

ΟΦΕΛΗ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΚΑΤΑ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ ΑΠΟ ΤΟ ΠΥΡΟΣΒΕΣΤΙΚΟ ΣΩΜΑ ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΗΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ

Αθανασίου Μιλτιάδης^{1,*}, Μαρτζάκης Βασίλειος²

¹ Γραφείο Περιβαλλοντικών Μελετών – “Μ. Αθανασίου”
Θωμά Παλαιολόγου 8, 13673 Αχαρνές, e-mail: info@m-athanasiou.gr

² Πυραγός – Πυροσβεστικό Σώμα Ελλάδος
Ν. Ε. Ο. Πατρών – Αθηνών 147, 26004, e-mail: b_martzaklis@robolo.org

Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδειχθούν τα οφέλη που μπορούν να προκύψουν από την ένταξη των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ) στον επιχειρησιακό σχεδιασμό των Πυροσβεστικών Σταθμών της χώρας. Επιλέχθηκαν δύο Πυροσβεστικοί Σταθμοί, στους τομείς ευθύνης των οποίων υπάρχουν θεσμοθετημένες βιομηχανικές χρήσεις γης ή/και μεμονωμένες βιομηχανικές εγκαταστάσεις οι οποίες γεινιάζουν με δασικές εκτάσεις όπου η βλάστηση μπορεί να περιγραφεί ως θαμνώδης αποτελούμενη από αείφυλλους πλατύφυλλους θάμνους ύψους 1,5-3 m. Επισημάνθηκαν μερικές από τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και τις βιομηχανικές χρήσεις γης στις οποίες είναι πιθανό να προκληθεί τεχνολογικό ατύχημα εξαιτίας εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς και, παράλληλα, το σύνολο των απαιτούμενων δεδομένων συλλέχθηκε και εισήχθη σε ΓΣΠ.

Στη συνέχεια, χρησιμοποιώντας το μοντέλο καύσιμης ύλης “Θαμνώδης αείφυλλων πλατύφυλλων II (ύψος 1,5 έως 3 m)” των Δημητράκου κ.α. (2001), και Dimitrakopoulos (2002), σε ελαφρά τροποποιημένη μορφή (Αθανασίου και Ξανθόπουλος, 2009), έγινε πρόβλεψη του ρυθμού εξάπλωσης της πυρκαγιάς επιφάνειας αξιοποιώντας το σύστημα BehavePlus της Δασικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ. Οι υπολογισμοί έλαβαν χώρα για διαφορετικά σενάρια μέσων και ακραίων μετεωρολογικών συνθηκών σε συνδυασμό με πιθανές θέσεις εκδήλωσης δασικής πυρκαγιάς.

Από τη σύγκριση των εκτιμώμενων απαιτούμενων χρονικών διαστημάτων για την προσέγγιση της δασικής πυρκαγιάς στις βιομηχανικές εγκαταστάσεις και του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος μετάβασης των πυροσβεστικών δυνάμεων εκεί, εξήχθησαν χρήσιμα συμπεράσματα τα οποία μπορούν να υποστηρίξουν σημαντικά τη λήψη αποφάσεων στα πλαίσια της πρόληψης και του προκατασταλτικού σχεδιασμού.

NATURAL DISASTER MANAGEMENT & GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: BENEFITS AND LIMITATIONS FOR THE HELLENIC FIRE CORPS

Miltiadis Athanasiou^{1,*}, Vassileios Martzaklis²

¹ “Μ. Athanasiou” - Environmental Impact Assessment Studies”
8 Thoma Paleologou st., 13673 Acharnes, e-mail: info@m-athanasiou.gr

² Fire Captain – Hellenic Fire Corps
147 New National Road Patras - Athens, 26004, e-mail: b_martzaklis@robolo.org

Abstract

The purpose of the current project is to present the benefits that can be achieved by the introduction and usage of Geographic Information Systems (GIS) as an integral part of the operational planning of the Hellenic Fire Corps.

For the purposes of our analysis, two Fire Stations were chosen that included within the boundaries of their jurisdictions: a) sectors of industrial land uses and/or b) stand alone industrial units, both of which are adjacent to forests whose vegetation could be described as evergreen schlerophyllous shrubs, ranging in height between 1.5 and 3 meters.

Several stand alone industrial units and few industrial areas were identified, where a potential wildfire is likely to cause a technological accident and, additionally, all of the necessary data were recorded and entered into GIS.

Utilizing the fuel model (Dimitrakopoulos *et al.* (2001), Dimitrakopoulos (2002)) for evergreen sclerophyllous shrubs in a slightly modified version (Athanasίου and Xathopoulos, 2009), values of surface fire rate of spread were predicted. The estimated values were obtained by using BehavePlus fire behavior prediction system.

Calculations were conducted, based on various scenarios of mean as well as extreme meteorological conditions (prevalent during the fire seasons in Greece) combined with several possible ignition points. By comparing the estimated time that these possible wildfires need to reach each industrial unit with the time that the fire crews need to arrive at the same one, useful conclusions can be drawn that can be incorporated in the decision making process, in the framework of prevention and pre-mitigation planning.

Λέξεις κλειδιά: δασικές πυρκαγιές, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, λήψη αποφάσεων

Key words: forest fires, Geographic Information Systems, decision making

1. Εισαγωγή

Η ανάπτυξη και χρήση των κατάλληλων ΓΣΠ για την υποστήριξη του επιχειρησιακού σχεδιασμού του Πυροσβεστικού Σώματος κατά τη διαχείριση φυσικών και τεχνολογικών κινδύνων, κρίνεται πλέον αναγκαία.

Τα προβλήματα της χωροταξικής οργάνωσης στην Ελλάδα και η μίξη αστικών, γεωργικών, βιομηχανικών και άλλων χρήσεων γης με δασικές εκτάσεις, αυξάνει τον κίνδυνο έναρξης και την επικινδυνότητα των δασικών πυρκαγιών. Σε κάποιες περιπτώσεις, εκτός από τις καταστροφές που προκαλούν στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, οι δασικές πυρκαγιές είναι πιθανόν να προκαλέσουν και τεχνολογικά ατυχήματα μικρότερης ή μεγαλύτερης έντασης και έκτασης.

Για τον λόγο αυτό, τα συστήματα πρόβλεψης της “συμπεριφοράς” των δασικών πυρκαγιών αποτελούν, επίσης, ένα χρήσιμο εργαλείο, με την προϋπόθεση ότι έχουν αξιολογηθεί ως προς το βαθμό αξιοπιστίας τους και με την προϋπόθεση, επίσης, ότι είναι αρκετά εύχρηστα ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν επιχειρησιακά.

Στην παρούσα εργασία υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές του ρυθμού εξάπλωσης πιθανών δασικών πυρκαγιών επιφάνειας σε θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων, από το ευρύτατα διαδεδομένο σύστημα BehavePlus (Andrews, 2007) της Δασικής Υπηρεσίας των ΗΠΑ που βασίζεται στο μαθηματικό, ημιεμπειρικό μοντέλο διάδοσης της φωτιάς του Rothermel (1972).

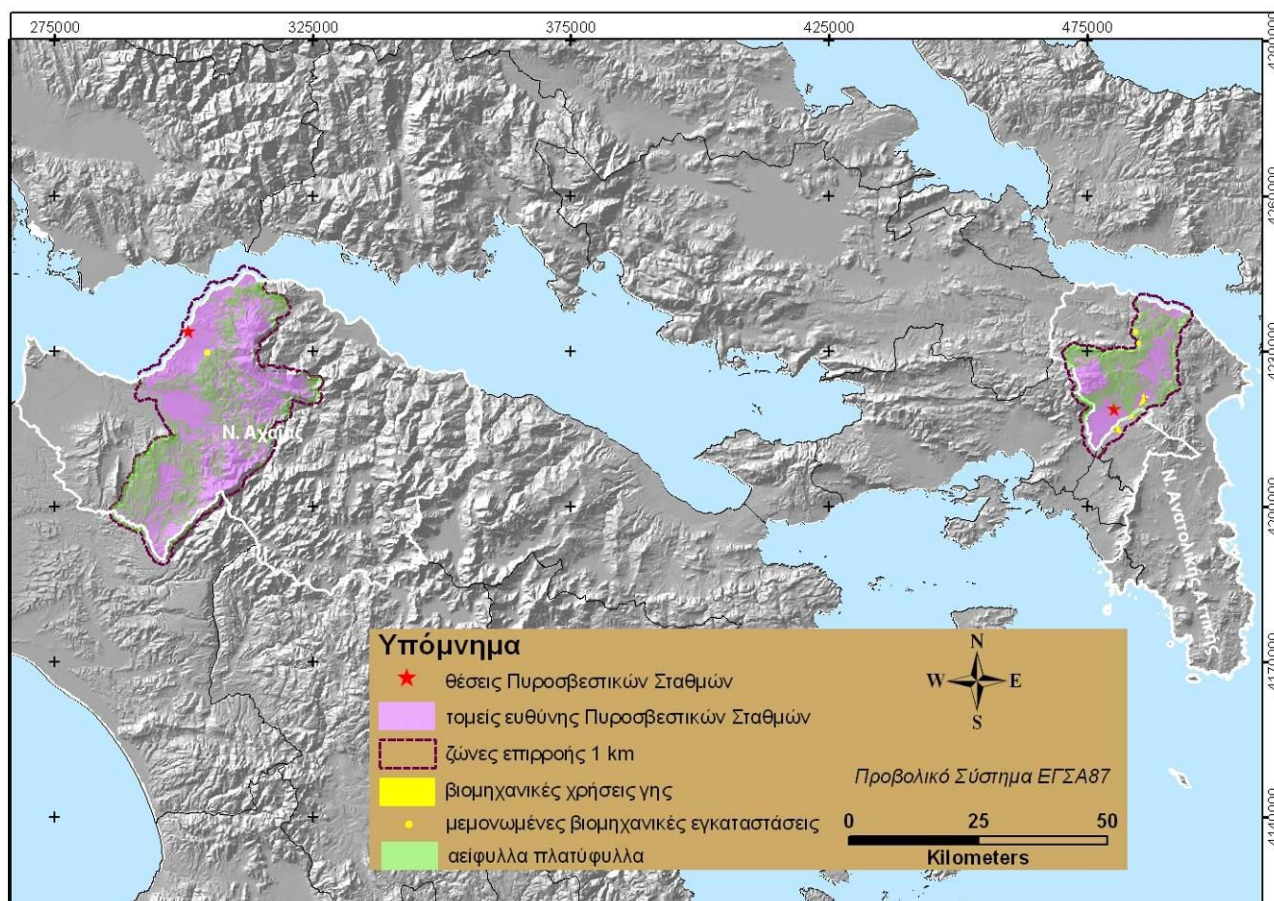
Χρησιμοποιήθηκε αντιπροσωπευτικό μοντέλο καύσιμης ύλης των Δημητρακόπουλος κ.α. (2001), και Dimitrakopoulos (2002) με τροποποιήσεις από τους Αθανασίου και Ξανθόπουλος (2009). Στη συνέχεια, οι προβλέψεις του BehavePlus παρουσιάστηκαν και εισήχθησαν στο ΓΣΠ ώστε να επισημανθούν οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις για τις οποίες, πιθανά, απαιτείται η λήψη πρόσθετων μέτρων στα πλαίσια της πρόληψης και του προκατασταλτικού σχεδιασμού.

Η συνδυασμένη χρήση και αξιοποίηση χωρικών και περιγραφικών δεδομένων των ΓΣΠ και του συστήματος πρόβλεψης BehavePlus, παρόλο που το τελευταίο δεν είναι σύστημα χωρικής προσομοίωσης της εξάπλωσης των δασικών πυρκαγιών (Andrews, 2007), μπορεί να αποτελέσει ένα ακόμη ισχυρό και ευέλικτο εργαλείο. Η ορθολογική χρήση του θα αυξήσει την ασφάλεια και θα ενισχύσει την αποτελεσματικότητα των πυροσβεστών ενώ παράλληλα θα διευκολύνει την προστασία του γενικού πληθυσμού και του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος.

Η παρούσα εργασία έχει σαν στόχο να αναδείξει τα οφέλη αλλά και να επισημάνει τους περιορισμούς της προτεινόμενης μεθοδολογίας.

2. Δεδομένα και μεθοδολογία

Επιλέχθηκαν οι Πυροσβεστικοί Σταθμοί 6^{ος} Αθηνών και 1^{ος} Πατρών οι οποίοι βρίσκονται σε δύο μεγάλα αστικά κέντρα της χώρας τα οποία φιλοξενούν εκατομμύρια και πολλές χιλιάδες κατοίκους, αντίστοιχα, καθώς και μεγάλο αριθμό βιομηχανικών δραστηριοτήτων. Ο τομέας ευθύνης του πρώτου εκτείνεται σε περιοχή 295,7 km² περίπου, στο βόρειο τμήμα της μητροπολιτικής περιοχής των Αθηνών και του δεύτερου σε περιοχή 911,7 km² περίπου, περιλαμβάνοντας την πόλη της Πάτρας και μεγάλο τμήμα του Νομού Αχαΐας (Σχήμα 1). Στη συνέχεια, συλλέχθηκαν τα αναγκαία στοιχεία και συγκεκριμένα: α) τα όρια των τομέων ευθύνης και οι θέσεις των δύο Πυροσβεστικών Σταθμών, β) οι θέσεις των περιπολικών πυροσβεστικών οχημάτων, γ) οι δασικές εκτάσεις όπου η



Σχήμα1. Τομείς ευθύνης των Πυροσβεστικών Σταθμών και οι επιλεχθείσες βιομηχανικές χρήσεις γης και εγκαταστάσεις

βλάστηση είναι θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων χωρίς ανώροφο καθώς και πευκοδάση χαλεπίου πέυκης με υπόροφο αείφυλλων πλατύφυλλων θάμνων καθώς στις τελευταίες, σε περιπτώσεις πιθανών παθητικών πυρκαγιών κόμης, ο ρυθμός εξάπλωσης καθορίζεται από την ταχύτητα διάδοσης της φωτιάς στον υπόροφο (Van Wagner, 1977), δ) περιοχές θεσμοθετημένων βιομηχανικών χρήσεων γης, ε) θέσεις μεμονωμένων βιομηχανικών εγκαταστάσεων, στ) οι οικισμοί, ζ) το οδικό δίκτυο, η) οι γεωργικές καλλιέργειες, θ) καμμένες εκτάσεις, ι) οι ισοϋψείς καμπύλες με ισοδιάσταση 20 m, κ.α.

Αρχικά, τα δεδομένα εισήχθησαν στο ΓΣΠ (λογισμικό ArcGIS 9.3 ArcView Single User της ESRI), δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα επίπεδα πληροφορίας και επιλέχθηκαν οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις που γεινιάζουν με δασικές εκτάσεις θαμνώδους βλάστησης αείφυλλων πλατύφυλλων. Στη συνέχεια, στο περιβάλλον του ΓΣΠ, επιλέχθηκε ένα μικρό, τυχαίο δείγμα πιθανών σημείων έναρξης πυρκαγιάς που προέκυψε από το συσχετισμό των επιπέδων πληροφορίας των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και της θαμνώδους βλάστησης αείφυλλων πλατύφυλλων.

Το σύνολο των πιθανών σημείων έναρξης, εξασφαλίστηκε ότι βρίσκονταν εκτός περιοχών καμένων εκτάσεων. Ακολούθησαν εργασίες πεδίου κατά τις οποίες εξασφαλίστηκε ότι μεταξύ κάθε πιθανού σημείου έναρξης πυρκαγιάς και της εκάστοτε βιομηχανικής εγκατάστασης υπήρχε συνεχής υπόροφος αείφυλλων πλατύφυλλων, χωρίς την ύπαρξη άλλων τύπων βλάστησης οι οποίοι δεν θα ήταν εφικτό να αντιπροσωπευτούν από το μοντέλο καύσιμης ύλης που χρησιμοποιήθηκε.

Μερικά από τα επιπλέον επίπεδα πληροφορίας που δημιουργήθηκαν στο ΓΣΠ, μετά τις εργασίες πεδίου, ήταν: α) ψηφιακά μοντέλα εδάφους (με μέγεθος εικονοστοιχείου 100 m), β) οι κύριες διευθύνσεις της εξάπλωσης των πιθανών δασικών πυρκαγιών με την επίδραση του ανέμου (όπου για κάθε περίπτωση πιθανής πυρκαγιάς δόθηκε ένα μοναδικός αριθμός (Id) στη βάση δεδομένων του επιπέδου πληροφορίας (Σχήμα 2 & Πίνακας 2)), κλπ.

Στη συνέχεια παρήχθησαν οι μηκοτομές των κύριων διευθύνσεων εξάπλωσης των πιθανών δασικών πυρκαγιών και υπολογίστηκαν οι αντίστοιχες μέσες μορφολογικές κλίσεις (%) οι οποίες

χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου κατά τους υπολογισμούς στο BehavePlus.

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι μέσες τιμές των μεταβλητών των μετεωρολογικών συνθηκών των σεναρίων, για τα οποία έγιναν προβλέψεις συμπεριφοράς πυρκαγιάς.

Πίνακας 1. Μέσες τιμές των μεταβλητών των μετεωρολογικών συνθηκών ανά σενάριο

ΣΕΝΑΡΙΟ	RH	T	Ταχύτητα ανέμου		Συντελεστής προσαρμογής τιμής ταχύτητας ανέμου	Προσαρμοσμένη τιμή ταχύτητας ανέμου
	%	°C	Beaufort	Km/h		
1.α	35	30	3	15	0,55	8
1.β	35	30	5	30	0,55	17
2.α	18	40	3	15	0,55	8
2.β	18	40	5	30	0,55	17

Οι τιμές των μεταβλητών των σεναρίων 1.α και 1.β προσομοιάζουν στις συνθήκες που επικρατούσαν κατά περιόδους, τις τρεις ημέρες εξάπλωσης της πυρκαγιάς της βορειοανατολικής Αττικής (21 έως 24 Αυγούστου 2009). Οι τιμές των μεταβλητών των σεναρίων 2.α και 2.β προσομοιάζουν στις συνθήκες που επικρατούσαν τις μεσημβρινές ώρες της 24^{ης} και 25^{ης} Αυγούστου 2007, κατά την εξάπλωση των μεγαπυρκαγιών στην κεντροδυτικής Πελοποννήσου. Τέλος, οι τιμές των μεταβλητών του σεναρίου 1.β προσομοιάζουν, επίσης, στις συνθήκες που επικρατούσαν κατά την εξάπλωση της πυρκαγιάς των Αδαμών - Κρουονερίου Αττικής της 23^{ης} Ιουλίου 2008, η οποία προσέγγισε τα νότια όρια του Βιοτεχνικού Πάρκου (ΒΙΟ.ΠΑ.) Κρουονερίου.

Επισημαίνεται ότι οι τιμές της ταχύτητας του ανέμου που χρησιμοποιήθηκαν ως δεδομένα εισόδου, για τους υπολογισμούς στο Behaveplus, ήταν οι προσαρμοσμένες τιμές οι οποίες παρουσιάζονται στην τελευταία στήλη του Πίνακα 1. Εκτιμάται ότι, στις θαμνώδεις περιοχές των αείφυλλων πλατύφυλλων, η ταχύτητα του ανέμου στο ύψος του 1,5 m, μειώνεται περίπου κατά 45% σε σχέση με την πραγματική ταχύτητα του ανέμου της 4^{ης} στήλης του Πίνακα 1 (η πραγματική ταχύτητα του ανέμου καταγράφεται από τους μετεωρολογικούς σταθμούς χωρίς την επίδραση βλάστησης και αναφέρεται στο ύψος των 6 m). Συμπερασματικά, λοιπόν, οι προσαρμοσμένες τιμές της ταχύτητας του ανέμου, για τις περιοχές με θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων, είναι το 55% των τιμών της πραγματικής ταχύτητάς του ανέμου (δηλαδή οι προσαρμοσμένες τιμές προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των τιμών της πραγματικής ταχύτητας του ανέμου με το συντελεστή προσαρμογής της τιμής της ταχύτητας του ανέμου, ο οποίος σε αυτήν την περίπτωση, είναι ίσος με 0,55). Η συγκεκριμένη υπόθεση εφαρμόστηκε, λαμβάνοντας υπόψη σχετικά συμπεράσματα των Albin and Baughman (1979) και Rothermel (1983) για το μοντέλο καύσιμης ύλης 4 (Anderson, 1982) το οποίο ονομάζεται chararral και αντιπροσωπεύει θαμνώνες πανομοιότυπης μορφής με αυτή των θαμνώνων αείφυλλων πλατύφυλλων. Το μοντέλο καύσιμης ύλης 4 είναι ένα από τα δεκατρία κλασσικά μοντέλα που συμπεριλαμβάνονται στο λογισμικό Behaveplus.

Επιπρόσθετα, για τις περιπτώσεις πιθανής παθητικής πυρκαγιάς κώμης, δηλαδή πυρκαγιάς επιφανείας σε αείφυλλα πλατύφυλλα όπου υπάρχει και ανώροφος χαλεπίου πεύκης, η μείωση του πνέοντος ανέμου εκεί θα είναι ακόμη μεγαλύτερη, γεγονός που δεν ήταν εφικτό να υπολογιστεί και να ληφθεί υπόψη στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Επίσης δεν υπολογίστηκε η μετάδοση της πυρκαγιάς με κάφτρες ούτε η επίδραση του τοπογραφικού αναγλύφου στον άνεμο (όπως στροβιλισμοί κλπ) και, τέλος, οι προβλέψεις αφορούν στην εξάπλωση της δασικής πυρκαγιάς με την επίδραση του ανέμου και όχι στην πλάγια ή οπισθοδρομούσα εξάπλωσή της.

Οι τιμές της θερμοκρασίας (°C), της σχετικής υγρασίας αέρα (RH %) του Πίνακα 1 και των μορφολογικών κλίσεων και εκθέσεων του ΓΣΠ, αξιοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της περιεχόμενης υγρασίας (FMC %) των λεπτών νεκρών δασικών καυσίμων της μίας ώρας (1h) (Rothermel, 1983). Εκτιμήθηκε, επίσης, η περιεχόμενη υγρασία (FMC %) των πιο χοντρών ζωντανών και νεκρών δασικών καυσίμων (10h, 100h) για κάθε περίπτωση σεναρίου μετεωρολογικών συνθηκών και γεωγραφικής θέσης εξάπλωσης των πιθανών δασικών πυρκαγιών ώστε να χρησιμοποιηθούν, και αυτά, ως δεδομένα εισόδου κατά τους υπολογισμούς.

Σε σχέση με τη βλάστηση, ως δεδομένο εισόδου χρησιμοποιήθηκε το μοντέλο καύσιμης ύλης "Θαμνώνες αείφυλλων πλατύφυλλων II (ύψος 1,5 έως 3 m)" των Δημητρακόπουλος κ.α. (2001) και Dimitrakopoulos (2002) με τις τροποποιήσεις που έλαβαν χώρα, στα πλαίσια της μελέτης των πυρκαγιών του 2007, από τους Αθανασίου και Ξανθόπουλο (2009) καθώς και με μία επιπλέον τροποποίηση. Ειδικότερα, αντί των τιμών των 7000 m²/m³ των λόγων της επιφάνειας προς τον όγκο των λεπτών δασικών καυσίμων της μιας ώρας (1h) και του ζωντανού ξυλώδους κλάσματος,

αντίστοιχα, που δίδεται στο μοντέλο του Δημητρακόπουλου (2002), χρησιμοποιήθηκε η τιμή 5500 m²/m³ ως περισσότερο αντιπροσωπευτική του συγκεκριμένου τύπου βλάστησης.

Στη συνέχεια, με το σύστημα BehavePlus, υπολογίστηκαν οι μέσες τιμές του ρυθμού εξάπλωσης των πιθανών πυρκαγιών επιφανείας για κάθε περίπτωση σεναρίου μετεωρολογικών συνθηκών και γεωγραφικής θέσης εξάπλωσης. Γνωρίζοντας τα μήκη των κύριων διευθύνσεων εξάπλωσης των δασικών πυρκαγιών και τον ρυθμό (δηλαδή την ταχύτητα) εξάπλωσής τους, υπολογίστηκαν τα χρονικά διαστήματα που απαιτούνται ώστε τα μέτωπά τους να προσεγγίσουν τις, κατά περίπτωση, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, υπό συγκεκριμένες κάθε φορά μετεωρολογικές και τοπογραφικές συνθήκες.

3. Αποτελέσματα

Το σύνολο των υπολογισμών παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Προβλέψεις της συμπεριφοράς πιθανών δασικών πυρκαγιών ανά σενάριο μετεωρολογικών συνθηκών και γεωγραφική θέση

Id	Μορφολογική κλίση %	Εκτιμώμενη τιμή ρυθμού εξάπλωσης της πυρκαγιάς (km/h)				Απαιτούμενο χρονικό διάστημα για την προσέγγιση της πυρκαγιάς - t (min)			
		ΣΕΝΑΡΙΟ							
		1.α	1.β	2.α	2.β	1.α	1.β	2.α	2.β
1	0	1.3	3.4	2.1	5.6	91	35	56	21
2	0	1.3	3.4	2.1	5.6	40	15	25	9
3	0	1.3	3.4	2.1	5.6	12	5	8	3
4	0	1.3	3.4	2.1	5.6	23	9	14	5
5	0	1.3	3.4	2.1	5.6	41	16	25	9
6	0	1.3	3.4	2.1	5.6	46	18	29	11
7	0	1.3	3.4	2.1	5.6	84	32	52	20
8	0	1.3	3.4	2.1	5.6	57	22	35	13
9	0	1.3	3.4	2.1	5.6	101	39	63	23
10	3	1.3	3.4	2.1	5.6	32	12	20	7
11	1	1.3	3.4	2.1	5.6	29	11	18	7
12	0	1.3	3.4	2.1	5.6	33	13	21	8
13	14	1.3	3.5	2.1	5.6	11	4	7	3
14	13	1.3	3.5	2.1	5.6	27	10	17	6
15	3	1.3	3.4	2.1	5.6	41	16	25	9
16	12	1.3	3.5	2.1	5.6	42	16	26	10
11	0	1.3	3.4	2.1	5.6	26	10	16	6
22	0	1.3	3.4	2.1	5.6	31	12	19	7
33	0	1.3	3.4	2.1	5.6	99	38	61	23

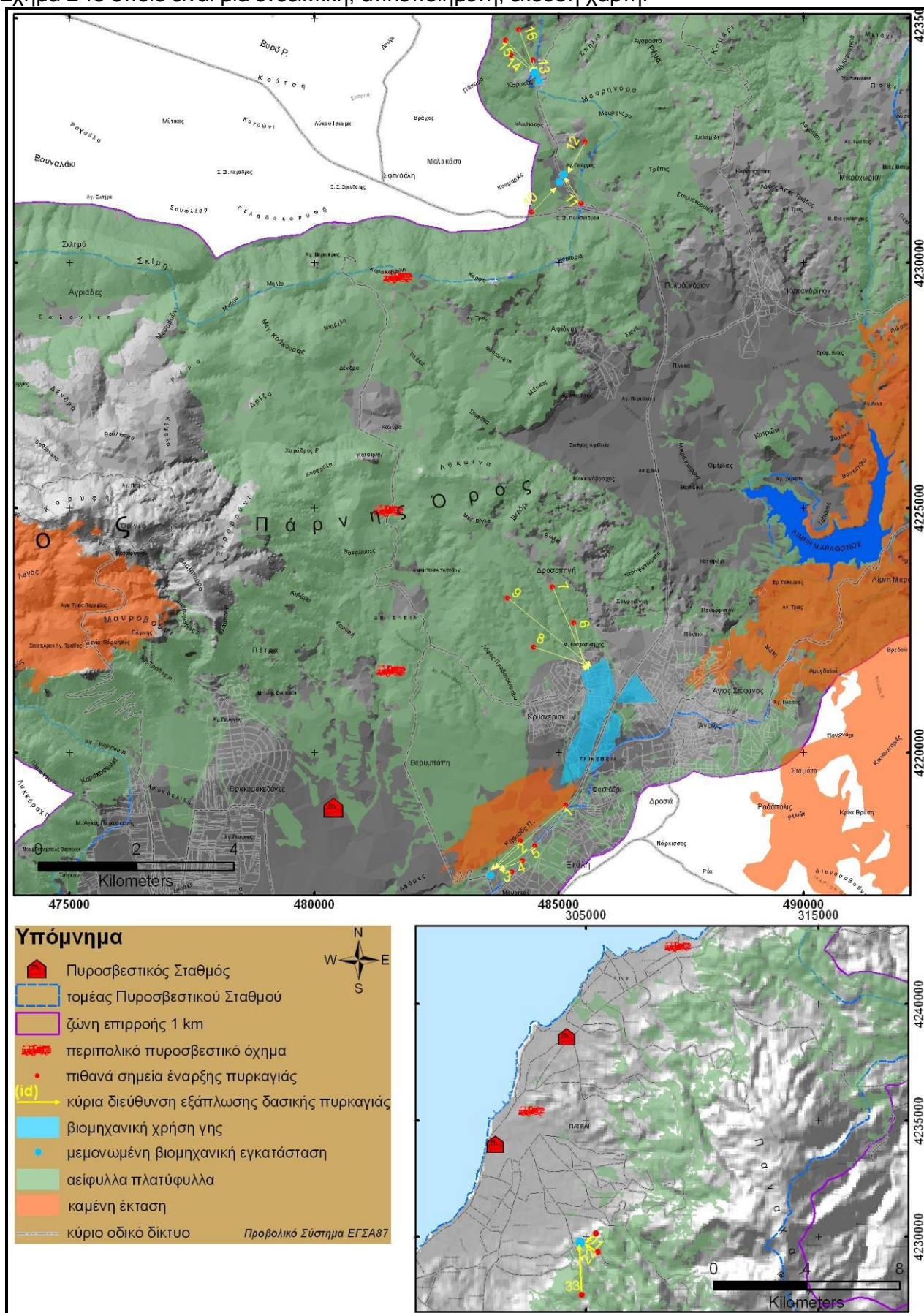
Οι εκτιμώμενες τιμές του ρυθμού εξάπλωσης των πιθανών δασικών πυρκαγιών κυμάνθηκαν από 1,3 έως 5,6 km/h. Ανάλογα με τις σχετικές θέσεις των πιθανών σημείων έναρξης των πυρκαγιών καθώς και των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οι τιμές του απαιτούμενου χρονικού διαστήματος (t) για την προσέγγιση της πυρκαγιάς στα σημεία ενδιαφέροντος, κυμάνθηκαν από 3 έως 101 λεπτά της ώρας.

4. Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της μεθοδολογίας της παρούσας εργασίας, προσφέρουν μια γενική εικόνα της αναμενόμενης συμπεριφοράς πιθανών δασικών πυρκαγιών καθώς επίσης και της διαβάθμισης της διακινδύνευσης των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, για ένα ευρύ φάσμα μετεωρολογικών συνθηκών. Ιδιαίτερα για τις περιπτώσεις όπου $t \leq 20$ min (σκιασμένα κελιά του Πίνακα 2), φαίνεται πως η λήψη πρόσθετων μέτρων στα πλαίσια της πρόληψης ή / και του προκατασταλτικού σχεδιασμού, είναι πιθανά αναγκαία, διότι δεν είναι πλήρως εξασφαλισμένη η έγκαιρη άφιξη των πυροσβεστικών δυνάμεων στα σημεία ενδιαφέροντος.

Οι περιπτώσεις για τις οποίες ισχύει $t \leq 20$ min είναι 40 και συνιστούν το 52% του συνόλου των σχετικών υπολογισμών, οι οποίοι είναι 76. Επιπλέον, από τις 40 αυτές περιπτώσεις, οι 6 εντοπίζονται εντός του τομέα ευθύνης του 1^{ου} Πυροσβεστικού Σταθμού Πατρών και οι υπόλοιπες 34 εντός του τομέα ευθύνης του 6^{ου} Πυροσβεστικού Σταθμού Αθηνών. Οι γεωγραφικές θέσεις των

βιομηχανικών εγκαταστάσεων που αντιστοιχούν στις περιπτώσεις αυτές παρουσιάζονται στο Σχήμα 2 το οποίο είναι μία ενδεικτική, απλοποιημένη, έκδοση χάρτη.



Σχήμα2. Πιθανά σημεία έναρξης και κύριες διευθύνσεις εξάπλωσης δασικών πυρκαγιών

Οι συγκεκριμένες προβλέψεις της συμπεριφοράς των πιθανών δασικών πυρκαγιών, είναι δυνατόν να αξιολογηθούν στο μέλλον μέσω της σύγκρισής τους με την πραγματική συμπεριφορά δασικών πυρκαγιών που πιθανά θα εξελιχθούν σε παρόμοιες, συνολικά, συνθήκες. Επίσης, με το ίδιο σκεπτικό και όπως συνοπτικά περιγράφεται παρακάτω, χρήσιμο είναι να επιχειρηθεί στο άμεσο μέλλον παρόμοια σύγκριση με δασικές πυρκαγιές, η πραγματική συμπεριφορά των οποίων έχει ήδη καταγραφεί.

Για παράδειγμα η μέση πραγματική τιμή του ρυθμού εξάπλωσης της πυρκαγιάς των Αδαμών – Κρυονερίου Αττικής τον Ιούλιο του 2008, που καταγράφηκε από τον πρώτο συγγραφέα στο πεδίο κατά τη διάρκεια της εξέλιξής της σε μικρές μορφολογικές κλίσεις, ήταν περίπου 3 km/h δηλαδή πολύ κοντά στην εκτιμώμενη μέση τιμή (3,4 km/h) του σεναρίου μετεωρολογικών συνθηκών 1.β., στο οποίο προβλέπονται συνθήκες παρόμοιες με εκείνες που επικρατούσαν κατά την εξέλιξη αυτής της πυρκαγιάς. Σε αρκετές από τις μετρήσεις που έγιναν, επίσης από τον πρώτο συγγραφέα, κατά την εξάπλωση των μεγαπυρκαγιών στην κεντροδυτική Πελοπόννησο τις μεσημβρινές ώρες της 24^{ης} και 25^{ης} Αυγούστου 2007 (σε περιπτώσεις με παρόμοιες τιμές μορφολογικής κλίσης και μετεωρολογικών συνθηκών με εκείνες του σεναρίου 2.β, για το οποίο η μέση τιμή του ρυθμού εξάπλωσης εκτιμήθηκε 5,6 km/h) διαπιστώθηκε ότι ο πραγματικός ρυθμός εξάπλωσης κυμάνθηκε από 5 έως 6,5 km/h, περίπου.

Παρόλο που οι παραπάνω προβλέψεις χαρακτηρίζονται από ικανοποιητική ακρίβεια, απαιτείται περαιτέρω έλεγχος της αξιοπιστίας του συστήματος πρόβλεψης με δοκιμή και άλλων μοντέλων καύσιμης ύλης αλλά και με τη χρήση περισσότερων παρατηρήσεων πραγματικής συμπεριφοράς δασικών πυρκαγιών που θα καλύπτουν μεγαλύτερο φάσμα τιμών των περιβαλλοντικών συνθηκών. Όμως, βασική προϋπόθεση όσων συνολικά προτείνονται παραπάνω, είναι η εισαγωγή σχετικών μαθημάτων, αρχικά τουλάχιστον στο πρόγραμμα εκπαίδευσης της Πυροσβεστικής Ακαδημίας, γεγονός που θα διευκολύνει σε ένα βαθμό τη διάχυση των ΓΣΠ στα νέα στελέχη του Πυροσβεστικού Σώματος. Έτσι, παρόμοια δεδομένα με αυτά της παρούσας εργασίας, θα είναι δυνατόν να εισάγονται με τον κατάλληλο τρόπο σε ΓΣΠ, για κάθε Πυροσβεστικό Σταθμό και να διευκολύνεται η περαιτέρω επικαιροποίηση, επεξεργασία, αξιοποίηση και παρουσίασή τους με την μορφή θεματικών χαρτών και χωρικών προσομοιώσεων από τα στελέχη του Πυροσβεστικού Σώματος.

Η επίτευξη ευρείας επιχειρησιακής χρήσης των ΓΣΠ από το Πυροσβεστικό Σώμα θα υποστηρίξει σε μεγάλο βαθμό τις διαδικασίες λήψης αποφάσεων στα πλαίσια της διαχείρισης φυσικών και τεχνολογικών καταστροφών. Η σταδιακή επιχειρησιακή ένταξη των ΓΣΠ και των συστημάτων πρόβλεψης της συμπεριφοράς των δασικών πυρκαγιών - με παράλληλη και συνεχή αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της αξιοπιστίας τους από την επιστημονική κοινότητα και το σύνολο των φορέων Πολιτικής Προστασίας - κρίνονται πλέον αναγκαίες και πρέπει να προχωρήσουν με γοργά βήματα τα προσεχή χρόνια.

Ευχαριστίες

Η επιλογή των βιομηχανικών εγκαταστάσεων που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα, πραγματοποιήθηκε με βάση στοιχεία που παρασχέθηκαν στους δύο συγγραφείς από τα Γραφεία Πυρασφάλειας του 6^{ου} Πυροσβεστικού Σταθμού Αθηνών και της Διοίκησης Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Πατρών.

Για τον λόγο αυτόν, ευχαριστούμε τον νυν διοικητή του 6^{ου} Πυροσβεστικού Σταθμού Αθηνών, Αντιπύραρχο κ. Νικόλαο Αλεξανδρή και τον Υποπυραγό κ. Νικόλαο Μπόρα καθώς και τα στελέχη του Γραφείου Πυρασφάλειας της Διοίκησης Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Πατρών.

Επίσης, ευχαριστούμε τον πρώην διοικητή του 6^{ου} Πυροσβεστικού Σταθμού Αθηνών, Πύραρχο κ. Δημήτριο Τρόντζα, για τη συνεργασία, τις επισημάνσεις και την υποστήριξη της συγκεκριμένης προσπάθειας.

Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να αναφερθεί ότι οι επιπλέον τροποποιήσεις του μοντέλου καύσιμης ύλης, οι οποίες παρουσιάζονται στην παρούσα εργασία, προέρχονται από αδημοσίευτα ακόμη μοντέλα τα οποία έχουν παραμετροποιηθεί από τον Δρ. Γαβριήλ Ξανθόπουλο, στα πλαίσια της επίβλεψης της διδακτορικής διατριβής του πρώτου συγγραφέα. Τα μοντέλα αυτά θα αξιολογηθούν σε διάφορες ακόμη εκδοχές σε μελλοντικές ερευνητικές εργασίες του κ. Ξανθόπουλου και του πρώτου συγγραφέα. Θεωρούμε ελάχιστη υποχρέωσή μας να τον ευχαριστήσουμε θερμά για τη συνολική καθοδήγηση και υποστήριξή του.

Βιβλιογραφία

- Αθανασίου, Μ. και Γ. Ξανθόπουλος., 2009: *Η συμπεριφορά των μεγάλων δασικών πυρκαγιών του 2007 στην Ελλάδα*. 14^ο Πανελλήνιο Δασολογικό Συνέδριο της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας, Πάτρα 1 - 4 Νοεμβρίου 2009.
- Δημητρακόπουλος Α.Π., V. Mateeva, Γ. Ξανθόπουλος, 2001. Μοντέλα καύσιμης ύλης Μεσογειακών Τύπων βλάστησης της Ελλάδος. Γεωτεχνικά Επιστημονικά Θέματα, ΓΕΩΤΕΕ. Σειρά VI, Τόμος 12(3): 192-206.
- Albini, F. A.; R. G. Baughman., 1979: Estimating windspeeds for predicting wildland fire behavior. Res. Pap. INT-221. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 12 p.
- Anderson H. E., 1982: Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. Gen. Tech. Rep. INT- 122. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 22 p.
- Andrews P.L., 2007: *BehavePlus fire modeling system: Past, present, and future*. In Proceedings of 7th Symposium on Fire and Forest Meteorological Society, Bar Harbor, Maine 23-25 October 2007.
- Dimitrakopoulos A.P., 2002: Mediterranean fuel models and potential fire behaviour in Greece. International Journal of Wildland Fire, 11(2), 127 – 130.
- Rothermel R.C., 1972: A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Res. Pap. INT-115, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, 40 p.
- Rothermel R.C., 1983: How to predict the spread and intensity of forest and range fires. Gen. Tech. Rep. INT-143, Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station.
- Van Wagner C.E., 1977: Conditions for the start and spread of crown fire. Canadian Journal of Forest Research, 7: 23–34.