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, Δήμου και Περιφέρειας Ηπείρου για την καλύτερη αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων αντιπυρικών μέσων για την καταστολή μιας δασικής πυρκαγιάς οι περισσότεροι πιστεύουν πως υπάρχει κακός συντονισμός μεταξύ των αρμόδιων φορέων. Παρούσα εδώ η γραφειοκρατία δείγμα της κατάστασης η απουσία οργάνωσης, και η έλλειψη οργάνωσης του κρατικού μηχανισμού. Η συνεργασία των δασικών υπαλλήλων που γνωρίζουν την περιοχή με την Αποκεντρωμένη Διοίκηση, με το γραφείο Πολιτικής Προστασίας, τις Διευθύνσεις Δασών, τα Δασαρχεία και τέλος με την Πυροσβεστική Υπηρεσία να είναι σε γραμμή επικοινωνίας.

Οι 12 από τους 17 υπαλλήλους του κλιμακίου Δελβινακίου απάντησαν αρνητικά στην ερώτηση εάν πιστεύουν ότι υπάρχει διασυνοριακή συνεργασία μεταξύ Ελλάδας – Αλβανίας για την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών. Αρκετές δασικές πυρκαγιές εισέρχονται από την γείτονα χώρα χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι στις 3/9/2005 και στις 31/7/2001 (Πηγή: Δασαρχείο Ιωαννίνων και www.fireservice.gr) από τη συνοριακή γραμμή της Κακαβιάς υπήρξε έναρξη συμβάντων πυρκαγιών. Ακόμη στις 23/7/2011 (Πηγή: Δασαρχείο Ιωαννίνων και www.fireservice.gr) ενώ εκδηλώθηκε πυρκαγιά νότια της Κακαβιάς εντός αλβανικού εδάφους η φωτιά πήρε ανεξέλεγκτες διαστάσεις με αποτέλεσμα να κάψει δασικές εκτάσεις των χωριών Κτίσματα και Χαραυγής. Τέλος, το 2010 με πύλη εισόδου τα ίδια σημεία έχουμε «εισαγόμενη» πυρκαγιά με πρόκληση τον θάνατο 7 ατόμων. Αρκετές είναι οι φωτιές που εκδηλώνονται επί αλβανικού εδάφους (η κοιλάδα του Δρόπολης στο Αργυρόκαστρο και το σημείο Κατούνα νοτιότερα της Κακαβιάς είναι από τα πιο επικίνδυνα μέτωπα) και παίρνουν ανεξέλεγκτες διαστάσεις με αποτέλεσμα να απειλούν ελληνικά εδάφη. Η γείτονα χώρα δεν διαθέτει επαρκή μέσα δασοπυρόσβεσης συνεπώς πολλές φορές έχουν επέμβει ελληνικά εναέρια μέσα ώστε να προλάβουν την εξάπλωση της πυρκαγιάς να μην κινηθεί προς το ελληνικό έδαφος. Τον Ιούλιο του 2014 ο Διοικητής της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας Ηπείρου σε συνάντηση με το Γενικό Πρόξενο της Αλβανίας συζήτησαν το πρόβλημα των δασικών πυρκαγιών στην περιοχή καθώς αυτές αρχίζουν από την Αλβανία και καταλήγουν στην Ελλάδα. Συμπέρασμα της συνάντησης ήταν πως θα πρέπει να δοθεί έμφαση από την γείτονα χώρα στο τομέα της πρόληψης μιας και δεν διαθέτει δυνατότητες σε επίπεδο καταστολής (Στασίνου Β., 2014). Ακόμη, στην ερώτηση εάν

θα ήταν πρόθυμοι να παρακολουθήσουν στο μέλλον σεμινάρια για χρήση νέων τεχνολογιών (πχ. χρήση GIS) για την εκτέλεση των καθηκόντων τους απάντησαν όλο το προσωπικό απάντησε θετικά. Αυτό που προκύπτει ύστερα από συζήτηση με το προσωπικό της υπηρεσίας είναι πως υπάρχει χαμηλό επίπεδο εκπαίδευσης των στελεχών της υπηρεσίας καθώς και χαμηλή εισδοχή των νέων τεχνολογιών για τις ανάγκες της υπηρεσίας. Όλοι οι πυροσβέστες δήλωσαν ότι είναι πρόθυμοι να λάβουν μέρος στην ενημέρωση και ενεργοποίηση των πολιτών για πρόληψη, προκαταστολή των δασικών πυρκαγιών. Αποτελεί κομβικό σημείο η συνεργασία της Τοπικής Αυτοδιοίκησης με το Πυροσβεστικό Κλιμάκιο Δελβινακίου ώστε να γίνει μια εκστρατεία ενημέρωσης των πολιτών σχετικά με τις δασικές πυρκαγιές στο Πωγώνι. Ακόμη, η Πυροσβεστική Υπηρεσία θα μπορούσε να κάνει ημερίδα ενημέρωσης και στα σχολεία του Πωγωνίου ώστε και οι μαθητές να γνωρίζουν τους κινδύνους, τους τρόπους αντιμετώπισης στην περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς. Τα προβλήματα τα οποία καλούνται να αντιμετωπίσουν οι εργαζόμενοι στο Πυροσβεστικό Κλιμάκιο Δελβινακίου είναι πολλές φορές σοβαρότερα από τα ίδια τα συμβάντα. Μείζονος σημασίας πρόβλημα, για την εύρυθμη λειτουργία για το Π/Κ Δελβινακίου, είναι η έλλειψη μόνιμου προσωπικού. Το σύνολο των πυροσβεστών θεωρεί ότι υπάρχει ανισοκατανομή μεταξύ των υπηρεσιών της Περιφέρειας και αυτής των μεγάλων πόλεων (Αθήνα, Θεσσαλονίκη). Περισσότερα άτομα συγκεντρώνονται στις μεγάλες πόλεις με αποτέλεσμα να υποστελεχώνονται τα υπόλοιπα στη Περιφέρεια. Το κλιμάκιο καλύπτει πολύ μεγάλη ακτίνα συγκεκριμένα ολόκληρο το Δήμο Πωγωνίου. Οι πυροσβέστες αντιμετωπίζουν σοβαρή έλλειψη ατομικών εφοδίων και εξοπλισμού, με αποτέλεσμα να μην έχουν την απαιτούμενη ασφάλεια και να κινδυνεύει η σωματική τους ακεραιότητα όταν βρίσκονται στα μέτωπα των πυρκαγιών. Επιπλέον, οι εποχικοί δασοπυροσβέστες που προσλαμβάνονται με 8-μηνες συμβάσεις δεν διαθέτουν την απαραίτητη εκπαίδευση ώστε να μπορούν να ανταπεξέλθουν στις ανάγκες κατάσβεσης μιας πυρκαγιάς. Την ίδια στιγμή κάποια εκ των πυροσβεστικών οχημάτων έχουν μεγάλη ηλικία και καλό θα ήταν η ανανέωση του στόλου με νέα οχήματα. Άξιο αναφοράς κρίνεται το γεγονός ότι στο Πυροσβεστικό Κλιμάκιο Δελβινακίου δεν υπάρχουν εθελοντές πυροσβέστες. Στην ερώτηση, εάν πίστευαν δηλαδή πως ο ρόλος του εθελοντή πυροσβέστη για την αντιμετώπιση μιας δασικής πυρκαγιάς είναι σημαντικός οι πυροσβέστες ήταν διχασμένοι. Εάν και υπάρχουν κανονισμοί που επιτρέπουν στους εθελοντές να παίρνουν μέρος στην κατάσβεση πυρκαγιών, στην παροχή βοήθειας προς διάσωση κ.ά. συνήθως εκείνοι αποκλείονται από αυτή την διαδικασία μιας και δεν διαθέτουν τον απαραίτητο εξοπλισμό και την απαραίτητη εκπαίδευση. Ο θεσμός του εθελοντή Πυροσβέστη καθιερώθηκε με νόμο 1951/1991 «Καθιέρωση του θεσμού του Εθελοντή Πυροσβέστη και άλλες διατάξεις» και το Π.Δ. 32/1992 «Κανονισμός οργάνωσης και λειτουργίας Εθελοντικών Πυροσβεστικών Σταθμών και Κλιμακίων» (Πηγή: www.fireservice.gr).

Ερωτηματολόγιο

Ερώτηση 1

Πιστεύεται ότι υπάρχει συνεργασία – συντονισμός μεταξύ των Δασαρχείου, Πυροσβεστικής Υπηρεσίας, Δήμου και Περιφέρειας Ηπείρου για την καλύτερη αξιοποίηση όλων των διαθέσιμων αντιπυρικών μέσων για την καταστολή μιας δασικής πυρκαγιάς;

Ναι Όχι

Ερώτηση 2

Πιστεύεται ότι υπάρχει διασυνοριακή συνεργασία μεταξύ Ελλάδας – Αλβανίας για την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών;

Ναι Όχι

Ερώτηση 3

Είστε πρόθυμοι να παρακολουθήσετε στο μέλλον σεμινάρια για χρήση νέων τεχνολογιών (πχ χρήση GIS) για την εκτέλεση των καθηκόντων σας;

Ναι Όχι

Ερώτηση 4

Θα λαμβάνεται μέρος σε ημερίδες ενημέρωσης και ενεργοποίησης των πολιτών για πρόληψη, προκαταστολή των δασικών πυρκαγιών;

Ναι Όχι

Ερώτηση 5

Πιστεύεται ότι το Π/Κ Δελβινακίου υποστελεχώνεται;

Ναι Όχι

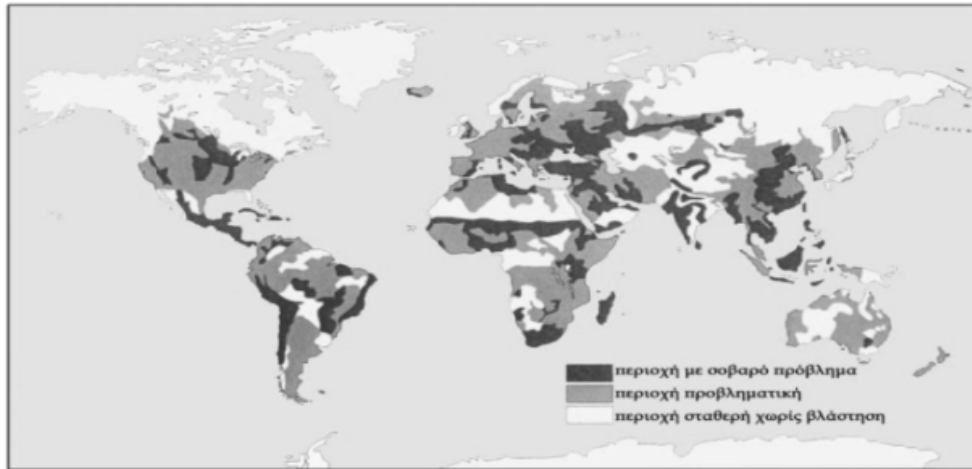
Ερώτηση 6

Πιστεύεται πως ο ρόλος του εθελοντή πυροσβέστη για την αντιμετώπιση μιας δασικής πυρκαγιάς είναι σημαντικός;

Ναι Όχι

Οι επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών είναι τεράστιες, μιας και επηρεάζουν το δάσος, την οικονομία, την κοινωνία και τον άνθρωπο. Καταστρέφονται σπίτια και περιουσίες, υποβαθμίζεται το περιβάλλον, διαταράσσεται η ισορροπία του οικοσυστήματος, διαβρώνεται το έδαφος, δημιουργούνται χείμαρροι και πλημμύρες, επηρεάζεται το μικροκλίμα, καταστρέφεται η χλωρίδα και η πανίδα του τόπου και χάνεται η φυσική ομορφιά. Μετά από μια δασική πυρκαγιά η δασική υπηρεσία, οι τοπικοί φορείς και πολλές οργανώσεις καταμετρούν τις πληγές. Υιοθετούνται μέτρα για την προστασία του οικοσυστήματος και για την υποβοήθηση της φυσικής αναγέννησης όπως παραδείγματος χάριν στην περιοχή της Λίμνης Καϊάφα απομακρύνθηκαν τα καμένα δέντρα ή ακόμη, στην Κρήτη περιφράχθηκε το φοινικόδασος ώστε να μην επιτραπεί η έλευση των επισκεπτών στο οικοσύστημα (WWF Ελλάς). Σύμφωνα με την Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (2011) της Τράπεζας Ελλάδος λαμβάνοντας υπόψη την κλιματική αλλαγή έως 2100 και τη μη λήψη απαραίτητων μέτρων επρόκειτο να υπάρξει χωρική ανακατανομή των δασικών ειδών μετακίνηση προς τα μεγαλύτερα υψόμετρα και γεωγραφικά πλάτη (Díaz and Cabido, 1997) δηλαδή τα ξηρανθεκτικά (ξηρόφιλα αείφυλλα και θερμόβια κωνοφόρα) θα επεκταθούν βορειότερα και υψηλότερα προς τη ζώνη της δρυός, τα δάση δρυός σε μεγαλύτερα υψόμετρα προς τη ζώνη της οξυάς, ελάτης και μαύρης πεύκης, ενώ τα δάση οξυάς, ελάτης και μαύρης πεύκης προς την υπαλπική ζώνη. Μέσω των υλοτομιών, της υπερβόσκησης και των δασικών πυρκαγιών διαταράσσεται η ισορροπία με απόρροια πτώση της παραγωγικότητας όπως παρουσιάζουν οι Baule & Fricker (1970) σε δάση της Γερμανίας όπου μειώθηκε η αύξηση των συστάδων κατά 20-75%. Μετά από μια δασική πυρκαγιά η δασική υπηρεσία, οι τοπικοί φορείς και πολλές οργανώσεις καταμετρούν τις πληγές. Υιοθετούνται μέτρα για την προστασία του οικοσυστήματος και για την υποβοήθηση της φυσικής αναγέννησης όπως παραδείγματος χάριν στην περιοχή της Λίμνης Καϊάφα απομακρύνθηκαν τα καμένα δέντρα ή ακόμη, στην Κρήτη περιφράχθηκε το φοινικόδασος ώστε να μην επιτραπεί η έλευση των επισκεπτών στο οικοσύστημα (WWF Ελλάς).

1.7 Διάβρωση εδάφους



Χάρτης 4. Παγκόσμιος χάρτης διάβρωσης και ερημοποίησης των εδαφών

(UN Environmental Programme & World Resources Institute. UNEP, New York, 1991)

Μια από τις σημαντικότερες συνέπειες των δασικών πυρκαγιών είναι η διάβρωση των εδαφών. Πολλές ιδιότητες μεταβάλλονται λόγω των πυρκαγιών. Η ένταση, η διάρκεια και το είδος της πυρκαγιάς, οι θερμοκρασίες που επικρατούν στο έδαφος επιδρούν με διαφορετικό τρόπο στις ιδιότητες του εδάφους (De Bano *et al.*, 1979). Στον πίνακα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι ποσότητες του εδαφικού υλικού που απομακρύνονται το πρώτο έτος της πυρκαγιάς (διδασκτορική διατριβή Σεϊλόπουλου, 1991).

Ετήσια ποσότητα	Είδος δάσους-μέση κλίση	Πηγή
1905 kg/ha	Λάρικα- Ψευδοτσούγκα	De Byle & Parker 1981
7340 kg/ha	Chararral, 50%	De Bano & Conrad 1978
2848 kg/ha	Chararral, 20%	>>
3800 kg/ha	Ψευδοτσούγκα 50% , Pinus ponderarosa	Helvey <i>et al.</i> , 1981
65,5 m/ha	Αείφ. Πλατύφυλλα	Pase & Ingebo, 1965
300 m/ha	Αείφ. Πλατύφυλλα (Σιθωνία), 40%	Καϊκής <i>et al.</i> , 1986
150 m/ha	Τραχεία πεύκη (Θάσος)	Παπαμίχος, 1990
370 m/ha	Ελάτη	Anderson, 1976
*25 m/ha	Χαλέπιος πεύκη, 19%	Αλεξανδρής, 1990
*61 m/ha	Χαλέπιος πεύκη, 30%	>>

*= Τιμές για 8 μήνες

Πίνακας 4. Μέσες απώλειες εδαφικού υλικού με τη διάβρωση καμένων εκτάσεων

Πηγή Διδασκτορική διατριβή Σεϊλόπουλος Δ. (1991)

Αναφέρεται πως μετά την καύση καταγράφονται μεγάλες ποσότητες στοιχείων που απελευθερώνονται στο έδαφος με τη μορφή οξειδίων αλκαλι-γαιοαλκαλιμετάλλων τα οποία με τη σειρά τους μετατρέπονται σε υδροξείδια και συνεπώς ελλατώνεται η οξύτητα του εδάφους (Sampson, 1944, Christensen & Muller, 1975, Goldammer, 1978, Hetch, 1980). Σύμφωνα με τον Παπαμίχο (1996) στοιχεία όπως K, P, Ca, Na, Mg που βρίσκονται στη ζωντανή και νεκρή οργανική ουσία σε μορφή μη αφομοιώσιμη από τα φυτά με την επίδραση της φωτιάς μετατρέπονται σε μορφή αφομοιώσιμη. Τα θρεπτικά στοιχεία της οργανική ουσία που υπάρχει στο έδαφος μετά την πυρκαγιά απελευθερώνονται μεταβάλλοντας το pH του εδάφους. Η μεταβολή του pH είναι μέχρι 2 μονάδες (Παπαμίχος, 1996). Θα πρέπει όμως να τονιστεί ότι μικρές ποσότητες θρεπτικών στοιχείων χάνονται λόγω έκπλυσης είτε λόγω απομάκρυνσης από τον αέρα που επικρατεί είτε επίσης λόγω της επιφανειακής απορροής και της διάβρωσης. Στον πίνακα που ακολουθεί περιγράφεται η απώλεια θρεπτικών στοιχείων το πρώτο έτος μετά την πυρκαγιά στη Νότια Καλιφόρνια.

Κλίση	Υλικό που διαβρώθηκε (kg/ha)	Στοιχεία στο διαβρωμένο υλικό(kg/ha)	Οργανική ουσία (kg/ha)	Ολική επιφ. απορροής (m ³ /ha)	Στοιχεία στο νερό απορροής (kg/ha)
Ισχυρή κλίση (καμ. περιοχή)	7340	N: 15,1 P: 3,4 K:19,3 Mg: 28,0 Ca: 47,4 Na:2,6	410	786	K:7,8 Mg:3,6 Ca:20,0 Na:2,0
Ήπια κλίση (καμ. περιοχή)	2848	N: 7,5 P: 1,0 K:7,6 Mg: 6,1 Ca: 18,5 Na:0,8	311	584	K:3,3 Mg:1,9 Ca:9,1 Na:1,3
Ισχυρή κλίση (μη καμ. περιοχή)	211	N: 0,3 P:0,1 K:0,5 Mg: 0,5 Ca: 0,5 Na:0,1	7	24	K:0,1 Mg:0,1 Ca:0,4 Na:0,1
Ήπια κλίση (μη καμ. περιοχή)	0	N: 0 P: 0 K: 0 Mg: 0 Ca: 0 Na: 0	0	4	K: 0 Mg: 0 Ca: 0,1 Na: 0

Πίνακας 5. Απώλεια θρεπτικών στοιχείων από καμένη και μη έκταση σε ισχυρές και ήπιες κλίσεις κατά το πρώτο έτος μετά από εμφάνιση πυρκαγιάς στη Ν. Καλιφόρνια

Πηγή Παπαμίχος (1996)

Η ύπαρξη μιας φωτιάς αυτομάτως συνδέεται με την εδαφική διάβρωση (Shakesby και Doerr, 2006). Οι ευρωπαϊκές χώρες της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα επιρρεπείς στη διάβρωση αυτό γιατί υπόκεινται σε επαναλαμβανόμενες περιόδους ξηρασίας και ακολουθούν βροχές που συνήθως πέφτουν σε πλαγιές με μεγάλη κλίση και που χαρακτηρίζονται από «ευάλωτα» εδάφη (Van der Knijff *et al.*, 1999 και Grimm *et al.*, 2003). Κλείνοντας, το έδαφος μπορεί να προστατευθεί μετά από πυρκαγιά σύμφωνα με τους Παπαναστάση & Νοϊτσάκη (1992) δηλαδή εάν φυτευθούν στις καμένες λιβαδικές εκτάσεις αγρωστώδη φυτά όπως το λόλιο το ισχυρό (*Lolium rigidum*), η δακτυλίδα, το βρόμο το κρίθινο (*Bromus hordeaceus*), τα οποία είναι είδη που αναπτύσσονται γρήγορα, μπορεί να προστατέψουν το γυμνό έδαφος τα πρώτα χρόνια μετά την πυρκαγιά (Papanastasis, 1978, Papanastasis & Platis, 1990).

1.8 Ερημοποίηση εδάφους

Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν ορίσει την 17^η Ιουνίου ως την παγκόσμια ημέρα κατά της ερημοποίησης. Το 1978 το πρόγραμμα United Nations Plan Action to Combat Desertification έδωσε έναν ορισμό για την ερημοποίηση.

«Ερημοποίηση είναι η καταστροφή του βιολογικού δυναμικού της γης, που μπορεί τελικά να οδηγήσει σε συνθήκες όμοιες με εκείνες των ερήμων. Αποτελεί μια πτυχή της ευρείας υποβάθμισης των οικοσυστημάτων κάτω από την συνδυασμένη πίεση δυσμενώς μεταβαλλόμενου κλίματος καθώς και υπερεκμετάλλευσης. Η πίεση αυτή έχει καταστρέψει το βιολογικό δυναμικό της παραγωγής φυτών και ζώων για χρήση πολλαπλών σκοπών σε καιρό που η αυξημένη παραγωγικότητα απαιτείται για τη στήριξη του αυξανόμενου πληθυσμού στην προσπάθεια ανάπτυξης». (Πηγή: <http://www.foreignaffairs.gr>).

Ο ορισμός που δίνει το UNEP είναι: *«Ερημοποίηση είναι η υποβάθμιση της γης σε ξηρές, ημίξηρες και ύφυγρες περιοχές εξαιτίας διαφόρων παραγόντων συμπεριλαμβανομένων των κλιματικών μεταβολών και των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων».*

Σύμφωνα με τον Καλαβρουζιώτης (2012) κλιματικοί παράγοντες όπως οι βροχοπτώσεις ή υψηλές θερμοκρασίες, η εντατική καλλιέργεια (εδάφη με μεγάλη κλίση, ισχυρούς ανέμους) είτε ακόμη και στις δασικές πυρκαγιές έχουν ως συνέπεια την καταστροφή του εδάφους, τη μείωση της περατότητας και όλα αυτά έχουν ως συνέπεια την ερημοποίηση (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Αίτια ερημοποίησης

Πηγή: *International Conference on Mediterranean desertification: Research results and policy implications (Report EUR 17782 EN)* (<http://www.foreignaffairs.gr>)

Από το φαινόμενο της ερημοποίησης δεν θα μπορούσε να απέχει και η Ελλάδα. Η χώρα μας συγκαταλέγεται στις χώρες όπου πλήττεται από την ερημοποίηση κι έτσι σε κοινή υπουργική απόφαση δημιουργήθηκε το Ελληνικό Εθνικό Σχέδιο Δράσης κατά της Ερημοποίησης (ΕΕΣΔΕ) το οποίο κυρώθηκε με την αριθ.99605/3719/2001 (ΦΕΚ 974/Β') όπου αναφέρει μέτρα πρόληψη σε εθνικό επίπεδο κατά της ερημοποίησης ανάλογα με το κοινωνικοοικονομικό περιβάλλον της κάθε περιοχής και για όλους τους τομείς δραστηριοτήτων παραδείγματος χάριν γεωργία, κτηνοτροφία και δασοκομία (Πηγή: <http://www.hellenicparliament.gr>)

1.9 Βόσκηση σε καμένες εκτάσεις

Σύμφωνα με τους Naveh (1975) και Αριανούτσου (1995) η φωτιά είναι ένας παράγοντας στον οποίο τα Μεσογειακά οικοσυστήματα έχουν προσαρμοστεί και έχουν εξελιχθεί. Μετά την πυρκαγιά η βλάστηση μπορεί να αναγεννηθεί είτε με σπόρους είτε με παραβλαστήματα εφόσον όμως αφεθεί ελεύθερη να αναγεννηθεί (Naveh 1974, Παπαναστάσης 1978^α, 1988^α, Kazanis & Arianoutsou 1996, Thanos 1999). Οι μηχανισμοί προσαρμογής των φυτών κατά τον Le Houerou (1973) διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

- ✓ **Τα παθητικά πυρόφυτα.** Ο χοντρός φλοιός σε δέντρα και θάμνους αποτελεί ένα τρόπο αντοχής των φυτών στην καύση. Παράδειγμα χοντρών φλοιών έχουν η χαλέπιος και η τραχεία πεύκη. Δεύτερον, η μικρή αναφλεξιμότητα όπως σε είδη λαδανιάς τα οποία δεν καίγονται τόσο εύκολα όσο τα ξυλώδη είδη. Τρίτον, η μεγάλη παραγωγή σπόρων είτε η προστασία-θάψιμο των σπόρων στο έδαφος αποτελούν μηχανισμούς προστασίας των φυτών.

- ✓ **Οι ενεργητικοί μηχανισμοί.** Συγκεκριμένα όμως στοιχεία ευνοούν την καύση, η παρουσία δηλαδή ξηρών φύλλων ή κλαδιών στη κόμη έχει ως συνέπεια την διευκόλυνση της καύσης. Μεγάλη αναφλεξιμότητα είναι η παρουσία αιθέριων ελαίων στο φύλλωμα (τα πεύκα με τη ρητίνη). Τέλος η παρουσία μικρών και αγκαθωτών φύλλων (το πουρνάρι που καίγεται με μεγάλη ευκολία) (Παπαναστάσης & Νοϊτσάκης, 1992).
- ✓ **Ανθρακόφυτα.** Αναφέρονται τα φυτά εκείνα που εμφανίζονται αμέσως μετά την πυρκαγιά. Μόλις απογυμνωθεί το έδαφος και για 1-3 έτη εμφανίζονται τα φυτά αυτά. Χρησιμοποιούν έτσι το άπλετο φως και θρεπτικά στοιχεία που υπάρχουν μετά την καύση. Είναι είδη που εγκαθίσταται με σπόρους και συνήθως προέρχονται από γειτονικές περιοχές όπου δεν έχουν καεί είτε ακόμη είναι αποθηκευμένοι στο έδαφος από προηγούμενη πυρκαγιά (Παπαναστάσης & Νοϊτσάκης, 1992).

Αρκετές όμως, είναι εκείνες οι φορές που η βλάστηση δεν αποκαθίσταται λόγω της ανθρωπίνης παρέμβασης.

Ένα σημαντικός παράγοντας ο οποίος επηρεάζει την αποκατάσταση των καμένων εκτάσεων είναι η αλόγιστη βόσκηση (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Ο Ντάφης (1986) αναφέρει χαρακτηριστικά ότι σε δρυοδάση η έντονη βόσκηση έχει εξαφανίσει τους θάμνους και της δεύτερης τάξης δέντρα (φράξος, οστρυά, λιγούστρο κλπ). Καθώς λοιπόν, εισέρχεται μεγάλος αριθμός βοσκόντων ζώων σε πολλά οικοσυστήματα μετά από την πυρκαγιά απομακρύνουν με τα πόδια τους την βλάστηση που επρόκειτο να αναγεννηθεί, συμπιέζουν το έδαφος μειώνοντας την διηθητικότητα του, διευκολύνουν την επιφανειακή απορροή και τέλος, προκαλούν διάβρωση (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Σύμφωνα με το άρθρο 105 του Ν. Δ 86/1969 (Δασικός Κώδικας) **απαγορεύεται η βόσκηση σε καμένες εκτάσεις που προηγουμένως έχουν χαρακτηριστεί ως αναδασωτέες.** Τα ζώα που βόσκουν μέσα στο δάσος προκαλούν διάφορες ζημιές γι αυτό τα πρόβατα, τα μεγάλα ζώα και οι αίγες απαγορεύεται να βόσκουν για 5 έτη σε καμένα δάση και δασικές εκτάσεις (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Καθώς αναφέρεται ρητώς η παραπάνω απαγόρευση σπάνια τηρείται από τους κτηνοτρόφους (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Το πρόβλημα μεγιστοποιείται όταν οι ίδιοι οι κτηνοτρόφοι προκαλούν τις πυρκαγιές για να βελτιώσουν την παραγωγή και την ποιότητα της βοσκήσιμης ύλης (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Ο νομοθέτης ναι μεν απαγορεύει τη βόσκηση αλλά δυστυχώς δεν υποδεικνύεται εναλλακτική λύση για την βόσκηση των ζώων (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Ο Παπαναστάσης (Πηγή: www.fria.gr) αναφέρει ότι οι πυρκαγιές στα χορτολίθαδα συνήθως προκαλούνται από τους κτηνοτρόφους για να περιορίσουν τα λιγότερο επιθυμητά φυτά και να κυριαρχήσουν τα πιο εύγεστα «επιθυμητά» φυτά για τα ζώα (πρόβατα, αίγες, βοοειδή). Βάζοντας φωτιά έχουν ως στόχο να απομακρύνουν τα αγρωστώδη φυτά τα οποία είναι ακατάλληλα για βόσκηση (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr).

Γευστικότητα κατά τους Νάσση Α. και Τσιουβάρα Κ. (2008) είναι ο βαθμός προτίμησης των ζώων για ένα συγκεκριμένο είδος φυτού. Το πουρνάρι (*Quercus coccifera*) προτιμάται παραδείγματος χάριν από τις αίγες ενώ το τριφύλλι (*Trifolium hirtum*) δεν προτιμάται. Το αντίθετο ισχύει για τα πρόβατα. Τρίτον, στις καμένες χορτολιβαδικές εκτάσεις προτείνεται η παύση της βόσκησης για 1 έτος ή μέχρι να παραχθούν σπέρματα από τα φυτά και μετά το πέρας αυτού του χρονικού διαστήματος επιτρέπεται η βόσκηση λαμβάνοντας όμως την σχέση του αριθμού των ζώων /την έκταση όπου βοσκούν τα ζώα μια δεδομένη χρονική στιγμή (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Η βοσκοφόρτωση δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1 ζώο πρόβατο ή γίδα κατά μήνα και στρέμμα ή να μην είναι μεγαλύτερη από 1 ζώο το εκτάριο (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Τα φρυγανολίβια δεν καταστρέφονται από την πυρκαγιά παρόλα αυτά για να εισαχθούν τα ζώα καλό θα είναι μετά τα 2-3 έτη λαμβάνοντας υπόψη τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr). Στις θαμνώδεις εκτάσεις η βόσκηση να επιτρέπεται μετά από 3-5 έτη και να μην ξεπερνά τη βοσκοφόρτωση του ενός ζώου (μικρού)/εκτάριο/έτος (Πηγή: Παπαναστάσης Β. www.fria.gr).

1.10 Αναδάσωση

Σύμφωνα με τον Νόμο 998/79

Άρθρο 37 (Δασώσεις και Αναδασώσεις)

Ως αναδάσωση νοείται η αναδημιουργία καθ' οιονδήποτε τρόπον καταστραφείσης ή σημαντικός αραιωθείσης ή άλλως πως υποβαθμισθείσης δασικής βλαστήσεως, είτε δια της διευκολύνσεως της φυσικής αναγεννήσεως, προς δημιουργίαν δάσους ή δασικής εκτάσεως. Εν τη έννοια της αναδασώσεως περιλαμβάνεται και η το πρώτον ενεργουμένη δια σποράς ή φυτεύσεως δασικών φυτών δάσους άσκεπων εκτάσεων, αι οποίαι δεν έχουν ουδέ είχαν εις το παρελθόν τον χαρακτήρα δάσους ή δασικής εκτάσεως.

Άρθρο 37 (Υποχρεωτικά αναδασώσεις)

Κηρύσσονται υποχρεωτικώς ως αναδασωτέα τα δάση και αι δασικά εκτάσεις ανεξαρτήτως της ειδικότερας κατηγορίας αυτών ή της θέσεως εις ην ευρίσκονται, εφόσον ταύτα καταστρέφονται ή αποψιλούνται συνεπεία πυρκαϊάς ή παρανόμου υλοτομίας αυτών. Η αυτή υποχρέωσις υφίσταται και διά τα εκ των ως άνω αιτίων καταστραφέντα ή αποψιλωθέντα δάση και δασικά εκτάσεις, ανεξαρτήτως του χρόνου της καταστροφής ή της αποψιλώσεως τούτων, εφόσον, μέχρι της 11 Ιουνίου 1975, δεν είχαν χρησιμοποιηθεί δι' έτερον σκοπόν, ώστε να καθίσταται αδύνατος η

ανατροπή της εκ της χρησιμοποίησεως ταύτης δημιουργηθείσης καταστάσεως. Η διά σποράς ή φυτεύσεως αναδάσωσης των κατά τα ανωτέρω καταστραφέντων δασών ή δασικών εκτάσεων, εφόσον δεν προβλέπεται να γίνη φυσική αναγέννησις, δέον να ενεργείται εντός τριών το πολύ ετών από της κηρύξεως της εκτάσεως ως αναδασωτέας, ευθύνη των αρμοδίων δασικών οργάνων. Ωσαύτως κηρύσσονται υποχρεωτικώς ως αναδασωτέα εδάφη στερούμενα δασικής βλαστήσεως, ή των οποίων η δασική βλάστησις έχει καταστραφή ή σημαντικώς αραιωθή ή άλλως πως υποβαθμισθή εφ' όσον:

- ✓ Ευρίσκονται εντός λεκανών απορροής χειμάρρων η δε ύπαρξις της δασικής βλαστήσεως επιβάλλεται διά προστατευτικούς ή υδρονομικούς σκοπούς
- ✓ Υπέρκεινται πόλεων, χωρίων, οικισμών, αρχαιολογικών χώρων, φυσικών ή πολιτιστικών μνημείων, ή σημαντικών τεχνικών έργων και έχουν προστατευτικόν δι' αυτά χαρακτήρα
- ✓ Η κλίσις των προς τον ορίζοντα υπερβαίνει τα 30% απειλείται δε η υπό των υδάτων απόπλυσίς των.
- ✓ Η έλλειψις ή η μείωσις της δασικής βλαστήσεως επί αυτών δημιουργεί κίνδυνον διαβρώσεως του εδάφους ή της ισορροπίας του φυσικού περιβάλλοντος.

Δύνανται να κηρυχθούν ως αναδασωτέαι εκτάσεις, εκτός των εις τας προηγουμένας παραγράφους του παρόντος άρθρου οριζομένων, εφ' όσον τούτο επιβάλλεται:

- ✓ Εκ λόγων υγιεινής ή εξωραϊσμού του τοπίου
- ✓ Προς συμπλήρωσιν ή ενοποίησιν δασών ή δασικών εκτάσεων
- ✓ Προς δημιουργίαν δασικών φυτειών

Άρθρο 39 (Εκμίσθωσις δημοσίων εκτάσεων προς αναδάσωσιν)

Δημόσιαι δασικαί εκτάσεις των περιπτώσεων γ' έως και ε' της παραγράφου 1 του άρθρου 4 του παρόντος, ή δημόσια χορτολιβαδικά ή άλλα εδάφη κηρυσσόμενα ως αναδασωτέα, δύνανται μετά σχετικήν γνωμοδότησιν του Τεχνικού Συμβουλίου Δασών να εκμισθούνται διά χρονικόν διάστημα μέχρι πενήκοντα ετών εις νομικά ή φυσικά πρόσωπα διά την μερίμνη και δαπάναις τούτων δημιουργίαν δασικών φυτειών προς αποκλειστικήν δασοπονικήν εκμετάλευσιν, απαγορευομένης ρητώς πάσης άλλης τοιαύτης.

Άρθρο 41 (Κήρυξις αναδασωτέων εκτάσεων)

Η κήρυξις εκτάσεων ως αναδασωτέων ενεργείται δι' αποφάσεως του οικείου νομάρχου καθοριζούσης σαφώς τα όρια της εκτάσεως η οποία κηρύσσεται

αναδασωτέα και συνοδευομένης υποχρεωτικώς υπό σχεδιαγράμματος, το οποίον δημοσιεύεται εν φωτοσμικρύνσει μετά της αποφάσεως εις την Εφημερίδα της Κυβερνήσεως.

Συχνά το κοινό ενημερώνεται από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης για προσπάθειες που γίνεται από ομάδες πολιτών, οργανώσεις και άλλους φορείς για την αποκατάσταση διαταραχθέντων οικοσυστημάτων. Οι αναδάσωση (ίδρυση τεχνητών συστάδων) αποτελεί ένα αξιόλογο εργαλείο στα χέρια της παγκόσμιας δασοπονίας. Η αισθητική αλλοίωση του τοπίου που παρατηρείται μετά από την εμφάνιση μιας πυρκαγιάς μπορεί να εξισορροπηθεί με την αναδάσωση κατά την οποία βελτιώνεται αισθητά το τοπίο και παρέχεται ψυχική ηρεμία και γαλήνη στον επισκέπτη. Σύμφωνα με τον Ντάφη και τον Χατζηστάθη (1989) η τεχνητή ίδρυση των συστάδων μπορεί να γίνει ή με την απευθείας σπορά στην οριστική θέση με σπόρους από επιλεγέντα είδη και οικοτύπους ή με φύτευση φυταρίων ή δενδρυλλίων, παραχθέντα σε φυτώρια από σπόρους ή μοσχεύματα. Παρουσιάζεται επίσης, σε όλες εκείνες τις περιπτώσεις στις οποίες το φυσικό δάσος έχει καταστραφεί ή η καταστροφή του έχει προχωρήσει ώστε να μην είναι δυνατή η φυσική αναγέννηση. Στην περίπτωση αλλαγής δασοπονικού είδους με την εισαγωγή νέων ειδών αυτό επιτυγχάνεται μέσω της τεχνητής ίδρυση συστάδων. Συμπερασματικά λοιπόν, σε μια αναδάσωση το σημαντικότερο είναι η σωστή επιλογή του δασοπονικού είδους. Δεύτερον, η γνώση των εδαφικών συνθηκών στην περιοχή όπου πρόκειται να αναδασωθεί. Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής αναφέρει πως μέχρι το 1930 οι αναδασώσεις δεν γινόταν με κρατική συνδρομή αντιθέτως, μετά το 1930 η Δασική Υπηρεσία φυτεύτηκαν 250.000 στρέμματα με την μέθοδο φύτευσης σε λάκκους με προστατευτικό και αισθητικό σκοπό (ΥΠΕΚΑ). Οι βασικές αρχές που καλό θα ήταν να τηρούνται κατά τη διαδικασία των αναδασώσεων είναι (Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής):

- ✓ Μια επιτυχημένη αναδάσωση είναι δυνατή μόνο εκεί όπου θα μπορούσε το δάσος ή η δασική έκταση να αναδασωθεί και μόνο του φυσικά χωρίς καμία παρέμβαση.
- ✓ Η φυσική αναδάσωση αποτελεί το αρχικό στάδιο της αναδάσωσης.
- ✓ Η αναδάσωση πρέπει να ακολουθεί ή να εκμεταλλεύεται κατά το δυνατόν τη φυσική διαδοχή, να τη συντομεύει κατά το δυνατό και να την οδηγεί σε τρόπο ώστε να ανταποκρίνεται καλύτερα.
- ✓ Κατά τις αναδασώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται όσο είναι δυνατό αυτόχθονα είδη.
- ✓ Κατά τις αναδασώσεις πρέπει να χρησιμοποιούνται προελεύσεις από όμοιους ή ανάλογους σταθμούς με εκείνους της υπό αναδάσωσης περιοχής
- ✓ Κατά τις αναδασώσεις πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι συνοικολογικές συνθήκες.

Η επιτυχία ή η αποτυχία της αναδάσωσης εξαρτάται από την επιλογή του είδους ή των ειδών που θα φυτευτούν (Χατζηστάθης & Ντάφης, 1989). Γι' αυτό λοιπόν θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εξής τρεις θεμελιώδεις αρχές (Χατζηστάθης & Ντάφης, 1989). Πρώτον, να είναι προσαρμοσμένα στις οικολογικές συνθήκες της περιοχής που θα φυτευτούν. Να ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις του δασοπονικού σκοπού για τον οποίο φυτεύτηκαν. Τρίτον, μετά την εγκατάστασή τους ο χειρισμός τους να είναι εύκολος και όχι δαπανηρός. Βέβαια για να ισχύσουν όλα τα παραπάνω θα πρέπει να υπάρξει η κατάλληλη προετοιμασία στην αναδασωτέα περιοχή όπως (Χατζηστάθης & Ντάφης, 1989):

- ✓ Στερέωση του εδάφους
- ✓ Απομάκρυνση ή καταστροφή του νεκρού εδαφοκαλύματος
- ✓ Απομάκρυνση ή καταστροφή του τυχόν ζωντανού εδαφοκαλύματος (ζωντανού)
- ✓ Κατεργασία και προπαρασκευή του εδάφους

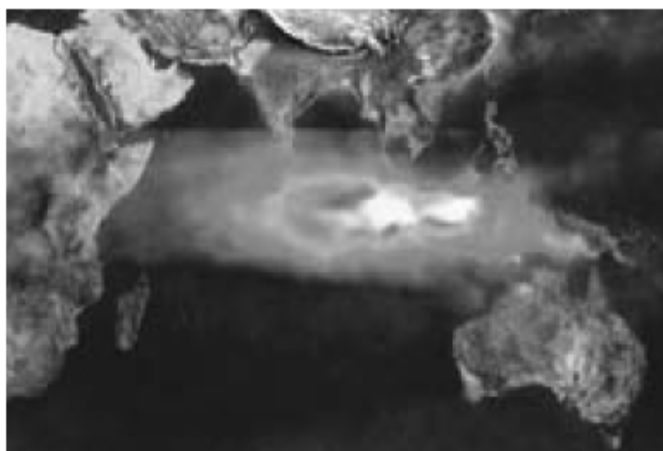
Τα στάδια που πρέπει να ακολουθούνται για τη τεχνική ίδρυση συστάδων (Πηγή: Χριστακόπουλος και Βέρδη www.fria.gr):

- ✓ Κήρυξη αναδασωτέας της καμένης έκτασης
- ✓ Σύνταξη οικονομοτεχνικής μελέτης από Δασολόγο μελετητή. Δηλαδή να προσδιοριστεί η επιφάνεια κατά την οποία δεν πρόκειται να αναγεννηθεί φυσικά αλλά μόνο με τεχνητή αναδάσωση. Επιπλέον, να αναφερθεί η ιδιοκτησιακή κατάσταση παραδείγματος χάριν εάν είναι δημόσιο δάσος και οι κλιματολογικές και εδαφικές συνθήκες της περιοχής. Ακόμη, εάν κρίνεται απαραίτητο από τον μελετητή να απομακρυνθεί η καμένη βλάστηση. Η λήψη μέτρων για την προστασία της περιοχής όπως περιφράξεις με συρματοπλέγμα για αποφυγή της βόσκησης ή βελτίωση του υπάρχοντος οδικού δικτύου κρίνεται σκόπιμο.
- ✓ Η ύπαρξη μελέτης σύμφωνα με το Π.Δ 437/81 κρίνεται απαραίτητη προϋπόθεση για την εκτέλεση του έργου
- ✓ Να εξασφαλιστούν τα χρήματα ώστε να υλοποιηθεί το έργο
- ✓ Η υπηρεσία να θέσει το έργο προς υλοποίηση (άμεσα ή έμμεσα)
- ✓ Να εγκριθεί το πρόγραμμα. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου η εκτέλεση του έργου γίνεται είτε με την παρουσία δασολόγου και δασοπόνου και την ομάδα των εργατών είτε με την ανάθεση του έργου σε εργολάβους δασοτεχνικών έργων και πρασίνου (Ν. 1418/84 κ.ά.) είτε τέλος, εθελοντικά με την βοήθεια πολιτών, σχολείων, οργανώσεων και του στρατού.

1.11 Οι συνέπειες του καπνού των δασικών πυρκαγιών

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC, 2007) με έκθεσή της αναφέρει ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη θα οδηγήσει στην αύξηση των δασικών πυρκαγιών. Στην Πορτογαλία, όπου ο κλιματικός παράγον έχει βρεθεί να είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τις δασικές πυρκαγιές (Carvalho *et al.*, 2008 και Hoinka *et al.*, 2009) η υπερθέρμανση του πλανήτη θα επηρεάσει δραματικά την εμφάνιση πυρκαγιών (Carvalho *et al.*, 2010a). Οι προβλέψεις δείχνουν ότι μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα οι καμένες εκτάσεις μπορεί να αυξηθούν σχεδόν 500% σύμφωνα με το σενάριο A₂ της IPCC (Nakicenovic *et al.*, 2000). Υπό αυτήν την έννοια, οι δασικές πυρκαγιές σύμφωνα με το A₂ κλιματικό σενάριο μπορούν να γίνουν η μεγαλύτερη πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων (Carvalho *et al.*, 2007). Ο καπνός μετά από μια πυρκαγιά αποτελεί μια ενοχλητική συνέπεια. Οι επιπτώσεις στην ποιότητα του αέρα και την ανθρώπινη υγεία είναι σημαντικές μιας και εκτίθεται σε επικίνδυνους ατμοσφαιρικούς ρύπους (Coghlan, 2004). Ο καπνός από τις δασικές πυρκαγιές μπορεί να έχει συνέπειες τόσο στους πυροσβέστες όσο και στον ευρύτερο πληθυσμό (Διδακτορική διατριβή Κάρμας, 2007). Ο ερεθισμός στα μάτια, τη μύτη, ο βήχας και η λοίμωξη του αναπνευστικού συστήματος (Reinhardt *et al.*, 2000, Brauer 1999) αποτελούν μερικά συμπτώματα. Το σύννεφο καπνού από μεγάλης κλίμακας δασικής πυρκαγιάς μπορεί να μεταφερθεί και σε εκατοντάδες ή χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά μπορεί ακόμη να φτάσει στην στρατόσφαιρα κάτω από ορισμένες συνθήκες ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας (Fromm *et al.*, 2000). Μέσω της τηλεπισκόπησης μπορούν να παραχθούν αποτελέσματα. Έτσι σύμφωνα με τους Know *et al.*, (2003) κάνοντας χρήση δορυφορικών εικόνων για καμένες εκτάσεις στην Ρωσία (περιοχή μεταξύ των ποταμών Amur και Lena) την χρονική περίοδο 1-23 Μαΐου 2003 παρατήρησαν ότι την άνοιξη το σύννεφο καπνού κινήθηκε βορειοανατολικά προς την Κίνα και Κορέα λαμβάνοντας όμως υπόψη και τις κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούσαν στην περιοχή. Κατά τη διάρκεια πυρκαγιών χημικές ενώσεις όπως μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και διοξείδιο (CO₂), το μεθάνιο (CH₄), τα οξείδια του αζώτου (NO_x), αμμωνία (NH₃) και αιωρούμενα σωματίδια εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα και λαμβάνουν μέρος σε διάφορες ατμοσφαιρικές διεργασίες (Ward *et al.*, 1993 και Reinhardt *et al.*, 2001). Για παράδειγμα, οι Forster *et al.*, (2001) ανέφεραν 58% αύξηση του CO λόγω δασικών πυρκαγιών στο Mace Head της Ιρλανδίας. Η μελέτη αυτή δείχνει την σύνδεση της καύσης δασικής βιομάζας με το CO. Σε παγκόσμιο επίπεδο εκπομπές CO από καύση βιομάζας 331.1–351.52 Tg CO/έτος με μεγάλη ετήσια διακύμανση (Kaiser *et al.*, 2012, Van der Werf *et al.*, 2006). Οι επιπτώσεις από τις εκπομπές αερίων από τις δασικές πυρκαγιές είναι ένα σημαντικό ζήτημα για την ατμοσφαιρική ρύπανση (Miranda, 2004 και Goldammer, 2009), το κλίμα (Lioussse *et al.*, 1996 και Wu *et al.*, 2007) και την ανθρώπινη υγεία (Miranda *et al.*, 2012). Τεχνικές τηλεπισκόπησης

έχουν χρησιμοποιηθεί για να προσδιορίσουν πυρκαγιές, να εκτιμηθούν οι καμένες εκτάσεις και οι εκπομπές αερίων. Σε μελέτες που έχουν γίνει στην Πορτογαλία (Miranda, 2004 και Miranda *et al.*, 2009) αναλύονται οι επιπτώσεις των εκπεμπόμενων αερίων των δασικών πυρκαγιών για την ποιότητα του αέρα λίγα λεπτά μετά την εκδήλωση πυρκαγιάς. Από τα τέλη της δεκαετίας του '70 η καύση της βιομάζας έχει αναγνωριστεί ως μια σημαντική πηγή ατμοσφαιρικών ρύπων (Crutzen *et al.*, 1979) και αυτή η συμβολή μπορεί να αυξηθεί δραματικά (Amiro *et al.*, 2001) εξαιτίας του μεγαλύτερου ποσοστού καμένων εκτάσεων. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας στο πρόγραμμα «Atlas of health and climate» με περίπτωση μελέτης τα καμένα δάση της νοτιοανατολικής Ασίας το 1997 οι εκπομπές CO₂ ήταν σε επίπεδα τόσο όσο οι εκπομπές CO₂ σε ολόκληρη την Ευρώπη. Στη νοτιοανατολική Ασία τον φθινόπωρο του 1997 δημιουργήθηκε ένα από τα μεγαλύτερα σύννεφα καπνού λόγω των δασικών πυρκαγιών. Υπολογίζεται ότι περισσότερο από 2 εκατ. εκτάρια καμένων δασικών εκτάσεων κάηκαν στα Ινδονησιακά νησιά Kalimantan και Sumatra. Οι μετεωρολογικές υπηρεσίες μελέτησαν τις συνέπειες των πυρκαγιών (καπνός και θολότητα) όπου επηρέασαν την υγεία του πληθυσμού της Ινδονησίας και γειτονικών κρατών. Στην Ινδονησία μεταξύ των 12.360.000 ανθρώπων που εκτέθηκαν στο σύννεφο καπνού υπολογίστηκε ότι περίπου οι 1.800.000 περιπτώσεις πάσχουν από συμπτώματα όπως βρογχικό άσθμα, βρογχίτιδα και οξεία λοίμωξη του αναπνευστικού. Το σύστημα υγείας της Σιγκαπούρη την χρονική περίοδο Αυγούστου- Νοεμβρίου το 1997 έδειξε αύξηση 30% σε πρόελευση ασθενών με συμπτώματα από το σύννεφο καπνού. Η εικόνα που ακολουθεί δείχνει τη ρύπανση πάνω από την Ινδονησία και τον Ινδικό Ωκεανό στις 22 Οκτωβρίου 1999. Με άσπρο χρώμα απεικονίζεται ο καπνός όπου παραμένει στην περιοχή της πυρκαγιάς και με τις διάφορες διαβαθμίσεις του γκρι απεικονίζεται η αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος-smog (μείγμα καπνού και ομίχλης, αιθαλομίχλη) όπου μεταφέρεται προς τα δυτικά από ανέμους με μεγάλο ύψος.



Εικόνα 6. Καπνός από δασικές πυρκαγιές στην Ινδονησία

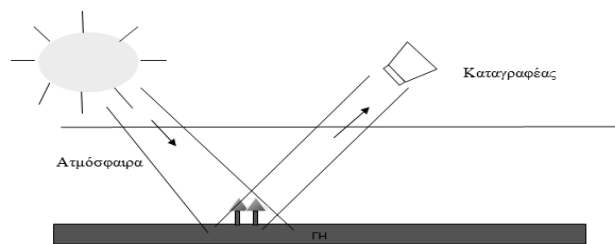
Πηγή WHO (*Atlas of Health and Climate*, 2012)

1.12 Τηλεπισκόπηση

Ως τηλεπισκόπηση κατά τον Αργιαλά (1999) νοείται:

«η επιστήμη και η τέχνη απόκτησης πληροφοριών για ένα αντικείμενο ή για μια περιοχή ή ένα φαινόμενο δια μέσου ανάλυσης δεδομένων τα οποία αποκτήθηκαν από συσκευή, η οποία όμως δεν έχει επαφή με το αντικείμενο, περιοχή ή φαινόμενο που επρόκειτο να ερευνηθεί. Η συλλογή και καταγραφή της ακτινοβολίας που ανακλάται καταγράφεται με τη μορφή ψηφιακών εικόνων από τηλεπισκοπικούς αισθητήρες που είναι ενσωματωμένοι στους δορυφόρους».

Συνεπώς, στοιχεία τηλεπισκόπησης είναι (Σχήμα 7). Ο ήλιος που αποτελεί τη πηγή ενέργειας, η ατμόσφαιρα, το αντικείμενο (δέντρο), η καταγραφή της ενέργειας από τον καταγραφέα, η μεταφορά, η υποδοχή, η επεξεργασία, η ερμηνεία και τέλος, η ανάλυση της.



Σχήμα 5. Στοιχεία τηλεπισκόπησης

Πηγή Καρτέρης, 1990

Σύμφωνα με τον Καρτέρη (1999) τα πλεονεκτήματα των δορυφορικών εικόνων ως πολύτιμο μέσω άντλησης πληροφορίας είναι:

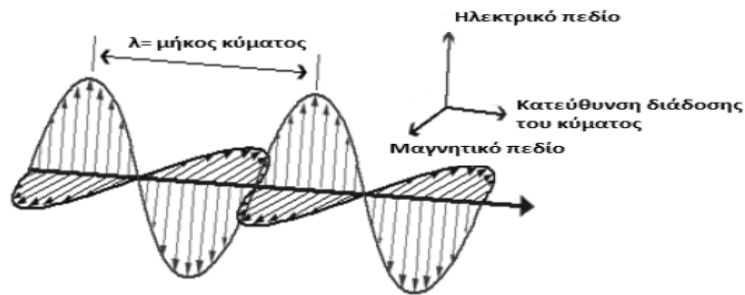
- ✓ Συνοπτική κάλυψη της επιφάνειας της γης
- ✓ Επαναλαμβανόμενη κάλυψη της γης
- ✓ Ψηφιακή μορφή δεδομένων
- ✓ Πολυφασματική μορφή δεδομένων
- ✓ Απόκτηση δεδομένων ελεύθερη
- ✓ Ομοιογένεια δεδομένων
- ✓ Ορθολογική κάλυψη

- ✓ Προσβασιμότητα
- ✓ Διακριτική ικανότητα κατά χώρο
- ✓ Ανάλυση διαχρονική
- ✓ Δυνατότητα δυναμικής επεξεργασίας
- ✓ Δυνατότητα συνδυασμού με άλλα δεδομένα
- ✓ Δυνατότητα συνδυασμού φασματικών διαύλων
- ✓ Δυνατότητα έγχρωμης και ψευδόχρωμης απόδοσης δεδομένων
- ✓ «Φωτογραφική» απόδοση
- ✓ Χωρική περιγραφική απόδοση
- ✓ Αναπαραγωγή εύκολη
- ✓ Υλικοτεχνική υποδομή & Χαμηλό κόστος

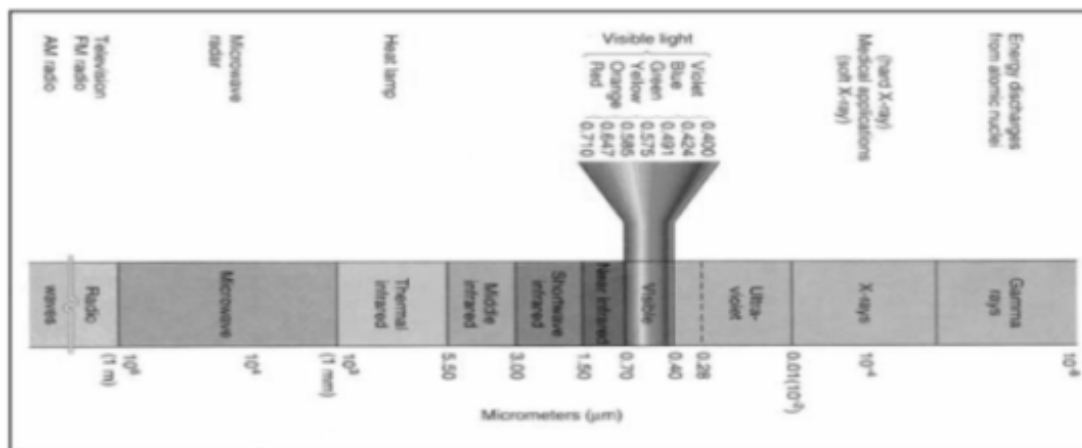
Ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Οι ιδιότητες του ηλεκτρομαγνητικού κύματος είναι (Κολοπτάς, 2013):

- ✓ Το μήκος κύματος λ (μετριέται σε μέτρα) και είναι η απόσταση μεταξύ των δυο κορυφών του δείγματος και
- ✓ Η συχνότητα ν (μετριέται σε Hertz) και είναι ο αριθμός των κυμάτων τα οποία διέρχονται από ένα σημείο σε ένα άλλο



Η συνολική ταξινόμηση των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων είτε με βάση τα μήκη κύματος είτε με βάση την συχνότητα ορίζεται ως ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (Λαζαρίδου, 2012). Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα αποτελείται από μήκη κύματος 0,1 μm - 100 mm και περιλαμβάνει το πεδίο ακτίνων γ , ακτίνες χ , υπεριώδεις ακτινοβολίες, το ορατό φως, η υπέρυθη ακτινοβολία, το μικροκυματικό και το ραδιοκυματικό πεδίο.

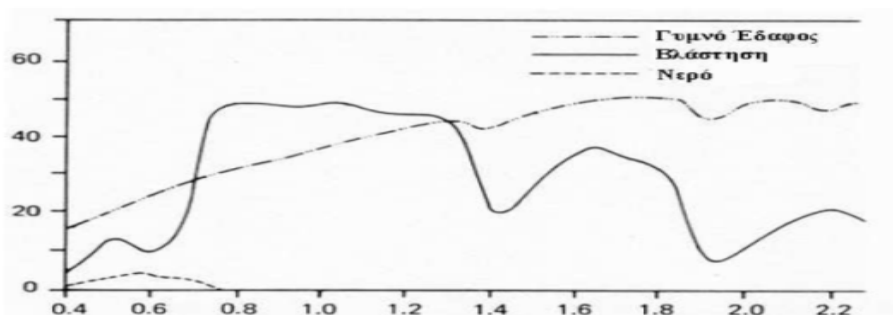


Εικόνα 7. Περιοχές φάσματος ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας

Πηγή Κοντός (2011)

Το ορατό τμήμα του φάσματος κυμαίνεται 0,4 – 0,7 μm . Το μπλε χρώμα είναι μεταξύ 0,4-0,5 μm , το πράσινο 0,5-0,6 μm , το κόκκινο 0,6-0,7 μm . Η υπεριώδεις βρίσκεται μετά το μπλε χρώμα. Στο τέλος του κόκκινου είναι το εγγύς υπέρυθρο, το μέσο υπέρυθρο και το θερμικό υπέρυθρο (Κοντός, 2011). Διαφορετικά υλικά

εκπέμπουν και διαφορετική ακτινοβολία αυτό γιατί για κάθε αντικείμενο η κατανομή της ανακλώμενης ακτινοβολίας στα διάφορα μήκη κύματος χαρακτηρίζεται από μια μοναδική καμπύλη (Ιερωνυμίδα, 2009). Κάθε αντικείμενο έχει τη δική του φασματική υπογραφή (Κολοπτάς, 2013). Η φσματική υπογραφή είναι το ποσό της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που ανακλάται από το κάθε αντικείμενο (Κολοπτάς, 2013). Η τηλεπισκόπηση μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της βλάστησης και τη σχέση της με το κλίμα (Keenan *et al.*, 2014 & Myneni *et al.*, 1997).

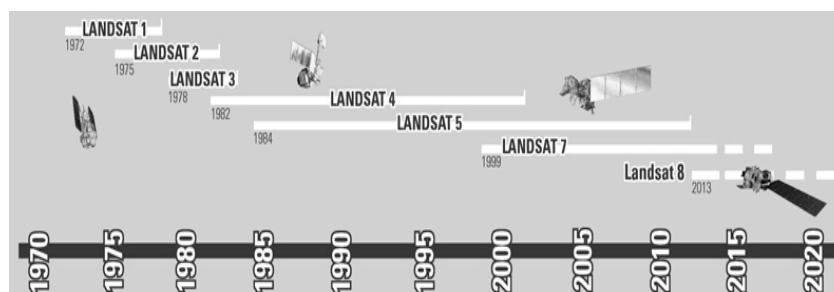


Διάγραμμα 12. Τυπικές καμπύλες φασματικής ανακλαστικότητας (Αργιαλάς, 2000)

Οι καμπύλες ανακλαστικότητας της υγιούς βλάστησης, του εδάφους και υδάτινων μαζών που παρουσιάζονται στο *Διάγραμμα 12* ερμηνεύονται ως εξής (Κοντός, 2011):

- ✓ Η ανακλαστικότητα της βλάστησης αυξάνεται καθώς κατευθυνόμαστε από το ορατό προς το εγγύς υπέρυθρο. Ενώ για μήκη κύματος μεγαλύτερα του 1,4μm η ανακλαστικότητα μειώνεται.
- ✓ Η καμπύλη ανακλαστικότητας του εδάφους έχει μικρότερες διακυμάνσεις
- ✓ Μεγαλύτερη απορροφητικότητα στην περιοχή του εγγύς υπέρυθρου και του υπέρυθρου παρουσιάζει το υδάτινο στοιχείο.

Οι δορυφόροι Landsat



Το πρώτο δορυφορικό σύστημα που τέθηκε σε ισχύ ήταν ο Landsat 1 εκτοξεύτηκε το 1972, το 1975 εκτοξεύεται ο Landsat 2 και ακολουθούν ο Landsat 3 το 1978, ο Landsat 4 το 1982, ο Landsat 5 το 1984, ο Landsat 7 το 1999 και τέλος ο 8 στις 11 Φεβρουαρίου 2013 (<http://landsat.usgs.gov>).

1.13 Αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνων

Μια νέα προσέγγιση στο πρόβλημα της ταξινόμησης τηλεπισκοπικών δεδομένων είναι η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνων. Στην αρχική εικόνα εφαρμόζονται διαδικασίες κατάτμησης, σύμφωνα με την οποία η εικόνα μετατρέπεται σε ένα σύνολο πρωτογενών αντικειμένων (Αργιαλάς & Τζώτσος, 2007). Σκοπός των αλγορίθμων κατάτμησης εικόνων είναι να παράγουν πρωτογενή αντικείμενα τα οποία μετέπειτα θα υποστούν διαδικασίες επεξεργασίας και ταξινόμησης από «έξυπνους» αλγόριθμους ή συστήματα στηριγμένα στη γνώση.

Η αντικειμενοστρεφής ανάλυση εικόνας (Object-Oriented Image Analysis) βασίζεται στην ανάλυση μιας εικόνας όπου η σημαντική πληροφορία για την προσέγγιση της φωτοερμηνείας δεν βρίσκεται στο επίπεδο των εικονοστοιχείων αλλά στο επίπεδο σημασιολογικών αντικειμένων της εικόνας και στις μεταξύ τους σχέσεις. Δηλαδή, το λογισμικό eCognition δεν ταξινομεί τα εικονοστοιχεία μιας εικόνας, αλλά πρωτογενή αντικείμενα που παράγονται κατά την κατάτμησή της.

Για την κατάτμηση των εικόνων χρησιμοποιείται ένας νέος αλγόριθμος που έχει τη δυνατότητα να παράγει ομοιογενή αντικείμενα σε διαφορετικές κλίμακες. Μετά την παραγωγή των αρχικών πρωτογενών αντικειμένων, στο eCognition υπάρχει ένα σύνολο εργαλείων για την αξιοποίηση των χαρακτηριστικών αυτών των αντικειμένων.

Η ταξινόμηση των αντικειμένων στη συνέχεια, μπορεί να πραγματοποιηθεί με δύο μεθόδους (ή συνδιασμός αυτών) (<https://mycourses.ntua.gr>)

- ✓ την μέθοδο του εγγύτερου γείτονα και
- ✓ την μέθοδο των συναρτήσεων συμμετοχής (κανόνων παραγωγής)

Μέσω της ιεραρχίας υλοποιείται μια αντικειμενοστρεφής αναπαράσταση των προς ταξινόμηση κατηγοριών και ταυτόχρονα, παρέχεται το λογικό πλαίσιο με βάση το οποίο θα πραγματοποιηθούν οι διαδικασίες κληροδότησης χαρακτηριστικών από ορισμένες γενικότερες κατηγορίες σε πιο ειδικές.

Αρχικό βήμα είναι η κατάτμηση της απεικόνισης δημιουργούνται έτσι αντικείμενα τα οποία θα ταξινομηθούν με κάποια κριτήρια (Κολοπτάς, 2013). Έτσι, μειώνεται η πολυπλοκότητά της εικόνας και υπάρχει μια αποτελεσματικότερη διαχείριση πληροφοριών. Υπάρχουν δυο αρχές κατάτμησης (Κολοπτάς, 2013):

- ✓ Η από κάτω προς τα πάνω όπου μικρά αντικείμενα ενώνονται με στόχο την δημιουργία μεγαλύτερων και,
- ✓ Η από πάνω προς τα κάτω όπου όπου το αντικείμενο υποδιαιρείται σε αρκετά μικρότερα.

Οι παράμετροι κατάτμησης είναι:

- ✓ Η **παράμετρος κλίμακας** (scale parameter). Αποτελεί έναν συντελεστή η παράμετρος του οποίου επηρεάζει το μέσο μέγεθος των αντικειμένων. Δηλαδή, όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή της παραμέτρου τόσο πιο μεγάλα θα είναι τα αντικείμενα που θα προκύψουν.

- ✓ Το κριτήριο **του χρώματος και του σχήματος** (color / shape). Τα δυο αυτά κριτήρια παίρνουν την τιμή 1. Βέβαια, όσο μεγαλύτερη τιμή παίρνει ο δείκτης σχήματος τόσο λιγότερο επηρεάζει τη δημιουργία αντικειμένων.
- ✓ Το κριτήριο **του συμπαγούς και της ομαλότητας** (compactness / smoothness). Καθορίζονται οι μορφές των αντικειμένων μετά την κατάτμηση της εικόνας.

Το δίκτυο ιεραρχίας είναι οι σχέσεις μεταξύ των διάφορων αντικειμένων και μπορεί να αποτελείται από διάφορα επίπεδα καθορίζονται έτσι οι σχέσεις των αντικειμένων με τα γειτονικά τους, τα υπο-αντικείμενα και τα υπερ-αντικείμενα. Συνήθως, στις υψηλότερες κατηγορίες βρίσκονται τα αντικείμενα μεγαλύτερου μεγέθους αλλά μικρότερης κλίμακας αντιθέτως, στις χαμηλότερες κατηγορίες βρίσκονται αντικείμενα μικρότερου μεγέθους με καλύτερη χωρική ανάλυση (Κολοπτάς, 2013). Επόμενο βήμα είναι η διαδικασία ταξινόμησης. Οι τρόποι ιεράρχησης των θεματικών κριτηρίων είναι α) κληροδότηση (inheritance) όπου υπάρχουν τα «parent classes» και οι «child classes» και β)ομαδοποίηση σε εννοιολογικές ομάδες (groups) τοποθετούνται όλες οι κατηγορίες μαζί έστω κι αν είναι διαφορετικές. Γίνεται κατηγοριοποίηση με το πώς εμφανίζετα:ι το αποτέλεσμα.

Η ταξινόμηση με τη χρήση δειγμάτων - Μέθοδος του εγγύτερου γείτονα. Εντοπίζονται οι θεματικές κατηγορίες έπειτα, ορίζονται κάποια δείγματα τα οποία σχετίζονται με αυτές τις κατηγορίες. Κατά τη διαδικασία της ταξινόμησης οι τιμές των ιδιοτήτων των αντικειμένων συγκρίνονται με τις τιμές των ιδιοτήτων των δειγμάτων και τα αντικείμενα ταξινομούνται σε κάποια κατηγορία, τα δείγματα της οποίας συνιστούν τον εγγύτερο γείτονα του κάθε αντικειμένου (Κολοπτάς, 2013).

Η ταξινόμηση με τη χρήση συναρτήσεως συμμετοχής ασαφούς λογικής. Η ανάθεση ή όχι ενός αντικειμένου σε μια θεματική κατηγορία με ένα δυαδικό τρόπο της μορφής «ναι» ή «όχι» (Gercek, 2010). Το μηδέν αντιστοιχεί στο «όχι» και το 1 στο «ναι». Οι συναρτήσεις συμμετοχής χαρακτηρίζονται από ένα αριστερό και δεξί όριο τιμών ασάφειας. Το αριστερό όριο σηματοδοτεί την μικρότερη τιμή ασάφειας και το δεξί την μέγιστη τιμή ασάφειας. Η μικρότερη τιμή ασάφειας είναι το όριο που ξεκινούν οι τιμές των αντικειμένων ενώ η μεγαλύτερη τιμή, είναι η τιμή που το αντικείμενο σταματά να έχει την ιδιότητα της περιγραφής (Κολοπτάς, 2013).

Λογισμικό eCognition

Στην παρούσα διπλωματική εργασία για την μελέτη δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και διάβρωσης χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα eCognition. Διατίθεται από την εταιρία DEFiNiENS Imaging GmbH (Μπαχλαβάς, 2011).

1.14 Μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης μετά από δασικές πυρκαγιές

Στην παρούσα εργασία έγινε χρήση της αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης εικόνων (με το λογισμικό *ecognition*) που στόχο την πλήρη καταγραφή της βλάστησης πριν και μετά τη δασική πυρκαγιά. Καθώς επίσης και την εφαρμογή, μελέτη και βελτίωση ενός συγκεκριμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης για την καμένη δασική περιοχή. Ως υπόβαθρο για το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε η μελέτη των *Rokos et al.*, (2004) όπου περιγράφεται η δυνατότητα φυσικής αναγέννησης και ο κίνδυνος εδαφικής διάβρωσης μετά από πυρκαγιές στην περιοχή της Μεσογείου. Στην προαναφερθείσα μελέτη εφαρμόστηκε μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης το οποίο περιλαμβάνει τους παρακάτω δυο κανόνες. Ο πρώτος κανόνας, ο οποίος κάνει πρόβλεψη για τη δυνατότητα φυσικής αναγέννησης, λαμβάνει υπόψη το βάθος εδάφους και τη κλίση της πλαγιάς και δίνει **5 κλάσεις της δυνατότητας φυσικής αναγέννησης (Πίνακας 6)**. Η λογική στην οποία έχει βασιστεί ο κανόνας εδράζεται στο γεγονός ότι:

- ✓ Τα βαθιά εδάφη έχουν πυκνότερη και υψηλότερη βλάστηση από ότι τα ρηχά. Η προέλευση του πετρώματος (γεωλογική επιφάνεια) έμμεσα εκδηλώνεται μέσα από το βάθος του εδάφους.
- ✓ Η βλάστηση σε περιοχές με έκθεση στο Νότο είναι συνήθως αραιότερη και κοντότερη από ότι η αντίστοιχη βλάστηση σε περιοχές με βόρεια έκθεση. Αυτό εξηγείτε λόγω του ότι οι νότιες πλαγιές λαμβάνουν μεγαλύτερο ποσό ηλιακής ακτινοβολίας και για αυτό τείνουν να είναι ξηρότερες.

Soil depth	Aspect	Natural regeneration potential
>30cm	North	No Limitation
>30cm	South	Slight Limitation
5-30cm	North	Slight Limitation
5-30cm	South	Moderate Limitation
<5cm	North	Strong Limitation
<5cm	South	Severe Limitation

Πίνακας 6. Κλάσεις δυνατότητας φυσικής αναγέννησης

Στο συγκεκριμένο μοντέλο δεν υπολογίζονται οι καιρικές συνθήκες (κυρίως η βροχόπτωση) που επηρεάζουν την αναγέννηση και τη διάβρωση κατά τη διάρκεια της βροχής. Ακόμη, δεν έχει ληφθεί υπόψη ο ανθρώπινος παράγοντας, κυρίως η υπερβόσκηση.

Ο δεύτερος κανόνας περιλαμβάνει 3 παράγοντες (βάθος εδάφους, διαπερατότητα εδάφους, κλίση) και ορίζει 5 κατηγορίες εδαφικής διάβρωσης (Πίνακας 7) στηριζόμενος στις παρακάτω παραδοχές:

- ✓ Εδάφη με διαπερατό πέτρωμα είναι λιγότερο ευαίσθητα στη διάβρωση από ότι εδάφη με αδιαπέραστο πέτρωμα. Τα βαθιά εδάφη εξαιτίας της δυνατότητας που έχουν να αποθηκεύουν περισσότερο νερό είναι λιγότερο ευαίσθητα στη διάβρωση από ότι πλαγιές σε σκιά.
- ✓ Ο κίνδυνος διάβρωσης είναι μεγαλύτερος σε πλαγιές που είναι απότομες από ότι σε πλαγιές που είναι επίπεδες.

Permeability	Soil depth	Slope (%)	Soil erosion risk
Bare rocks	-	-	No - Slight
Permeable	>30cm	<20	No - Slight
Permeable	>30cm	>21	Slight
Permeable	5-30cm	<20	Slight
Permeable	5-30cm	>21	Moderate
Impermeable	>30cm	<20	Slight
Impermeable	>30cm	21-40	Moderate
Impermeable	>30cm	>41	High
Impermeable	5-30cm	<20	High
Impermeable	5-30cm	>21	Very High

Πίνακας 7. Κλάσεις εδαφικής διάβρωσης

Στο παραπάνω μοντέλο επίσης δεν έχουν ληφθεί υπόψη οι καιρικές συνθήκες (κυρίως η βροχόπτωση). Στην πραγματικότητα το παραπάνω μοντέλο είναι μία παραλλαγή του **Universal Soil Loss Equation (USLE)**. Το USLE είναι ένα μαθηματικό μοντέλο που περιγράφει τη διάβρωση των εδαφών, το οποίο ωστόσο εφαρμόζεται κυρίως για περιοχές καλλιεργειών. Το USLE αποτελείται από έξι παράγοντες όπου προβλέπεται μακροπρόθεσμα η μέση ετήσια απώλεια εδάφους (A). Η εξίσωση περιλαμβάνει τη βροχόπτωση (R), το συντελεστή επιφανειακής απορροής (K), οι τοπογραφικές παράγοντες (L και S) και οι παράγοντες της διαχείρισης καλλιεργειών (C και P). Η εξίσωση παίρνει την μορφή:

$$A = RKLSCP$$

2. Μεθοδολογία

2.1 Δεδομένα για την περιοχή μελέτης

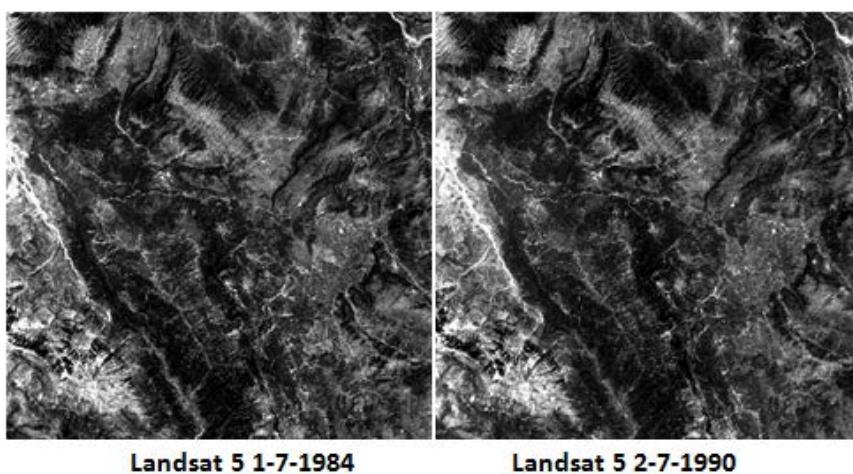
Δορυφορικές εικόνες

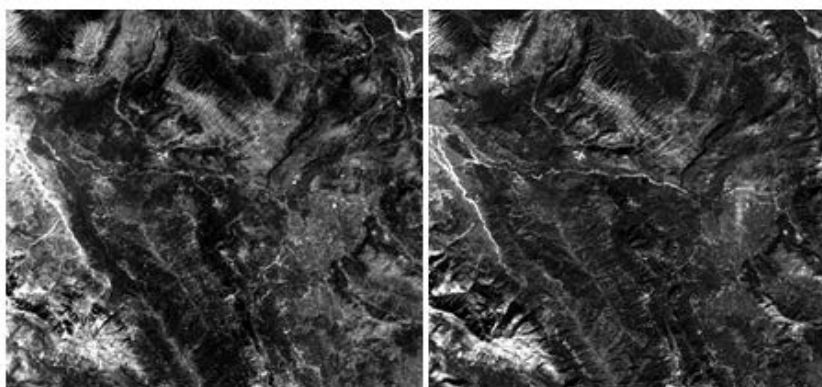
Μέσω της Τηλεπισκόπησης δύναται η δυνατότητα για μια καλύτερη παρακολούθηση της περιοχής και συνεπώς και προστασίας των καμένων εκτάσεων. Για την περιοχή μελέτης έγινε χρήση δορυφορικών εικόνων Landsat . Οι δορυφορικές εικόνες που επιλέχθηκαν για την περιοχή μελέτης δίνονται στον παρακάτω πίνακα. Συλλέχθηκαν από την ιστοσελίδα της υπηρεσίας USGS (United States Geological Survey) glovis.usgs.gov.

Εικόνα	Ημερομηνία
Landsat 5	01/07/1984
Landsat 5	02/07/1970
Landsat 5	18/10/2006
Landsat 7	22/08/2000
Landsat 7	25/10/2000
Landsat 7	06/06/2001
Landsat 8	19/09/2013

Πίνακας 8. Εικόνες Landast και ημερομηνίες για την περιοχή μελέτης

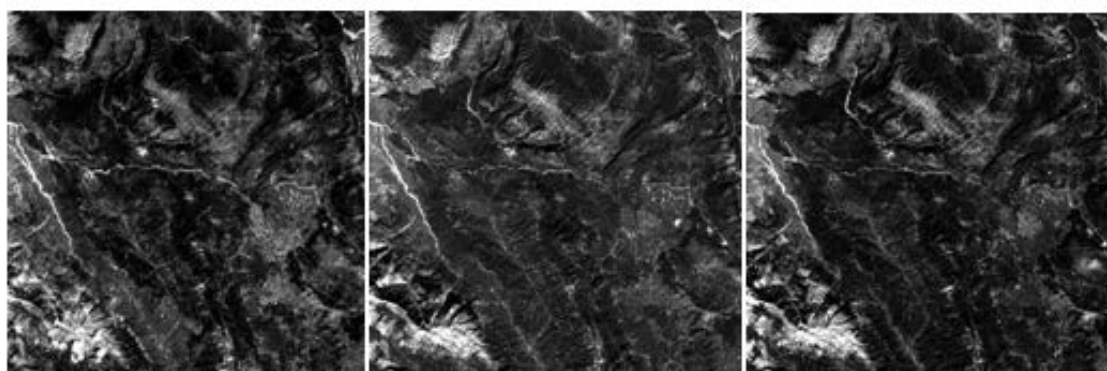
Πηγή www.glovis.usgs.gov





Landsat 7 22-8-2000

Landsat 7 25-10-2000



Landsat 7 6-6-2001

Landsat 5 18-10-2006

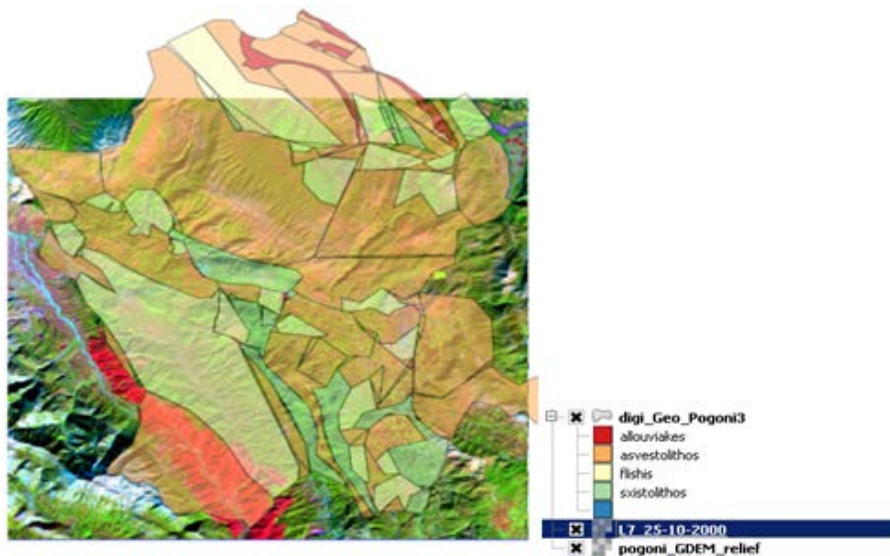
Landsat 8 19-3-2013

Όλες οι εικόνες έχουν κοπεί στο όριο της περιοχής και δεν συμπεριλαμβάνουν το θερμικό κανάλι. Έτσι, στα παρακάτω εδάφια η αντιστοίχιση των καναλιών είναι:

Κανάλι 1: Μπλε
Κανάλι 2: Πράσινο
Κανάλι 3: Κόκκινο
Κανάλι 4: Εγγύς υπέρυθρο
Κανάλι 5: Μέσο -1 υπέρυθρο
Κανάλι 7: Μέσο-2 υπέρυθρο

Λιθολογικός χάρτης

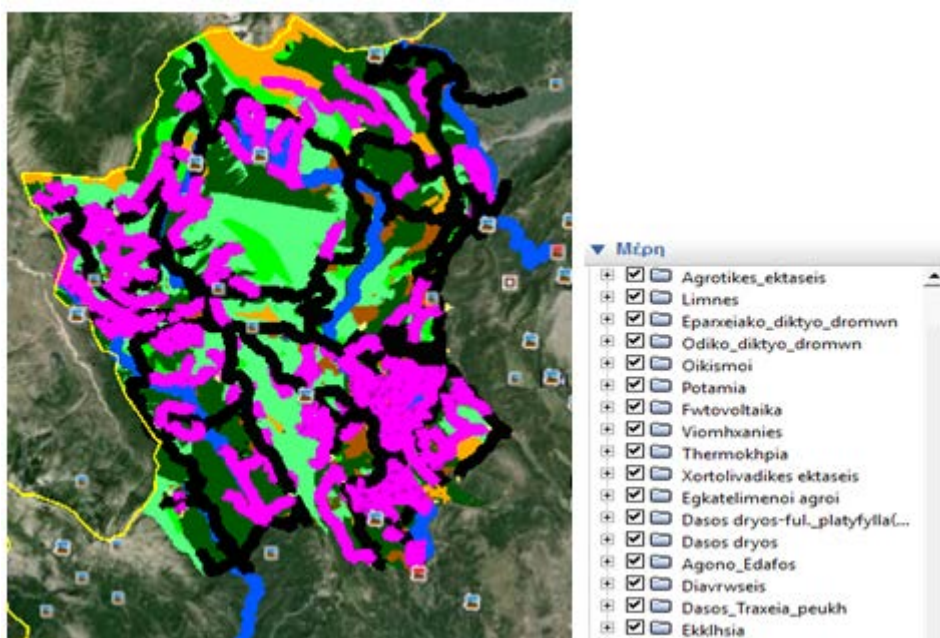
Ψηφιοποιήθηκε (Σταμπουλίδης 2014) και εισήχθει στο λογισμικό recognition ο λιθολογικός χάρτης της περιοχής του Δήμου Πωγωνίου.



Χάρτης 5. Λιθολογικός χάρτης του Δήμου Πωγωνίου

Πηγή Σταμπουλίδης (2014) και ίδια επεξεργασία

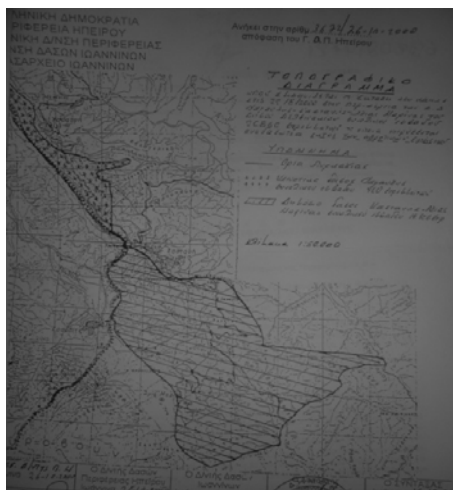
Λαμβάνοντας υπόψη τον δασικό χάρτη πραγματοποιήθηκε επιτόπια έρευνα στο Δήμο Πωγωνίου. Επίσης, έγινε φωτοερμηνεία της περιοχής ώστε να δοθεί η δυνατότητα να παρθούν οι περιοχές εκπαίδευσης και ελέγχου.



Χάρτης 6. Ψηφιοποίηση του Δήμου Πωγωνίου

Δασικός χάρτης

Μετά από επίσκεψη στη Δ/ση Δασών Ιωαννίνων αποκτήθηκε ο παρακάτω χάρτης (Χάρτη 7) ο οποίος εμφανίζει την έκταση που κάηκε στις 20/8/2000. Σύμφωνα με τον συντάκτη Δασοπόνο Μάνθο Παππά απεικονίζεται η καμένη περιοχή σε κλίμακα 1:50.000 η οποία έχει κηρυχθεί αναδασωτέα (στις 3/11/2000) με σκοπό να επανέλθει στην προτέρα της κατάσταση με φυσική ή τεχνητή αναδάσωση.

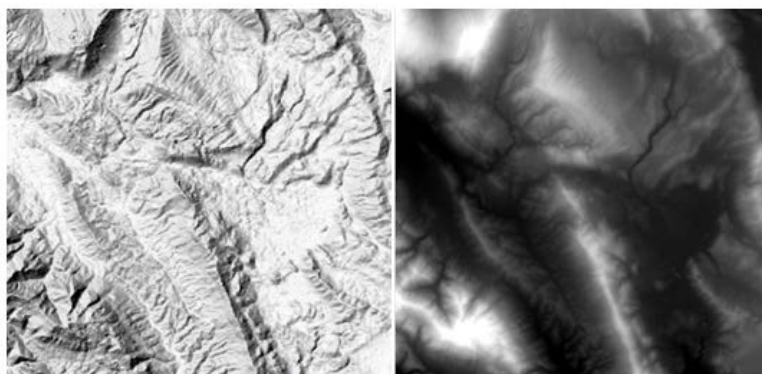


Χάρτης 7. Τοπογραφικό διάγραμμα καμένης περιοχής

Πηγή Δ/ση Δασών Ιωαννίνων, συντάκτης Μ. Παππάς

Ψηφιακό μοντέλο εδάφους

Χρησιμοποιήθηκε το ψηφιακό μοντέλο εδάφους ASTER_GDEM. Η πρώτη version κυκλοφόρησε στις 26 Ιουνίου 2009 ενώ η 2^η κυκλοφόρησε στις 17 Οκτωβρίου 2011. Δημιουργήθηκε και τέθηκε στη διάθεση του κοινού από το Υπουργείο Οικονομίας, Εμπορίου και Βιομηχανίας (ΜΕΤΙ) της Ιαπωνίας και της NASA. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό των κλίσεων και των προσανατολισμών στην περιοχή μελέτης (www.ispacesystems.or.jp)

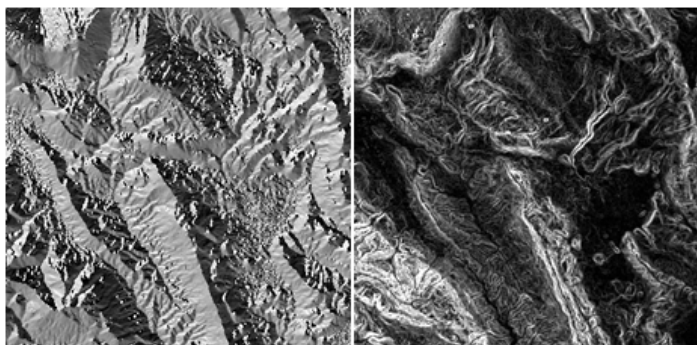


Εικόνα 8. Ψηφιακό μοντέλο εδάφους

2.2 Προεπεξεργασία δεδομένων

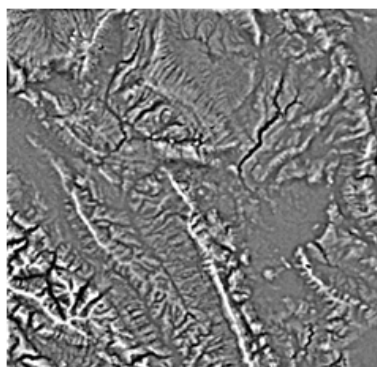
2.2.1 Προεπεξεργασία ψηφιακού μοντέλου εδάφους

Υπολογίστηκαν οι χάρτες κλίσεων (slope) και προσανατολισμών (aspect) με τη χρήση του λογισμικού **Ermapper**. Οι χάρτες αυτοί είναι απαραίτητοι για την εφαρμογή των μοντέλων.



Εικόνα 9. Χάρτες κλίσεων και προσανατολισμών

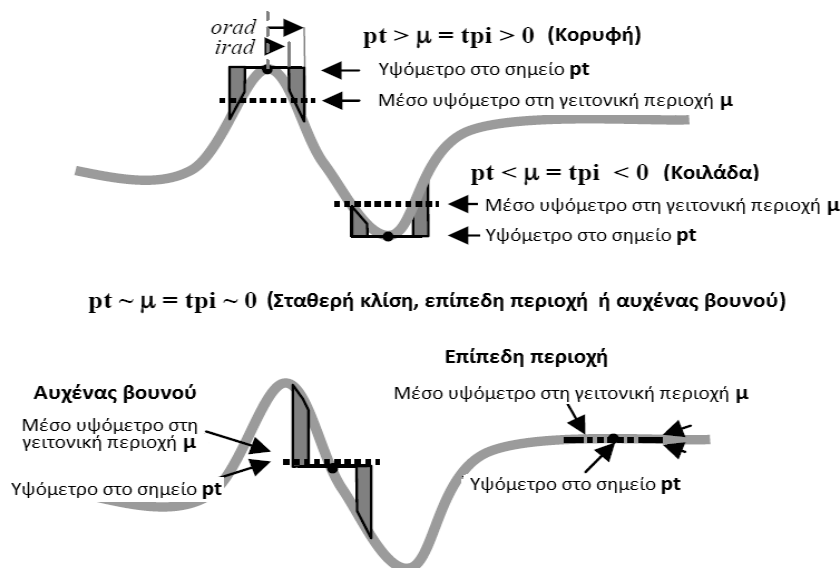
Επίσης υπολογίστηκε ο δείκτης τοπογραφικής θέσης (Topographic position index-TPI) ο οποίος όπως περιγράφεται παρακάτω χρησιμοποιείται για τη βελτίωση του μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης.



Εικόνα 10. Δείκτης τοπογραφικής θέσης (TPI) για τη περιοχή μελέτης

Ο δείκτης τοπογραφικής θέσης (Topographic Position Index), συγκρίνει το υψόμετρο κάθε εικονοστοιχείου του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, με το μέσο υψόμετρο μιας συγκεκριμένης περιοχής γύρω από το εικονοστοιχείο. Θετικές τιμές του δείκτη τοπογραφικής θέσης, αναπαριστούν περιοχές οι οποίες έχουν μεγαλύτερο υψόμετρο από το μέσο υψόμετρο των γειτονικών τους περιοχών και χαρακτηρίζονται ως κορυφές, ενώ αρνητικές τιμές του δείκτη τοπογραφικής θέσης, αναπαριστούν περιοχές οι οποίες βρίσκονται σε μικρότερο υψόμετρο σε σχέση με το υψόμετρο των γειτονικών τους περιοχών και χαρακτηρίζονται ως κοιλάδες.

Περιοχές όπου η τιμή του δείκτη τοπογραφικής θέσης είναι κοντά στο μηδέν, είτε είναι επίπεδες περιοχές, εάν η κλίση είναι κοντά στο μηδέν, είτε είναι περιοχές σταθερής κλίσης, αν η κλίση είναι αρκετά μεγαλύτερη από το μηδέν. (Καλαματάς, 2014).



Εικόνα 11. Δείκτης τοπογραφικής θέσης (TPI)

2.2.2 Υπολογισμός δεικτών βλάστησης

Δείκτης βλάστησης

Ο δείκτης βλάστησης χρησιμοποιείται ως ένα βοηθητικό στοιχείο για τη χαρτογράφηση της βλάστησης (Οικονομάκης, 2008). Σύμφωνα με τους Gibson & Power (2000) η σπουδαιότητα των δεικτών βλάστησης οφείλεται στην δυνατότητα που δίνεται ώστε παραδείγματος χάριν να παρατηρείται η βλάστηση σε όλες τις εποχές του χρόνου.

Modified Soil-adjusted Vegetation Index (MSAVI & MSAVI₂)

Ο MSAVI και αργότερα ο αναθεωρημένος MSAVI₂ είναι δείκτες βλάστησης όπου σκοπεύουν να αντιμετωπίσουν μερικούς περιορισμούς του NDVI. Το πρόβλημα με τον SAVI είναι ότι απαιτεί τον προσδιορισμό του L (= soil-brightness correction factor) μέσω δοκιμών με βάση την ποσότητα της βλάστησης στην περιοχή μελέτης. Οι Qi *et al.*, (1994a) ανέπτυξαν τον MSAVI και αργότερα το MSAVI₂ (Qi *et al.*, 1994b) υπολογίζοντας έναν παράγοντα διόρθωσης της φωτεινότητας του εδάφους.

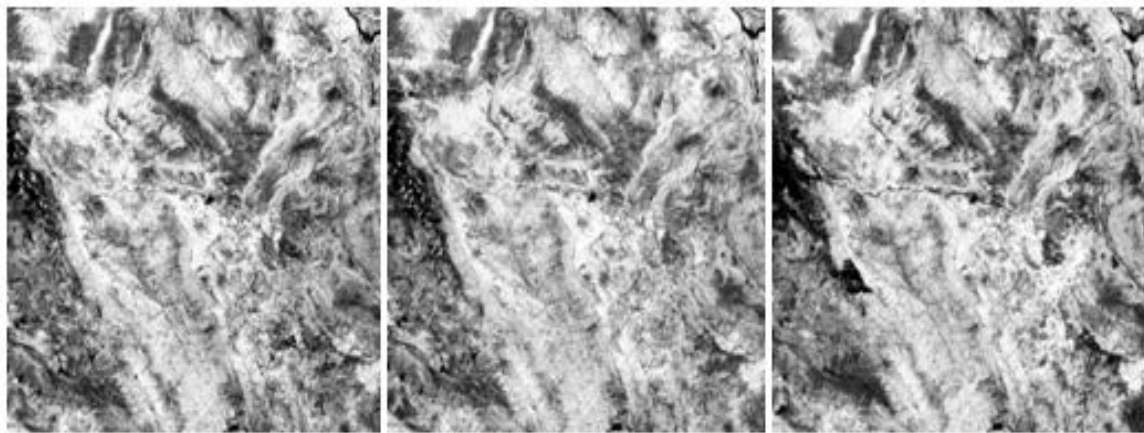
$$MSAVI = \frac{(NIR - RED)(1 + L)}{NIR + RED + L} \quad L = 1 - \frac{2 * s * (NIR - RED) * (NIR - s * RED)}{(NIR + RED)}$$

ΚΑΙ

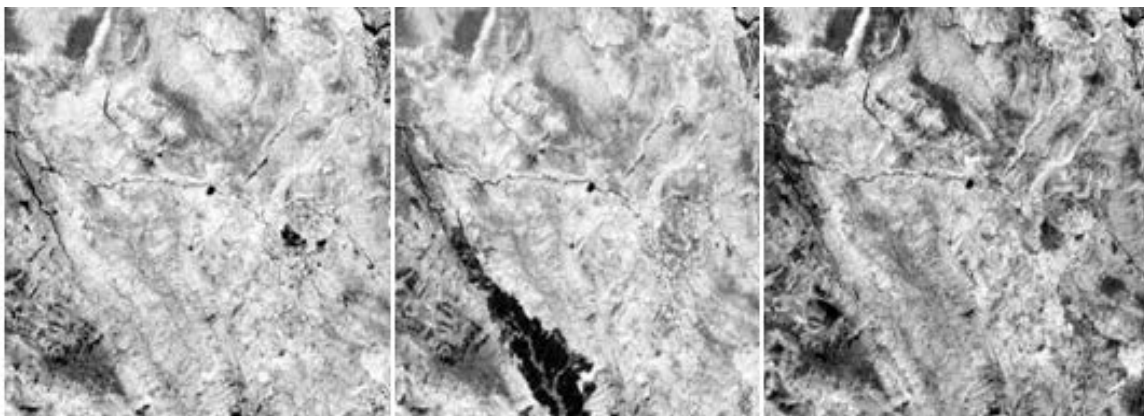
$$MSAVI_2 = \frac{(2 * NIR + 1 - \sqrt{(2 * NIR + 1)^2 - 8 * (NIR - RED)})}{2}$$

NIR=ψηφιακές τιμές του εικονοστοιχείου στο εγγύς υπέρυθρο κανάλι

RED=ψηφιακές τιμές του εικονοστοιχείου στο κόκκινο κανάλι



MSAVI2 01/07/1984 (α) MSAVI2 02/07/1990 (β) MSAVI2 22-8-2000 (γ)



MSAVI2 25-10-2000 (δ) MSAVI2 18-10-2006 (ε) MSAVI2 19-3-2013(στ)

Εικόνα 12. MSAVI2 (α), (β), (γ), (δ), (ε), (στ)

2.2.3 Δημιουργία προσεγγιστικού χάρτη βάθους εδάφους

Δεδομένου ότι δεν υπάρχει χάρτης βάθους εδάφους για την περιοχή, για τη δημιουργία ενός προσεγγιστικού χάρτη στηριχθήκαμε στην εξής παραδοχή:

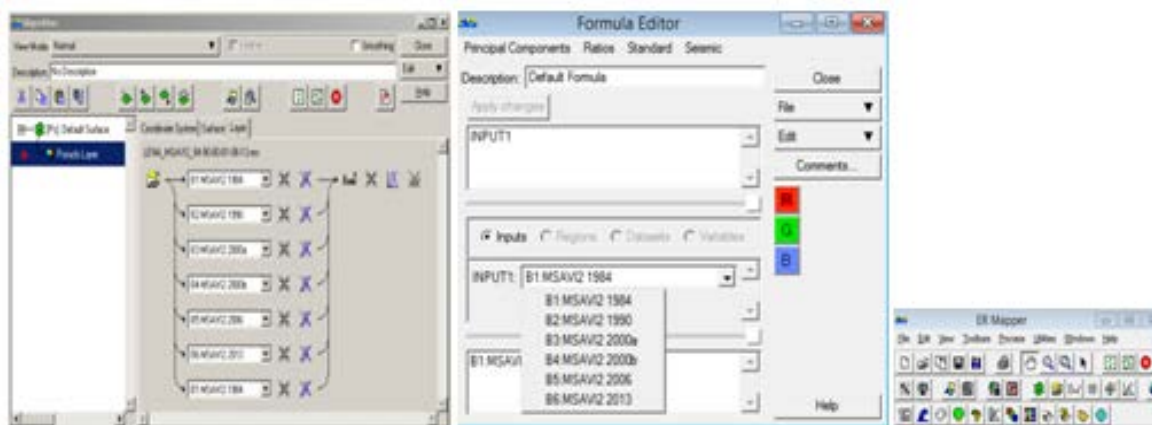
Όταν υπάρχει πυκνή και υψηλή βλάστηση τότε έχουμε μεγάλο βάθος εδάφους ενώ όσο έχουμε πιο αραιή και κοντή βλάστηση το βάθος εδάφους μειώνεται. Στηριζόμενοι στον δείκτη βλάστησης MSAVI2 πραγματοποιήθηκε η ακόλουθη αντιστοίχιση :

- ✓ Καθόλου ή πολύ αραιή βλάστηση αντιστοιχεί σε μικρό βάθος εδάφους
- ✓ Μέσης πυκνότητας βλάστηση αντιστοιχεί σε μέσο βάθος εδάφους
- ✓ Πυκνή βλάστηση αντιστοιχεί σε μεγάλο βάθος εδάφους

Επίσης, για να επαλειφθούν τυχόν διακυμάνσεις της βλάστησης ο οποίες οφείλονται σε εξωγενείς παράγοντες (πχ φωτιές, βόσκηση) δεν χρησιμοποιήθηκε ο MSAVI2 για μια συγκεκριμένη εποχή αλλά ο maxMSAVI2 σε βάθος περίπου τριακονταετίας.

Επιπλέον, οι εικόνες που χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του MSAVI2 έχουν ληφθεί σε καλοκαιρινούς μήνες για να αποφευχθούν παραπλανητικά υψηλές τιμές του MSAVI2 που πιθανόν οφείλονται σε αγριόχορτα.

Ο υπολογισμός του MSAVI2 έγινε στο πρόγραμμα ERMapper και για να αποφευχθούν οι πραγματικοί αριθμοί και να αποθηκευτεί η εικόνα σε 8 bit αρχείο οι τιμές πολλαπλασιάστηκαν επί 100.

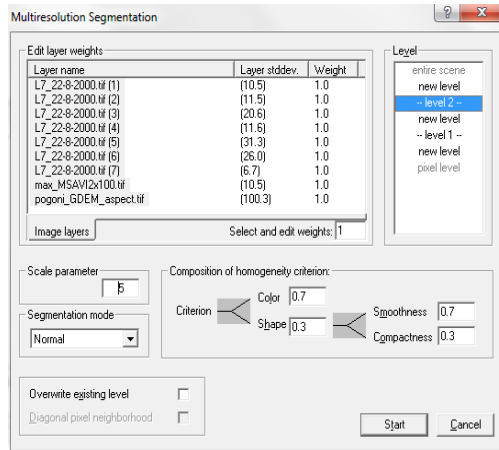


Εικόνα 13. Υπολογισμός maxMSAVI2 (για όλα τα έτη)

Η υλοποίηση στο πρόγραμμα ecognition έχει ως εξής:

Στο **level 1** (θεματικό επίπεδο 1) πραγματοποιήθηκε κατάτμηση με βάση την εικόνα Landsat 7 της 22/08/2000. Η κλίμακα (*scale parameter*) που έχει οριστεί είναι **5**. Τα δομικά στοιχεία του κριτηρίου ομοιογένειας που τέθηκαν ήταν τα ακόλουθα:

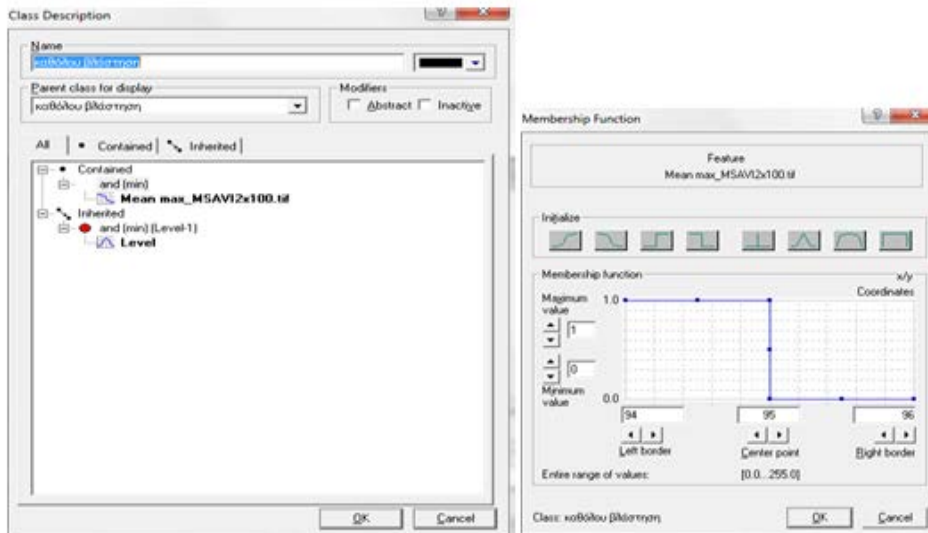
Το χρώμα (*color*) είναι **0,7** και το σχήμα (*shape*) **0,3**. Επιπλέον, όσον αφορά τα σχήματα, η ομαλότητα των ορίων (*smoothness*) ορίστηκε ως **0,7** και η συμπαγότητα των σχημάτων (*compactness*) ως **0,3**.



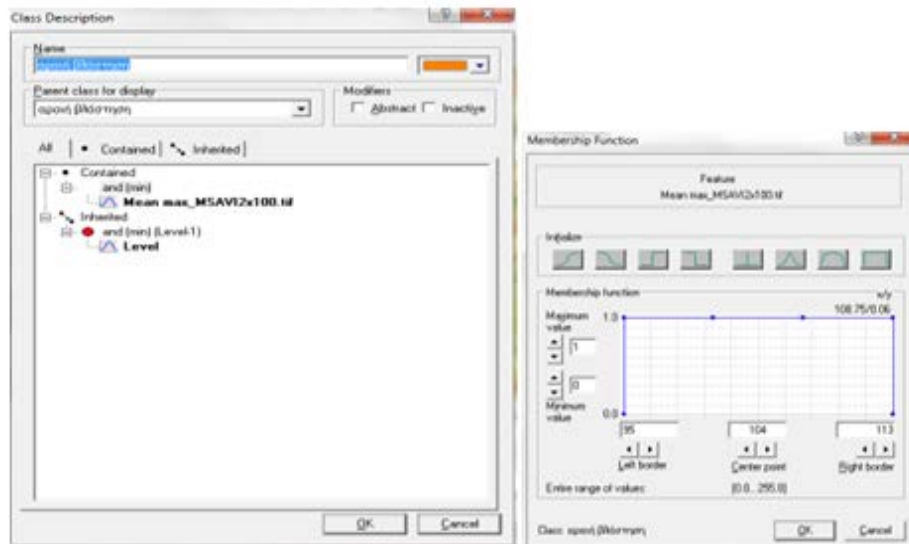
Μετά από εκτεταμένο φωτοερμηνευτικό έλεγχο της περιοχής μελέτης τέθηκαν τα εξής όρια:

- ✓ $\max\text{MSAVI2} \leq 95$ σημαίνει καθόλου βλάστηση (μικρό βάθος εδάφους)
- ✓ $95 < \max\text{Msavi2} \leq 113$ σημαίνει αραιή βλάστηση (μικρό βάθος εδάφους)
- ✓ $113 < \max\text{MSAVI2} \leq 123$ σημαίνει μέση πυκνότητα βλάστησης (μεσαίο βάθος εδάφους)
- ✓ $\max\text{MSAVI2} > 123$ σημαίνει μεγάλη πυκνότητα βλάστησης (μεγάλο βάθος εδάφους)

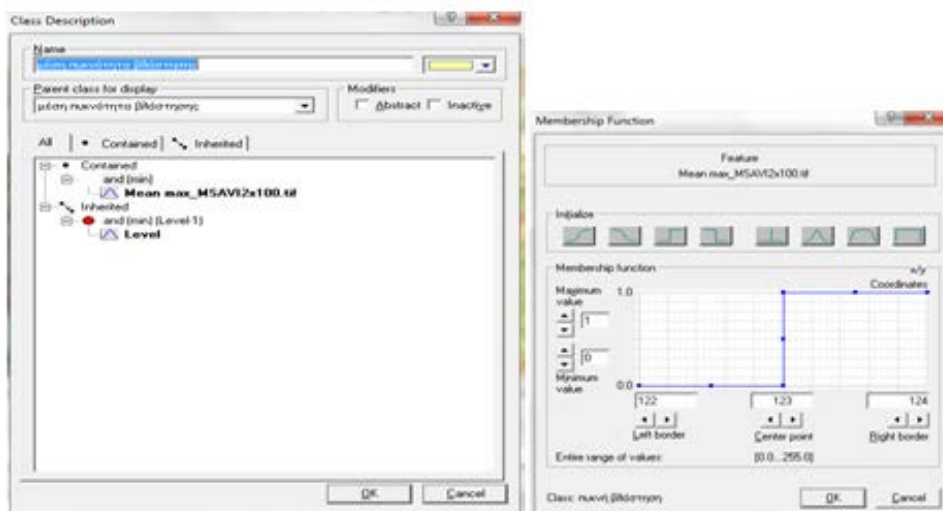
Παρακάτω παρουσιάζονται οι κανόνες οι οποίοι έχουν εισαχθεί στο λογισμικό ecognition για τον παραπάνω σκοπό.



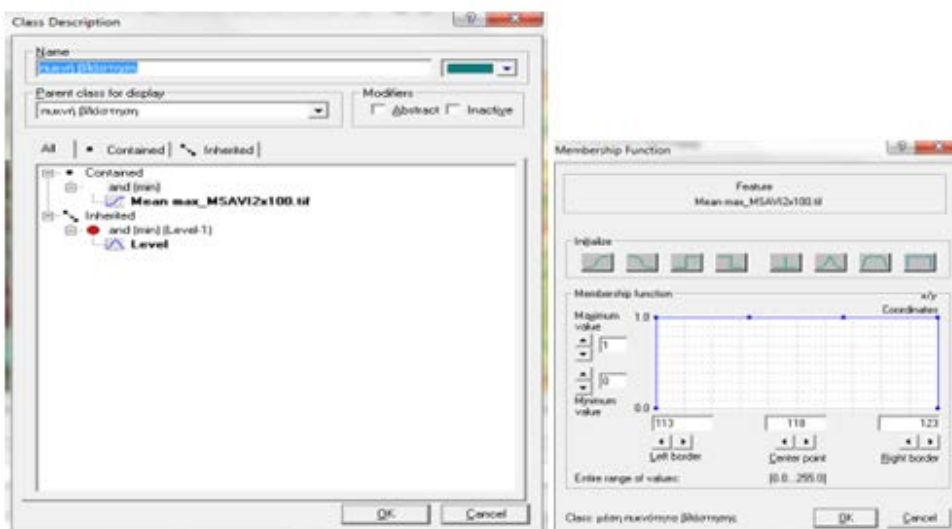
Εικόνα 14. Πλαίσιο διαλόγου "Καθόλου βλάστηση"



Εικόνα 15. Πλαίσιο διαλόγου "Πυκνή βλάστηση"



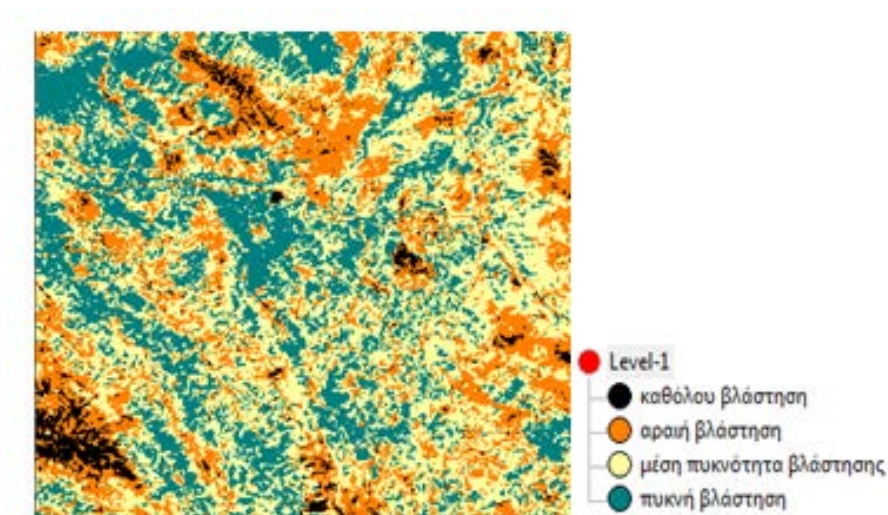
Εικόνα 16. Πλαίσιο διαλόγου "Μέση πυκνότητα βλάστησης"



Εικόνα 17. Πλαίσιο διαλόγου "Πυκνή βλάστηση"

Δημιουργήθηκαν έτσι οι εξής θεματικές κατηγορίες:

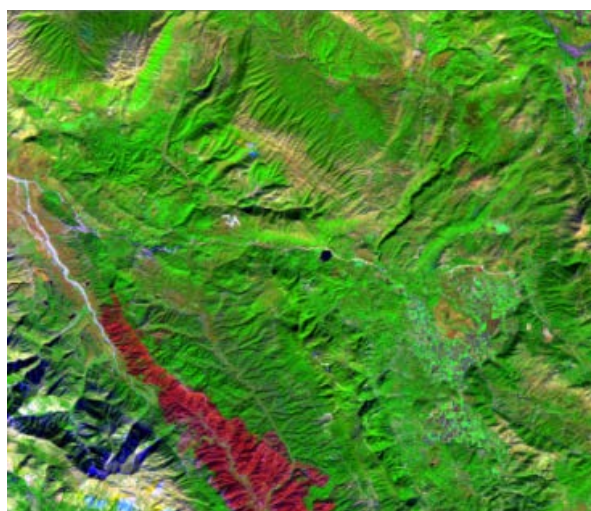
- ✓ **Καθόλου βλάστηση** → που αντιστοιχεί σε «Μικρό βάθος εδάφους»
- ✓ **Αραιή βλάστηση** → που αντιστοιχεί σε «Μικρό βάθος εδάφους»
- ✓ **Μέση πυκνότητα βλάστησης** → που αντιστοιχεί σε «Μέσο βάθος εδάφους»
- ✓ **Πυκνή βλάστηση** → που αντιστοιχεί σε «Μεγάλο βάθος εδάφους»



Εικόνα 18. Βάθος εδάφους

2.3 Εντοπισμός της καμένης περιοχής

Ο εντοπισμός και η οριοθέτηση της καμένης περιοχής πραγματοποιήθηκε με χρήση της εικόνας Landsat 7 της 25/10/2000 , η οποία είναι η πρώτη αξιοποιήσιμη εικόνα μετά την πυρκαγιά.



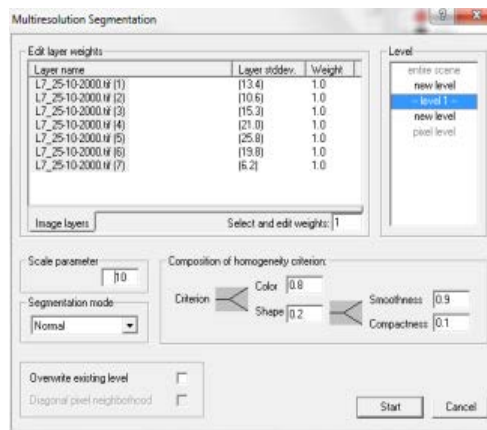
Εικόνα 19. Εικόνα Landsat 7 της 25/10/2000

Ο εντοπισμός της καμένης περιοχής βασίστηκε στο λόγο swir-2/nir οποίος αναδεικνύει πολύ υψηλές τιμές τις καμένης δασικής περιοχής. Καθώς τα υπολείμματα της καύσης έχουν πολύ υψηλή ανακλαστικότητα στα μικροκυματικά υπέρυθρα κανάλια (ο αριθμητής είναι μεγάλος) ενώ η απουσία βλάστησης μετά την πυρκαγιά συνεπάγεται μικρές τιμές στο εγγύς υπέρυθρο (ο παρανομαστής είναι πολύ μικρός).

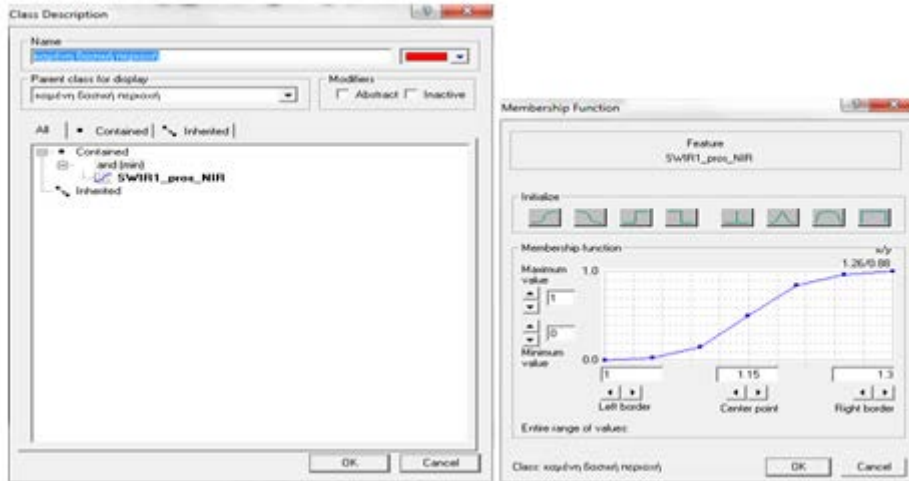
Η υλοποίηση στο *ecognition* έγινε ως εξής:

Στο **level 1** (θεματικό επίπεδο 1) πραγματοποιήθηκε κατάτμηση με βάση την εικόνα Landsat 7 της 25/10/2000.

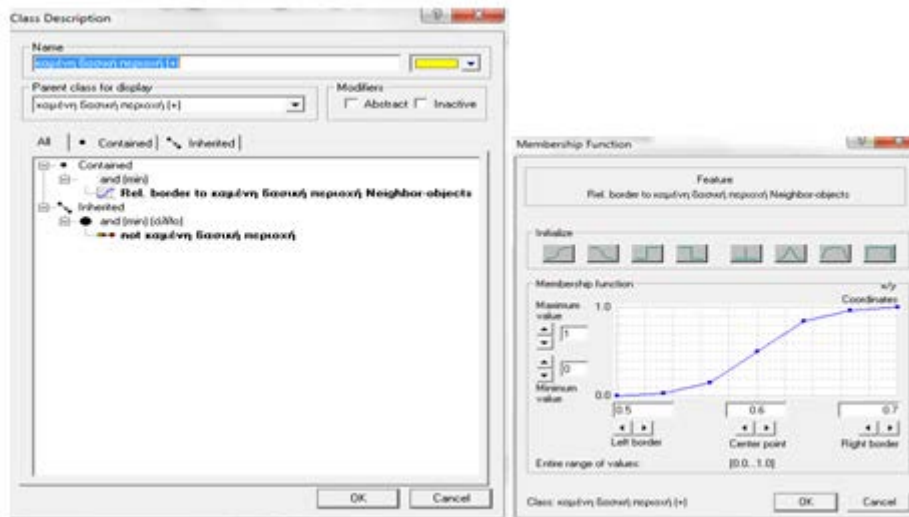
Η κλίμακα (*scale parameter*) που έχει οριστεί είναι **10**. Τα δομικά στοιχεία του κριτηρίου ομοιογένειας που τέθηκαν ήταν τα ακόλουθα: Το χρώμα (*color*) είναι **0,8** και το σχήμα (*shape*) **0,2**. Επιπλέον, όσον αφορά τα σχήματα η ομαλότητα των ορίων (*smoothness*) ορίστηκε ως **0,9** και η συμπαγότητα των σχημάτων (*compactness*) ως **0,1**.



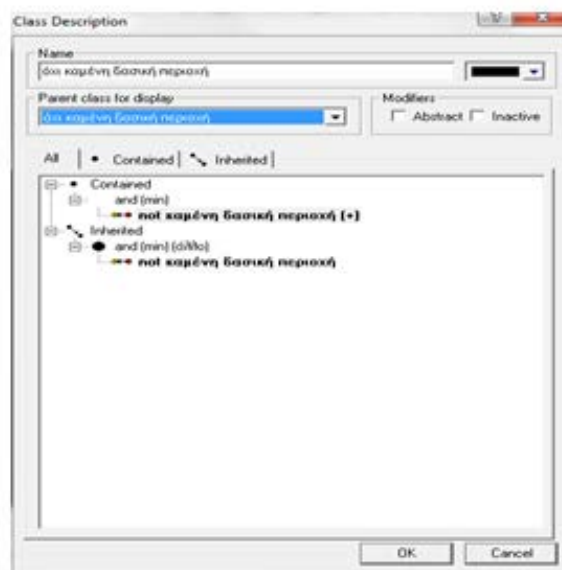
Για τον προσδιορισμό της περιοχής δημιουργήθηκαν δυο κατηγορίες. Η πρώτη είναι η «**καμένη δασική περιοχή**» όπου απεικονίζεται με κόκκινο χρώμα και προκύπτει από το λόγο SWIR/NIR, η δεύτερη «**άλλο**» απεικονίζεται με μαύρο χρώμα. Στην περίπτωση «**άλλο**» δημιουργήθηκαν οι υπό-κατηγορίες η «**καμένη δασική περιοχή +**» απεικονίζεται με κίτρινο χρώμα και περιλαμβάνει τις περιοχές οι οποίες θα έπρεπε να έχουν συμπεριληφθεί στην κατηγορία «**καμένη δασική περιοχή**» καθώς είναι μικρές και περιβάλλονται πλήρως από αυτήν, και τέλος, η «**όχι καμένη δασική περιοχή**» απεικονίζεται με μαύρο χρώμα.



Εικόνα 20. Πλαίσιο διαλόγου "καμένη δασική περιοχή" (κατωφλίωση του λόγου swir-2/nir)

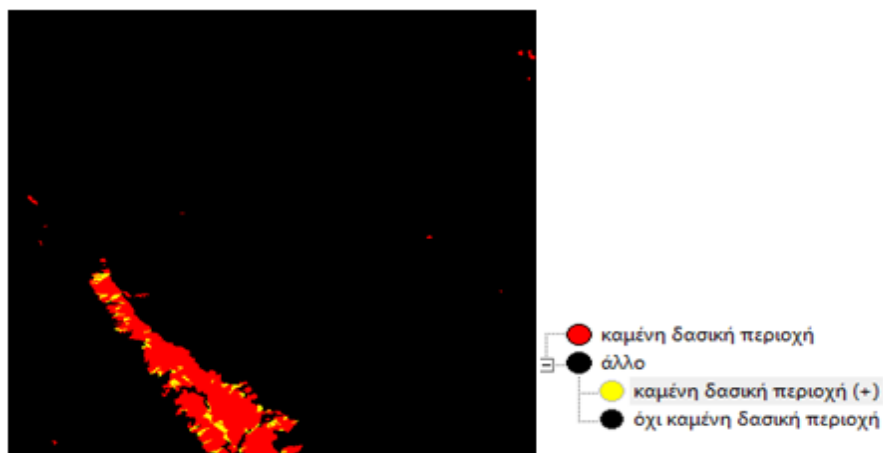


Εικόνα 21. Πλαίσιο διαλόγου "καμένη δασική περιοχή+"



Εικόνα 22. Πλαίσιο διαλόγου "όχι καμένη δασική περιοχή"

Στην *Εικόνα 23* παρουσιάζεται η οριοθέτηση της καμένης δασικής περιοχής. Ακόμη, παρουσιάζεται στο *Πίνακα 9* η οριοθέτηση της καμένης δασικής περιοχής.

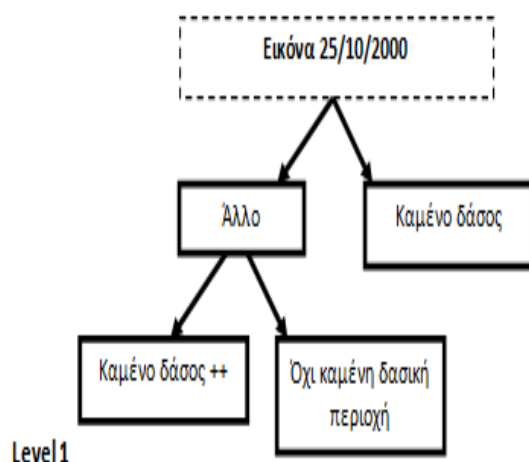


Εικόνα 23. Οριοθέτηση καμένης δασικής περιοχής

Επίπεδο		Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξιό όριο
1	Καμένο δάσος		SWIR/NIR		1	1,3
	Άλλο	Καμένο δάσος ++ Όχι καμένη δασική περιοχή	Near neighbour Not kamenh dasikh perioxh		0,5	0,7

Πίνακας 9. Οριοθέτηση καμένης δασικής περιοχής

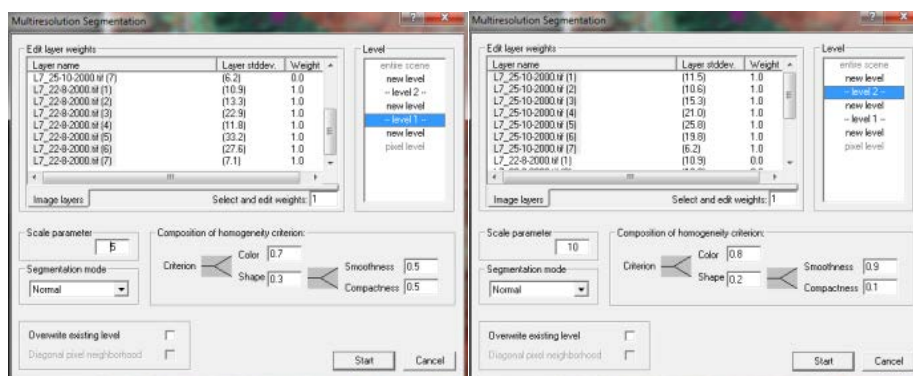
Στο Διάγραμμα που ακολουθεί παρατίθενται η ταξινόμηση της καμένης περιοχής.



Διάγραμμα 15. Ταξινόμηση καμένης περιοχής

2.4 Ταξινόμηση βλάστησης πριν την πυρκαγιά

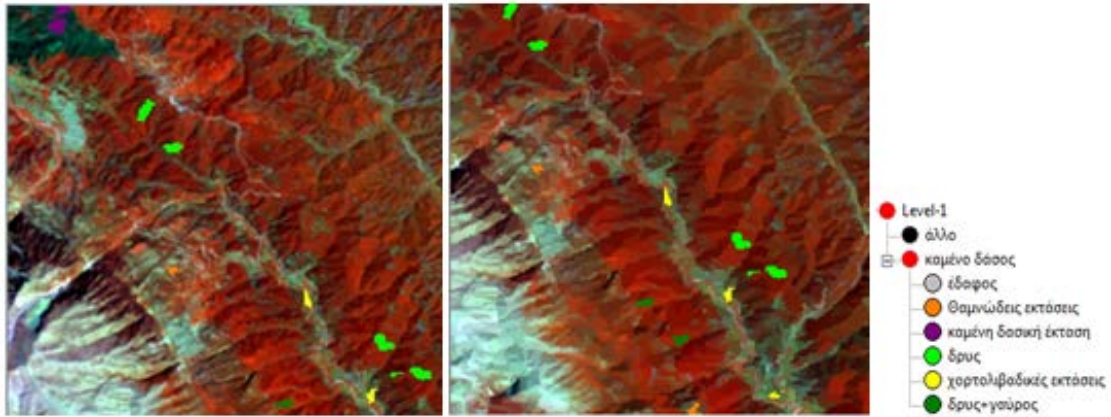
Αρχικά έγινε μια αποτίμηση των ειδών βλάστησης που υπήρχαν στην περιοχή μελέτης η εικόνα Landsat που χρησιμοποιήθηκε ήταν της 22/08/2000. Η εικόνα αυτή έχει παρθεί ακριβώς την ημέρα της πυρκαγιάς αλλά πριν από την πυρκαγιά. Η υλοποίηση στο λογισμικό ecognition έγινε δημιουργώντας δυο επίπεδα (**Level 1 & 2**) όπου για το **Level 1**, στο οποίο πραγματοποιείται η ταξινόμηση της βλάστησης πριν την πυρκαγιά, με βάση την εικόνα Landsat 7 στις 22/08/2000. Η κλίμακα (*scale parameter*) που έχει οριστεί είναι **5**. Τα δομικά στοιχεία του κριτηρίου ομοιογένειας που τέθηκαν ήταν τα ακόλουθα: Το χρώμα (*color*) είναι **0,7** και το σχήμα (*shape*) **0,3**. Επιπλέον, όσον αφορά τα σχήματα η ομαλότητα των ορίων (*smoothness*) ορίστηκε ως **0,5** και η συμπαγότητα των σχημάτων (*compactness*) ως **0,5**. Αντίστοιχα, στο **Level 2**, στο οποίο πραγματοποιείται η οριοθέτηση της καμένης περιοχής, με βάση την εικόνα Landsat 7 της 25/10/2000. Η κλίμακα (*scale parameter*) που έχει οριστεί είναι **10**. Τα δομικά στοιχεία του κριτηρίου ομοιογένειας που τέθηκαν ήταν τα ακόλουθα: Το χρώμα (*color*) είναι **0,8** και το σχήμα (*shape*) **0,2**. Επιπλέον, όσον αφορά τα σχήματα η ομαλότητα των ορίων (*smoothness*) ορίστηκε ως **0,9** και η συμπαγότητα των σχημάτων (*compactness*) ως **0,1**.



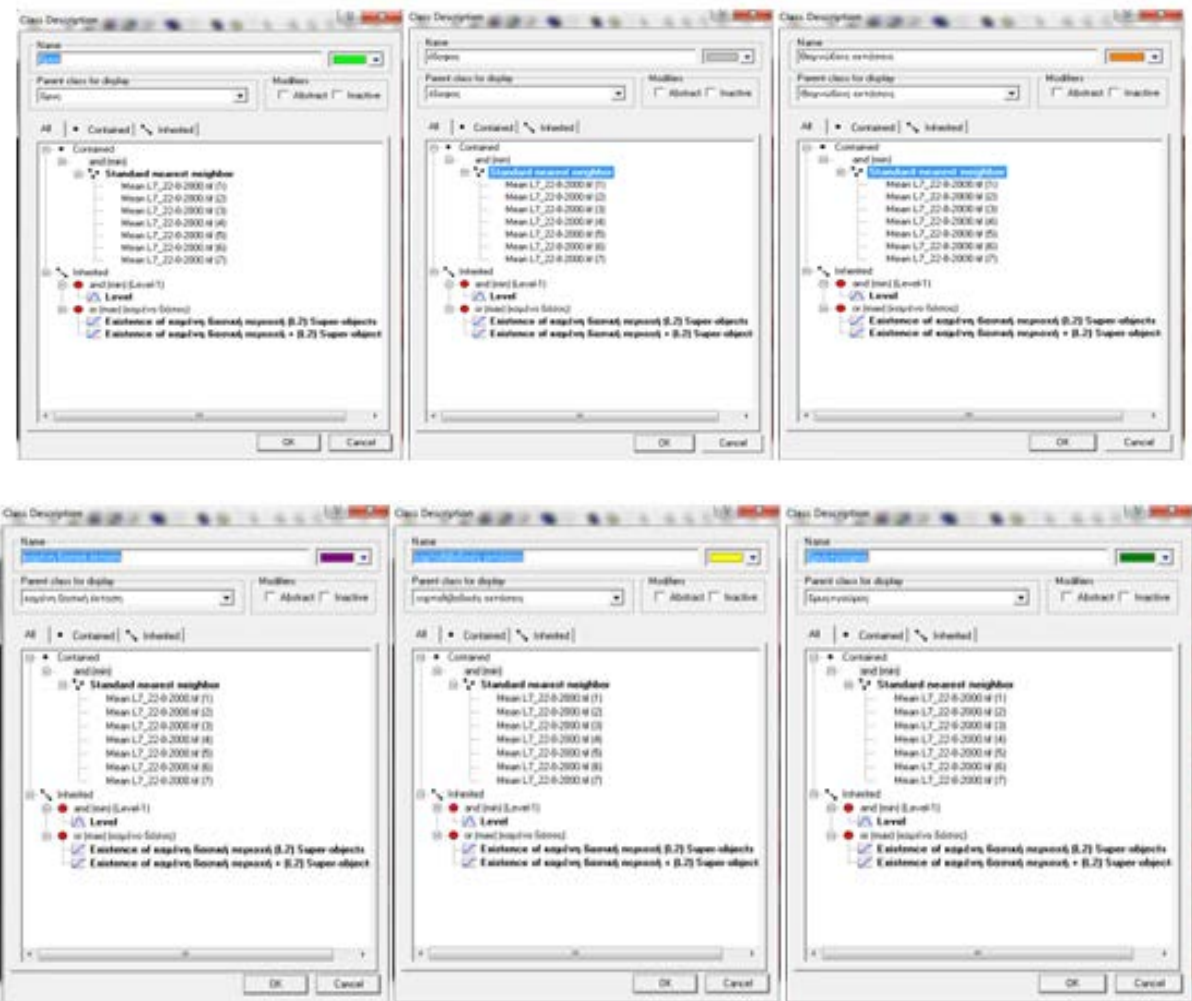
Στην περιοχή μελέτης σύμφωνα με τον δασικό χάρτη υπήρχαν οι παρακάτω κατηγορίες :

- ✓ Έδαφος (γκρι χρώμα)
- ✓ Θαμνώδεις εκτάσεις (πορτοκαλί χρώμα)
- ✓ Καμένη δασική περιοχή [από προηγούμενη πυρκαγιά (μωβ χρώμα)]
- ✓ Δρυς (πράσινο ανοιχτό χρώμα)
- ✓ Χορτολιβαδικές εκτάσεις (κίτρινο χρώμα)
- ✓ Μεικτό δάσος δρυός με πλατύφυλλα (γαύρος) (σκούρο πράσινο χρώμα)

Πάνω στην εικόνα της 22/8/2000 και σε έγχρωμο σύνθετο 4,5,3(RGB) καθορίστηκαν τόσο δείγματα εκπαίδευσης όσο και περιοχές ελέγχου για κάθε κατηγορία στο Level 1. Η επιλογή έγινε από φωτοερμηνεία της εικόνας καθώς και από επιτόπια έρευνα στην περιοχή.

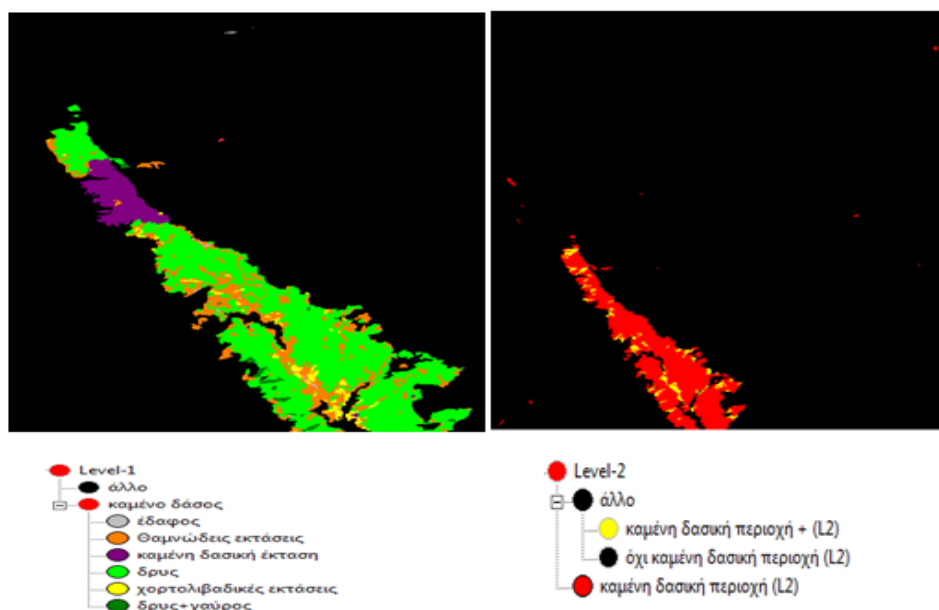


Αρχικά γίνεται η οριοθέτηση της καμένης περιοχής στο Level 2 όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο. Κατόπιν γίνεται η ταξινόμηση των ειδών βλάστησης στο Level 1 μόνο μέσα στην καμένη περιοχή, η οποία μεταφέρεται από το Level 2. Η ταξινόμηση των ειδών βλάστησης γίνεται με τον κανόνα του εγγύτερου γείτονα. Με προσεκτική φωτοερμηνεία πάνω σε έγχρωμο σύνθετο πάρθηκαν δείγματα για τη ταξινόμηση της βλάστησης.



Εικόνα 24. Πλαίσια διαλόγου για την ταξινόμηση της βλάστησης (πριν την πυρκαγιά)

Στην αριστερή εικόνα (Εικόνα 25) παρουσιάζεται η ταξινόμηση της βλάστησης πριν την πυρκαγιά και δεξιά περιγράφεται η καμένη δασική περιοχή. Ομοίως, στον Πίνακα 10 περιγράφονται οι κανόνες ταξινόμησης για την υφιστάμενη κατάσταση πριν την πυρκαγιά.

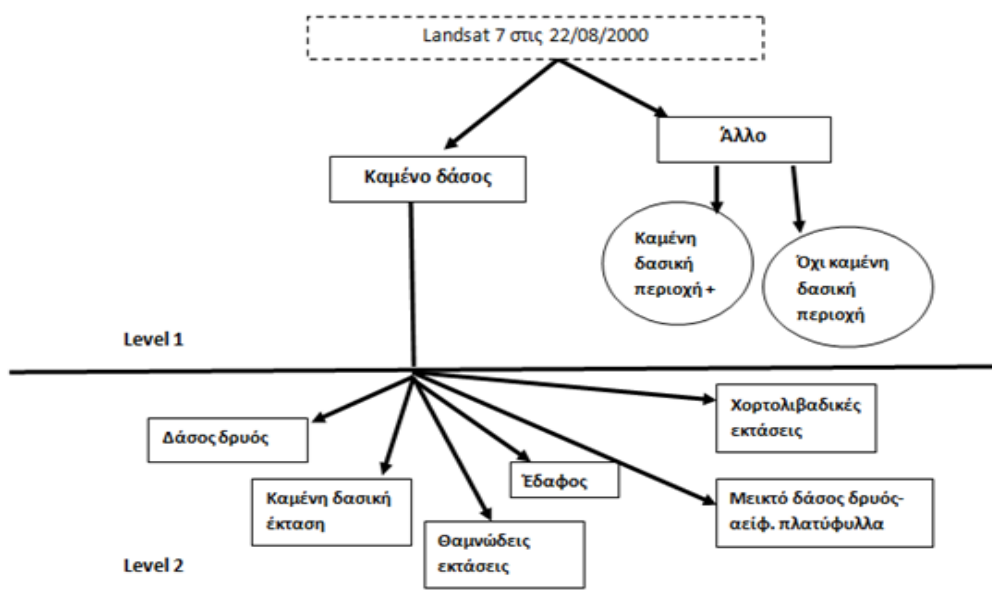


Εικόνα 25. Ταξινόμηση της υφιστάμενης βλάστησης (πριν την πυρκαγιά)

Επίπεδο		Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξιό όριο
2	Καμένο δάσος		SWIR/NIR		1	1,3
	Άλλο	Καμένο δάσος + Όχι καμένη δασική περιοχή	Near neighbour Not kamenh dasikh perioxh		0,5	0,7
1	Καμένο δάσος	Έδαφος Θαμνώδεις εκτάσεις Χορτολιβαδικές εκτ. Δάσος δρυός Μικτό δάσος Καμένη δασ. έκταση	Near neighbour Near neighbour Near neighbour Near neighbour Near neighbour Near neighbour			
	Άλλο					

Πίνακας 10. Κανόνες ταξινόμησης για την καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης πριν την πυρκαγιά

Στο Διάγραμμα που ακολουθεί παρουσιάζεται η ταξινόμηση της καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης πριν την πυρκαγιά. Τέλος, υπολογίσθηκε η συνολική έκταση για κάθε είδους βλάστησης η οποία αποτεφρώθηκε και οι εκτάσεις συγκεντρώνονται στον Πίνακα 12. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα αυτά με το Δασαρχείο Ιωαννίνων παρατηρήθηκε ότι οι εκτάσεις που προέκυψαν από την ταξινόμηση είναι μεγαλύτερες αλλά στη καταγραφή του Δασαρχείου έχουν συμπεριληφθεί μόνον οι Δημόσιες και Δημοτικές δασικές εκτάσεις αποκλείοντας τις γεωργικές εκτάσεις.



Διάγραμμα 16. Ταξινόμηση της καταγραφής της υφιστάμενης κατάστασης (πριν την πυρκαγιά)

Πραγματοποιήθηκε επίσης, έλεγχος της ταξινόμησης με βάση τις περιοχές ελέγχου οι οποίες είχαν ληφθεί εξ αρχής και έδωσε τα πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά την ακρίβεια της ταξινόμησης (Πίνακας 11).

User Class \ Sample	δρυς	χορτολιβαδικές εκτάσεις	δρυς+γαύρος	καμένη δασική έκταση	θαμνώδεις εκτάσεις	έδαφος	Sum
Confusion Matrix							
δρυς	9	0	1	0	0	0	10
χορτολιβαδικές εκτάσεις	0	3	0	0	0	0	3
δρυς+γαύρος	2	0	3	0	0	0	5
καμένη δασική έκταση	0	0	0	7	0	0	7
θαμνώδεις εκτάσεις	0	1	0	0	4	0	5
έδαφος	0	0	0	0	0	2	2
unclassified	0	0	0	0	0	0	0
Sum	11	4	4	7	4	2	
Accuracy							
Producer	0.818	0.75	0.75	1	1	1	
User	0.9	1	0.6	1	0.8	1	
Healden	0.857	0.857	0.667	1	0.889	1	
Short	0.75	0.75	0.5	1	0.8	1	
KIA Per Class	0.736	0.724	0.704	1	1	1	
Totals							
Overall Accuracy	0.875						
KIA	0.842						

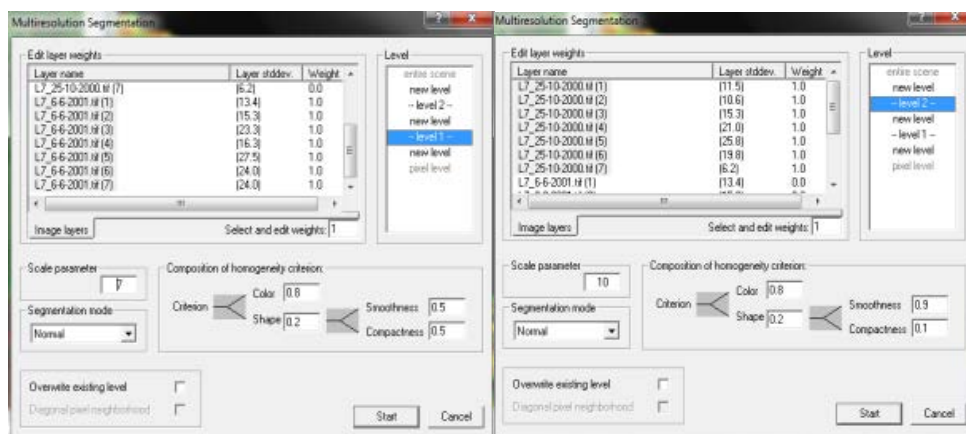
Πίνακας 11. Ταξινόμηση της καμένης περιοχής

Κατηγορία	Καμένη έκταση (σε στρεμ.)
Δάσος δρυός	33.000
Χορτολιβαδικές εκτάσεις	1.300
Θαμνώδεις εκτάσεις	7.350
Δάσος τραχείας πεύκης	800
Μεικτό δάσος δρυός – γαύρου	15.000
Καλλιεργήσιμες εκτάσεις	1.500
Σύνολο	58.950

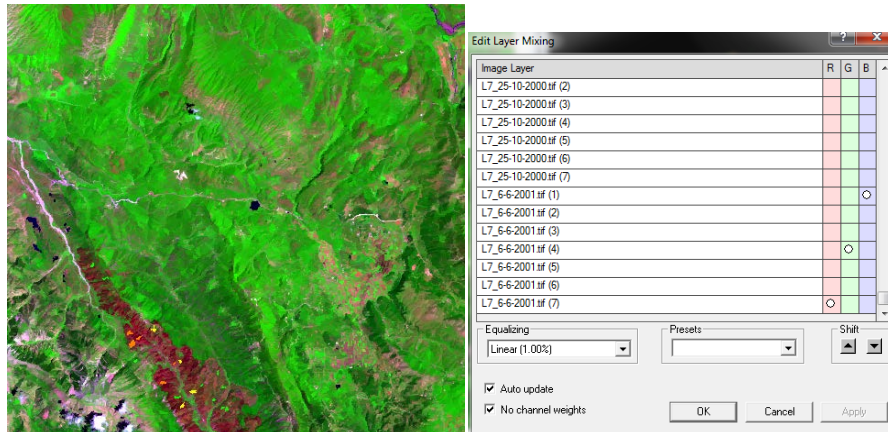
Πίνακας 12. Συνολική έκταση που αποτεφρώθηκε (σε στρ.)

2.5 Ρυθμός βαθμού αναγέννησης μετά την πυρκαγιά

Ακολούθως χρησιμοποιήθηκε η εικόνα Landsat η οποία πάρθηκε ένα χρόνο μετά τη πυρκαγιά με σκοπό την καταγραφή του ρυθμού φυσικής αναγέννησης της καμένης δασικής περιοχής. Δημιουργήθηκαν έτσι στο **level 1** (θεματικό επίπεδο 1) , στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ταξινόμηση του ρυθμού αναγέννησης, με βάση την εικόνα Landsat 7 με ημερομηνία λήψης της 06/06/2001. Η κλίμακα που έχει οριστεί είναι **7** (*scale parameter*). Η σύνθεση του κριτηρίου ομοιογένειας (*Composition of the homogeneity criterion*) στον τομέα χρώμα (*color*) είναι **0,8** και στο σχήμα (*shape*) **0,2**. Επιπλέον, η ομαλότητα των ορίων μεταξύ των αντικειμένων (*smoothness*) ορίστηκε ως **0,5** και η ρυπαρότητα (*compactness*) ορίστηκε ως **0,5**. Στο **level 2** (θεματικό επίπεδο 2), στο οποίο πραγματοποιήθηκε η οριοθέτηση της καμένης δασικής περιοχής, έχοντας ως εικόνα (βάρος) τη Landsat 7 με ημερομηνία 25/10/2000 όπου και δόθηκε βάρος γίνεται η ταξινόμηση των ειδών βλάστησης μετά από τη δασική πυρκαγιά. Η κλίμακα που ορίστηκε είναι **10** (*scale parameter*). Η σύνθεση του κριτηρίου ομοιογένειας (*Composition of the homogeneity criterion*) στον τομέα χρώμα (*color*) είναι **0,8** και στο σχήμα (*shape*) **0,2**. Επιπλέον, η ομαλότητα των ορίων (*smoothness*) ορίστηκε ως **0,9** και η συμπαγότητα των σχημάτων (*compactness*) ως **0,1**.

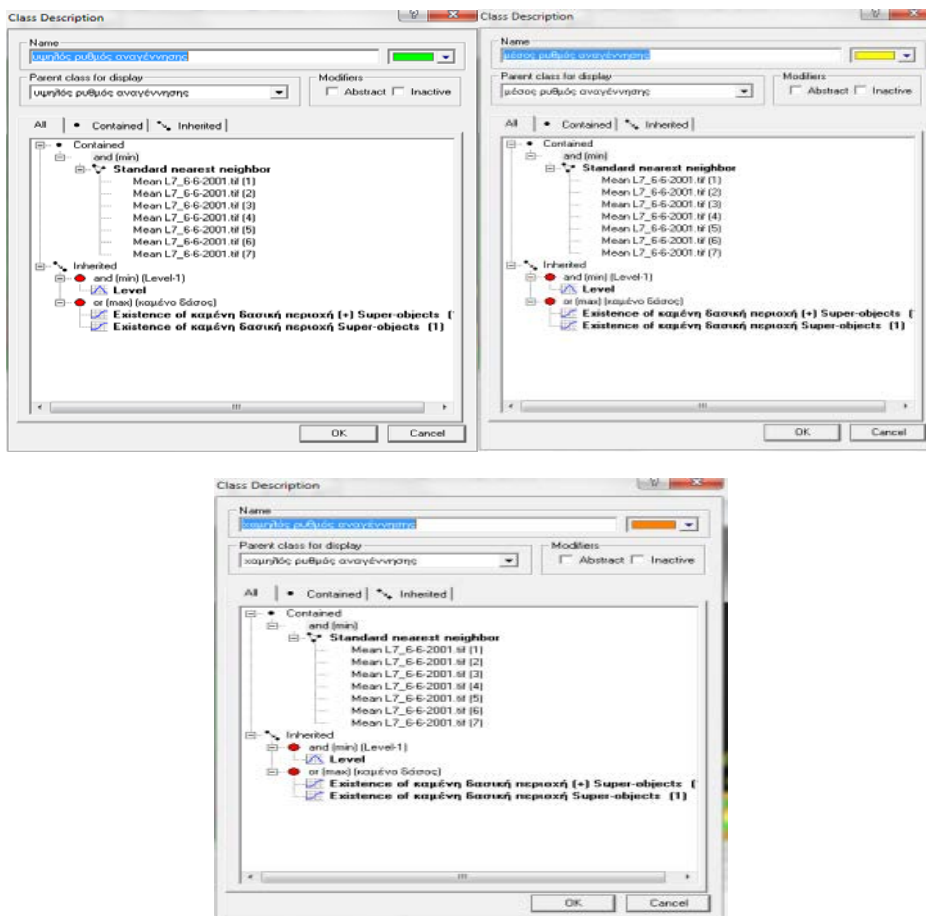


Αρχικά γίνεται η οριοθέτηση της καμένης περιοχής στο Level 2 όπως έχει ήδη αναφερθεί και κατόπιν γίνεται η ταξινόμηση του ρυθμού φυσικής αναγέννησης στο Level 1 μόνο μέσα στην καμένη περιοχή, η οποία μεταφέρεται από το Level 2. Η ταξινόμηση του ρυθμού φυσικής αναγέννησης γίνεται με τον κανόνα του εγγύτερου γείτονα μετά από λήψη δειγμάτων εκπαίδευσης. Με προσεκτική φωτοερμηνεία πάνω σε έγχρωμο σύνθετο 7,4,1(RGB) της εικόνας Landsat 7 της 06/06/2001 πάρθηκαν δείγματα εκπαίδευσης αλλά και ελέγχου για το ρυθμό φυσικής αναγέννησης. Στο συγκεκριμένο έγχρωμο σύνθετο είναι εξαιρετικά διακριτές οι διαβαθμίσεις της φυσικής αναγέννησης με βάση τον κορεσμό του πράσινου χρώματος.



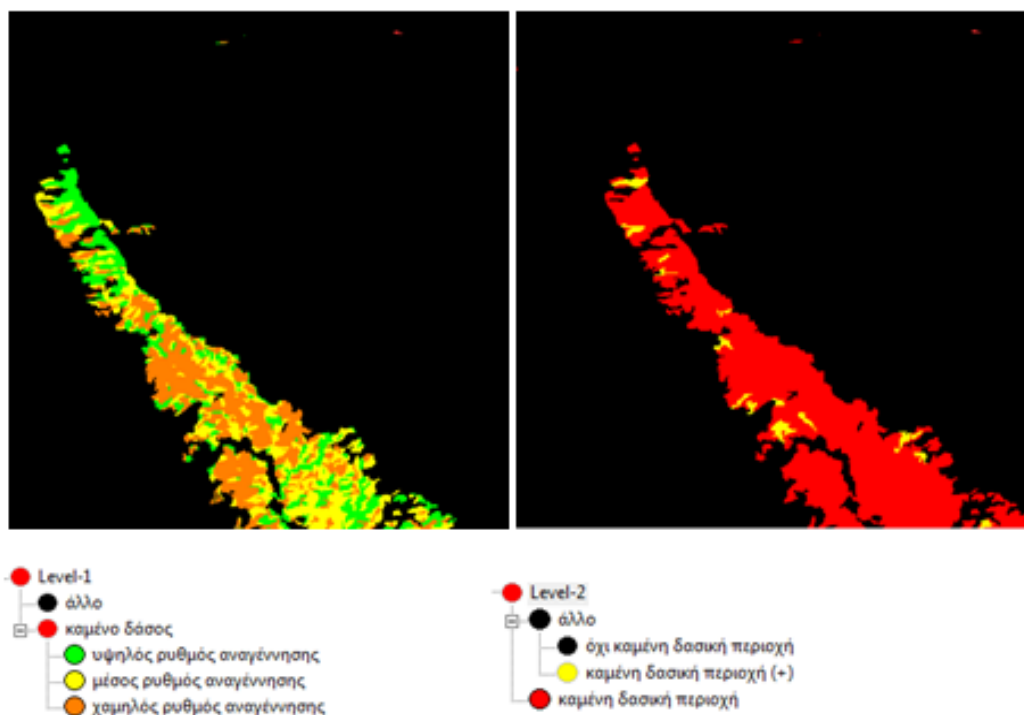
Εικόνα 26. Δείγματα εκπαίδευσης και ελέγχου για το ρυθμό φυσικής αναγέννησης

Στο επίπεδο 1 (**Level 1**), στο οποίο πραγματοποιήθηκε η ταξινόμηση του ρυθμού αναγέννησης μετά τη πυρκαγιά, δημιουργούνται δυο κατηγορίες η πρώτη είναι η «**καμένο δάσος**» (Εικόνα Landsat 7 06/06/2001) και η δεύτερη η «**άλλο**». Στην κατηγορία «**καμένο δάσος**» δημιουργούνται 3 υπό-κατηγορίες. Η πρώτη «**υψηλός ρυθμός αναγέννησης**» (πράσινο χρώμα), «**μέσος ρυθμός αναγέννησης**» (κίτρινο χρώμα) και τρίτον, «**χαμηλός ρυθμός αναγέννησης**» (πορτοκαλί χρώμα).



Εικόνα 27. Πλαίσιο διαλόγου για τον "ρυθμό φυσικής αναγέννησης"

Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 28) παρουσιάζεται η ταξινόμηση του ρυθμού αναγέννησης για τη καμένη δασική περιοχή.



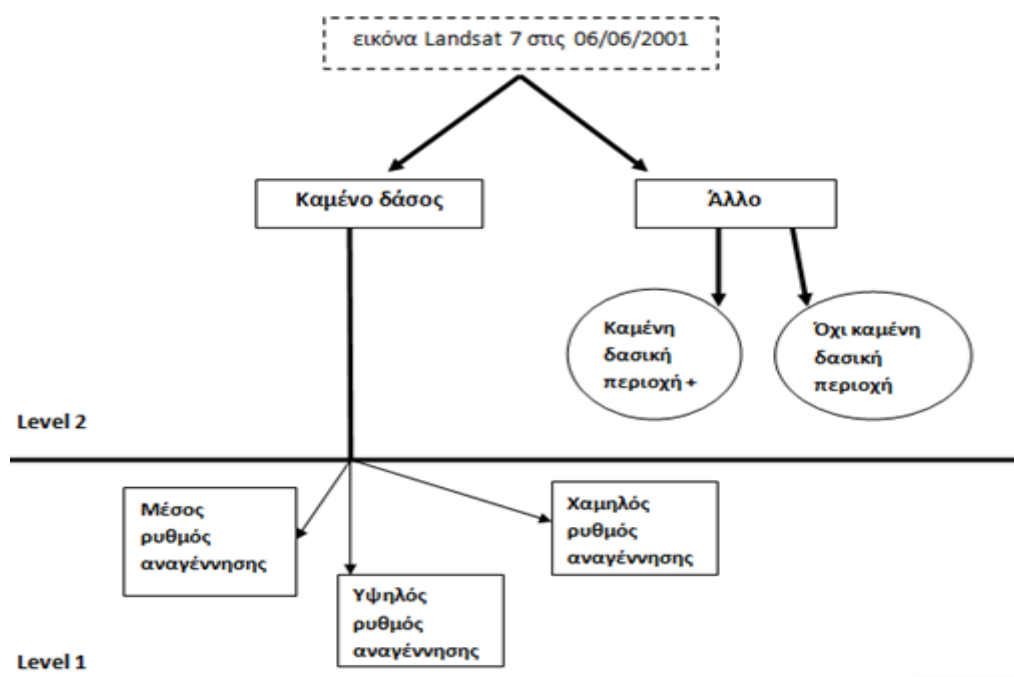
Εικόνα 28. Ταξινόμηση ρυθμού αναγέννησης της καμένης δασικής περιοχής

Ο παρακάτω πίνακας (Πίνακας 13) παρουσιάζονται οι κανόνες ταξινόμησης του ρυθμού αναγέννησης.

Επίπεδο		Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξιό όριο
2	Καμένο δάσος		SWIR/NIR		1	1,3
	Άλλο	Καμένο δάσος ++ Όχι καμένη δασική περιοχή	Near neighbour Not kamenh dasikh perioxh		0,5	0,7
1	Καμένο δάσος	Χαμηλός ρυθμός αναγέννησης	Near neighbour (maxMsavi2 = 104)			
		Μέσος ρυθμός αναγέννησης	Near neighbour (maxMsavi2 = 118)			
		Υψηλός ρυθμός αναγέννησης	Near neighbour (maxMsavi2 = 123)			
	Άλλο					

Πίνακας 13. Κανόνες ταξινόμησης του ρυθμού αναγέννησης

Στο παρακάτω διάγραμμα περιγράφεται η ροή της ταξινόμησης του ρυθμού φυσικής αναγέννησης στην περιοχή.



Διάγραμμα 17. Ταξινόμηση ρυθμού αναγέννησης στην καμένη δασική περιοχή

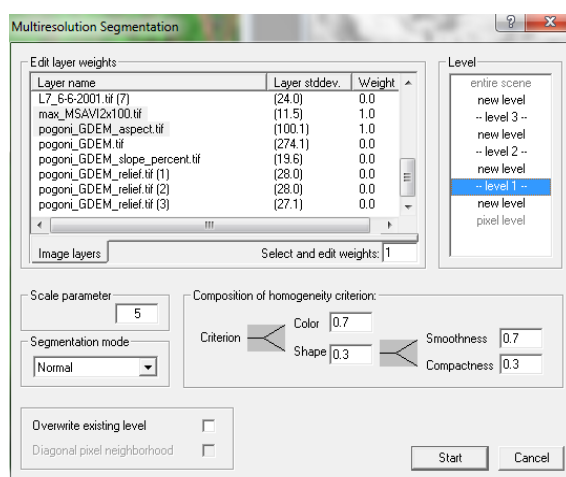
Ακόμη, πραγματοποιήθηκε έλεγχος της ταξινόμησης με βάση τις περιοχές ελέγχου οι οποίες είχαν ληφθεί εξ αρχής και έδωσε τα πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά την ακρίβεια της ταξινόμησης (Πίνακας 14).

User Class \ Sample	χαμηλός ρυθμός αναγέννησης	μέσος ρυθμός αναγέννησης	υψηλός ρυθμός αναγέννησης	Sum
Confusion Matrix				
χαμηλός ρυθμός αναγέννησης	9	1	0	10
μέσος ρυθμός αναγέννησης	2	6	0	8
υψηλός ρυθμός αναγέννησης	0	0	11	11
unclassified	0	0	0	0
Sum	11	7	11	
Accuracy				
Producer	0.818	0.857	1	
User	0.9	0.75	1	
Heilden	0.857	0.8	1	
Short	0.75	0.667	1	
KIA Per Class	0.722	0.803	1	
Totals				
Overall Accuracy	0.897			
KIA	0.843			

Πίνακας 14. Έλεγχος ταξινόμησης του ρυθμού αναγέννησης στην καμένη δασική περιοχή

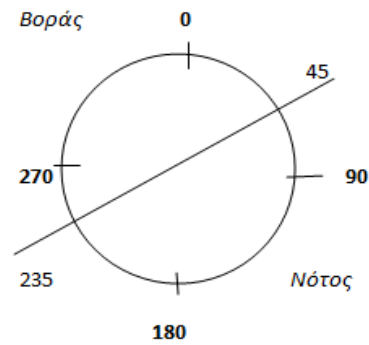
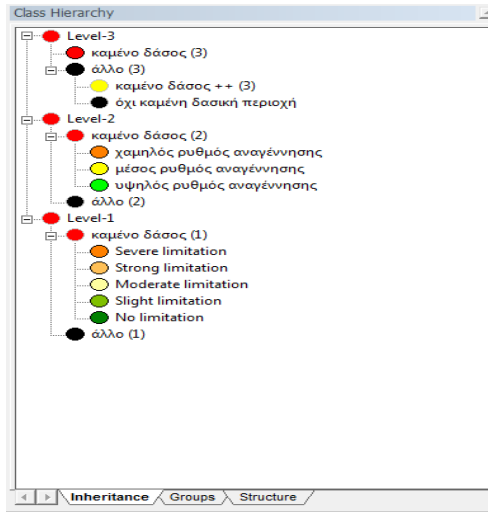
2.6 Εφαρμογή μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης

Γνωρίζοντας πλέον, τη πορεία της φυσικής αναγέννησης μετά τη πυρκαγιά εφαρμόστηκε το μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης των Roko et al., (2004) με σκοπό να συγκριθεί, να αξιολογηθεί και να βελτιωθεί εάν αυτό είναι δυνατόν. Μέσα στο ίδιο project στο οποίο πραγματοποιήθηκε η χαρτογράφηση του ρυθμού αναγέννησης μετά τη πυρκαγιά. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε ένα επιπλέον Level κάτω από το Level 1 του προηγούμενου project και έτσι τα Level 1 & 2 του προηγούμενου project είναι στο νέο project τα Level 2 & 3 ενώ το Level 1 είναι αυτό στο οποίο εφαρμόζεται το μοντέλο φυσικής αναγέννησης. Η διαδικασία αυτή έγινε για να μπορούμε να έχουμε δυνατότητα άμεσης σύγκρισης μεταξύ της προβλεπόμενης και της υπάρχουσας αναγέννησης. Για να υπολογιστεί το μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης χρησιμοποιήθηκαν ο maxMSAVI2 και ο χάρτης προσανατολισμών. Όπως προαναφέρθηκε δημιουργήθηκε το Level 1 (θεματικό επίπεδο 1) κάτω από τα Level 1 και 2 του προηγούμενου project, τα οποία τώρα είναι πλέον τα Level 2 και 3. Για την κατάτμηση του νέου Level δίνεται βάση μόνο στον maxMSAVI2 και στο χάρτη προσανατολισμών. Η κλίμακα που έχει οριστεί είναι **5** (*scale parameter*). Η σύνθεση του κριτηρίου ομοιογένειας (*Composition of the homogeneity criterion*) στον τομέα χρώμα (*color*) είναι **0,7** και στο σχήμα (*shape*) **0,3**. Επιπλέον, η ομαλότητα των ορίων μεταξύ των αντικειμένων (*smoothness*) ορίστηκε ως **0,7** και η συμπαγότητα (*compactness*) ως **0,3**.

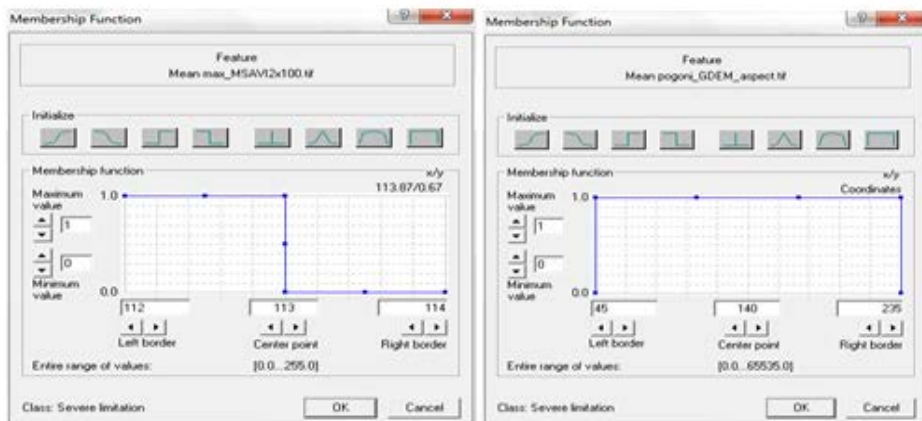
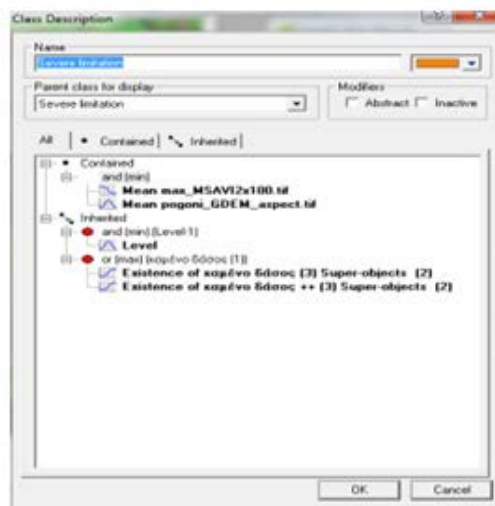


Στο **Level 1** δημιουργούνται οι εξής κατηγορίες:

- ✓ **Severe limitation** (πορτοκαλί χρώμα)
- ✓ **Strong limitation** (ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα)
- ✓ **Moderate limitation** (μπεζ χρώμα)
- ✓ **Slight limitation** (πράσινο ανοιχτό χρώμα)
- ✓ **No limitation** (σκούρο πράσινο χρώμα)



Στην κατηγορία «**Severe limitation**» η οποία απεικονίζεται με πορτοκαλί χρώμα τα κριτήρια που μπήκαν είναι ο $\max\text{MSAVI2} \leq 113$ και προσανατολισμός πλαγιάς μεταξύ $45-235^\circ$.



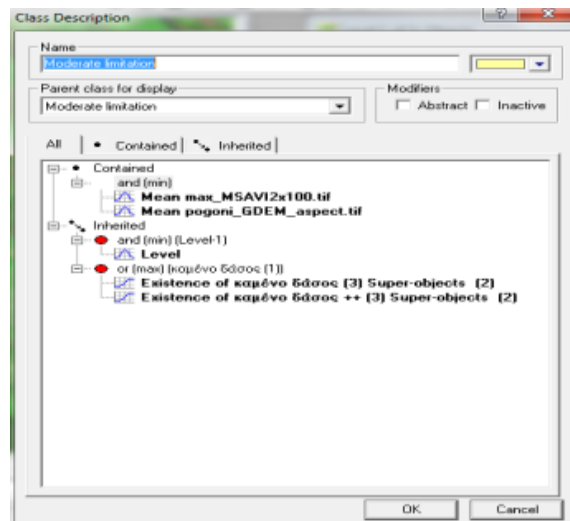
Εικόνα 29. Συναρτήσεις συμμετοχής για MSAVI2 και προσανατολισμό για την κατηγορία "Severe limitation"

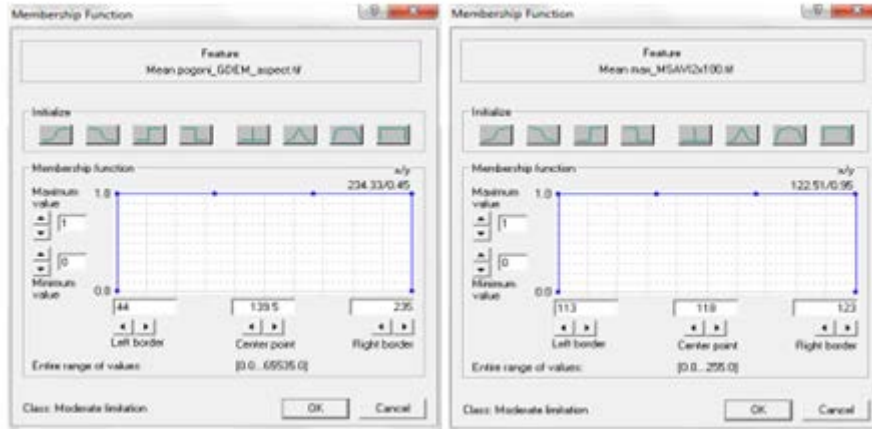
Στην κατηγορία «**Strong limitation**» η οποία απεικονίζεται με ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα και τα κριτήρια που μπήκαν είναι $\max\text{MSAVI2} \leq 113$ και ο προσανατολισμός της πλαγιάς 45 ή 235°.



Εικόνα 30. Συναρτήσεις συμμετοχής για τη κατηγορία "Strong limitation"

Η κατηγορία «**Moderate limitation**» η οποία απεικονίζεται με μπεζ χρώμα και τα κριτήρια είναι $113 < \max\text{MSAVI2} < 123$ και ο προσανατολισμός της πλαγιάς 44-235°.

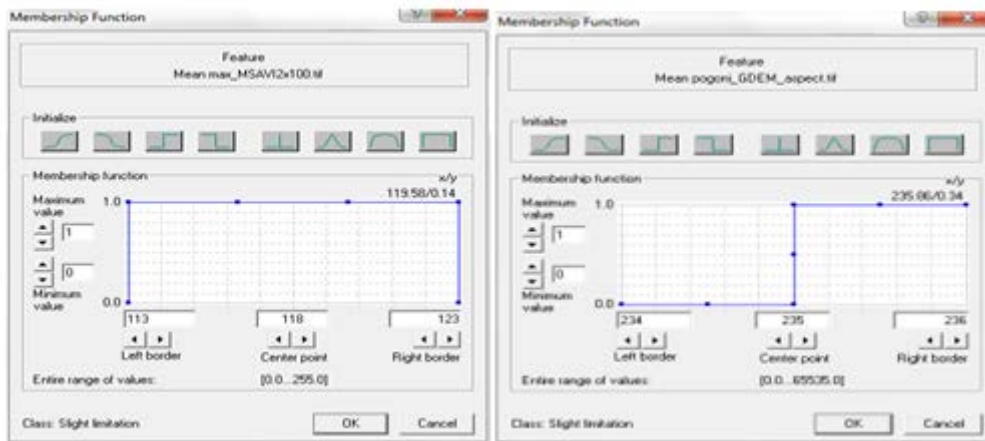




Εικόνα 31. Συναρτήσεις συμμετοχής για τη κατηγορία "Moderate limitation"

Η κατηγορία «*Slight limitation*» η οποία απεικονίζεται με ανοιχτό πράσινο χρώμα περιλαμβάνει δυο κατηγορίες. Τα κριτήρια είναι στην είτε $\max\text{MSAVI2} > 123$ και ο προσανατολισμός πλαγιάς $45 < \text{aspect} \leq 235$ είτε $13 < \max\text{MSAVI2} \leq 123$ και προσανατολισμός πλαγιάς 45 ή 235°.





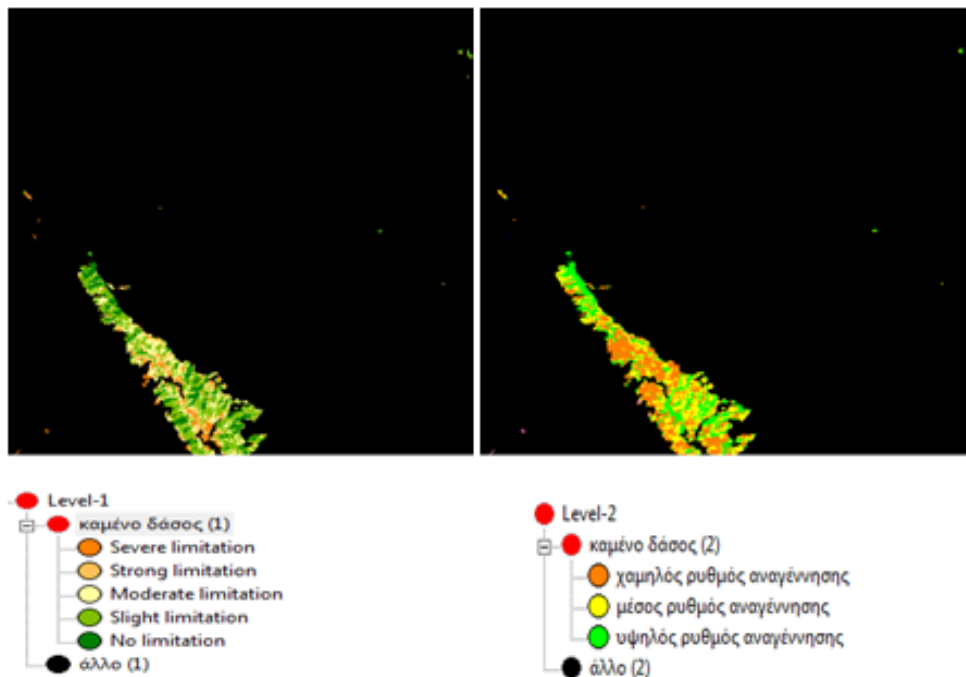
Εικόνα 32. Συναρτήσεις συμμετοχής για την κατηγορία "Slight limitation"

Η κατηγορία «**No limitation**» η οποία απεικονίζεται με σκούρο πράσινο χρώμα και τα κριτήρια που μπήκαν είναι $\text{maxMSAVI}_2 > 123$ και ο προσανατολισμός πλαγιάς 45 ή 235° .

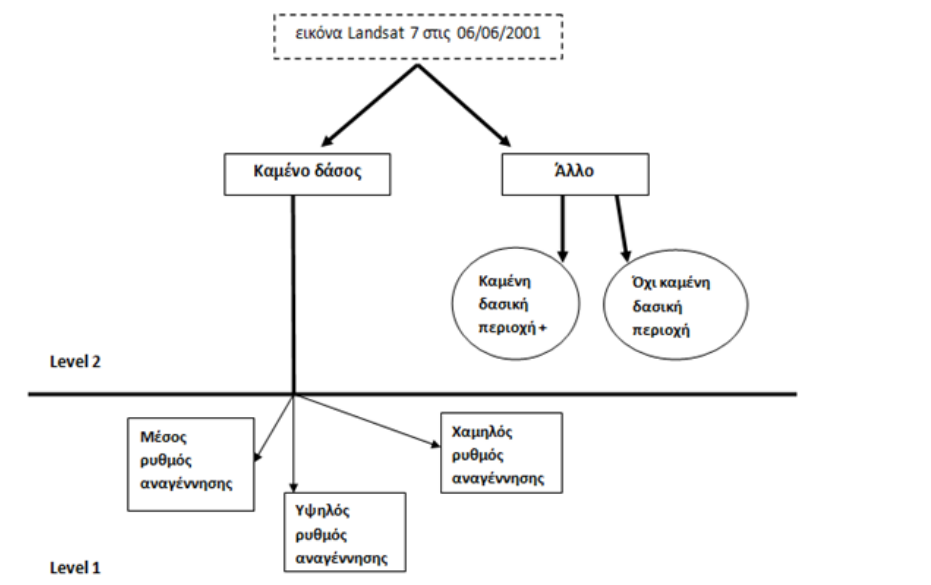


Εικόνα 33. Συναρτήσεις συμμετοχής για τη κατηγορία "No limitation"

Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης για την καμένη δασική περιοχή. Ενώ στη δεξιά εικόνα παρουσιάζεται η δυνατότητα φυσικής αναγέννησης για την καμένη δασική περιοχή και παρατηρούμε ότι υπάρχει μια σχέση με την αριστερή εικόνα παρόλα αυτά υπάρχουν και αρκετοί αποκλεισμοί μεταξύ των δυο αυτών εικόνων.

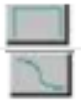
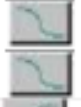








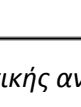


Στο Διάγραμμα 18 παρουσιάζεται η ταξινόμηση της δυνατότητας φυσικής αναγέννησης στην καμένη δασική περιοχή.



Διάγραμμα 18. Ταξινόμηση δυνατότητας φυσικής αναγέννησης στην καμένη περιοχή

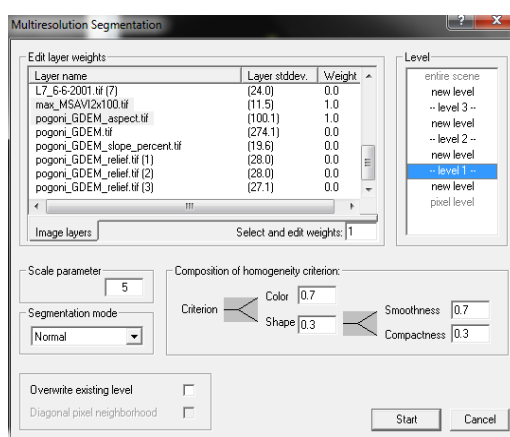
Στον Πίνακα 15 παρουσιάζεται η ταξινόμηση της δυνατότητας φυσικής αναγέννησης για τη περιοχή μελέτης.

Επίπεδο		Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξιό όριο
1	Καμένο δάσος	Severe limitation	maxMSAVI2=113 και aspect=45-235		112 45	114 235
		Strong limitation	maxMSAVI2=113 aspect=45 ή aspect=235		112 44 234	114 46 236
					113 44	123 235
					122 45 113 44 234	124 235 123 46 236
		Moderate limitation	maxMSAVI2=113-123 και aspect=44-235		122 45 113 44 234	124 235 123 46 236
	or Άλλο	Slight limitation	maxMSAVI2=123 & aspect=45-235 ή maxMSAVI2=113-123 aspect=45, aspect=235		122 45	124 235
		No limitation	maxMSAVI2=123 ή aspect=45, aspect=235		113 44 234	123 46 236
					122 44 234	124 46 236
					122 44 234	124 46 236
		2	Καμένο δάσος	Χαμηλός ρυθμός αναγέννησης	Near neighbour (maxMsevi2 = 104)	
Μέσος ρυθμός αναγέννησης	Near neighbour (maxMsevi2 = 118)					
Υψηλός ρυθμός αναγέννησης	Near neighbour (maxMsevi2 = 123)					
or Άλλο						
3	Καμένο δάσος	Καμένο δάσος ++	SWIR/NIR		1 0,5	1,3 0,7
		Όχι καμένη δασική περιοχή	Near neighbour Not kamenh dasikh perioxh			
Άλλο						

Πίνακας 15. Κανόνες ταξινόμησης μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης για την καμένη δασική περιοχή

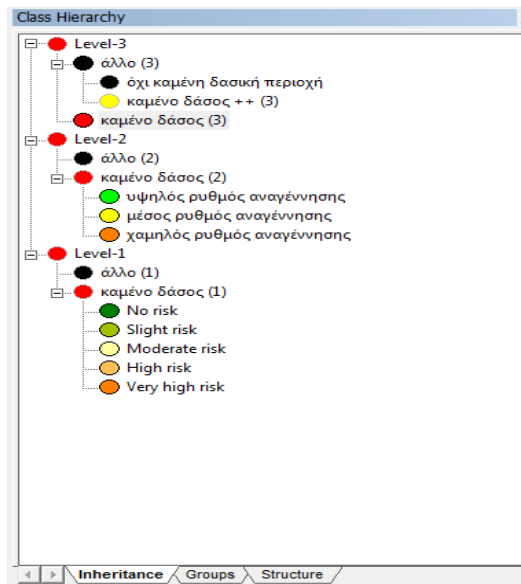
2.7 Εφαρμογή μοντέλου κινδύνου διάβρωσης στην περιοχή μελέτης

Εδάφη με διαπερατά πετρώματα είναι λιγότερο ευαίσθητα στη διάβρωση από ότι αδιαπέραστα βράχια. Ακόμη, η διάβρωση είναι μεγαλύτερη σε πλαγιές με απότομη κλίση σε σχέση με την επίπεδη. Από τον γεωλογικό (λιθολογικό) χάρτη παρατηρείται ότι στην περιοχή μελέτης (απεικόνιση με κόκκινο χρώμα) το πέτρωμα που επικρατεί είναι ο φλύσχης (Σταμπουλίδης, 2014). Έτσι, για την περιοχή μελέτης εφαρμόστηκε το μοντέλο κινδύνου διάβρωσης των Rokos *et al.*, (2004) (ερευνητικό πρόγραμμα PHOENIX του ΕΜΠ), χρησιμοποιώντας τον $\max\text{MSAVI}_2$ (ως βάθος εδάφους) και τον χάρτη κλίσεων, μόνο για την περίπτωση των αδιαπέραστων εδαφών. Παρομοίως με την περίπτωση του μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης, η εφαρμογή του μοντέλου διάβρωσης βασίστηκε στο project της ταξινόμησης του ρυθμού αναγέννησης μετά την πυρκαγιά. Προστέθηκε και σε αυτήν την περίπτωση ένα νέο Level κάτω από το Level 1 του συγκεκριμένου project. Έτσι, τα Level 1 και 2 του αρχικού project έγιναν τώρα Level 2 και 3. Ενώ στο νέο Level 1 πραγματοποιήθηκε η ταξινόμηση των κατηγοριών του κινδύνου διάβρωσης.

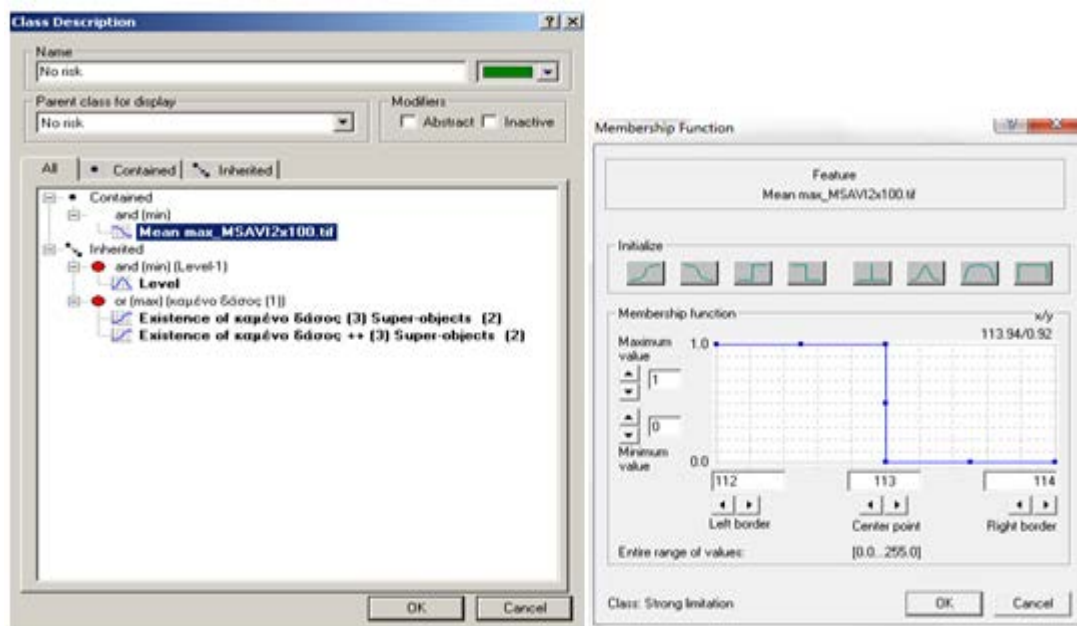


Η υλοποίηση έγινε στο λογισμικό του ecognition. Στο **level 1** (θεματικό επίπεδο 1) χρησιμοποιήθηκαν ο $\max\text{MSAVI}_2$ και ο χάρτης κλίσεων. Η κλίμακα (*scale parameter*) που έχει οριστεί είναι **5** και η σύνθεση του κριτηρίου ομοιογένειας (*Composition of the homogeneity criterion*) στον τομέα χρώμα (*color*) είναι **0,7** και στο σχήμα (*shape*) **0,3**. Επιπλέον, η ομαλότητα των ορίων μεταξύ των αντικειμένων (*smoothness*) ορίζεται ως **0,7** και η κανονικότητα των σχημάτων (*compactness*) ορίζεται ως **0,3**. Τα Level 2 και 3 έχουν περιγραφεί στη ταξινόμηση του ρυθμού φυσικής αναγέννησης. Δημιουργήθηκαν λοιπόν, οι εξής θεματικές κατηγορίες:

- ✓ **No risk** (πράσινο χρώμα)
- ✓ **Slight risk** (ανοιχτό πράσινο χρώμα)
- ✓ **Moderate risk** (μπεζ χρώμα)
- ✓ **High risk** (ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα)
- ✓ **Very high risk** (πορτοκαλί χρώμα)

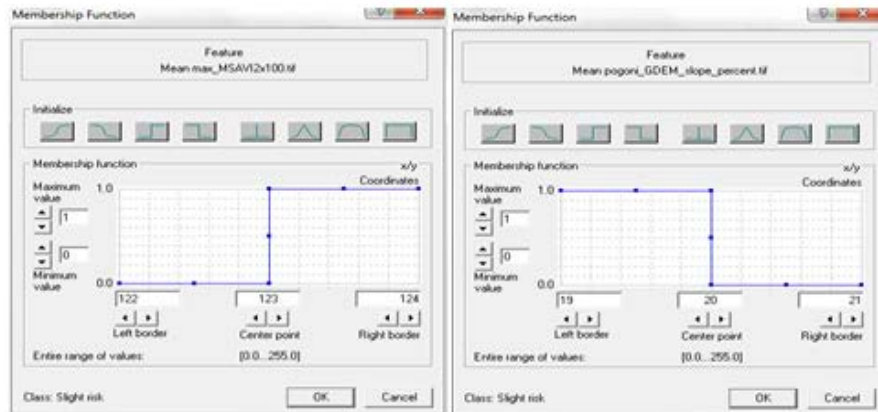
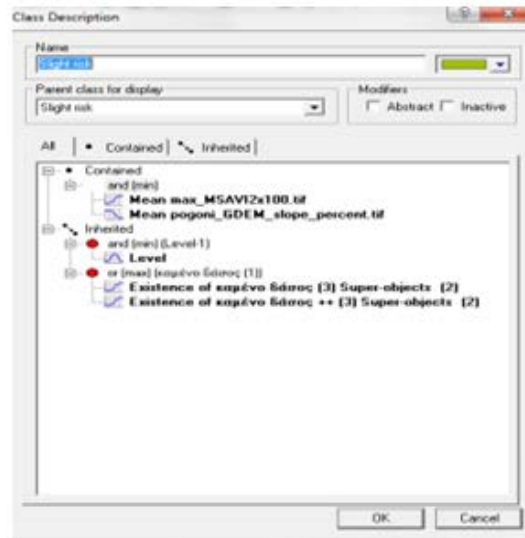


Σύμφωνα με το μοντέλο κινδύνου διάβρωσης που εφαρμόστηκε, η κατηγορία «**No risk**» ορίστηκε στις περιοχές όπου δεν υπάρχει καθόλου βλάστηση ή το βάθος εδάφους είναι <5cm (bare rocks) άρα για τιμές $\max\text{MSAVI2} \leq 113$.



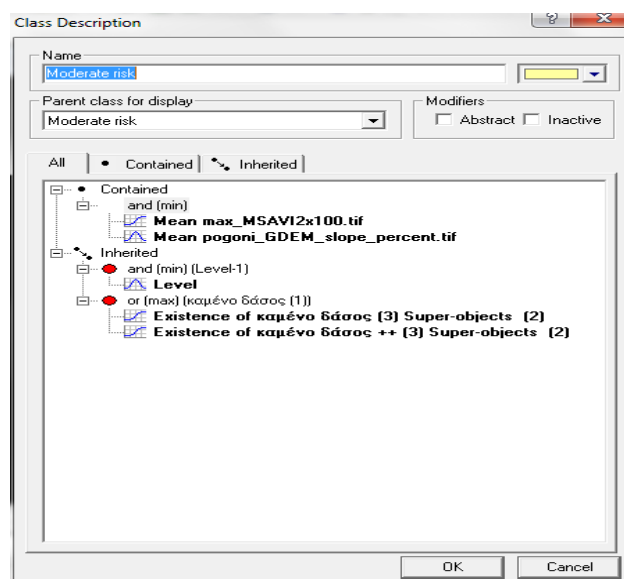
Εικόνα 34. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία “No risk”

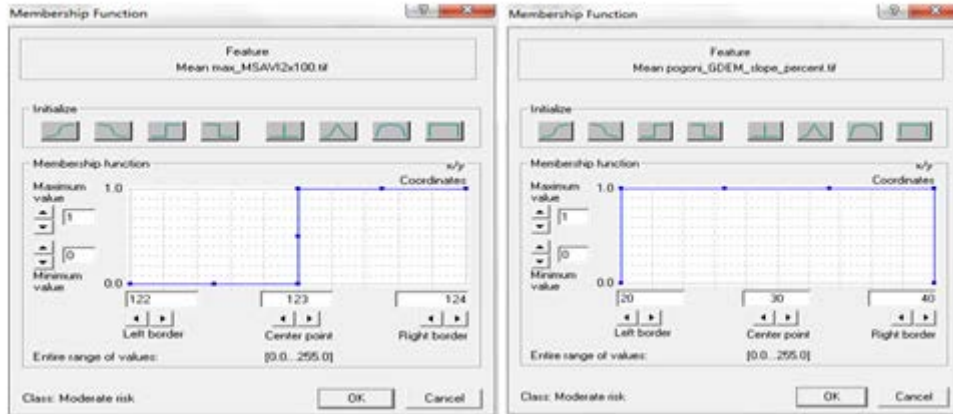
Η κατηγορία «**Slight risk**» η οποία απεικονίσθηκε με ανοιχτό πράσινο χρώμα ορίστηκε στις περιοχές όπου το βάθος εδάφους >30 cm ($\max\text{MSAVI2} >123$) και ταυτόχρονα η κλίση < 20%.



Εικόνα 35. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία "Slight risk"

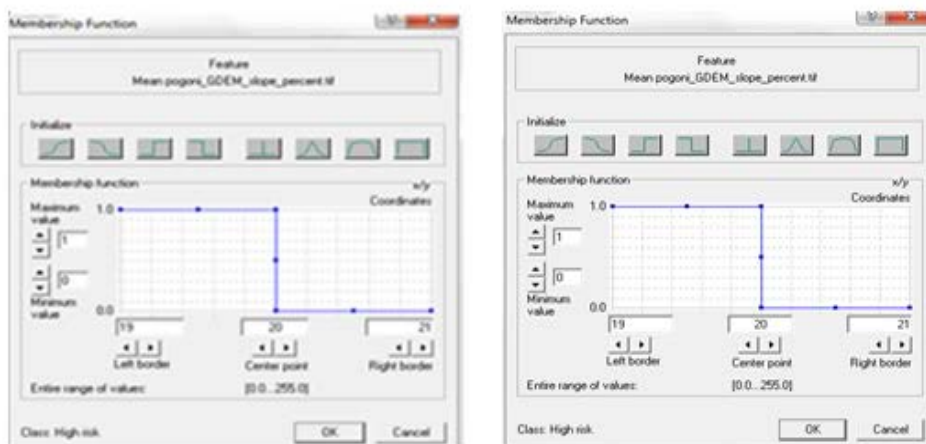
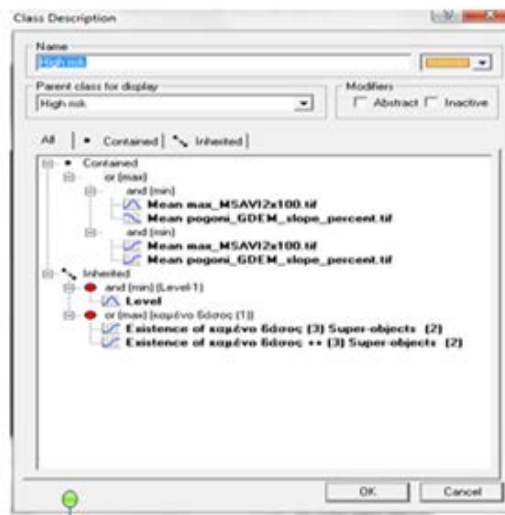
Η κατηγορία «**Moderate risk**» η οποία απεικονίζεται με μπεζ χρώμα προκύπτει για βάθος εδάφους >30 cm ($\text{maxMSAVI2} > 123$) και κλίση 21-40%.

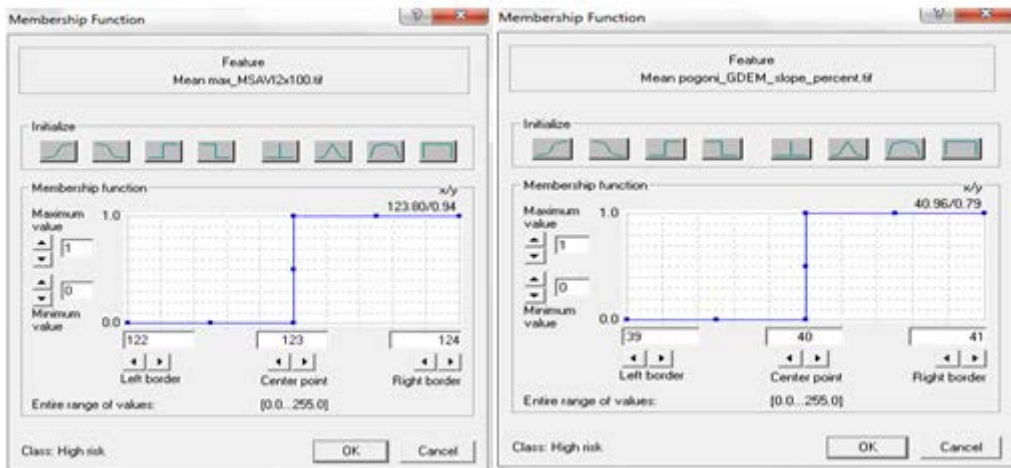




Εικόνα 36. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία "Moderate risk"

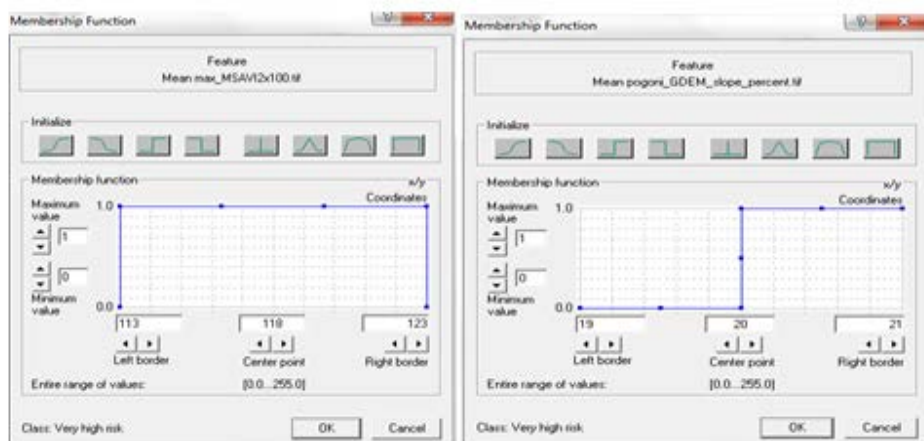
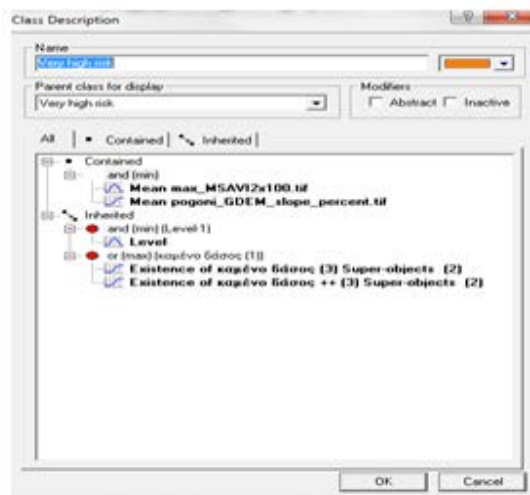
Για την κατηγορία «**High risk**» η οποία απεικονίζεται με ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα ισχύουν **δύο κανόνες**. Πρώτον, βάθος εδάφους >30 cm ($\text{maxMSAVI2} > 123$) και κλίση >41%, και δεύτερον, βάθος εδάφους 5-30 cm ($113 < \text{maxMSAVI2} \leq 123$) και κλίση <20%.





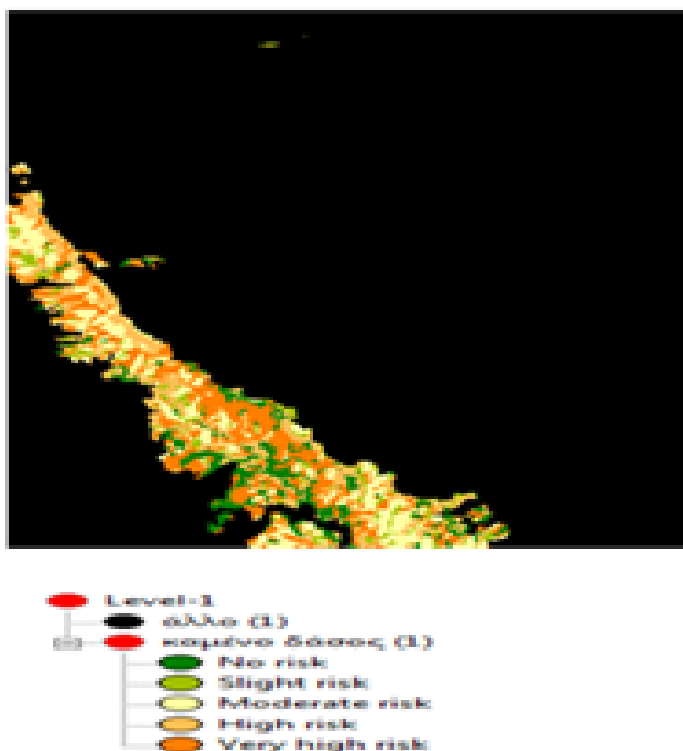
Εικόνα 37. Πλαίσιο διαλόγου για τη κατηγορία "High risk"

Για την κατηγορία «**Very high risk**» η οποία απεικονίζεται με πορτοκαλί χρώμα τα κριτήρια που μπήκαν είναι το βάθος εδάφους 5-30 cm ($113 < \max Msavi2 < 123$) και η κλίση είναι $>21\%$.



Εικόνα 38. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Very high risk"


Στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 39) παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του μοντέλου κινδύνου διάβρωσης για τη καμένη δασική περιοχή.



Εικόνα 39. Μοντέλο κινδύνου διάβρωσης για τη καμένη δασική περιοχή

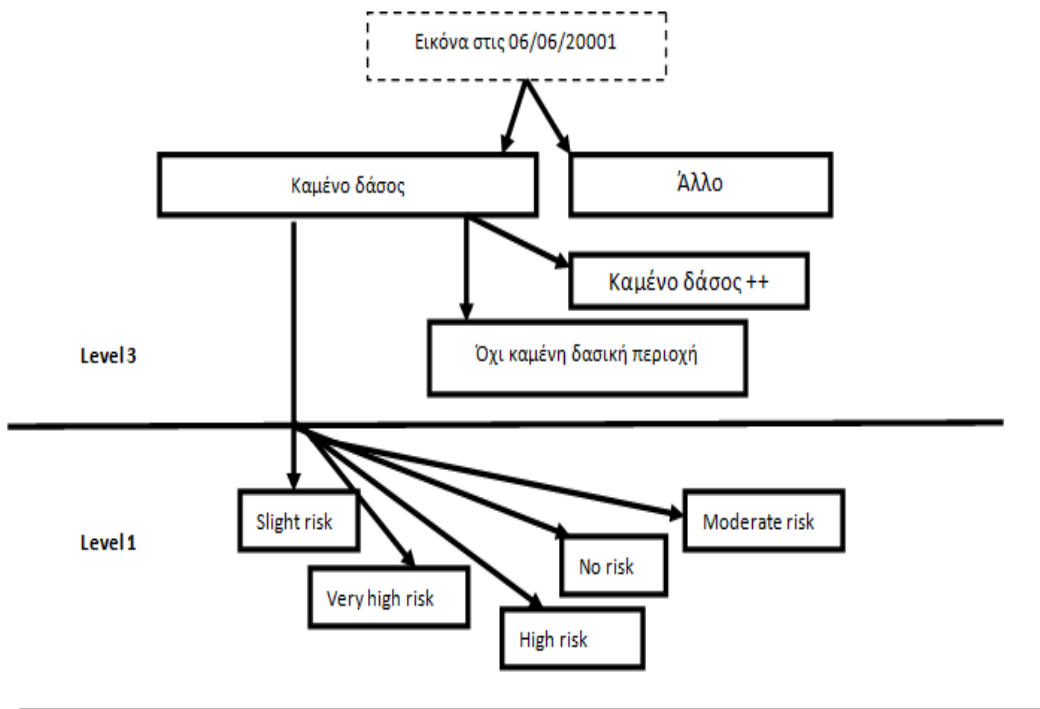
Στον Πίνακα 16 παρουσιάζονται οι κανόνες ταξινόμησης για το μοντέλο κινδύνου διάβρωσης.

Επίπεδο		Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξιό όριο
1	Καμένο δάσος	No risk	maxMSAVI2=113		112	114
		Slight risk	maxMSAVI2=113 aspect=20		112 19	114 21
		Moderate risk	maxMSAVI2=123 aspect=20-40		122 20	124 40
		High risk	maxMSAVI2=113-123 & aspect=20		113 19	123 40
			maxMSAVI2=123 aspect=40		122 39	124 41
	Very high risk	maxMSAVI2=113-123 aspect=20		113 19	124 21	
	or Άλλο					

3	Καμένο δάσος	Καμένο δάσος ++	SWIR/NIR		1	1,3
	Άλλο	Όχι καμένη δασική περιοχή	Near neighbor		0,5	0,7
		Not καμένη δασική περιοχή				

Πίνακας 16. Ταξινόμηση μοντέλο διάβρωσης για την καμένη δασική περιοχή

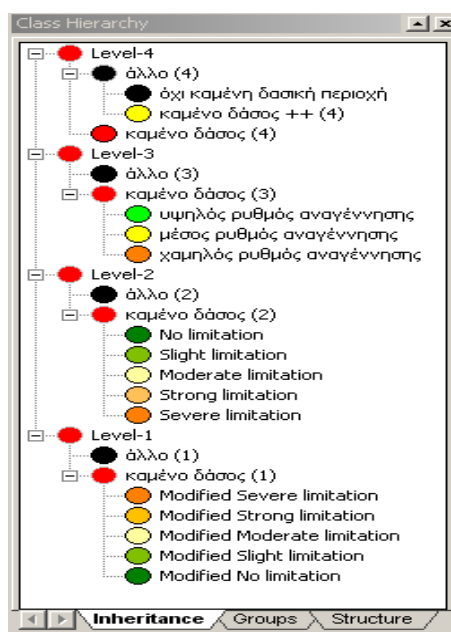
Στο Διάγραμμα 19 παρουσιάζεται η ταξινόμηση του μοντέλου διάβρωσης για την καμένη δασική περιοχή.



Διάγραμμα 19. Ταξινόμηση μοντέλου διάβρωσης στην καμένη περιοχή

2.8 Εφαρμογή Βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης

Μετά από σύγκριση του μοντέλου φυσικής αναγέννησης και ρυθμού αναγέννησης παρατηρήθηκε ότι υπάρχει κυρίως μια υπό-εκτίμηση της δυνατότητας φυσικής αναγέννησης στις ρεματιές καθώς εκεί παρουσιάζεται γρηγορότερος ρυθμός φυσικής αναγέννησης. Για το λόγο αυτό έγινε μια προσπάθεια για τη βελτίωση του Μοντέλου Φυσικής Αναγέννησης με βάση το TPI (Topographic Position Index). Πιο συγκεκριμένα, εάν ο TPI πάρει μικρές τιμές (ρεματιές) τότε μειώνεται η προβλεπόμενη από το αρχικό μοντέλο αντίσταση στη φυσική αναγέννηση κατά ένα βαθμό, ενώ αν πάρει μεγαλύτερες τιμές τότε η πρόβλεψη του αρχικού μοντέλου παραμένει ως έχει. Η δημιουργία του βελτιωμένου μοντέλου πραγματοποιήθηκε μέσα στο ίδιο project στο οποίο είχε εφαρμοστεί το αρχικό μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης. Στο project αυτό δημιουργήθηκε ένα νέο Level κάτω από το Level 1 στο οποίο ορίστηκε το βελτιωμένο μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης.



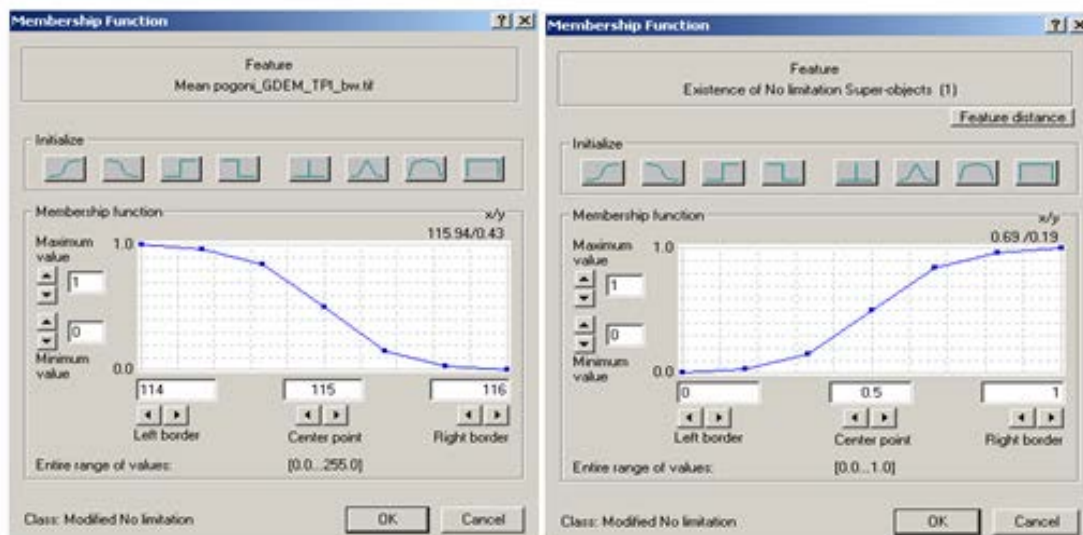
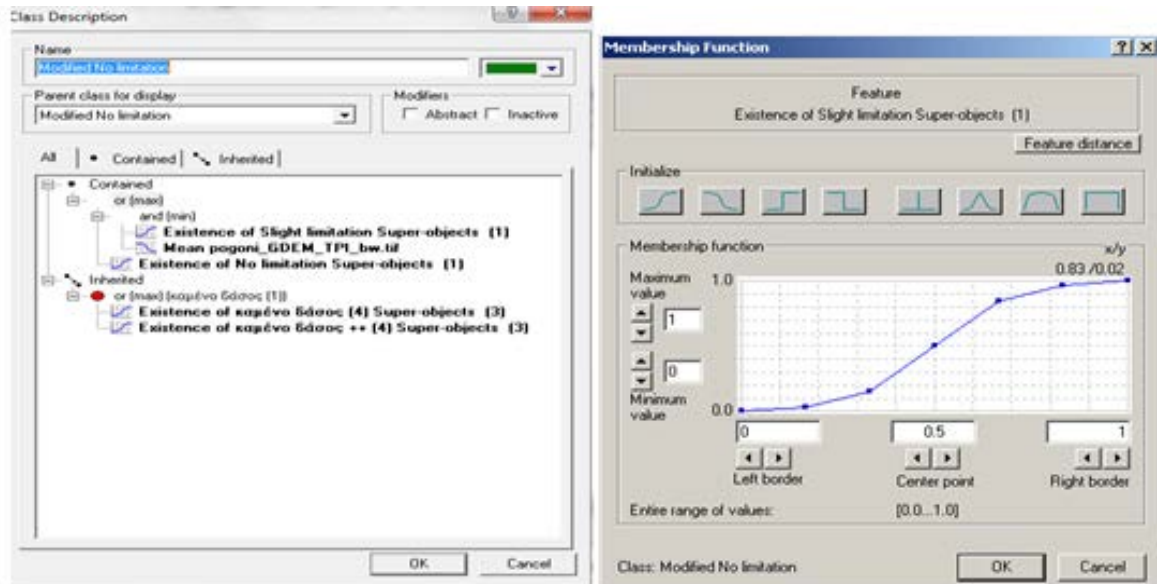
Στο Level 1 δημιουργούνται 5-υποκατηγορίες για το τροποποιημένο μοντέλο:

- ✓ **Modified Severe limitation** (πορτοκαλί χρώμα)
- ✓ **Modified Strong limitation** (κίτρινο χρώμα)
- ✓ **Modified Moderate limitation** (μπεζ χρώμα)
- ✓ **Modified Slight limitation** (ανοιχτό πράσινο χρώμα)
- ✓ **Modified No limitation** (σκούρο πράσινο χρώμα)

Ελέγχοντας ταυτόχρονα τις κατηγορίες δυνατότητας φυσικής αναγέννησης του αρχικού μοντέλου (Level 2) και τις τιμές του TPI, αν ο TPI πάρει τιμές <115 τότε

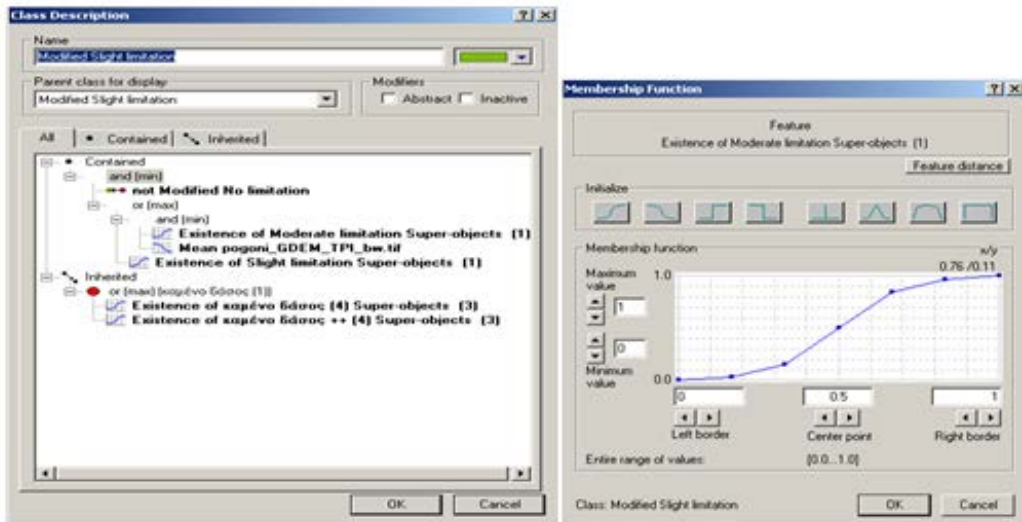
μειώνεται η αντίσταση στη φυσική αναγέννηση κατά ένα βαθμό (π.χ. από strong limitation σε moderate limitation). Εάν πάρει τιμές >115 τότε η κατηγορία δυνατότητας φυσικής αναγέννησης του αρχικού μοντέλου παραμένει ως έχει.

Η κατηγορία του «**Modified No limitation**» η οποία απεικονίζεται με σκούρο πράσινο χρώμα και ισχύει όταν συνδυάζονται ο «*Slight limitation*» στο Level 2 και $TPI \leq 115$ ή «**No limitation**» στο Level 2.



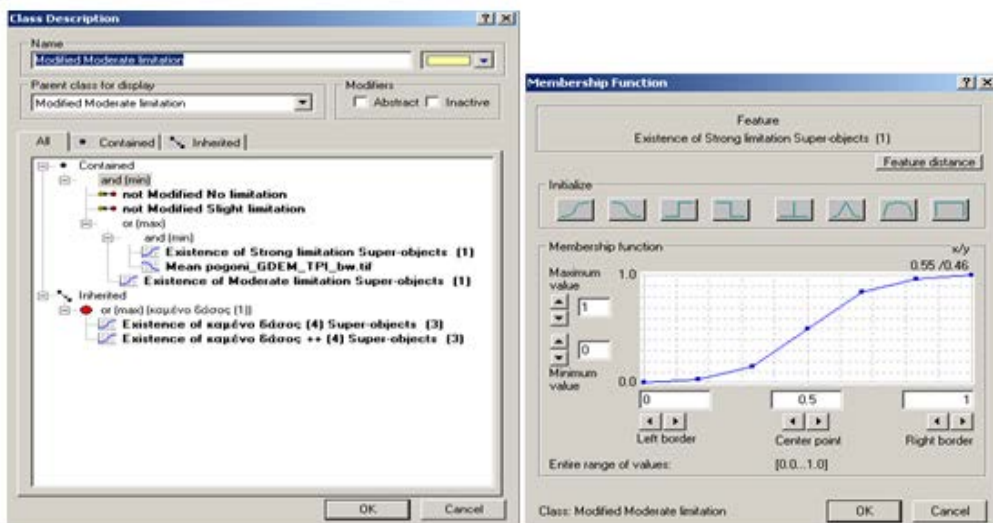
Εικόνα 40. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified No limitation"

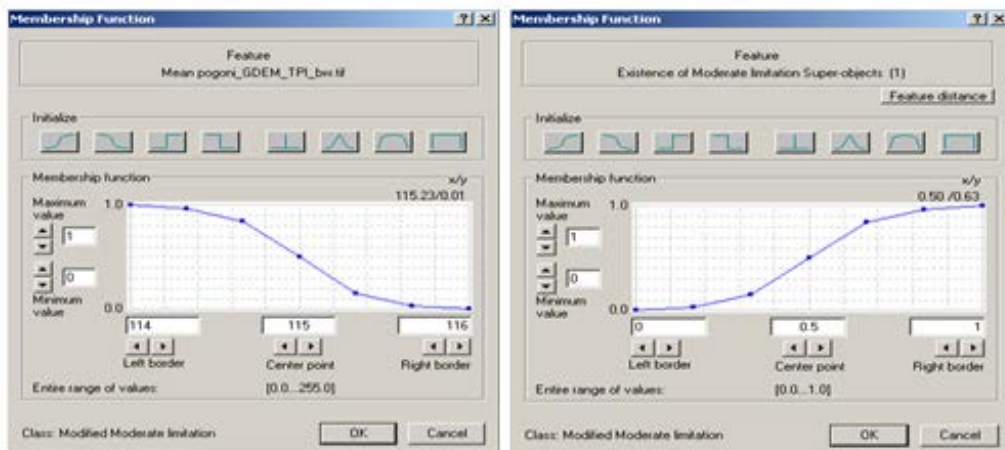
Η κατηγορία «**Modified Slight limitation**» η οποία απεικονίζεται με ανοιχτό πράσινο χρώμα και ισχύει όταν συνδυάζονται ο «*Moderate limitation*» στο Level 2 και ο $TPI < 115$ και ή «*Slight limitation*» στο Level 2.



Εικόνα 41. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Slight limitation"

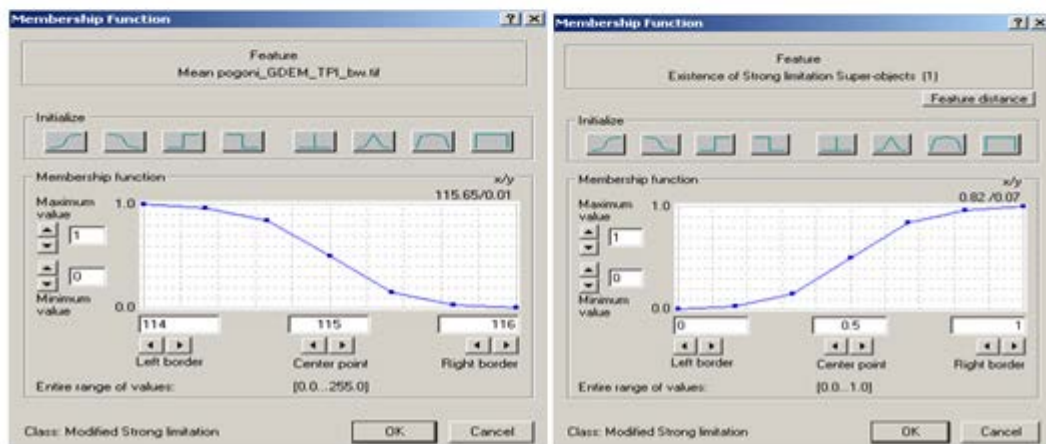
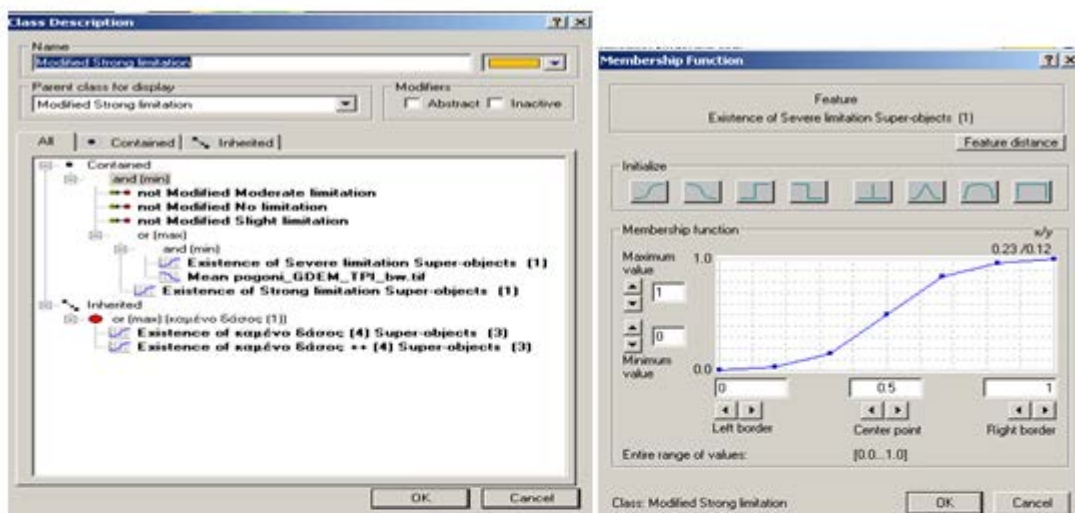
Η περίπτωση «**Modified Moderate limitation**» η οποία απεικονίζεται με μπεζ χρώμα και ισχύει όταν συνδυάζεται ο «*Strong limitation*» στο Level 2 και ο TPI < 115 ή «*Moderate limitation*» Level 2.





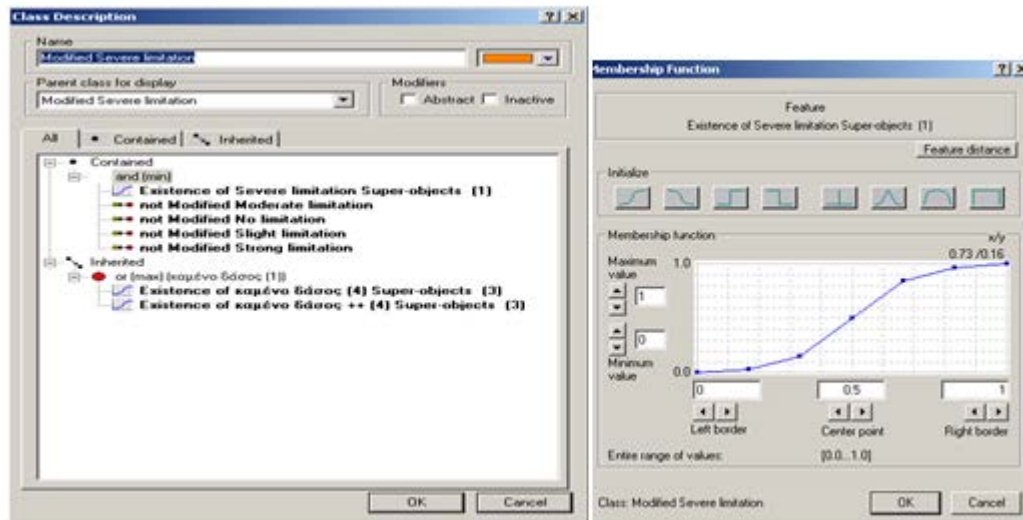
Εικόνα 42. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Moderate limitation"

Η κατηγορία «**Modified Strong limitation**» η οποία απεικονίζεται με πορτοκαλί ανοιχτό χρώμα και ισχύει όταν συνδυάζεται ο «Severe limitation» στο Level 2 και ο TPI <115 Level 2.



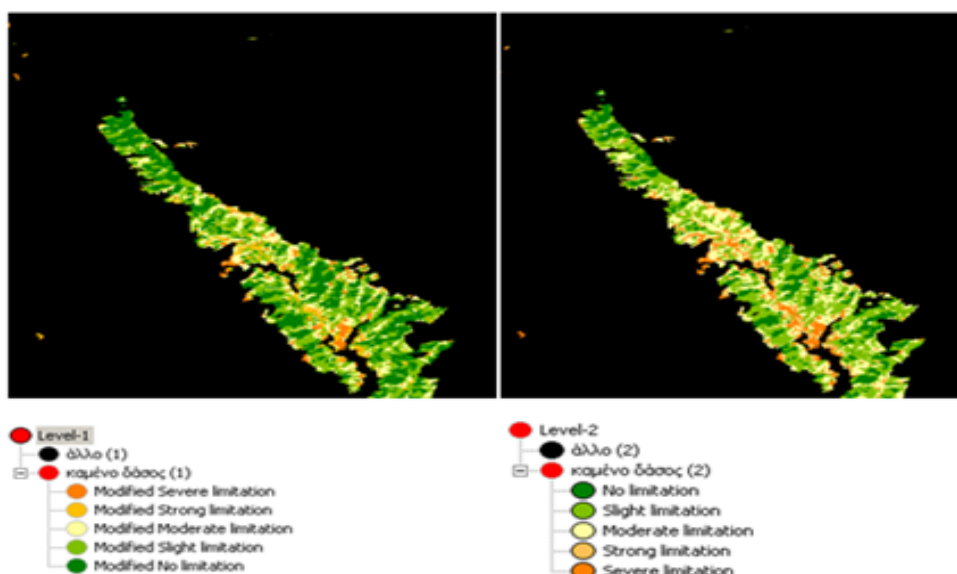
Εικόνα 43. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Strong limitation"

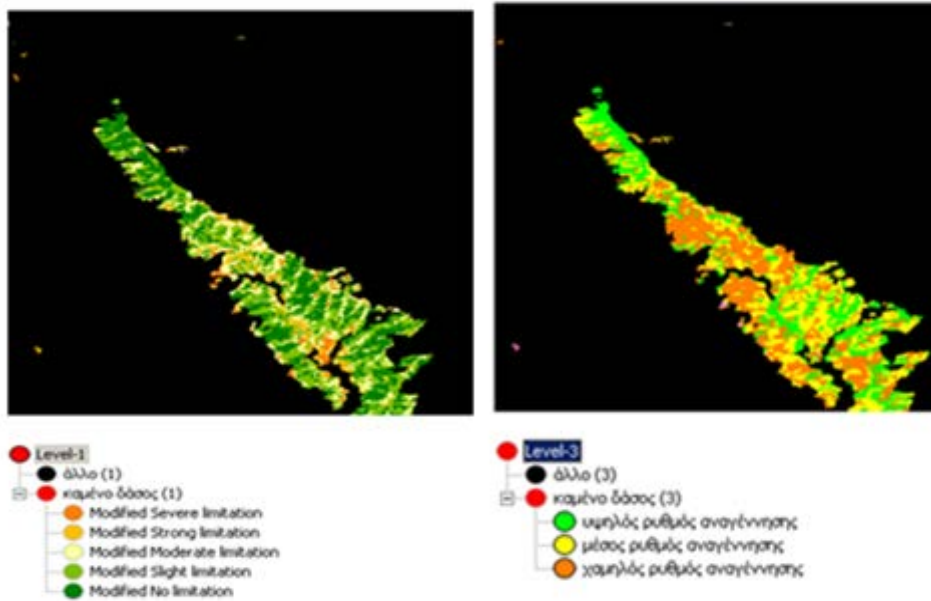
Η κατηγορία «*Modified Severe limitation*» στο Level 2.



Εικόνα 44. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Severe limitation"

Συγκρίνοντας τόσο το αρχικό όσο και το βελτιωμένο μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης (Εικόνα 45α) παρατηρήθηκε ότι υπάρχει αύξηση της φυσικής αναγέννησης στις ρεματιές με αποτέλεσμα τη συνολική αύξηση της δυνατότητας φυσικής αναγέννησης στη περιοχή μελέτης. Επιπλέον, μετά από παρατήρηση φαίνεται ότι υπάρχει καλύτερη σύμπτωση του βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης με την υπάρχουσα αναγέννηση εκτός από την περιοχή στο κέντρο της περιοχής μελέτης η οποία έχει υποστεί δυο απανωτές δασικές πυρκαγιές και για αυτό εμφανίζει μειωμένη φυσική αναγέννηση (Εικόνα 45β). Αυτή η παρατήρηση θα μπορούσε να αποτελέσει μια επιπλέον βελτίωση στο μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης, δηλαδή να αυξάνει η αντίσταση στην φυσική αναγέννηση σε περιοχές οι οποίες έχουν υποστεί διαδοχικές πυρκαγιές.





Εικόνα 45 α & β. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης

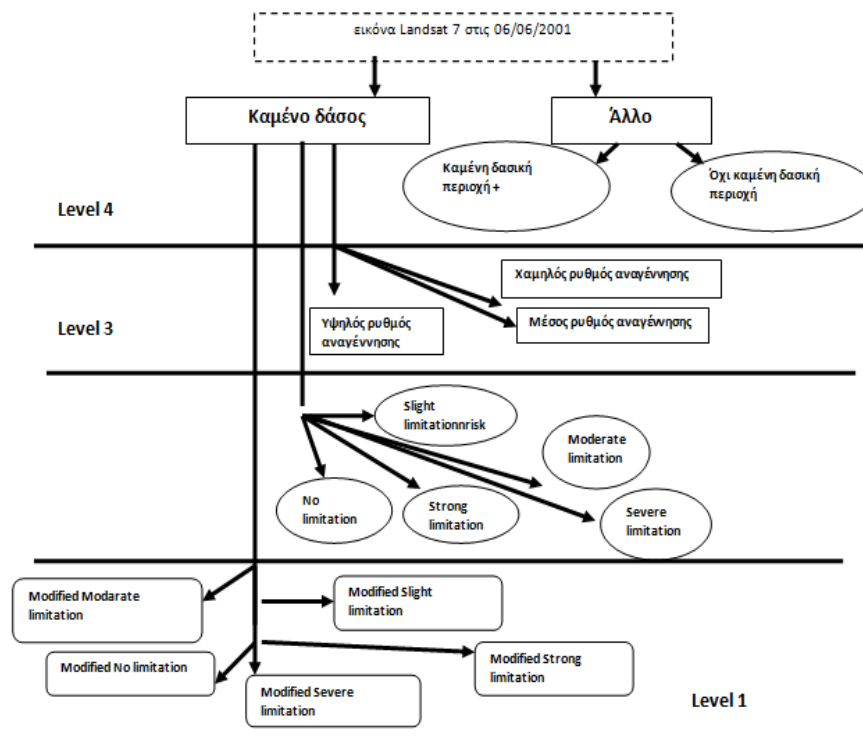
Στο Πίνακα 17 που ακολουθεί παρουσιάζονται οι κανόνες ταξινόμησης για το βελτιωμένο μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης στην καμένη περιοχή.

Επίπεδο		Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξιό όριο	
1	Καμένο δάσος	Modified Severe limitation	Slight limitation=0,5 TPI=115 ή No limitation		0	1	
		Modified Strong limitation	Not No limitation Modified limitation=0,5 TPI=115 ή Slight limitation=0,5		0	1	
		Modified Moderate limitation	not Modified No limitation not Modified Slight limitation Strong limitation=0,5 TPI=115 ή Moderate limitation=0,5		0	1	
		Modified Slight limitation	not Modified Moderate limitation not Modified No limitation not Modified Slight limitation Severe limitation=0,5 TPI=115 ή Strong limitation=0,5		0	1	
		Modified No limitation	Severe limitation=0,5 not Modified Moderate limitation not Modified No limitation not Modified Slight limitation not Modified Strong limitation		0	1	
	Or						
	Άλλο						

2	Καμένο δάσος	Severe limitation	maxMSAVI2=113 MSI aspect =45-235		112 45	114 235	
		Strong limitation	maxMSAVI2=113 aspect=45 & aspect=235		112 44 234	114 46 236	
		Moderate limitation	maxMSAVI2=113-123 MSI aspect=44-235		113 44	123 235	
		Slight limitation	maxMSAVI2=123 & aspect=45-235 & maxMSAVI2=113-123 aspect=45, aspect=235		122 45	124 235	
		No limitation	maxMSAVI2=123 & aspect=45, aspect=235		122 44 234	124 46 236	
	or Άλλο						
	4	Καμένο δάσος	Καμένο δάσος ++	SWIR/NIR		1	1,3
		Άλλο	Όχι καμένη δασική περιοχή	Near neighbour Not kamenh dasikh perioxh		0,5	0,7

Πίνακας 17. Κανόνες ταξινόμησης για το βελτιωμένο μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης

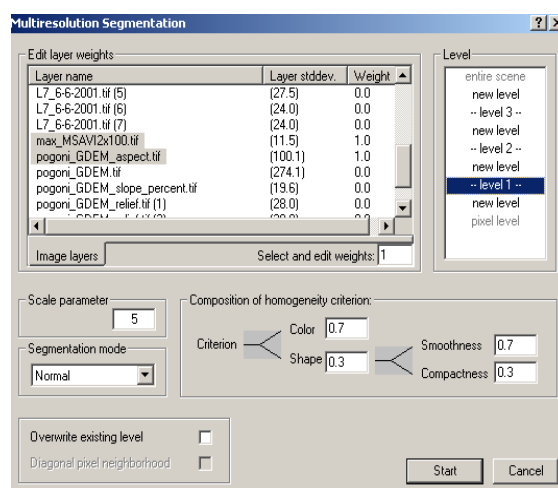
Στο Διάγραμμα 20 περιγράφεται η ταξινόμηση του βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης.



Διάγραμμα 20. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης

2.9 Εφαρμογή βελτιωμένου μοντέλου κινδύνου διάβρωσης εδάφους

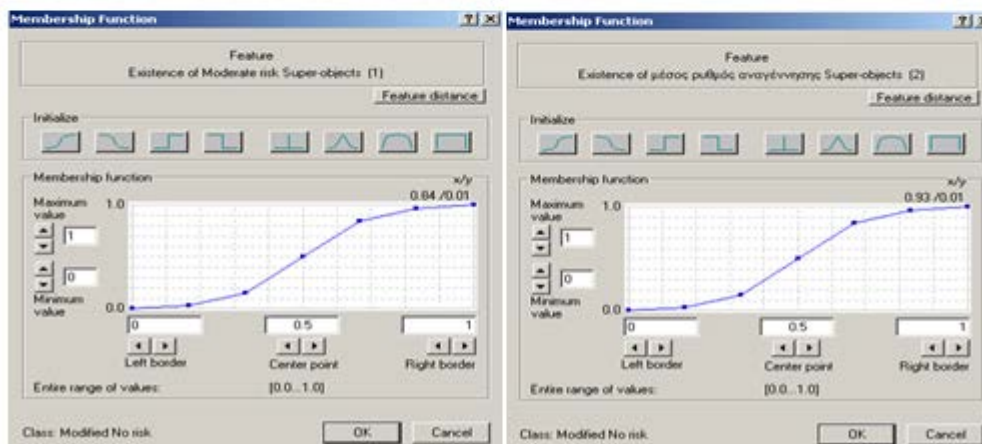
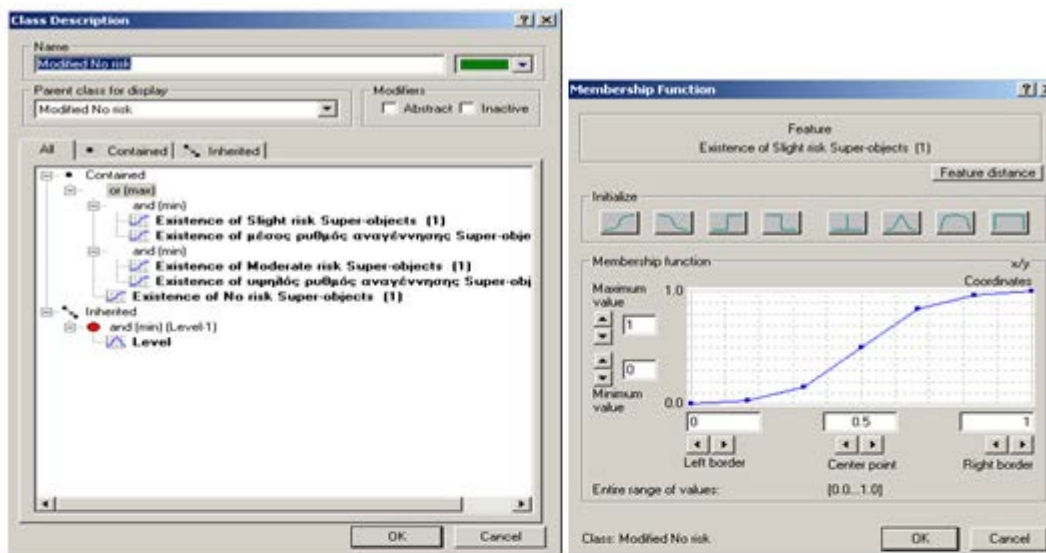
Λίγα χρόνια μετά την δασική πυρκαγιά έχει ήδη ξεκινήσει η διαδικασία της φυσικής αναγέννησης. Έτσι, ένα βελτιωμένο (επικαιροποιημένο) μοντέλο κινδύνου διάβρωσης, το οποίο θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί λίγα χρόνια μετά την πυρκαγιά, θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τη φυσική αναγέννηση η οποία προκύπτει στην καμένη δασική περιοχή. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί λαμβάνοντας υπόψη ότι όσο πιο μεγάλος είναι ο ρυθμός φυσικής αναγέννησης στην περιοχή τόσο ελαττώνεται ο κίνδυνος διάβρωσης. Άλλωστε, στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης 13 χρόνια μετά την πυρκαγιά παρατηρείται η πλήρης αποκατάσταση της βλάστησης (εικόνα Landsat 19/09/2013). Το νέο επικαιροποιημένο μοντέλο κινδύνου διάβρωσης δημιουργήθηκε λαμβάνοντας υπόψη τον κίνδυνο διάβρωσης του αρχικού μοντέλου καθώς και το ρυθμό αναγέννησης της εκάστοτε περιοχής τη χρονική στιγμή μετά την πυρκαγιά την οποία εξετάζουμε (στην περίπτωση μας 1 χρόνο μετά την πυρκαγιά). Έτσι ο κίνδυνος διάβρωσης υποβιβάζεται κατά μία βαθμίδα αν υπάρχει μέσος ρυθμός αναγέννησης ή κατά δύο βαθμίδες αν υπάρχει μεγάλος ρυθμός αναγέννησης, ενώ παραμένει η αρχική πρόβλεψη κινδύνου διάβρωσης αν δεν έχει υπάρξει φυσική αναγέννηση στην περιοχή. Παρόμοια με τη περίπτωση του βελτιωμένου μοντέλου δυνατότητας φυσικής αναγέννησης, το βελτιωμένο μοντέλο κινδύνου διάβρωσης έγινε με χρήση του project του αρχικού μοντέλου κινδύνου διάβρωσης. Σε αυτό προστέθηκε ένα επιπλέον Level κάτω από τα ήδη υπάρχοντα, οπότε τα πρώην Level 1,2 και 3 έγιναν Level 2,3 και 4 αντίστοιχα. Η υλοποίηση έγινε στο λογισμικό του ecognition. Στο **level 1** (θεματικό επίπεδο 1) χρησιμοποιήθηκαν ο $maxMSAVI_2$ και ο χάρτης κλίσεων. Η κλίμακα (*scale parameter*) που έχει οριστεί είναι **7** και η σύνθεση του κριτηρίου ομοιογένειας (*Composition of the homogeneity criterion*) στον τομέα χρώμα (*color*) είναι **0,8** και στο σχήμα (*shape*) **0,2**. Επιπλέον, η ομαλότητα των ορίων μεταξύ των αντικειμένων (*smoothness*) ορίζεται ως **0,5** και συμπαγότητα (*compactness*) ορίζεται ως **0,5**.

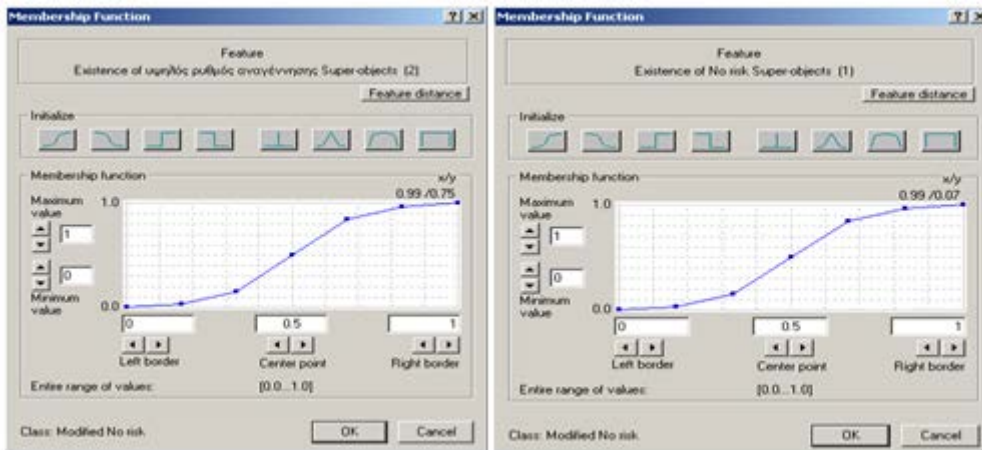


Για το **Level 1** δημιουργήθηκαν οι εξής κατηγορίες:

- ✓ **Modified No risk** (σκούρο πράσινο χρώμα)
- ✓ **Modified Slight risk** (ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα)
- ✓ **Modified Moderate risk** (μπεζ χρώμα)
- ✓ **Modified High risk** (ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα)
- ✓ **Modified Very high risk** (πορτοκαλί χρώμα)

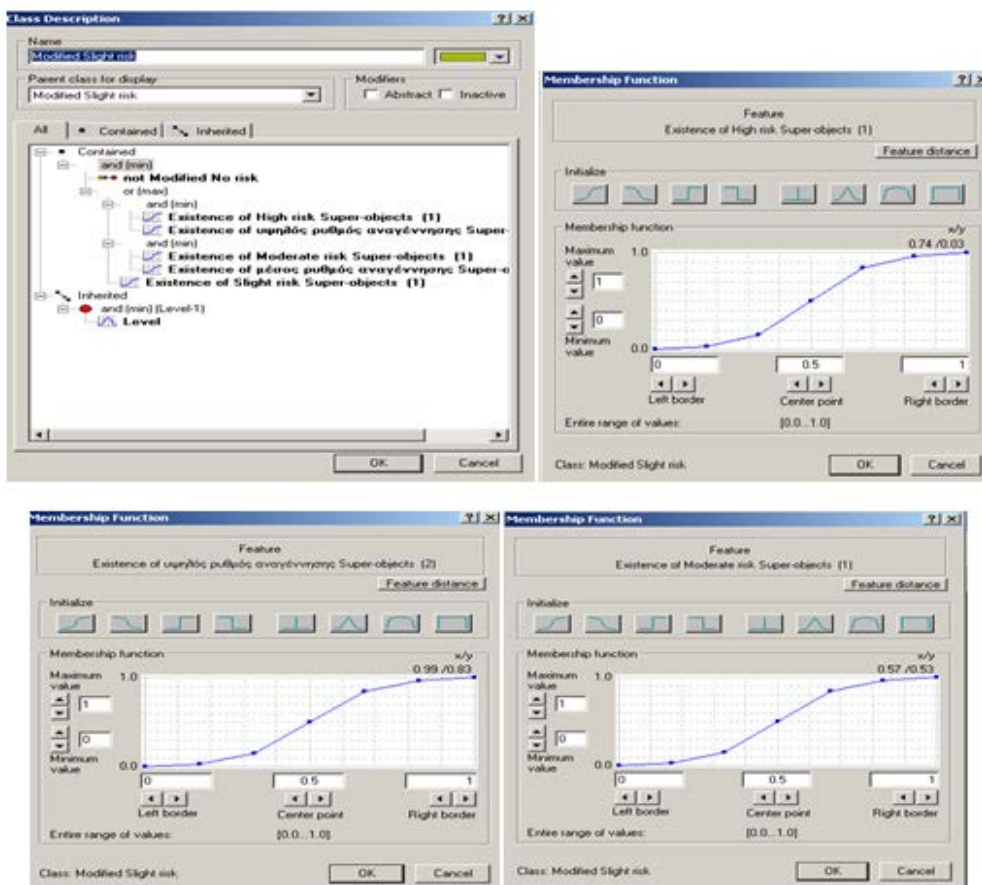
Η κατηγορία «**Modified No risk**» η οποία απεικονίζεται με σκούρο πράσινο χρώμα και προκύπτει όταν στις αρχικές προβλέψεις του μοντέλου ήταν «*No risk*», είτε υπάρχει στο αρχικό μοντέλο «*Slight risk*» αλλά ταυτόχρονα έχει και μέσο ρυθμό αναγέννησης, ή όταν στο αρχικό μοντέλο ήταν «*Moderate risk*» αλλά έχει υψηλό ρυθμό αναγέννησης.

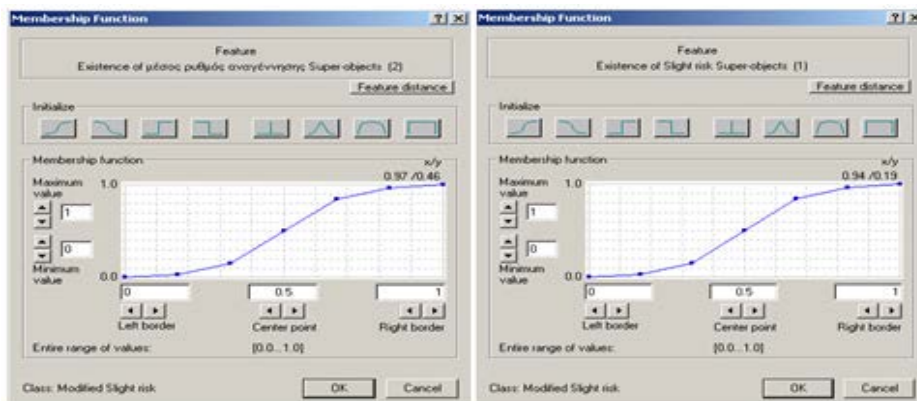




Εικόνα 46. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified No risk"

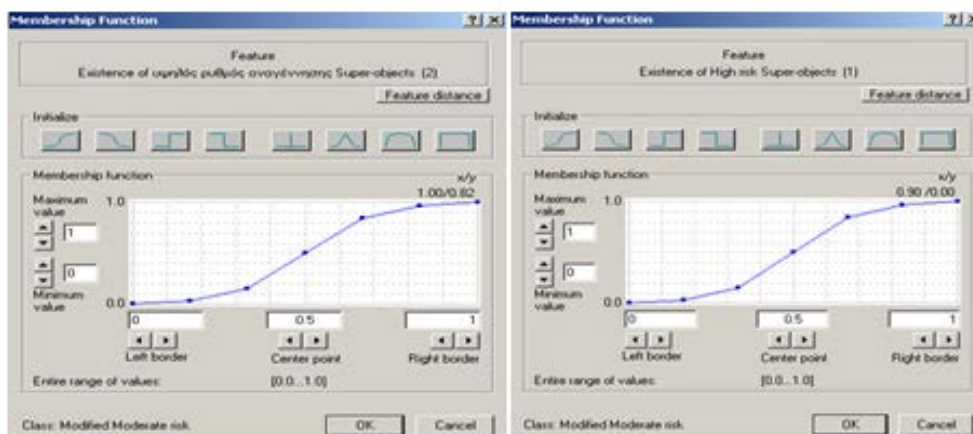
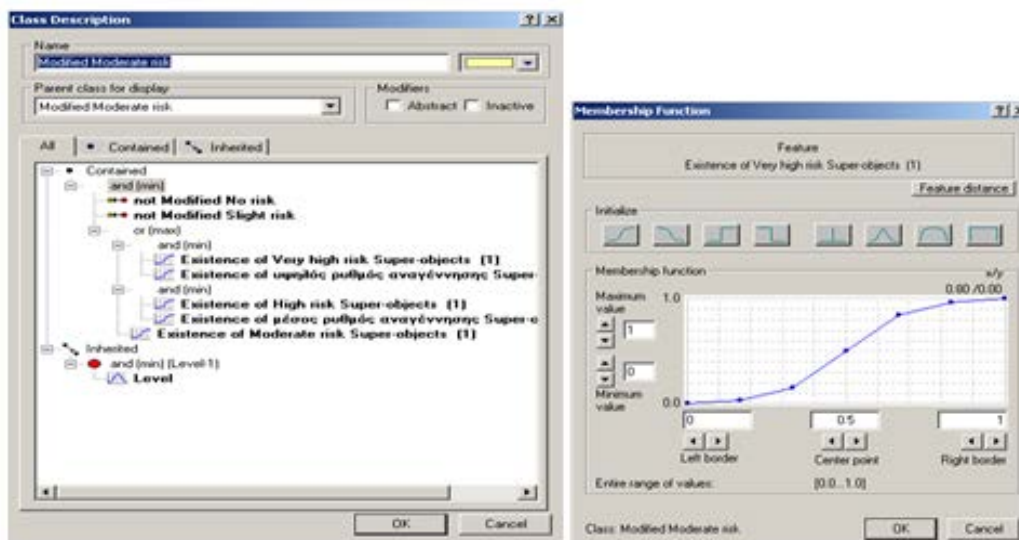
Η κατηγορία «**Modified Slight risk**», η οποία απεικονίζεται με ανοιχτό πράσινο χρώμα, προκύπτει όταν στις αρχικές προβλέψεις του μοντέλου ήταν «Slight risk» και υπάρχει μέσος ρυθμός αναγέννησης, ή ότι ήταν «High risk» αλλά έχουμε υψηλό ρυθμό αναγέννησης ή όταν ήταν «Moderate risk» και έχουμε μέσο ρυθμό αναγέννησης. Επίσης, δεν πρέπει το αντικείμενο να έχει ταξινομηθεί ως "Modified No Risk".

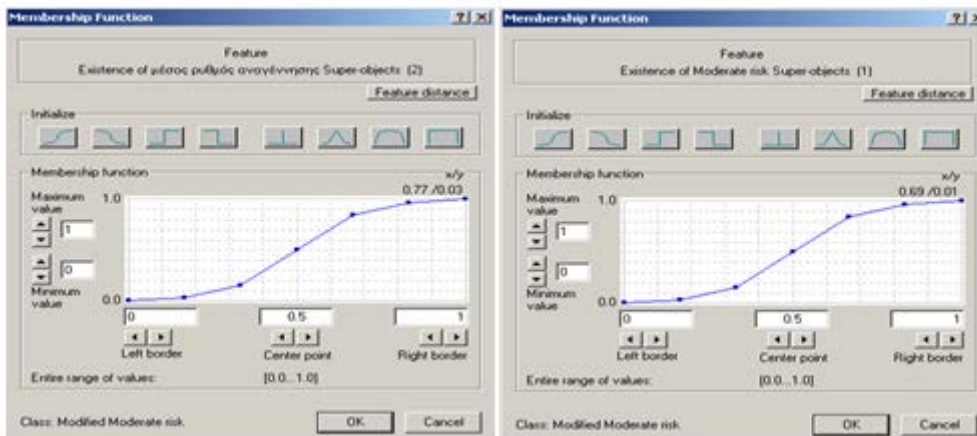




Εικόνα 47. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Slight risk"

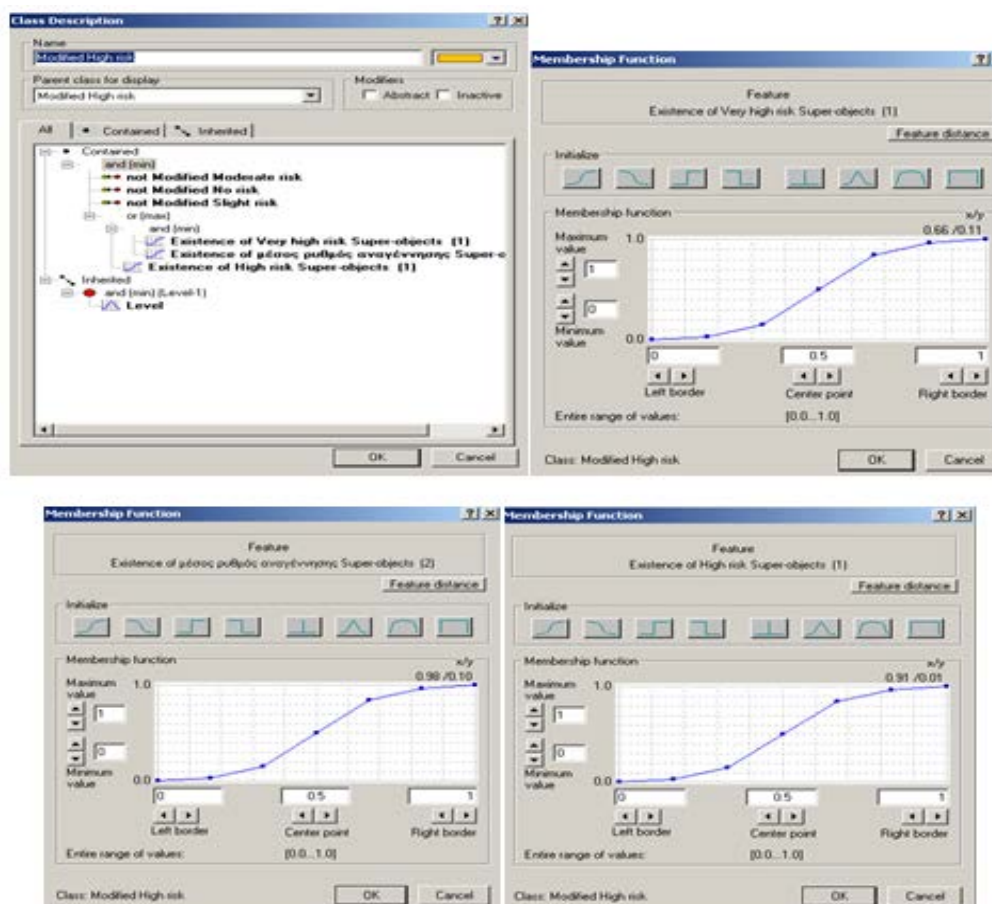
Η κατηγορία «**Modified Moderate risk**», η οποία απεικονίζεται με μπεζ χρώμα, προκύπτει όταν στις αρχικές προβλέψεις του μοντέλου είχαμε «Very High risk» αλλά έχει υψηλό ρυθμό αναγέννησης, ή όταν είχαμε «High risk» με μέσο ρυθμό αναγέννησης. Επίσης, δεν πρέπει το αντικείμενο να έχει ταξινομηθεί ως "Modified No Risk" ούτε ως "Modified Slight Risk".





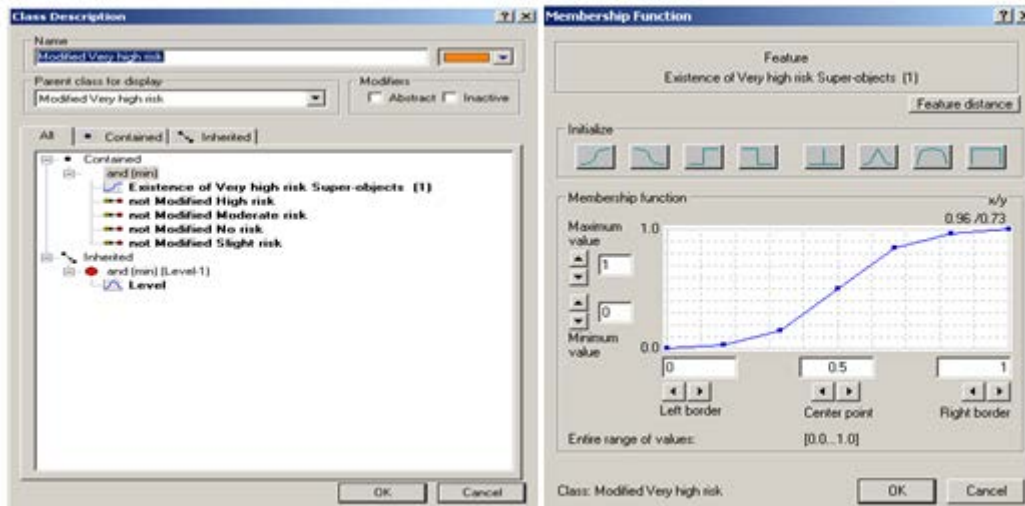
Εικόνα 48. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Moderate risk"

Η κατηγορία «**Modified High risk**», η οποία απεικονίζεται με ανοιχτό πορτοκαλί χρώμα, προκύπτει όταν στις αρχικές προβλέψεις του μοντέλου ήταν «Very High risk» και υπάρχει μέσος ρυθμός αναγέννησης. Επίσης, δεν πρέπει το αντικείμενο να έχει ταξινομηθεί ούτε ως "Modified No Risk", "Modified Slight Risk", "Modified Moderate Risk".



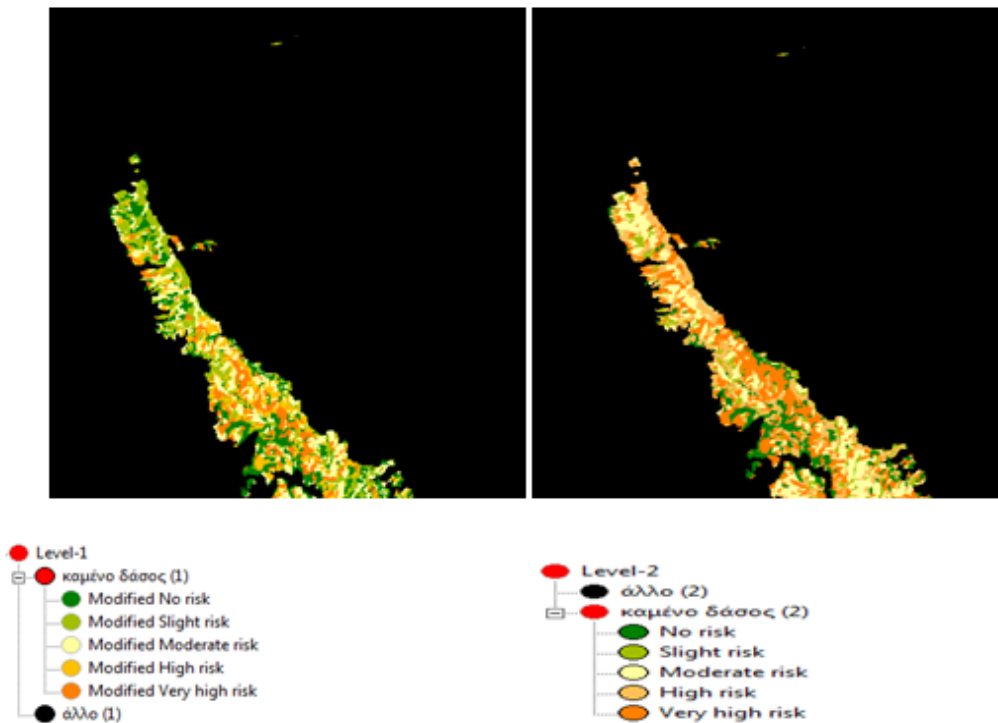
Εικόνα 49. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified High risk"

Η κατηγορία «**Modified Very High risk**» η οποία απεικονίζεται με πορτοκαλί χρώμα και προκύπτει όταν στις αρχικές προβλέψεις του μοντέλου ήταν «*Very High risk*». Επίσης, δεν πρέπει το αντικείμενο να έχει ταξινομηθεί ως “Modified No Risk”, ούτε ως “Modified Slight Risk”, “Modified Moderate Risk”, “Modified High Risk”.




































Εικόνα 50. Πλαίσιο διαλόγου για την κατηγορία "Modified Very High risk"



Στην Εικόνα 51 παρουσιάζεται η ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου διάβρωσης για την καμένη περιοχή. Παρατηρείται ότι στο τελικό επικαιροποιημένο χάρτη κινδύνου διάβρωσης η επικίνδυνες για διάβρωση περιοχές έχουν μειωθεί αισθητά εξαιτίας της φυσικής αναγέννησης



Εικόνα 51. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου διάβρωσης για την καμένη περιοχή

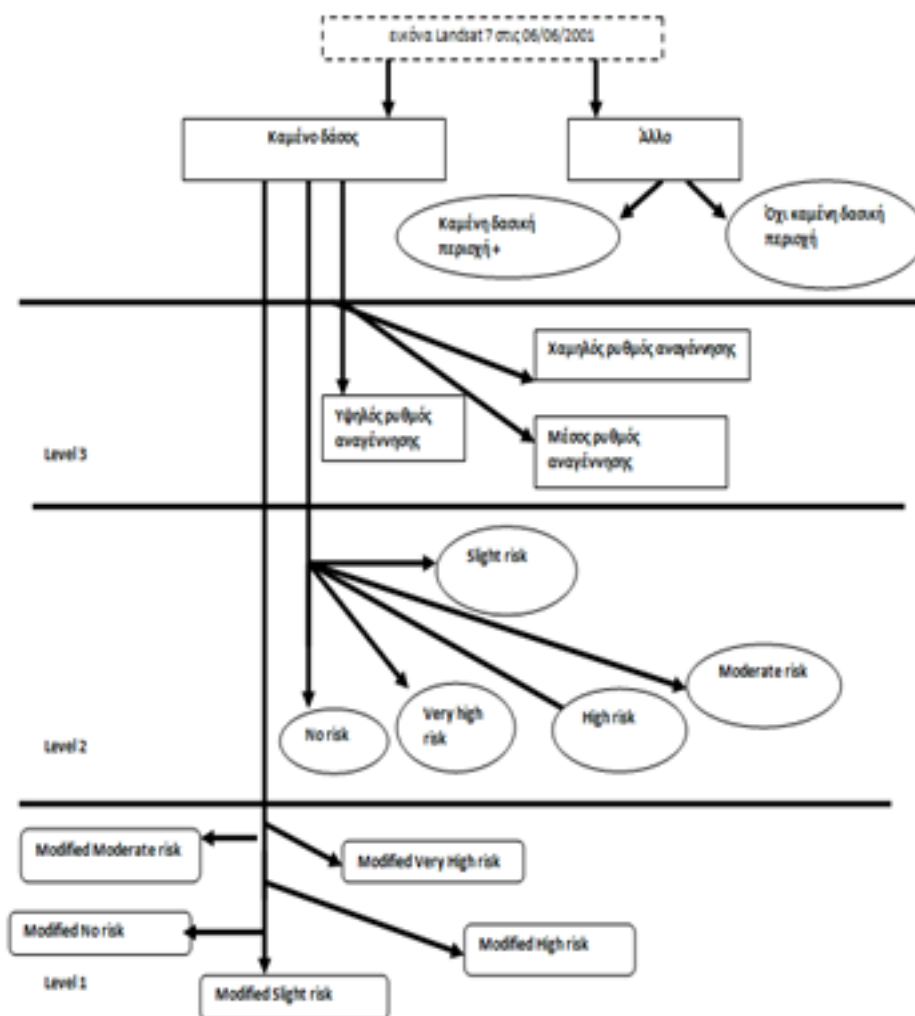
Στο Πίνακα 18 παρουσιάζονται οι κανόνες ταξινόμησης για το βελτιωμένο μοντέλο κινδύνου διάβρωσης.

Επίπεδο		Κατηγορίες	Χαρακτηριστικό	Συνάρτηση συμμετοχής	Αριστερό όριο	Δεξιό όριο		
1	Καμένο δάσος	Modified No risk	Slight risk$0,5$ μέσος ρυθμός αναγέννησης$0,5$ $\bar{\mu}$ Moderate risk$0,5$ Υψηλός ρυθμός αναγέννησης$0,5$ No risk	    	0 0 0 0 0	1 1 1 1 1		
		Modified Slight risk	Not Modified No risk High risk$0,5$ υψηλός ρυθμός αναγέννησης$0,5$ $\bar{\mu}$ Moderate risk$0,5$ μέσος ρυθμός αναγέννησης$0,5$ Slight risk$0,5$	   	0 0 0 0 0	1 1 1 1 1		
		Modified Moderate risk	not Modified No risk not Modified Slight risk Very high risk$0,5$ Υψηλός ρυθμός αναγέννησης $\bar{\mu}$ High risk$0,5$ μέσος ρυθμός αναγέννησης$0,5$	   	0 0 0 0	1 1 1 1		
		Modified High risk	not Modified Moderate risk not Modified No risk not Modified Slight risk Very high risk$0,5$ μέσος ρυθμός αναγέννησης$0,5$ $\bar{\mu}$ High risk$0,5$	  	0 0 0 0	1 1 1 1		
		Modified Very High risk	not Modified High risk not Modified No risk not Modified Slight risk not Modified Moderate risk Very high risk	   	0 0 0 0	1 1 1 1		
		or Άλλο				0	1	
		2	Καμένο δάσος	Severe limitation	maxMSAVI2=113 και aspect=45-235	 	112 45	114 235
				Strong limitation	maxMSAVI2=113 aspect=45 $\bar{\mu}$ aspect=235	 	112 44 234	114 46 236
				Moderate limitation	maxMSAVI2=113-123 και aspect=44-235	 	113 44	123 235
				Slight limitation	maxMSAVI2=123 & aspect=45-235 $\bar{\mu}$ maxMSAVI2=113-123 aspect=45, aspect=235	   	122 45 113 44 234	124 235 123 46 236
No limitation	maxMSAVI2=123 $\bar{\mu}$ aspect=45, aspect=235			  	122 44 234	124 46 236		
or Άλλο								

4	Καμένο δάσος	Καμένο δάσος ++	SWIR/NIR		1	1,3
	Άλλο	Όχι καμένη δασική περιοχή	Near neighbour Not kamenh dasikh perioxh		0,5	0,7

Πίνακας 18. Κανόνες ταξινόμησης για το βελτιωμένο μοντέλο κινδύνου διάβρωσης

Στο Διάγραμμα 21 παρουσιάζεται η ταξινόμηση του βελτιωμένου μοντέλου κινδύνου διάβρωσης για την καμένη δασική περιοχή.



Διάγραμμα 21. Ταξινόμηση βελτιωμένου μοντέλου κινδύνου διάβρωσης

3. Συμπεράσματα-Προοπτικές

Η χρήση Τηλεπισκοπικών δεδομένων προσφέρει τη δυνατότητα να παρατηρείται και να εντοπίζεται με λεπτομέρεια η γήινη επιφάνεια. Η αντικειμενοστρεφής ανάλυση δορυφορικών δεδομένων δίνει τη δυνατότητα για μεγαλύτερη εγκυρότητα στην επεξεργασία χωρικών, μορφολογικών και φασματικών χαρακτηριστικών της Γης. Το λογισμικό *ecognition* για τα μοντέλα φυσικής αναγέννησης και διάβρωσης βασίζεται σε μεθόδους αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης και ασαφούς λογικής όπου χρησιμοποιούν χωρικά, μορφολογικά και φασματικά χαρακτηριστικά των αντικειμένων κάνοντας χρήση σχέσεων γειτνίασης και ιεραρχίας. Καθώς λοιπόν, εξελίσσεται η τεχνολογία η χρήση δορυφορικών δεδομένων υψηλής τεχνολογίας δίνει τη δυνατότητα στους ερευνητές να παρατηρήσουν και να βγάλουν συμπεράσματα για την αναγέννηση μετά από μια δασική πυρκαγιά, την πορεία εξέλιξης της αναγέννησης μέχρι αυτή να επανέλθει στο στάδιο ισορροπίας (ένωση κλίμαξ).

Στην παρούσα διπλωματική εργασία έγινε μια πλήρης καταγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στην περιοχή μελέτης (Δήμος Πωγωνίου) πριν και μετά την πυρκαγιά της 22/08/2000 με χρήση δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων Landsat. Πιο συγκεκριμένα:

- Οριοθετήθηκε με εξαιρετικά μεγάλη ακρίβεια η καμένη δασική περιοχή
- Ταξινομήθηκαν και εμβαδομετρήθηκαν με μεγάλη ακρίβεια τα είδη βλάστησης (δάσος δρυός, μεικτό δάσος δρυός-γαύρου, χορτολιβαδικές εκτάσεις, θαμνώδεις εκτάσεις κ.ά.) πριν την πυρκαγιά.
- Υπολογίστηκε ο ρυθμός φυσικής αναγέννησης της δασικής βλάστησης (χαμηλή, αραιή, μέση και πυκνή βλάστηση) ένα χρόνο μετά την πυρκαγιά.

Επιπλέον εφαρμόστηκε μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης για την καμένη περιοχή, καθώς και μοντέλο κινδύνου διάβρωσης μετά την δασική πυρκαγιά το οποίο έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος του ΕΜΠ (Rokos et al., 2004). Μετά από σύγκριση των αποτελεσμάτων του μοντέλου με την υπάρχουσα κατάσταση λίγα χρόνια μετά την πυρκαγιά, κρίθηκε σκόπιμο και πραγματοποιήθηκαν βελτιώσεις πάνω σε αυτό.

Έτσι, δημιουργήθηκε τα βελτιωμένο μοντέλο δυνατότητας φυσικής αναγέννησης μιας και παρατηρείται πως υπάρχει περισσότερη φυσική αναγέννηση στις ρεματιές. Μια επιπλέον βελτίωση προτείνεται για το μοντέλο αυτό αλλά δεν πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Η βελτίωση αυτή αφορά στη δυνατότητα φυσικής αναγέννησης σε περιοχές που έχουν καεί κατ' επανάληψη.

Όσον αφορά στο μοντέλο διάβρωσης, παρατηρήθηκε πως στην περιοχή μελέτης δεν υπήρχαν αξιοσημείωτες κατολισθήσεις και έτσι δεν υπήρχε δυνατότητα επιβεβαίωσης ή όχι του μοντέλου. Παρόλα αυτά, το μοντέλο κινδύνου διάβρωσης δε λαμβάνει υπόψη την υπάρχουσα φυσική αναγέννηση και άρα δε μπορεί να έχει εφαρμογή λίγα χρόνια μετά την πυρκαγιά. Για το λόγο αυτό προτείνεται το μοντέλο να ενημερώνεται κάθε 2-3 έτη λαμβάνοντας υπόψη το ρυθμό φυσικής αναγέννησης έτσι ώστε όπου υπάρχει ταχύτερη φυσική αναγέννηση να ελαττώνεται ο κίνδυνος διάβρωσης. Ένας τέτοιος επικαιροποιημένος χάρτης κινδύνου διάβρωσης θα είναι πολύ χρήσιμος για την ενημέρωση των ατόμων που ασχολούνται με το δασικό περιβάλλον (δασολόγους κλπ) ώστε να λαμβάνουν τα πιο σωστά κάθε φορά κατάλληλα μέτρα προστασίας.

Αξιοποιώντας τις εικόνες Landsat, οι οποίες είναι ελεύθερες στο διαδίκτυο, μας δίνεται η δυνατότητα για πλήρη και ακριβή καταγραφή των καμένων εκτάσεων πριν και μετά από μια δασική πυρκαγιά, καθώς και την παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης της περιοχής. Επίσης, με χρήση των δορυφορικών τηλεπισκοπικών απεικονίσεων μπορούμε να εφαρμόσουμε και να επικαιροποιούμε μοντέλα δυνατότητας φυσικής αναγέννησης και κινδύνου διάβρωσης τα οποία είναι πολύ χρήσιμα για όσους είναι υπεύθυνοι για την προστασία του δασικού περιβάλλοντος.

4. Βιβλιογραφία

4.1 Ξένη βιβλιογραφία

- ✓ Agee, 1993 K.J. Agee Fire Ecology of Pacific Northwest Forests Island Press, Washington DC (1993)
- ✓ Albini F.A., Stocks B.J., 1986. Predicted and observed rates of spread of crown fires in immature Jack pine. *Combustion Science and Technology* 48: 65-76.
- ✓ Albini F.A., 1984. Wildland fires. *American Scientist* 72: 590-597
- ✓ Alexander M.E., 2000. Fire behaviour as a factor in forest and rural fire suppression. Forest Research, Rotorua, in association with the New Zealand Fire Service Commission and National Rural Fire Authority, Wellington. Forest Research Bulletin No. 197, Forest and Rural Fire Scientific and Technical Series, Report No. 5. 28 p.
- ✓ Amiro et al., 2001 B. Amiro, B. Stocks, M. Alexander, M. Flannigan, B. Wotton Fire, climate change, carbon and fuel management in the Canadian boreal forest *International Journal Wildland Fire*, 10 (2001), pp. 405–441
- ✓ Balatsos P., (2008) (Ministry of Rural Development and foods Directorate General for Development and Protection of Forests and the Natural Environment,) Forest Fires in Greece. In: European Commission (Ed.) Forest Fires in Europe 2007. Official Publication of the European Communities EUR 23492EN, PP 29-33
- ✓ Baule, H. και Fricker, C. 1970. The Fertilizers Treatment of Forest Trees, BLV Munich
- ✓ Brauer M., Health Impacts of biomass air pollution. In : Goh K-T Schwela D., Goldammer JG, O Simpson, editors. Health Guidelines for Vegetation Fire Events-Background Papers, 6-9 October 1998, Lima, Peru, WHO/UNEP/WMO 1999: 186-257
- ✓ Byram G. W. Forest Fires, Control and Use, McGraw Hill, New York 1959
- ✓ Carcaillet et al., 2001 C. Carcaillet, Y. Bergeron, P.J.H. Richard, B. Fréchette, S. Gauthier, Y.T. Prairie Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forests during the Holocene: does vegetation composition or climate trigger the fire regime? *Journal of Ecology*, 89 (2001), pp. 930–946
- ✓ Cardille et al., 2001 J.A. Cardille, S.J. Ventura, M.G. Turner Environmental and social factors influencing wildfires in the Upper Midwest, United States *Ecological Applications*, 11 (2001), pp. 111–127
- ✓ Carvalho et al., 2010a A. Carvalho, M. Flannigan, K. Logan, L. Gowman, A.I. Miranda, C. Borrego The impact of spatial resolution on area burned and fire occurrence projections in Portugal under climate change *Climatic Change*, 98 (2010), pp. 177–19
- ✓ Carvalho et al., 2008 A. Carvalho, M. Flannigan, K. Logan, A.I. Miranda, C. Borrego Fire activity in Portugal and its relationship to the weather and the Canadian fire weather index system *International Journal of Wildland Fire*, 17 (2008), pp. 328–338
- ✓ Carvalho et al., 2007 Carvalho A., Martins V., Miranda A.I., Borrego C., 2007. Forest fire emissions under climate change: an air quality perspective, In: Proceedings of the 4th International Wildland Fire Conference, 13–17 May, Seville, Spain. (Proceedings in CD Rom)
- ✓ Certini, 2005 G. Certini Effects of fire on properties of forest soils: a review *Oecologia*, 143 (2005), pp. 1–10
- ✓ Christensen N.L. and Muller C.H., 1975. Effects of fire on factor controlling plant growth in *Adenostoma caparral*. *Ecol. Monogr.* 45 (1): 29-55
- ✓ Crutzen et al., 1979 P. Crutzen, L. Heidt, J. Krasnec, W. Pollock, W. Seiler Biomass burning as a source of atmospheric gases CO, H₂, N₂O, NO, CH₃Cl and COS *Nature*, 282 (5736) (1979), pp. 253–256
- ✓ DeBano L. F., Daniel G. L., Ffolliot P. F., Fire's Effects on Ecosystems, John Wiley & Sons, 1998

- ✓ De Bano, L.F., Eberlein G.E. and Dunn P.H., 1979 Effects of burning on chaparral soils: I. Soil nitrogen. *Soil sci. Soc. Am. J.* 43:504-509
- ✓ De Bano L.F. Influence of Forest Practices on Water Yield, Channel Stability, Erosion and Sedimentation in the SW, In: *Forests for People :A challenge in World Affairs*, Proceedings of the society of American Foresters, Washington 1977
- ✓ Díaz, S. and M. Cabido (1997) "Plant functional types and ecosystem function in relation to global change", *Journal of Vegetation Science*, 8, 463-474
- ✓ European Commission, 2011. *Forest Fires in Europe 2010*. Official Publication of the European Communities EUR 24910
- ✓ European Commission, 2008. *Forest Fires in Europe 2007*. Official Publication of the European Communities EUR 23492EN
- ✓ Forster et al., 2001 C. Forster, U. Wandinger, G. Wotawa, P. James, I. Mattis, D. Althausen, P. Simmonds, S. O'Doherty, S.G. Jennings, C. Kleefeld, J. Schneider, T. Trickl, S. Kreipl, H. Jager, A. Stohl Transport of boreal forest fire emissions from Canada to Europe *Journal of Geophysical Research*, 106 (2001), pp. 22887–22906
- ✓ Fry and Stephens, 2006 D.L. Fry, S.L. Stephens Influence of humans and climate on the fire history of a ponderosa pine-mixed conifer forest in the southeastern Klamath Mountains, California *Forest Ecology and Management*, 223 (2006), pp. 428–438
- ✓ Fromm et al., 2000 M. Fromm, J. Alfred, K. Hoppel, J. Hornstein, R. Bevilacqua, E. Shettle, R. Servranckx, Z. Li, B. Stocks Observations of boreal forest fire smoke in the stratosphere by POAM III, SAGE II, and Lidar in 1998 *Geophysical Research Letters*, 27 (2000), pp. 1407–1410
- ✓ Gao, 1996 B. Gao NDWI—a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. *Remote Sensing of Environment*, 58 (1996), pp. 257–266
- ✓ Gibson P. & C Power, 2000. *Introductory Remote Sensing: Digital Image Processing and Applications*. Routledge, 29 West 35th Street New York NY10001
- ✓ Goldammer, 2009 J.G. Goldammer Impact of climate change, socio-economic and land-use changes on fire regimes in the Asian region Proceedings of the International Symposium "Regional/National Impact of Climate Change on Fire Regimes", Korea Forest Service, Korea Forest Research Institute, Inje University and Global Fire Monitoring Center, Busan. South Korea (2009), pp. 3–22
- ✓ Goldammer J.G., 1978. *Feueroekologie und Feuer –Management*. In V.W. –Sym. "Feueroekologie", *Freiburger Waldschutz-Adhandlungen*. Her. Von. Forst. Inst. Der Univ. Freiburg
- ✓ Graham R.T., 2003. *Hayman fire case study*. USDA, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report RMRS- GTR-114, Fort Collins. 396p
- ✓ Granström, 1993 A. Granström Spatial and temporal variation in lightning ignitions in Sweden *Journal of Vegetation Science*, 4 (1993), pp. 737–744
- ✓ Grimm et al., 2003 M. Grimm, R.J.A. Jones, L. Montanarella Soil Erosion Risk in Italy: A Revised USLE Approach European Soil Bureau Research Report No. 11, EUR 20677 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (2003) 26 pp.
- ✓ Hartman, F. 1952. Was zeigt unsder Wald u'ber die Naturgesetzhlichkeiten im N'ahstoffhaushalt? *Cbl. Ges. Forstwes* 84: 2-6
- ✓ Hetsch, W. 1980. Bodenphysikalische und Bodenchemischen Auswirkungen eines Waldbrands auf einen Braunerde- Podsol under kiefer. *Forstw. Cbt.* 99:257-273
- ✓ Humphereys, F.R., and Lambert, M. 1965 Soil temperature profiles under slash and log fires of various intensities. *Austral. For. Res.* 1: 23-9
- ✓ Hoinka et al., 2009 K. Hoinka, A. Carvalho, A.I. Miranda Regional-scale weather patterns and wildland fires in central Portugal *International Journal of Wildland Fire*, 18 (2009), pp. 36–49
- ✓ IPCC, 2007 IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change *Climate change 2007: the physical science basis* S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (Eds.), Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report

- of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge (2007) 996 pp
- ✓ Jesus San-Miguel-Ayanz . Jose Manuel Moreno, Andrea Camia (2013) Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: Lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management* 294 (2013): 11-22
 - ✓ Kaiser et al., 2012 J.W. Kaiser, A. Heil, M.O. Andreae, A. Benedetti, N. Chubarova, L. Jones, J.-J. Morcrette, M. Razinger, M.G. Schultz, M. Suttie, G.R. van der Werf Biomass burning emissions estimated with a global fire assimilation system based on observed fire radiative power *Biogeosciences*, 9 (2012), pp. 527–554
 - ✓ Kazanis D. and Arianoutsou M. (1996) : “ Vegetation composition in a post-fire successional gradient of *Pinus halepensis* forests in Athens, Greece”. *Int. J. Wildland Fire* 6 (2): 89-91
 - ✓ Knicker, 2007 H. Knicker How does fire affect the nature and stability of soil organic nitrogen and carbon? A review *Biogeochemistry*, 85 (2007), pp. 91–118
 - ✓ Kwon H. Lee^a, Jeong E. Kim^a, Young J. Kim^a, Jhoon Kim^b Wolfgang von Hoyningen-Huene^c Impact of the smoke aerosol from Russian forest fires on the atmospheric environment over Korea during May 2003 *Atmospheric Environment* Volume 39, Issue 1, January 2005, Pages 85–99
 - ✓ Keenan et al., 2014 T.F. Keenan, J. Gray, M.A. Friedl, M. Toomey, G. Bohrer, D.Y. Hollinger, *et al.* Net carbon uptake has increased through warming-induced changes in temperate forest phenology *Nature Climate Change*, 4 (2014), pp. 598–604
 - ✓ Lampropoulou E., 2009 Outrage in Greece over Secret Plan to Develop Land in Region Ravaged by Fires *The Independent*, London
 - ✓ Le Hou'rou H.N., (1973) Fire and vegetation in the mediterranean basin. *Proc. 13th Annual Tall Timbers Fire Ecol. Conf.*, p 237-277
 - ✓ Lioussé et al., 1996 C. Lioussé, J.E. Penner, C. Chuang, J.J. Walton, H. Eddleman, H. Cachier A global three-dimensional model study of carbonaceous aerosols *J. Geophys. Res.*, 101 (D14) (1996), pp. 19411–19432
 - ✓ Lutz H.J., και Chandler R.F., (1946) *Forest Soil*. John Wiley and Sons, Inc. New York
 - ✓ Miranda et al., 2012 A.I. Miranda, V. Martins, P. Cascão, J.H. Amorim, J. Valente, C. Borrego, A.J. Ferreira, C.R. Cordeiro, D.X. Viegas, R. Ottmar Wildland smoke exposure values and exhaled breath indicators in firefighters *J. Toxicol. Environ. Health*, 75 (13–15) (2012), pp. 831–843
 - ✓ Miranda, 2004 A.I. Miranda An integrated numerical system to estimate air quality effects of forest fires *Int. J. Wildl. Fire*, 13 (2) (2004), pp. 217–226
 - ✓ Moritz et al., 2005 M.A. Moritz, M.E. Morais, L.A. Summerell, J.M. Carlson, J. Doyle Wildfires, complexity, and highly optimized tolerance *PNAS*, 102 (2005), pp. 17912–17917
 - ✓ Myneni et al., 1997 R.B. Myneni, C.D. Keeling, C.J. Tucker, G. Asrar, R.R.
 - ✓ Nakicenovic et al., 2000 N. Nakicenovic, J. Alcamo, G. Davis, B. de Vries, J. Fenhann, S. Gaffin, K. Gregory, A. Grübler, T.Y. Jung, T. Kram, E. La Rovere, L. Michaelis, S. Mori, T. Morita, W. Pepper, H. Pitcher, L. Price, K. Raihi, A. Roehrl, H. Rogner, A. Sankovski, M. Schlesinger, P. Shukla, S. Smith, R. Swart, S. van Rooijen, N. Victor, Z. Dadi IPCC Special Report on Emissions Scenarios Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA (2000) 599 pp.
 - ✓ Naveh Z. (1975) “The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region” *Vegetatio* 29(3): 199-208
 - ✓ Naveh Z. (1974) “Effects of fire in the Mediterranean region. Fire and ecosystems ”. In: T.T Kozlowski and C.E. Ahlgren, (eds). *Academic Press*, N.Y., pp 401-434
 - ✓ Nemani Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991 *Nature*, 386 (1997), pp. 698–702

- ✓ Odum E., 1983 Basic Ecology. Saunders Call. Publ. N.Y
- ✓ Oliviera S., Oehler F., San-Miguel-Ayanz J., Camia A., Pereira J.M.C., 2012 Modeling spatial patterns of fire occurrence in Mediterranean Europe using multiple regression and random forest. *Forest Ecology and Management* 275, 117-129
- ✓ Omi, P.N., 2005. *Forest Fires: A Reference Handbook*. ABC CLIO, Santa Barbara
- ✓ Papanastasis, V. and P. Platis 1990. Effects of range grass seeding on a wildburned kermes oak shrubland in Greece p.25-77 6th Meeting FAO on Mediterranean Pastures and Fodder Crops. Bari, Italy
- ✓ Pritchett, W. L. 1979. *Properties and Management of Forest Soils*. Wiley and Sons, New York
- ✓ Pyne S. J., *World Fire-The Culture of Fire on Earth*, University of Washington Press, 1997.
- ✓ Pyne et al., 1996 S.J. Pyne, P.L. Andrews, R.D. Laven *Introduction to Wildland Fire* Wiley, New York
- ✓ Qi J., Chehbouni A., Huete A.R., Kerr Y.H., 1994. Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI). *Remote Sens Environ* 48:119-126.
- ✓ Qi J., Kerr Y., Chehbouni A., 1994. External factor consideration in vegetation index development. *Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, ISPRS*, 723-730.
- ✓ Reinhardt et al., 2001 E. Reinhardt, R. Ottmar, C. Castilla Smoke impacts from agricultural burning in a rural Brazilian town *J Air Waste Manage Assoc*, 51 (2001), pp. 443–450
- ✓ Reinhardt T.E., and Ottmar R.D., Hanneman A.J.S., *Smoke exposure among firefighters at prescribed burns in the Pacific Northwest*. Res. Pap. PNW-RP—526 Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station 2000, 45 pp
- ✓ Ρόκος Δ., Κολοκούσης Π., 2004. "Natural Regeneration Potential and Soil Erosion Risk after Forest Fires in Typical Mediterranean areas", *Local Land & Soil News* No. 10/11/II/III/04, European Land and Soil Alliance ELSA e.V
- ✓ Rouse, J.W., Jr., R.H.H., Deering, D.W., & Schell, J.A. (1973). Monitoring the vernal advancement and retrogradation (green wave effect) of natural vegetation. In N.G.T.I.F. Report (Ed.) (p. 87). Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, 20771
- ✓ San- Miguel-Ayanz, J., Schulte E., Camia A., 2012b The European Forest Fires information system in the context of environmental policies of the European Union, *Forest Policy and Economics*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.forpol.2011.08.012>
- ✓ San- Miguel-Ayanz, J., Camia A., 2010. Forest Fires, in *Mapping the Impacts of Natural Hazards and Technological Accidents in Europe: An Overview of the Last Decade*. EEA Technical Report N13/2010, pp 47-53
- ✓ San- Miguel-Ayanz, J., Pereira J., Boca R., Strobl P., Kucera J., Pekkarinen A., 2009. Forest Fires in the European Mediterranean region : mapping and analysis of burned areas. In: Chuvieco, E (Ed) *Earth Observation of Wildland Fires in Mediterranean Ecosystems*. Springer, Berlin, Heidelberg pp 189-204
- ✓ Sampson, A. W., 1944. Plant succession on burned chaparral land in northern Californian, *Univ. Cal., Coll., Lyric., Agric., Exp., St. Bull*, 685 pp 144
- ✓ Shakesby , R.A., Doerr, S.H., 2006. Wildfire as a hydrological and geomorphological agent. *Earth Science Reviews* 74, 269-307
- ✓ Spurr S.H. 1960. *Photogrammetry and Photointerpretation*. 2nd edit., Ronald Press, N. York, 472 pp
- ✓ Susmel, L., 1973. *Development and Present Problems of Forest Fire Control in the Mediterranean Region*. FAO, Rome.
- ✓ Simard, A.J., Haines, D.A., Blank, R.W., Frost, J.S., 1983. *The Mack Lake Fire*. USDA, Forest Service, North Central Forest Experiment Station, General Technical Report NC-83, St.Paul, Minnesota. P. 36.
- ✓ Switzer, G. L., and Nelson, L. E. 1972 Nutrient accumulation and cycling in loblolly pine (*Pinus taeda* L.)plantation ecosystems: the first twenty years. *Soil Sci.Soc.Amer. Proc.* 36:143-7
- ✓ Tarrant. R.F.' 1956. Effects of slash burning on some soils of the Douglas fir region. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc.* 20 :408 -11.

- ✓ Thanos C., (1999): "Fire Effects on forest vegetation, the case of Mediterranean pine forests in Greece". In: G. Eftichidis, P. Balabanis and A. Ghazi (eds). Wildfire Management Algosystems SA. European Commission DGXII, Athens pp 323-334
- ✓ Tucker, 1979 C.J. Tucker Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation Remote Sensing of Environment, 8 (1979), pp. 127–150
- ✓ Van der Werf et al., 2006 G.R. van der Werf, J.T. Randerson, L. Giglio, G.J. Collatz, P.S. Kasibhatla, A.F. Arellano Jr. Interannual variability in global biomass burning emissions from 1997 to 2004 Atmospheric Chemistry and Physics, 6 (2006), pp. 3423–3441 <http://dx.doi.org/10.5194/acp-6-3423>
- ✓ Van der Knijff et al., 1999 J.M. Van der Knijff, R.J.A. Jones, L. Montanarella Soil erosion risk assessment in Italy. EUR 19044EN. European Soil Bureau, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg (1999) 52 pp.
- ✓ Ward et al., 1993 D. Ward, R. Rothermel, C. Bushey Particulate matter and trace gas emissions from the Canyon Creek fire of 1988, in: Society of American Foresters (Ed.), Proceedings of the 12th fire and forest meteorology (1993), pp. 62–76
- ✓ Westerling et al., 2006 A.L. Westerling, H.G. Hidalgo, D.R. Cayan, T.W. Swetnam Warming and earlier spring increase western US forest wildfire activity Science, 313 (2006), pp. 940–94
- ✓ W.R.L. Anderegg, J.M. Kane, L.D.L. Anderegg Consequences of widespread tree mortality triggered by drought and temperature stress Nature Clim Change, 3 (2013), pp. 30–36
- ✓ Wu et al., 2007 W. Wu, A.H. Lynch, S. Drobot, J. Maslanik, A.D. McGuire, U. Herzfeld Comparative analysis of the Western Arctic surface climate with modeling and observations Earth Interact., 11 (2007), pp. 1–24
- ✓ Wilde, S.A. 1958. Forest Soils, their Properties and Relations to Silviculture, The Ronald Press, Co., New York

4.2 Ελληνική βιβλιογραφία

- ✓ Αθανασιάδης Ν. (1986) Δασική Φυτοκοινωνιολογία Εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη Θεσσαλονίκη σελίδες 90-99
- ✓ Αργιαλάς Δ. "Φωτοερμηνεία– Τηλεπισκόπηση", Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εκπαιδευτικές Σημειώσεις Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Αθήνα, 1999
- ✓ Αργιαλάς Δ. και Τζώτσος Α., 2007 Αντικειμενοστρεφής Ανάλυση Εικόνας στην Τηλεπισκόπηση. Θεωρία και Εφαρμογές. Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης. Τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών ΕΜΠ ΤΕΕ: Τηλεπισκόπηση Εξελίξεις και Εφαρμογές—ΕΜΠ 22-23 Φεβρουαρίου 2007
- ✓ Αριανούτσου Μ. (1995) « Τα κα(η)μένα Μεσογειακά οικοσυστήματα». Η Νέα Οικολογία, 27-29
- ✓ Βορίσης Δ. (2004), Η καταστολή των δασικών πυρκαγιών Αθήνα Τυπογραφείο ΑΠΣ
- ✓ Γκόφας Α., Εγχειρίδιο Δασοπροστασίας εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη 2001
- ✓ Δημηταρκόπουλος Π. Α. (2009). Πανεπιστημιακές σημειώσεις στο μάθημα των δασικών πυρκαγιών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης σελίδα 2
- ✓ Ιωακειμίδης Σ. 2012 Ερευνητική εργασία. Χρήση Τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών για την παρακολούθηση, πρόληψη και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών. Βέροια, Ιούνιος 2012. Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης ΑΠΘ
- ✓ Ιερωνυμίδα Ε. 2009. Διδακτορική Διατριβή. Ανάπτυξη μεθόδων συγχώνευσης τηλεπισκοπικών δεδομένων και εφαρμογή στην παρατήρηση βλάστησης σε περιοχές με προηγούμενη μεταλλευτική δραστηριότητα. Πολυτεχνείο Κρήτης Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων
- ✓ Καϊλίδης Δ. (1993). Δασικές Πυρκαγιές Τρίτη έκδοση Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη
- ✓ Καϊλίδης Δ. (1990) Δασικές Πυρκαγιές Θεσσαλονίκη Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη,

- ✓ Καλιαμπάκος Δ., Κατσουλάκος Ν., Γιαννακοπούλου Σ. (2009) Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών. Διδακτικές σημειώσεις στο ΔΠΜΣ «Περιβάλλον και Ανάπτυξη Ορεινών Περιοχών» ΕΜΠ
- ✓ Καραμέρης Α. (2006-2007). Περιβαλλοντική Πολιτική και Εκπαίδευση πανεπιστημιακές Παραδόσεις, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Έκδοση: Τμήμα Εκδόσεων σελίδες 33-35
- ✓ Καρτέρης, Μ. (1990). Δασική Αεροφωτογραφία.β' έκδοση University Studio Press. Θεσσαλονίκη σελίδες 27-29
- ✓ Κούκουρας, Θ., Μ. Αριανούτσου, Π.Α Γεράκης, 1986. Ερμηνευτικό Λεξικό Οικολογικών και συναφών Όρων. Ένωση Ελλήνων Οικολόγων. Θεσσαλονίκη
- ✓ Λαζαρίδου Μ., (2012) «Φωτογραμμετρικές, Τηλεπισκοπικές και Γεωπληροφοριακές Μέθοδοι και Συστήματα», Πανεπιστημιακές σημειώσεις, ΑΠΘ, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη», Εργαστήριο Φωτογραμμετρίας και Τηλεπισκόπησης
- ✓ Μιμίκος Α. Μ., Τεχνολογία Υδάτινων Πόρων, Παπασωτηρίου, 1994
- ✓ Μπακαλούδης Δ., Βλάχος Χ., Διαχείριση Άγριας Πανίδας Θεωρία & Εφαρμογές Εκδόσεις Τζιόλα Θεσσαλονίκη
- ✓ Ντάφης Σ. 1999 Εφαρμοσμένη Δασοκομία, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη σελίδα 258
- ✓ Ντάφης Σ. 1986 Δασική Οικολογία Εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 1976 σελίδες 6-8 & σελίδα 443
- ✓ Ντάφης Σ. 1976 Ταξινόμησης της δασικής βλάστησης της Ελλάδος. Αυτοτελείς έκδοση της Υπηρεσίας Δασικών Εφαρμογών και Εκπαιδεύσεως, Αθήναι, Ανάτυπον εκ της Επιστημονικής Επετηρίδος της Γεωπονικής και Δασολογικής Σχολής του ΑΠΘ
- ✓ Παπαμίχος Ν. (1996) Δασικά εδάφη έκδοση β' βελτιωμένη Θεσσαλονίκη 1996 σελίδες 18-24 & 197-228
- ✓ Παπαναστάσης Β., (1988^α) : «Αποκατάσταση και διαχείριση της βλάστησης μετά από πυρκαγιά σε θαμνώνες αιφύλλων πλατυφύλλων». *Δασική Έρευνα* 2(ΙΧ): 17-90
- ✓ Παπαναστάσης Β., (1988^β) «Εξέλιξη της βλάστησης μετά από πυρκαγιά σε καμένο πρινώνα με λιβαδικά αγρωστώδη» *Επιστημ. Επετηρίδα τμήματος Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος*, Τόμος ΛΑ (No 15): 255-270
- ✓ Παπαναστάσης Β., (1982) «Επιδράσεις της βοσκήσεως βοοειδών στις αναδασώσεις πεύκης της περιοχής Κιλκίς». *Δασική Έρευνα*. 3(ΙΙΙ): 215-241
- ✓ Παπαναστάσης Β., (1978^α). «Πρώτα στάδια διαδοχής της βλαστήσεως μετά από πυρκαγιά στους θαμνώνες αιφύλλων πλατυφύλλων της Χαλκιδικής». *Το δάσος*, 30 (79-80):19-26
- ✓ Παπαναστάσης Β., (1978^β) : «Το πρόβλημα της διαχειρίσεως των ασφакώνων» *Δασικά Χρονικά* 4:136 -141, 144
- ✓ Παπαναστάσης Β. Π.(1979^α) «Συντήρηση και προστασία των λιβαδικών οικοσυστημάτων από την υπερβόσκηση και τις πυρκαγιές». Πρακτικά συνεδρίου Προστασίας Πανίδας-Χλωρίδας- Βιοτόπων 11-13 Οκτωβρίου 1979 Ελλ. Εταιρεία Προστασίας της Φύσης
- ✓ Παπαναστάσης Β., (1976) : « Ο ρόλος του πυρός και της βοσκήσεως υπό προβάτων εις του ασφакώνες Θεσπρωτίας» Κ.Δ.Ε.Β.Ε. Δελτίο Ερευνών Αριθμ. 81 σελίδα 53
- ✓ Παπαναστάσης Β.Π., (1974): «Σχέδιον βελτιώσεως και διαχειρίσεως βοσκοτόπων Θεσπρωτίας» Κ.Δ.Ε.Β.Ε. Διαφ. Δημ. No 5. Σελίδα 24
- ✓ Παπαναστάσης Β., Νοϊτσάκης Β., 1992 Λιβαδική Οικολογία Εκδόσεις Γιαχούδη- Γιαπούλη Θεσσαλονίκη σελίδες 179-186
- ✓ Παπαναστάσης Β., «Όροι και προϋποθέσεις εφαρμογής βόσκησης αγροτικών ζώων στις καμένες δασικές εκτάσεις» www.fria.gr
- ✓ Στεφανίδης Π. (2007) Ορεινή Υδρονομική Ι (Διευθετήσεις Ορεινών Υδάτων Ι) πρώτο μέρος Πανεπιστημιακές Παραδόσεις Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Έκδοση: Τμήμα Εκδόσεων 2007-2008, Θεσσαλονίκη σελίδες 3-5
- ✓ Διδακτορική διατριβή Καρμάς Σ. (2007) «Χημική ανάλυση πεδίου για τον προσδιορισμό της ποιότητας του αέρα σε καταστάσεις μεγάλης δασικής πυρκαγιάς: επιπτώσεις στον πληθυσμό και στους δασοπυροσβέστες,»
- ✓ Διδακτορική διατριβή Σεϊλόπουλου Δ. (1991) «ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΔΑΣΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΣΤΙΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ» Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

- ✓ Διπλωματική εργασία Παπαθεοδώσιου Μ. και Χριστοδούλου Δ. (2009) «Επιπτώσεις των πυρκαγιών στην υδρολογία και τη διάβρωση. Η περίπτωση της Πάρνηθας» Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδατικών Πόρων Υδραυλικών και Θαλάσσιων Έργων
- ✓ Διπλωματική εργασία Νικούσης Κ., 2013 «Οι επιπτώσεις των δασικών πυρκαγιών στο υδατικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής περιοχής. Η περίπτωση του χείμαρρου Κλαδέου, στην Αρχαία Ολυμπία μετά τις πυρκαγιές του 2007». Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Τμήμα Γεωγραφίας ΠΜΣ: Εφαρμοσμένη γεωγραφία και διαχείριση του χώρου. Κατεύθυνση: Διαχείριση φυσικών και ανθρωπογενών καταστροφών σελίδα 22
- ✓ Διπλωματική εργασία Μπαχλαβάς Α., 2011 «Δημιουργία χάρτη επικινδυνότητας δασικών πυρκαγιών με χρήση αντικειμενοστρεφούς ανάλυσης τηλεπισκοπικών και χαρογραφικών δεδομένων σε επίπεδο χώρας» ΕΜΠ Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών Εργαστήριο Τηλεπισκόπησης
- ✓ Διπλωματική εργασία Καλαματάς Β. (2014) Παραγωγή γεωμορφολογικού χάρτη από ψηφιακό μοντέλο εδάφους με γεωμορφομετρική και αντικειμενοστρεφή ανάλυση Σ.Α.Τ. Μ. Ε.Μ.Π
- ✓ Ερευνητική εργασία Ιωακειμίου Σ. (2012) «Χρήσης τηλεπισκόπησης και γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών για την παρακολούθηση, πρόληψη και αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών» ΑΠΘ Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας και Ανάπτυξης
- ✓ Μεταπτυχιακή διατριβή Οικονομάκη Ν. (2008) «Αξιολόγηση δεικτών βλάστησης για την παρακολούθηση της κατάστασης της βλάστησης από δορυφορικές εικόνες» ΑΠΘ Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος
- ✓ Διπλωματική εργασία Κολοπτάς Ε. (2013) «Η αντικειμενοστραφής ανάλυση τηλεπισκοπικών εικόνων στην μελέτη θεμάτων του περιβάλλοντος» Πρόγραμμα μεταπτυχικών σπουδών «Προστασία Περιβάλλοντος και Βιώσιμη Ανάπτυξη» ΑΠΘ, Πολυτεχνική σχολή Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
- ✓ Τσαντούλας Α. Δελβινάκι Ιωαννίνων: στο Πωγώνι της παράδοσης επίσκεψη ΕΘΝΟΣ 23 Ιουνίου 2014
- ✓ Σταμπουλίδης Κ., (2014) Δημιουργία Χάρτη Ζωνών Επικινδυνότητας Εκδήλωσης Κατολισθητικών Φαινομένων στο Δήμο Πωγωνίου με Χρήση Μεθόδων ΓΣΠ και Τηλεπισκόπησης. Η συμβολή του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου στην ολοκληρωμένη ανάπτυξη του Δήμου Πωγωνίου. Πωγώνι 2014

4.3 Έρευνα σε ιστοσελίδες

- ✓ <http://www.fria.gr/> «Υποβάθμιση των λιβαδιών στην Ελλάδα: η περίπτωση της δυτικής Ηπείρου» Σ. Σ. Κανδρέλης και Β. Π. Παπαναστάσης ΑΠΘ Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος
- ✓ <http://www.fria.gr/> «Όροι και προϋποθέσεις εφαρμογής βόσκησης αγροτικών ζώων στις καμένες δασικές εκτάσεις». Παπαναστάσης Β. ΑΠΘ Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος
- ✓ <http://www.unece.org/forests/ff-stats.html>
- ✓ «Η ερημοποίηση απειλεί την Ελλάδα» Δρ. [Ιωάννης Κ. Καλαβρουζιώτης](#)
- ✓ <http://www.hellenicparliament.gr> Ελληνικό Εθνικό Σχέδιο Δράσης για την Καταπολέμηση της Ερημοποίησης, 2002
- ✓ Atlas of Health and Climate 2012 World Health Organization and World Meteorological Organization <http://www.who.int>
- ✓ OFIDIA – Operational Fire Danger prevention platform <http://www.cmcc.it> **Funded by** European Territorial Cooperation Operational Programme "Greece-Italy" (2007 - 2013) **Duration** 24 months from 01/05/2013 to 30/04/2015
- ✓ <http://www.biodiversity.gr> επίσκεψη σε ιστοσελίδα 9/11/2014
- ✓ <http://earthobservatory.nasa.gov> επίσκεψη σε ιστοσελίδα 11/11/2014

- ✓ Π. Χριστακόπουλος και Ι. Βέρδη Δ/ση Αναδασώσεων Αττικής «Αναδασωτικά έργα στην Αττική ό την Δ/ση Αναδασώσεων Αττικής: Διαδικασία- Τεχνική- Προβλήματα- Περαιτέρω Προοπτικές-Προτάσεις»
<http://www.fria.gr/> επίσκεψη στην ιστοσελίδα 23/11/2014
- ✓ επίσκεψη στην ιστοσελίδα 6/11/2014 <http://www.ypeka.gr>
- ✓ επίσκεψη στην ιστοσελίδα 15/11/2014 www.statistics.gr
- ✓ επίσκεψη στην ιστοσελίδα 19/12/2014 www.pogoni.gr
- ✓ «Οι Αλβανικές Πυροσβεστικές υπηρεσίες έχουν μικρές δυνατότητες σε επίπεδο καταστολής» Στάσινου Β.
επισκεψη στην ιστοσελιδα 5/11/2014 <http://www.proinoslogos.gr>
- ✓ Επίσκεψη στην ιστοσελίδα 23/12/2014 <http://www.bankofgreece.gr>
Τράπεζα της Ελλάδος, Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής (2011) «Οικονομικές και Φυσικές Επιπτώσεις της Κλιματικής Μεταβολής στα Δάση και Δασικά Οικοσυστήματα της Ελλάδας»
<http://landsat.usgs.gov> Δορυφόροι Landsat επίσκεψη στην ιστοσελίδα στις 13 /01/2015
- ✓ <http://www.parnitha.gr> Αναδασώσεις «Αναδασωτικά, Αντιδιαβρωτικά, Αντιπλημμυρικά έργα» επίσκεψη σε ιστοσελίδα 18/12/2014
- ✓ Μέλισσας Δ. καθ. ΕΜΠ Σχολή Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών «Χωροταξικό και Πολεοδομικό Δίκαιο – Δίκαιο του Περιβάλλοντος» επίσκεψη στην ιστοσελίδα 19/1/2015 <http://courses.arch.ntua.gr/>
- ✓ <http://www.wwf.gr/areas/forests/after-fires> “ΤΟ WWF ΣΤΗΝ ΕΠΟΥΛΩΣΗ ΤΩΝ ΠΛΗΓΩΝ”
επίσκεψη στην ιστοσελίδα 18/12/2014
- ✓ <http://parakalamocity.blogspot.gr> Χάρτης Πωγωνίου επίσκεψη στην ιστοσελίδα 27/01/2015
- ✓ «Δασικές πυρκαγιές Ηπείρου 1983-2008». WWF Hellas και το Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων και Τεχνολογίας Δασικών Προϊόντων www.wwf.gr
- ✓ Στατιστικά στοιχεία από το site της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας www.fire-service.gr
- ✓ Επιχειρησιακό πρόγραμμα Δήμου Πωγωνίου www.pogoni.gr
- ✓ **ΦΙΛΟΤΗΣ - ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΦΥΣΗ**
<http://filotis.itia.ntua.gr>
- ✓ «Η ερημοποίηση απειλή την Ελλάδα»
Δρ. Ιωάννης Κ. Καλαβρουζιώτης (04.12/2012)
<http://www.foreignaffairs.gr> επίσκεψη στην ιστοσελίδα 14/10/2014
- ✓ «Αντιμετώπιση του φαινομένου της ερημοποίησης σε διάφορες περιοχές της χώρας»
Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων
<http://www.hellenicparliament.gr>
- ✓ «Η Σχέση Δασικών Καυσίμων και Πυρκαγιών» www.fria.gr

