

## Δασική Διαχείριση της Χερσονήσου Αμαλής Λέσβου για Μείωση του Κινδύνου Πυρκαγιάς

Χαρίκλεια Παπάζογλου και Κώστας Καλαμποκίδης

Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 811 00 Μυτιλήνη  
Τηλ. 22510 36436, e-mail: [papazoglou.h@gmail.com](mailto:papazoglou.h@gmail.com), [kalabokidis@aegean.gr](mailto:kalabokidis@aegean.gr)

### Περίληψη

Η εργασία επικεντρώνεται στη διαχείριση της καύσιμης ύλης και τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς στη χερσονήσο της Αμαλής Λέσβου, και πιο συγκεκριμένα στο Δημόσιο Δάσος Κρατήγου. Λαμβάνοντας υπόψη τις απειλές, και κυρίως τον κίνδυνο πυρκαγιάς, τέθηκαν 2 βασικοί στόχοι. Ο πρώτος στόχος αφορούσε την εξέταση διαφόρων τρόπων για τη διαχείριση και τη μείωση του κινδύνου για πυρκαγιά στην περιοχή. Ο δεύτερος στόχος αφορούσε τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των δασοκομικών χειρισμών στη μείωση κινδύνου πυρκαγιάς. Η διαχείριση του κινδύνου της πυρκαγιάς σε συνδυασμό με τα δασοκομικά μέτρα, συνέθεσαν 4 σενάρια διαχείρισης της καύσιμης ύλης που προσομοιώθηκαν στο Δημόσιο Δάσος Κρατήγου της Αμαλής και έδωσαν αποτελέσματα σχετικά με την επιτυχία της εφαρμογής τους. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά ArcGIS και FlamMap. Οι προσομοιώσεις χρησιμοποιήθηκαν στην εκτίμηση της μείωσης του κινδύνου μιας πυρκαγιάς, υπολογίζοντας παραμέτρους όπως η ταχύτητα εξάπλωσης, το μήκος φλόγας, η θερμική ένταση μετώπου πυρκαγιάς, η εκλυόμενη θερμότητα ανά μονάδα επιφάνειας και η δράση της πυρκαγιάς κόμης. Η στατιστική και γεωγραφική ανάλυση έδειξε ότι η θερμική ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς είχε σημαντική μείωση σε όλα τα σενάρια που σχεδιάστηκαν, σε σχέση με την περίπτωση της μη δασοκομικής επέμβασης στο δάσος. Η διαχείριση της δασικής καύσιμης ύλης είναι περισσότερο αποτελεσματική για τις μέσες-χείριστες καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης. Το μήκος φλόγας και η δράση της πυρκαγιάς κόμης, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα για την αραίωση από κάτω και την απομάκρυνση των εναέριων καυσίμων κατά το ήμισυ.

**Λέξεις κλειδιά:** Δασοκομικά μέτρα, Διαχείριση καύσιμης ύλης, Δασικές πυρκαγιές, Γεωπληροφορική

### Εισαγωγή

Οι πυρκαγιές αποτελούν τον πιο σοβαρό κίνδυνο που απειλεί την ύπαρξη των μεσογειακών δασών. Η αύξηση του πληθυσμού σε παγκόσμιο επίπεδο, οι ολοένα αυξανόμενες ανάγκες του καθώς και οι τεράστιες καταστροφές των δασών έχουν οδηγήσει στο συμπέρασμα πως οι πυρκαγιές συμβάλλουν στην υποβάθμιση των δασικών οικοσυστημάτων. Οι παραπάνω παράγοντες και οι καταστροφικές συνέπειες που συνδέονται με αυτούς, έχουν δημιουργήσει την ανάγκη για μια άμεση και ολοκληρωμένη διαχείριση των δασικών πυρκαγιών.

Η διαχείριση των δασικών πυρκαγιών περιλαμβάνει την πρόληψη, τη διευθέτηση της καύσιμης ύλης, την ανίχνευση, την κατάσβεση και την αποκατάσταση των ζημιών. Για να επιτευχθεί η διαχείριση, χρησιμοποιείται η γνώση της οικολογικής συμπεριφοράς της φωτιάς, σε συνδυασμό με συγκεκριμένες παραμέτρους για να μειωθεί ο κίνδυνος των δασικών πυρκαγιών. Στην πραγματικότητα, δεν υπάρχουν τρόποι για την μείωση του κινδύνου πυρκαγιών, οι οποίοι να στηρίζονται στην τροποποίηση των μετεωρολογικών συνθηκών. Ο μόνος τρόπος που μπορεί να εφαρμοστεί, είναι η διαχείριση της βλάστησης πριν την εκδήλωση μιας πυρκαγιάς (Καλαμποκίδης 2001).

Διαχείριση της βλάστησης σημαίνει χειρισμός ή μείωση της φυτικής καύσιμης ύλης (Κ.Υ.). Ο βασικός σκοπός της διαχείρισης είναι η ελάττωση του δυναμικού της συμπεριφοράς της φωτιάς, που έχει σαν στόχο να μειώσει το ποσοστό, την έκταση και την ένταση της πυρκαγιάς (Andrews et al. 2006). Η διαχείριση της βλάστησης περιλαμβάνει δράσεις μειωμένου κόστους, που επικεντρώνονται στη χρήση διαφόρων μεθόδων απομάκρυνσης της Κ.Υ., ώστε να επιτευχθεί η μείωση του κινδύνου και η διαχείριση πόρων σε δασικές και περιαστικές περιοχές (Peterson et al. 2005). Η ανάλυση των μεθόδων τροποποίησης της καύσιμης ύλης πρέπει να περιλαμβάνει δείκτες συμπεριφοράς της φωτιάς, πριν και μετά την εκτέλεση του κάθε δασοκομικού μέτρου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση Η/Υ και μοντέλων προσομοίωσης, που επιτρέπουν το συνδυασμό πληροφοριών για την εκτίμηση των αποτελεσμάτων της διαχείρισης και την μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς (Καλαμποκίδης 2001).

Η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στη διαχείριση της καύσιμης ύλης και τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς στο Δημόσιο Δάσος Κρατήγνου της Λέσβου. Η επιλογή της συγκεκριμένης περιοχής έγινε για δύο λόγους: ο πρώτος αφορά την υποβάθμιση από τις μεγάλες πυρκαγιές των ετών 1977 (6.500 στρέμματα), 1999 (1.000 στρέμματα) και 2006 (6.700 στρέμματα), και ο δεύτερος τη συνεχή πίεση της αστικής επέκτασης, της ανάπτυξης των τουριστικών υποδομών, της παράνομης βόσκησης και των αγροτικών δραστηριοτήτων (Ρούσσου κ.α. 2009).

Σκοπός της έρευνας ήταν η μελέτη της αποτελεσματικότητας των δασοκομικών μέτρων στη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς. Τα δασοκομικά μέτρα που εφαρμόστηκαν στην παρούσα εργασία, καθορίζουν τη δομή που πρέπει να έχει το δάσος για να ανταποκριθεί με τον καλύτερο δυνατό τρόπο στον κίνδυνο της πυρκαγιάς.

## **Μεθοδολογία**

### *Περιοχή μελέτης*

Η Λέσβος ανήκει στα νησιά του ΒΑ Αιγαίου Πελάγους και είναι το τρίτο νησί σε μέγεθος στην Ελλάδα. Καλύπτει μια έκταση 1.672 km<sup>2</sup>, με μήκος ακτογραμμής 370 km, πλούσιο ανάγλυφο και ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών (Σχήμα 1).

Το Δημόσιο Δάσος Κρατήγνου βρίσκεται στο ΝΑ άκρο του νησιού, στη χερσόνησο Αμαλή, νότια της πόλης της Μυτιλήνης, προς το ακρωτήριο Αγριλιά. Απέχει από την Μυτιλήνη περίπου 15 km. Εκτείνεται σε υψόμετρο που κυμαίνεται από 5 m έως 547 m (Δ/νση Δασών Λέσβου 2006). Η έκταση του Δημόσιου Δάσους ανέρχεται σε 636 ha τα οποία κατανέμονται σε 530 ha δασοσκεπούς έκτασης, 37 ha μερικώς δασοσκεπούς έκτασης και 69 ha άγονων και βραχωδών εκτάσεων (Σχήμα 1).

Η βλάστηση της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από φρύγανα, θαμνότοπους, μακκία βλάστηση, ελαιώνες, χορτολιβαδικές εκτάσεις και πευκοδάσος. Κυρίαρχα θαμνώδη είδη της περιοχής είναι η αστοιβή (*Sarcopoterium spinosum*), η λεβάντα (*Lavandula stoechas*), οι λαδανιές (*Cistus creticus*, *Cistus salvifolius*), το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), η κουμαριά (*Arbutus unedo*), ο σχίνος (*Pistacia lentiscus*), το φιλύκι (*Phillyrea media*), το ρείκι (*Erica malipuliflora*), και το αγριοκυπάρισσο (*Juniperus oxycedrus*). Επίσης, μεγάλη έκταση της περιοχής μελέτης καλύπτεται από τραχεία πεύκη (*Pinus brutia*) ηλικίας 20-25 ετών με πλούσιο υπόροφο (Δ/νση Δασών Λέσβου 2006).

#### Συλλογή δεδομένων

Για τη δημιουργία των σεναρίων διαχείρισης της καύσιμης ύλης, χρησιμοποιήθηκε μια σειρά δεδομένων όπως: ψηφιακό μοντέλο εδάφους, παράμετροι της βλάστησης (ύψος δέντρων, ύψος της βάσης της κόμης του δέντρου, πυκνότητα όγκου της κόμης του δέντρου) και της καύσιμης ύλης, χρήσεις γης και δεδομένα καιρού (τιμές ταχύτητας και διεύθυνσης του ανέμου που αντιστοιχούν στις μέσες-χειριστές περιβαλλοντικές συνθήκες κατά τη διάρκεια της καλοκαιρινής-αντιπυρικής περιόδου για το διάστημα των ετών 2002-2010). Όλα τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν, προήλθαν από τους αυτόματους τηλεμετρικούς μετεωρολογικούς σταθμούς του Εργαστηρίου Γεωγραφίας Φυσικών Καταστροφών, Τμήματος Γεωγραφίας, Πανεπιστημίου Αιγαίου.

Για τη ταξινόμηση των δεδομένων καιρού, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των ποσοστημορίων. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, οι υψηλότερες τιμές ποσοστημορίων είναι πιο ευνοϊκές στη δημιουργία πηγών ανάφλεξης της φωτιάς. Για την επίτευξη των στόχων της παρούσας εργασίας, καθώς και για τη χρησιμοποίηση αντιπροσωπευτικών δεδομένων καιρού, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου που αντιστοιχούν στο 75ο και 95ο ποσοστημόριο.



Σχήμα 1: α) Παρουσίαση της περιοχής μελέτης στη Νήσο Λέσβο β) Χρήσεις γης στα όρια (κόκκινο πολύγωνο) και περιμετρικά του Δημοσίου Δάσους Κρατήγου

Figure 1: a) Area of study in Lesvos Island, Greece b) Land uses in the National Forest of Kratigos

## *Επιλογή και σχεδιασμός των σεναρίων διαχείρισης της καύσιμης ύλης*

Η διαχείριση της καύσιμης ύλης και ο σχεδιασμός των σεναρίων επιτεύχθηκε με την αξιοποίηση σύγχρονων τεχνολογιών που χρησιμοποιούνται για την αντιμετώπιση των πυρκαγιών. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τρία βασικά εργαλεία της Γεωπληροφορικής: τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (μέσω του λογισμικού ArcGIS), ένα σύστημα που μελετά τη χωρική μεταβολή της συμπεριφοράς της φωτιάς (FlamMap), και η στατιστική ανάλυση.

Η επιλογή των σεναρίων βασίστηκε στις αρχές και τους τρόπους διαχείρισης των καυσίμων, μέσα από τη μελέτη της βιβλιογραφίας, καθώς και στις προτάσεις της Διεύθυνσης Δασών Λέσβου (Φ. Κράλλης, Διευθυντής Δασών Λέσβου, προσωπική επικοινωνία, 2010). Κοινός στόχος όλων, ήταν η μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς στην περιοχή. Με βάση το στόχο αυτό, κάθε σενάριο αναφέρεται στη διαχείριση συγκεκριμένων ειδών καυσίμων, και περιλαμβάνει μέτρα τα οποία συμβαδίζουν με τις απαιτήσεις και τις ιδιαιτερότητες της περιοχής μελέτης (Finney 2001). Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα τέσσερα σεναρία διαχείρισης της καύσιμης ύλης που σχεδιάστηκαν μαζί με το σενάριο ελέγχου:

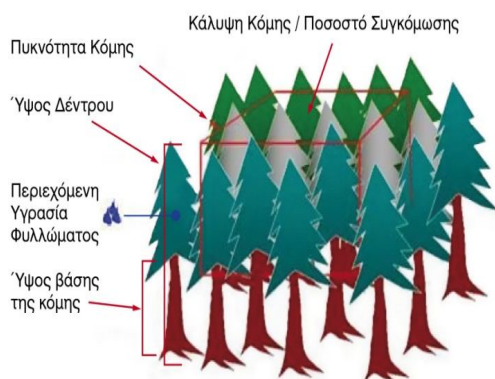
1. Σενάριο ελέγχου: περιλαμβάνει σταθερά δεδομένα της καύσιμης ύλης για την περιοχή μελέτης. Στην πραγματικότητα, αποτελείται από δεδομένα της βλάστησης που υπάρχει στη Χερσόνησο της Αμαλίας χωρίς να έχει υποστεί κάποιο δασοκομικό χειρισμό. Το σενάριο ελέγχου αποτελεί ένα μέτρο σύγκρισης των αποτελεσμάτων για τα σεναρία που εφαρμόζονται στη συνέχεια.
2. Σενάριο 1: περιλαμβάνει τη διαχείριση των επιφανειακών καυσίμων της περιοχής μελέτης για να περιοριστεί ο πυκνός υπόροφος που υπάρχει στην περιοχή και αυξάνει τον κίνδυνο της πυρκαγιάς.
3. Σενάριο 2: αναφέρεται στη διαχείριση με τη μέθοδο της αραίωσης (πρόταση Διεύθυνσης Δασών Λέσβου). Εφαρμόζεται αραίωση με θετική και αρνητική επιλογή όπου αφαιρείται μια ομάδα δέντρων στην περιοχή μελέτης, και το άνοιγμα-διάκενο που δημιουργείται στο τοπίο, αποτελεί το αποτέλεσμα της διαχείρισης. Η αραίωση στοχεύει στα κυρίαρχα δένδρα με σκοπό να ευνοήσει την ανάπτυξη των μικρότερων δέντρων. Η πρακτική αυτή απομακρύνει τα δέντρα που έχουν μεγάλη οικονομική σημασία.
4. Σενάριο 3: αναφέρεται στη διαχείριση των καυσίμων κλίμακας (ladder fuels) με τη μέθοδο «αραίωση από κάτω» (thinning from below ή low thinning) και στη συνέχεια το διασκορπισμό της βιομάζας στο χώρο (Peterson et al. 2005). Τα καύσιμα υπό μορφή κλίμακας και τα δέντρα μεσαίου μεγέθους απομακρύνονται με μηχανικές μεθόδους και τοποθετούνται στο έδαφος. Στόχος είναι η δημιουργία ασυνέχειας στο κατακόρυφο προφίλ της καύσιμης ύλης με την κατάργηση των καυσίμων κλίμακας. Ο κύριος λόγος που επιλέχθηκε αυτή η μέθοδος είναι η αποφυγή της κοπής μεγαλύτερων δέντρων και η δημιουργία διακένων.
5. Σενάριο 4: έχει σκοπό να εντοπίσει τα χαρακτηριστικά της κομοστέγης που επηρεάζουν τη συχνότητα εμφάνισης των πυρκαγιών κόμης. Για αυτό το λόγο επικεντρώνεται στα εναέρια καύσιμα της περιοχής μελέτης, με τη μέθοδο της αραίωσης. Η αραίωση πραγματοποιείται σε 2 διαφορετικά ποσοστά εφαρμογής (25% και 50%), για καλύτερη σύγκριση των αποτελεσμάτων που θα προκύψουν.

Ο σχεδιασμός των διαχειριστικών σεναρίων έγινε με το λογισμικό ArcGIS, όπου χρησιμοποιήθηκαν αρχεία raster που περιέχουν δεδομένα για την περιοχή μελέτης. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στο σχεδιασμό των σεναρίων διακρίνονται σε αυτά που παραμένουν σταθερά και αφορούν την τοπογραφία της περιοχής (υψόμετρο, κλίση, έκθεση), και στα δεδομένα που με τη σειρά τους μεταβάλλονται σε κάθε σενάριο, και σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του δάσους (Σχήμα 2).

Τα δεδομένα που αφορούν χαρακτηριστικά του δάσους και την συνεπακόλουθη μεταβολή τους βάσει των σεναρίων διαχείρισης της καύσιμης ύλης, μελετήθηκαν και επεξεργάστηκαν με τη χρήση των εργαλείων του ArcGIS Spatial Analyst. Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τη σύνταξη και εκτέλεση λογικών συναρτήσεων SQL στο εργαλείο Raster Calculator. Ο σχεδιασμός των σεναρίων επικεντρώθηκε μόνο στα χαρακτηριστικά της κόμης και όχι στην μεταβολή των μοντέλων καύσιμης ύλης. Για την αφαίρεση της χαμηλής καύσιμης ύλης (Σενάριο 1), έγινε μετατροπή του ύψους μέχρι εκεί όπου αρχίζει η ζωντανή κόμη σε κάθε pixel, ενώ στο Σενάριο 2 μεταβλήθηκε η κάλυψη κόμης έτσι ώστε να επιτευχθεί η αραίωση με τη μέθοδο της προσομοίωσης. Αντίστοιχα, στο Σενάριο 3, η «αραίωση από κάτω» έγινε με τη μεταβολή του μέσου ύψους των δέντρων και του ύψους μέχρι εκεί που αρχίζει η ζωντανή κόμη. Τέλος, στο Σενάριο 4, μεταβλήθηκαν η πυκνότητα της καύσιμης ύλης ανά κυβικό μέτρο και η κάλυψη κόμης με 2 τρόπους, έτσι ώστε να επιτευχθεί η μέθοδος της αραίωσης σε 2 διαφορετικά ποσοστά εφαρμογής (25% και 50%).

Το επόμενο στάδιο της σχεδίασης των σεναρίων ήταν η εισαγωγή των δεδομένων καύσιμης ύλης στο λογισμικό FlamMap για να πραγματοποιηθούν οι προσομοιώσεις και να ερευνηθεί η χωρική διαφοροποίηση της συμπεριφοράς της φωτιάς (Finney 2006). Οι υπολογισμοί της συμπεριφοράς της φωτιάς διενεργήθηκαν αυτόνομα για κάθε κελί στο τετραγωνοποιημένο (gridded) πεδίο, μετά από την τοποθέτηση σημείων ανάφλεξης (ignition points), τα οποία ήταν κοινά σε όλα τα σενάρια. Η εφαρμογή του FlamMap ξεκίνησε με τη δημιουργία αρχείων τοπίου (LCP file) όπου έγινε εισαγωγή όλων των δεδομένων που αφορούσαν την περιοχή ανάλυσης και ολοκληρώθηκε με τον υπολογισμό των εκροών των πυρικών χαρακτηριστικών (θερμική ένταση του μετώπου, ταχύτητα εξάπλωσης, μήκος φλόγας, θερμότητα ανά μονάδα επιφάνειας και πιθανότητα πυρκαγιάς κόμης) για κάθε ένα από τα σενάρια που σχεδιάστηκαν.

Το τελευταίο βήμα στο σχεδιασμό των σεναρίων ήταν η επίτευξη του δεύτερου στόχου της παρούσας εργασίας, δηλαδή η μελέτη της αποτελεσματικότητας των δασοκομικών μέτρων στη μείωση κινδύνου πυρκαγιάς. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, χρησιμοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση και έγινε σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων του σεναρίου ελέγχου, και του κάθε σεναρίου που σχεδιάστηκε ξεχωριστά. Με αυτόν τον τρόπο, συγκρίθηκαν τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς, πριν και μετά την εφαρμογή των σεναρίων που σχεδιάστηκαν (Stephens 1998). Με τη χρήση των μεθόδων της στατιστικής ανάλυσης, αξιολογήθηκαν τα αποτελέσματα κάθε σεναρίου και αποδείχθηκε αν η διαφορά με τα αποτελέσματα του σεναρίου ελέγχου ήταν στατιστικά σημαντική ή όχι (Wonnacott and Wonnacott 1977).



Σχήμα 2: Δεδομένα που μεταβάλλονται σε κάθε σενάριο δασοκομικών χειρισμών (Πηγή: Scott and Burgan 2005)  
Figure 2: Variable data in each forest management scenario (Source: Scott and Burgan 2005)

## Αποτελέσματα

Στα αποτελέσματα των προσομοιώσεων που πραγματοποιήθηκαν στο λογισμικό FlamMap ήταν ο υπολογισμός των εκροών των πυρικών χαρακτηριστικών (θερμική ένταση του μετώπου πυρκαγιάς, ταχύτητα εξάπλωσης πυρκαγιάς, μήκος φλόγας, εκκλύμενη θερμότητα ανά μονάδα επιφάνειας και πιθανότητα πυρκαγιάς κόμης) για κάθε ένα από τα σενάρια που σχεδιάστηκαν. Το σενάριο ελέγχου αποτέλεσε ένα μέτρο σύγκρισης για τα σενάρια που εφαρμόστηκαν και συνετέλεσε στην καλύτερη κατανόηση των αποτελεσμάτων.

Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων της ανάλυσης των χωρικών στοιχείων έγινε με τη μορφή χαρτών. Οι χάρτες αποτελούν το κύριο σύστημα αποθήκευσης και παρουσίασης της χωρικής πληροφορίας. Στην παρούσα εργασία, η χωρική μαζί με την περιγραφική πληροφορία ολοκληρώνεται μέσα από την επεξεργασία των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών τοποθετώντας τις στο προβολικό σύστημα συντεταγμένων. Για την καλύτερη ανάλυση των αποτελεσμάτων, σχεδιάστηκαν 3 χάρτες που απεικονίζουν τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς στο 75ο ποσοστημόριο των καιρικών συνθηκών, και πιο συγκεκριμένα, την ταχύτητα διάδοσης ή εξάπλωσης (Χάρτης 1), το μήκος φλόγας (Χάρτης 2) και τη δράση της επικόρυφης πυρκαγιάς (Χάρτης 3).

Σύμφωνα με το Σενάριο 1, στο 75ο ποσοστημόριο, η ταχύτητα εξάπλωσης, οι θερμικές εντάσεις της έρπουσας πυρκαγιάς και το μήκος φλόγας της φωτιάς παρουσίασαν μικρή μείωση, που όμως δεν ήταν στατιστικά σημαντική (μαύρες κουκκίδες). Με βάση το χάρτη της δράσης της επικόρυφης πυρκαγιάς, η απομάκρυνση των καυσίμων επιφάνειας περιόρισε την ταχύτητα εξάπλωσης και την ένταση της πυρκαγιάς επιφάνειας σε όλη την έκταση του Δημοσίου Δάσους Κρατήγου (Χάρτης 3). Το λαμπάδιασμα των δέντρων περιορίστηκε σημαντικά στο ΝΑ τμήμα του δάσους, σε σύγκριση με το σενάριο ελέγχου.

Η αραίωση με θετική και αρνητική επιλογή (Σενάριο 2), δεν μετέβαλε τα μεγέθη της πυρκαγιάς σε σύγκριση με το σενάριο ελέγχου. Αυτό ήταν αναμενόμενο αποτέλεσμα, λόγω του χαμηλού ποσοστού αραίωσης που σχεδιάστηκε για την περιοχή μελέτης.

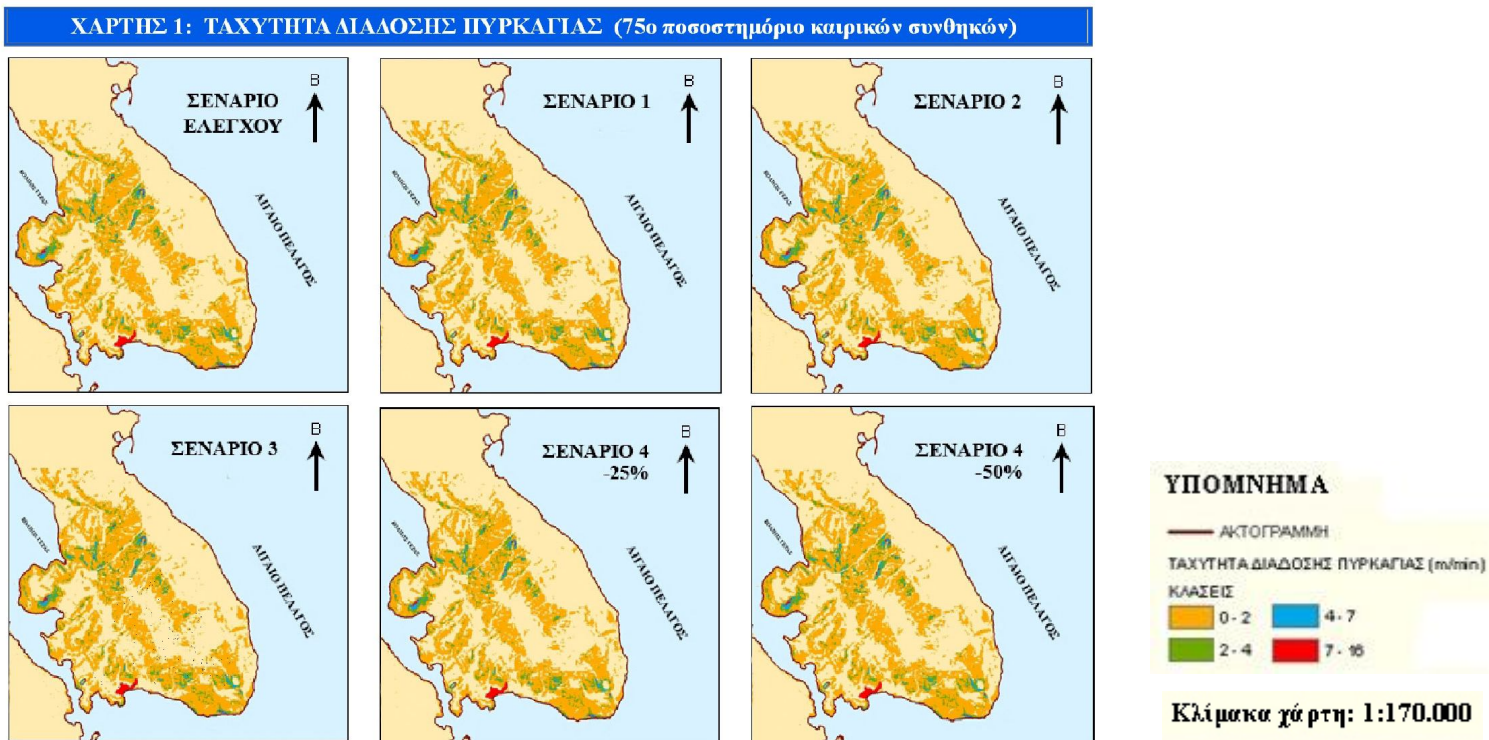
Το Σενάριο 3 παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές με το σενάριο ελέγχου. Το μήκος φλόγας της πυρκαγιάς μειώθηκε σημαντικά στο ΒΔ και στο ΝΑ τμήμα του δάσους (μαύρες κουκκίδες), ενώ στο κεντρικό τμήμα παρέμεινε σταθερό. Οι παράμετροι της έρπουσας πυρκαγιάς, και το λαμπάδιασμα των δέντρων παρουσίασαν μικρή αύξηση στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του δάσους, μετά την εφαρμογή της διαχείρισης της καύσιμης ύλης.

Το Σενάριο 4 έδωσε διαφορετικά αποτελέσματα για κάθε ποσοστό αραίωσης. Η απομάκρυνση του 25% των εναέριων καυσίμων παρουσίασε μικρές αλλαγές στην ταχύτητα εξάπλωσης της φωτιάς στο 75ο ποσοστημόριο, με αποτέλεσμα οι αλλαγές να μην ήταν εμφανείς στους χάρτες. Η απομάκρυνση του 50% των εναέριων καυσίμων, έδωσε στατιστικά διαφορετικά αποτελέσματα για το μήκος φλόγας και την εκκλύμενη ενέργεια ανά μονάδα επιφάνειας στο 75ο ποσοστημόριο. Μικρές αυξήσεις παρουσιάστηκαν στις τιμές της πυρκαγιάς επιφάνειας και στα δύο ποσοστημόρια των καιρικών συνθηκών.

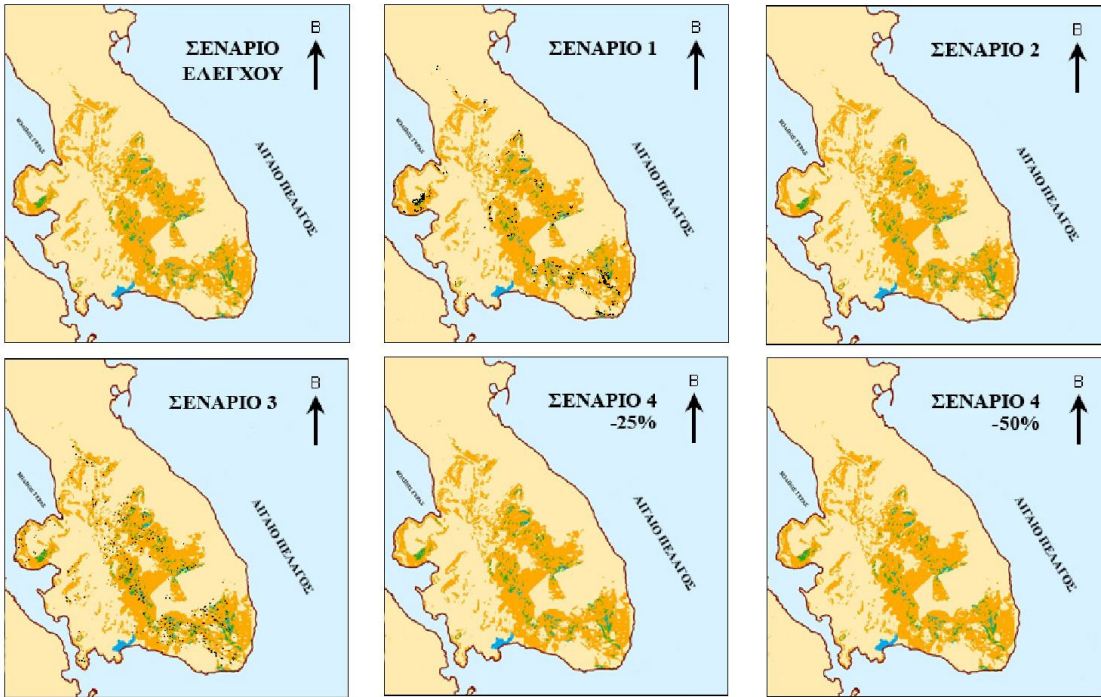
Η στατιστική ανάλυση έδειξε πως στο 75ο ποσοστημόριο, η θερμική ένταση του μετώπου της πυρκαγιάς είχε στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα σε όλα τα σενάρια που σχεδιάστηκαν, σε σχέση με το σενάριο ελέγχου. Συνεπώς, η διαχείριση της καύσιμης ύλης είναι περισσότερο αποτελεσματική για τις μέσες-χειρίστες καιρικές συνθήκες (75ο ποσοστημόριο) που επικρατούν στην περιοχή μελέτης. Επίσης, το μήκος φλόγας καθώς και η δράση της πυρκαγιάς κόμης, παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για το Σενάριο 3 σε σχέση με το σενάριο ελέγχου. Στις ακραίες καιρικές καταστάσεις (95ο ποσοστημόριο), οι διαχειριστικές μέθοδοι δεν ήταν αποτελεσματικές στη μείωση της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς γιατί οι συνθήκες καύσης είναι ιδανικές και η φωτιά καίει με σφοδρές εντάσεις που δεν αντιμετωπίζονται.

### Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η διαχείριση της καύσιμης ύλης και η μελέτη της αποτελεσματικότητας αυτής παρουσιάζει ιδιαίτερο επιστημονικό ενδιαφέρον για την υποστήριξη αποφάσεων που αφορούν την πρόληψη και την αντιμετώπιση των δασικών πυρκαγιών (Καλαμποκίδης κ.α. 2004). Ένα ολοκληρωμένο διαχειριστικό σχέδιο που περιέχει τρόπους διαχείρισης της καύσιμης ύλης και ένα πλαίσιο ανάλυσης των επιμέρους παραγόντων που διαμορφώνουν το δάσος, θα μπορούσε να φέρει θετικά αποτελέσματα στον τομέα της πρόληψης. Με τον τρόπο αυτό θα επιτυγάνονταν η μείωση του κόστους καταστολής, που είναι ιδιαίτερα υψηλό στην Ελλάδα, και οι ολέθριες συνέπειες των πυρκαγιών.



**ΧΑΡΤΗΣ 2: ΜΗΚΟΣ ΦΛΟΓΑΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ (75ο ποσοστημόριο καιρικών συνθηκών)**



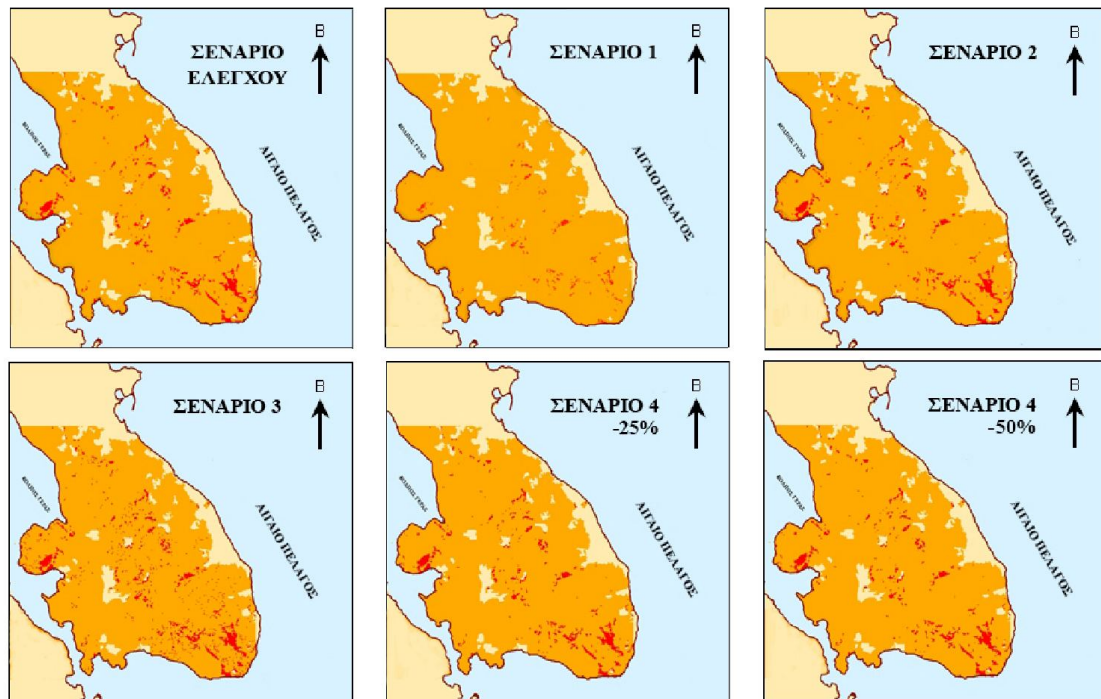
**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

— ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ  
 ΜΗΚΟΣ ΦΛΟΓΑΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

1	4
2	5
3	6

Κλίμακα χάρτη: 1:170.000

**ΧΑΡΤΗΣ 3: ΔΡΑΣΗ ΕΠΙΚΟΥΡΦΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ (75ο ποσοστημόριο καιρικών συνθηκών)**



**ΥΠΟΜΝΗΜΑ**

— ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗ  
 ΔΡΑΣΗ ΕΠΙΚΟΥΡΦΗΣ ΠΥΡΚΑΓΙΑΣ

1=ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΦΩΤΙΑ
2=ΛΑΜΠΑΔΑΣΜΑ ΔΕΝΤΡΩΝ

Κλίμακα χάρτη: 1:170.000



Το βασικό συμπέρασμα της παρούσας εργασίας είναι ότι η προσομοίωση του δάσους ως χωρικό πρότυπο αποτελεί το κλειδί για την επίτευξη της μείωσης των κινδύνου της πυρκαγιάς. Κοινή συνισταμένη των δασοκομικών μέτρων που σχεδιάστηκαν σε όλα τα σενάρια ήταν η προσομοίωση τους μέσα από λογισμικά που ενσωματώνουν τη χωρική διάσταση.

Το γενικό συμπέρασμα στο σύνολο της εργασίας είναι ότι διακρίθηκαν τα χαρακτηριστικά της πυρκαγιάς που διέφεραν σημαντικά από το σενάριο ελέγχου, και έγινε η εκτίμηση της αποτελεσματικότητας των σεναρίων που σχεδιάστηκαν ως προς τη μείωση του κινδύνου της πυρκαγιάς. Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, οι μέθοδοι διαχείρισης της καύσιμης ύλης που σχεδιάστηκαν παρουσίασαν στατιστικά καλύτερα αποτελέσματα στο 75ο ποσοστημόριο. Δηλαδή, ο σκοπός της μείωσης του κινδύνου πυρκαγιάς στο Δημόσιο Δάσος Κρατήγου επιτυγχάνεται, με τη διαχείριση της περιοχής σε μέσες-χειρίστες καιρικές συνθήκες. Στο 95ο ποσοστημόριο παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές για τη θερμική ένταση του μετώπου, το μήκος φλόγας και τη δράση της πυρκαγιάς κόμης, αλλά με την προοπτική πως εμφανίζονται μόνο για το Σενάριο 3. Δηλαδή, το Σενάριο 3 φαίνεται πως είναι η μόνη διαχειριστική μέθοδος που «ταιριάζει» στις ακραίες-χειρίστες καιρικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή μελέτης.

### **Forest Management of Amali Peninsula in Lesvos Island, Greece, for Fire Hazard Reduction**

**Charikleia Papazoglou and Kostas Kalabokidis**

Univ. of the Aegean, Dept. of Geography, University Hill, 81100, Mytilene, Greece

Tel: +302251036436 e-mail: [papazoglou.h@gmail.com](mailto:papazoglou.h@gmail.com), [kalabokidis@aegean.gr](mailto:kalabokidis@aegean.gr),

#### **Abstract**

This paper focuses on fuel management and fire risk reduction on the Amali peninsula in Lesvos Island, Greece. Considering the threats, particularly the risk of fire on the Amali peninsula, two key goals were set. The first goal was to examine various ways to manage and reduce the risk of fire in the area. The second goal was to study the effectiveness of forest management, regarding the fire risk reduction. The fire risk management, in conjunction with silvicultural treatments, created 4 fuel management scenarios that were simulated in the National Forest of Kratigos and resulted in a successful implementation. To achieve these objectives, we used the ArcGIS and FlamMap software. Simulations were used to estimate the reduction of fire risk, assuming various parameters such as rate of spread, flame length, fireline intensity, heat per unit area and crowning. Statistical and geographic analysis showed that fireline intensity decreased in all scenarios, contrary to the case of non-silvicultural intervention. The flame length and crown fire activity, showed a statistically significant effect in thinning from below and thinning crown fuels by half. Fuel management was more efficient for the average worst weather conditions in the study area.

**Key words:** Silvicultural treatments, Fuel management, Forest fire, Geo-Informatics

## Βιβλιογραφία

- Andrews, P.L., Butler, B.W., comps. 2006. Fuels Management—How to Measure Success: Conference Proceedings. 28-30 March 2006; Portland, OR. Proceedings RMRS-P-41. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 809 p.
- Δ/νση Δασών Λέσβου, 2006. Μελέτη αντιδιαβρωτικών και αντιπλημμυρικών έργων στο Δημόσιο δάσος Κρατήγυου.
- Finney, M.A., 2001. Design of regular landscape fuel treatment patterns for modifying fire growth and behavior. *For. Sci.* 47, 219–228.
- Finney, M., 2006. An Overview of FlamMap Fire Modeling Capabilities. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-41, 213-220
- Finney, M. E, Seli R., McHugh C., Ager A., Bahro B. and Agee J., 2007. Simulation of long-term landscape-level fuel treatment effects on large wildfires *International Journal of Wildland Fire*, 2007, 16, 712–727.
- Καλαμποκίδης, Κ. 2001. Πρόληψη δασικών πυρκαγιών, διαστάσεις του προβλήματος και στρατηγική αντιμετώπισης. Στα Πρακτικά Επιστημονικής Ημερίδας “Ανάπτυξη και Προστασία Δασών - Δασική Εργασία”, 1 Φεβρουαρίου 2001, Θεσσαλονίκη, AGROTICA-2001, Υπουργείο Γεωργίας και ΕΘΙΑΓΕ. Σελ. 13-19.
- Καλαμποκίδης, Κ., Ρούσσου, Ο., Βασιλάκος, Χ., και Μαρκοπούλου, Δ., 2004. Χωρική μοντελοποίηση καύσιμης ύλης και συμπεριφοράς πυρκαγιών τοπίου. Στα Πρακτικά 7ου Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου. 14-17 Οκτωβρίου 2004, Ελληνική Γεωγραφική Εταιρεία και Τμήμα Γεωγραφίας Πανεπιστημίου Αιγαίου, Μυτιλήνη. Τόμ. Ι, σελ. 486-494.
- Peterson, D.L., Johnson, M.C., Agee, J.K., Jain, T.B., McKenzie, D., Reinhardt, E.D., 2005. Forest structure and fire hazard in dry forests of the Western United States. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-628. Portland, OR: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 30 p.
- Ρούσσου, Ο. Κ. Καλαμποκίδης, και Ν. Σουλακέλλης. 2009. Χαρτογράφηση και τρισδιάστατη οπτικοποίηση καύσιμης ύλης για διαχείριση πυρκαγιών με χρήση δορυφορικών εικόνων υψηλής ανάλυσης και εργαλείων γεωπληροφορικής. Τελική έκθεση προς το Ίδρυμα Λάτση, Αθήνα. 134 σελ.
- Scott, J.H., Burgan, R.E. 2005. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-153. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 72 p..
- Stephens, S., 1998. Evaluation of the effects of silvicultural and fuels treatments on potential fire behaviour in Sierra Nevada mixed-conifer forests. *Forest Ecology and Management* 105, 21–35
- Wonnacott T., Wonnacott R., 1977, *Introductory Statistics*. John Wiley & Sons Inc. Third Edition. 672 p.