

« Κλιματική αλλαγή και δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα »

Στα πλαίσια της διαχείρισης διακινδύνευσης, επιχειρησιακού σχεδιασμού και διαχείριση έκτακτης ανάγκης

Βάλια-Ευαγγελία Τσερέπα: Εκπαιδευτικός πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, Πτυχιούχος ΠΜΣ «Στρατηγικές διαχείρισης Καταστροφών και Κρίσεων στους Διοικητικούς και Αναπτυξιακούς τομείς»

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Σάμος, Ιούνιος 2021

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η πολυδιάστατη εξέταση του τρόπου με τον οποίο η κλιματική αλλαγή συνδέεται με τις δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα καθώς προβάλλεται μέσω έρευνας και αναφορών η αλληλεπίδραση μεταξύ τους. Αρχικά γίνεται μια αναδρομή στο ιστορικό κλιματικών συνθηκών της περιοχής της Μεσογείου ενώ παράλληλα αναφέρονται εν συντομία μεγάλες πυρκαγιές που εκδηλώθηκαν στις αρχές του 21^{ου} αιώνα. Εν συνεχεία, παρουσιάζεται η εξέλιξη των πυρκαγιών στην Ελλάδα εκθέτοντας δύο κύρια πύρινα επεισόδια που αποτέλεσαν «μαύρες σελίδες» στην ιστορία της. Έπειτα, παρουσιάζεται ο όρος της κλιματικής αλλαγής και αναλύονται οι επιμέρους κλιματικοί παράγοντες που επιδρούν στις δασικές πυρκαγιές (θερμότητα, θερμοκρασία, βροχοπτώσεις, ανομβρία, ξηρότητα, άνεμος, οξυγόνο, ατμοσφαιρική αστάθεια). Μέσα σε όλα αυτά τονίζεται ιδιαίτερα η σύνδεση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων με τους παράγοντες αυτούς με αποτέλεσμα την άμεση καταστροφική επίδραση στη θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική αστάθεια. Τέλος παρουσιάζονται συμπεράσματα και παρατηρήσεις που απορρέουν από τη μελέτη αυτή.

Περίληψη

Μεγάλες θερμοκρασίες, εύφλεκτη καύσιμη ύλη (βλάστηση), χαμηλές τιμές υγρασίας και βροχόπτωσης μαζί με μελέτεια συνιστούν το κλίμα της Ελλάδας. Οι κλιματικές αυτές συνθήκες τους θερινούς μήνες κάνουν ιδιαίτερα επιρρεπή πολλά μέρη της χώρας στην έναρξη μιας δασικής πυρκαγιάς. Το 2007 και 2018 αποδείχτηκαν χρονιές δοκιμασίας καθώς δεκάδες πολίτες χάθηκαν σε καταστροφικές πυρκαγιές και τεράστιες εκτάσεις γης κάηκαν όχι μόνο σε αυτά τα δύο επεισόδια αλλά κατά την διάρκεια των τελευταίων 20 χρόνων. Οι συνέπειες ήταν δραματικές και πολύπλοκες πλήττοντας την κοινωνία, το περιβάλλον και τομείς της καθημερινής ζωής και δραστηριότητας (γεωργία, κτηνοτροφία, μεταφορές κλπ.). Η ξηρασία και οι αλλεπάλληλες περίοδοι καύσωνα συντέλεσαν στην έναρξη και τη συμπεριφορά των πυρκαγιών. Οι παράγοντες αυτοί, όπως μαρτυρούν οι επιστημονικές έρευνες, δείχνουν πως υπόκεινται στην επιρροή της κλιματικής αλλαγής, η οποία μέσα από την αύξηση του φαινομένου του θερμοκηπίου οφειλόμενη σε ανθρώπινες δραστηριότητες, δρα σε πολλές διαστάσεις των παραγόντων που χρειάζονται για να δημιουργηθεί και να διατηρηθεί το τρίγωνο της φωτιάς (θερμότητα-οξυγόνο-καύσιμη ύλη). Η αποψίλωση των δασών, η χρήση και καύση ορυκτών πόρων με συνέπεια την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα, είναι λίγα από τα δείγματα ανθρώπινων ενεργειών που επιδρούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και την αλλαγή του κλίματος. Μέσα σε αυτά τα πλαίσια και με οδηγό τα σενάρια εφαρμογής κλιματικών μοντέλων που καταδεικνύουν την τάση έντασης των μετεωρολογικών συνθηκών στη ακραία τους μορφή, ο κρατικός μηχανισμός αλλά και η κοινωνία υποχρεούται να εκπληρώσει μια σειρά ενεργειών και επιχειρησιακών σχεδίων για την πρόληψη και την αποφυγή τέτοιων κρίσεων και καταστροφών.

Εισαγωγή

Δασικές πυρκαγιές

Οι δασικές πυρκαγιές ως φαινόμενο αποτελούν τύπο φυσικών καταστροφών. Φυσικοί αλλά και ανθρωπογενείς παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν δασικές καταστροφές όπως κεραυνοί (φυσικός παράγοντας) αλλά και καύση χόρτων και σκουπιδιών κοντά σε δασικές εκτάσεις τους καλοκαιρινούς μήνες σε συνθήκες αυξημένης έντασης ανέμων, ξηρασίας και μεγάλων θερμοκρασιών (ανθρώπινος παράγοντας).[1] Η πυρκαγιά στο πέραςμά της αποτεφρώνει μεγάλες εκτάσεις και μπορεί να προκαλέσει ανεπανόρθωτες συνέπειες σε πολλούς τομείς της κοινωνίας. Έρευνες έχουν δείξει πως πρόσφατες μεγάλες πυρκαγιές έχουν οδηγήσει σε πολυδιάστατες επιπτώσεις στο περιβάλλον, την οικονομία, την κοινωνία αλλά και τον τουρισμό αφού οι καμένες εκτάσεις δημιουργούν ένα αποτρεπτικό σκηνικό για τους επισκέπτες.[2] Ο κρατικός μηχανισμός μπορεί να βρεθεί πολλές φορές απροετοίμαστος και ανήμπορος απέναντι στην ταχύτητα και το μέγεθος μιας πυρκαγιάς με τις δυνάμεις πυρόσβεσης να αγωνίζονται να προλάβουν ζωές, περιουσίες και καταστροφή περιβάλλοντος από τη δύναμη της λαίλαπας.

Όπως αναφέρει ηWWF Ελλάς (2009)[3] στην περιοχή της Μεσογείου κάθε χρόνο καταστρέφονται 7 έως 10 εκατομμύρια στρέμματα γης με έρευνες να δείχνουν πως από όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η Ελλάδα βρίσκεται στην πρώτη θέση δασικών πυρκαγιών κατέχοντας τον μεγαλύτερο αριθμό καμένης δασικής έκτασης (394 στρέμματα/πυρκαγιά). Κατά την περίοδο 1955-2007 κάηκαν κατά μέσο όρο 322.000 στρέμματα ετησίως και ο αριθμός πυρκαγιών από 500 το χρόνο (το 1950) αυξήθηκε σε 2000 (το 2000) σύμφωνα με στοιχεία της πυροσβεστικής και δασικής υπηρεσίας.[4]

Η διάβρωση του εδάφους και οι πλημμύρες αποτελούν λίγες μόνο από τις επιπτώσεις των φαινομένου αυτού. Επίσης φαίνεται να υπάρχει σύνδεση με το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής καθώς με τις πυρκαγιές διαταράσσεται το καθαρό ισοζύγιο άνθρακα του δάσους αυξάνοντας τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου.[5]

Κλιματική αλλαγή

Τα τελευταία χρόνια γίνεται μεγάλος λόγος και συνεχής έρευνα για τα αποτελέσματα και τις επιδράσεις που προκαλεί η κλιματική αλλαγή στην ατμόσφαιρα, το περιβάλλον και τα οικοσυστήματα. Το κλίμα και κατ' επέκταση τα καιρικά φαινόμενα επηρεάζονται δραματικά από τις συνθήκες υπερθέρμανσης του πλανήτη και την εκπομπή αερίων με τα οποία συνδέεται το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Προβλέπεται πως οι επιπτώσεις που θα επιφέρει στις κοινωνίες και τον άνθρωπο θα είναι δραστηκές. Εξ ορισμού οι ανθρώπινες δραστηριότητες συνδέονται με τη μεταβολή στο κλίμα είτε άμεσα είτε έμμεσα σύμφωνα με τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών. Οι μεταβολές στο κλίμα μπορεί να σημαίνουν αύξηση στην ένταση και τη συχνότητα φαινομένων όπως ο άνεμος και η άνοδος θερμοκρασίας τα οποία και αποτελούν βασικούς παράγοντες επίδρασης στην πρόκληση και διατήρηση μιας πυρκαγιάς.

Μεσόγειος, Ελλάδα και δασικές πυρκαγιές

Μεσόγειος και κλιματικές συνθήκες

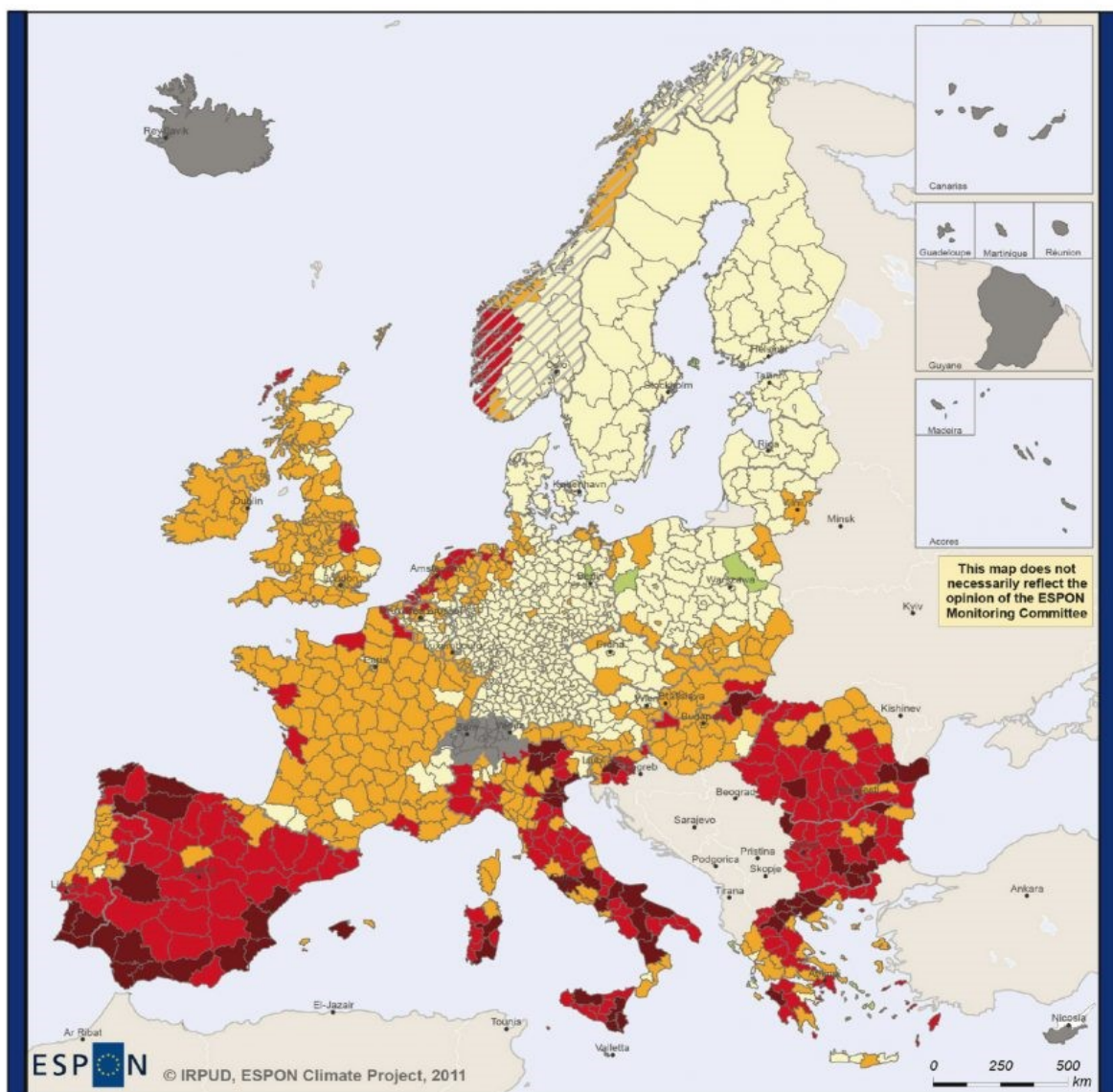
Οι πυρκαγιές αποτελούν ένα βασικό συστατικό στοιχείο της διαμόρφωσης των δασικών οικοσυστημάτων εδώ και χιλιάδες χρόνια. Ανθρώπινες κοινωνίες έχουν έρθει αντιμέτωπες με το πρόβλημα αυτό προσπαθώντας να βρουν λύσεις αναφορικά με την πρόβλεψη, την συμπεριφορά και την αντιμετώπιση του φαινομένου.

Βασικά χαρακτηριστικά των μετεωρολογικών και κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στην ανατολική Μεσόγειο και την Ελλάδα είναι οι υψηλές θερμοκρασίες και το ξηρό κλίμα που ευνοούν την πιθανότητα εμφάνισης μιας πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η βλάστηση επιπλέον αποτελεί καθοριστικό στοιχείο καθώς επηρεάζει τη συμπεριφορά της πυρκαγιάς και η Μεσόγειος είναι γνωστή για την μεγάλη ευφλεκτότητα στη βλάστησή της.[6] Από τα πιο σημαντικά ωστόσο στοιχεία στην εμφάνιση του φαινομένου πυρκαγιών αποτελεί ο άνεμος. Στην περιοχή του Αιγαίου πνέουν οι-κατά την αναφερόμενη βιβλιογραφία- ετήσιοι άνεμοι (ή αλλιώς μελτέμια), βόρειοι άνεμοι με μεγάλη συχνότητα τις εποχές του καλοκαιριού

και του φθινοπώρου.[7] Ως προς τα χαρακτηριστικά τους οι ετήσιοι άνεμοι μπορεί να διαρκέσουν 2-3 εβδομάδες και με την ισχύ τους να βοηθήσουν στην πρόκληση πυρκαγιάς.

Μεγάλες πυρκαγιές στη Μεσόγειο

Η λεκάνη της Μεσογείου γνώρισε ασυνήθιστες συνθήκες ζέστης και ξηρασίας στις αρχές του 21^{ου} αιώνα με κύματα καύσωνα τα οποία αποτέλεσαν ιδανική συνθήκη για τις πυρκαγιές που συνέβησαν στην Πορτογαλία και την Ισπανία το 2003 και 2005.[8] Το κύμα καύσωνα ξεκίνησε τον Ιούνιο του 2003 και διήρκησε μέχρι τα μέσα Αυγούστου με θερμοκρασίες σε μεγάλο μέρος της ηπείρου που ξεπερνούσαν το μέσο όρο για την εποχή σε ποσοστό το 20% και 30% υψηλότερα (Ισπανία, Τσεχία, Γερμανία, Γαλλία, Ιταλία, Τουρκία). Το εύρος των υψηλότερων θερμοκρασιών που καταγράφηκαν την περίοδο εκείνη ήταν 35-40°C και διήρκησαν για αρκετές μέρες (έως και δύο εβδομάδες) δημιουργώντας κλίμα εξαιρετικά ζεστό και ξηρό για ένα μεγάλο χρονικό διάστημα.[9] Το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης επλήγη από εξαιρετικά μεγάλες θερμοκρασίες το καλοκαίρι του 2003 οι οποίες οδήγησαν σε παρατεταμένη ξηρασία στη δυτική Ευρώπη (Πορτογαλία) στα τέλη του 2004 και το 2005 με τιμές βροχόπτωσης κάτω των κανονικών [10] αλλά και σε κλιματικές συνθήκες ξηρασίας σε χώρες όπως η Ισπανία, η Γερμανία, η Γαλλία και η Ιταλία.[11]



Δυνاميτική τρωτότητα στη κλιματική αλλαγή

- Μεγάλες αρνητικές επιπτώσεις (0,5 – 1,0)
- Μέτριες αρνητικές επιπτώσεις (0,3 – <0,5)
- Μικρές αρνητικές επιπτώσεις (0,1 – <0,3)
- Καθόλου/Οριακές επιπτώσεις (-0,1 – <0,1)
- Μικρές θετικές επιπτώσεις (-0,1 – -0,25)
- Χωρίς δεδομένα
- Ελάχιστα δεδομένα

Η τρωτότητα υπολογίστηκε ως ο συνδυασμός των περιφερειακών δυναμικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και των περιφερειακών δυνατοτήτων αντιμετώπισης της κλιματικής αλλαγής.

Οι δυναμικές επιπτώσεις υπολογίστηκαν ως συνδυασμός της περιφερειακής τρωτότητας στην κλιματική αλλαγή (η διαφορά που προκύπτει από τη σύγκριση των κλιματικών εκτιμήσεων για τις περιόδους 1961-1990 και 2071-2100 για οκτώ κλιματικές παραμέτρους για το σενάριο A1B και τα αποτελέσματα των υδροδυναμικών μοντέλων LISFLOOD και DIVA) και των πιο πρόσφατων δεδομένων σχετικά με τη φυσική, οικονομική, κοινωνική, περιβαλλοντική και πολιτιστική ευπάθεια στην κλιματική αλλαγή. Οι δυνατότητες αντιμετώπισης υπολογίστηκαν ως συνδυασμός των πιο πρόσφατων δεδομένων σχετικά με τις οικονομικές, τεχνολογικές και θεσμικές δυνατότητες καθώς και το επίπεδο ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης για την κλιματική αλλαγή.

EPSONCLIMATE(2003)όπως παρουσιάζεται στον ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Θ. (2017). «Χωρική αποτύπωση της τρωτότητας στην κλιματική αλλαγή», Ανακτήθηκε από https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2017/06/climate_02-580x814.jpg

Ελλάδα: Κλιματικές συνθήκες και μεγάλα πύρινα επεισόδια

Η Ελλάδα το καλοκαίρι εμπεριέχει όλες εκείνες τις κατάλληλες προϋποθέσεις για την έκρηξη μιας πυρκαγιάς-υψηλής θερμοκρασίες, χαμηλά επίπεδα υγρασίας και βροχόπτωσης, εύφλεκτη βλάστηση μαζί με ετήσιους ανέμους που εντείνονται το μήνα Αύγουστο. Τότε αυξάνεται κατά πολύ και ο κίνδυνος του φαινομένου.

Ιστορικά, τα τελευταία 20 χρόνια, η χώρα αντιμετώπισε δύο τεράστια και άκρως καταστροφικά πύρινα γεγονότα τα οποία κόστιζαν τη ζωή σε δεκάδες ανθρώπους, έκαψαν μεγάλες εκτάσεις γης και περιουσίες κλονίζοντας τον κοινωνικό ιστό θέτοντας ανυπέρβλητες πολλές φορές προκλήσεις στο προσωπικό πυρόσβεσης. Μια από τις χειρότερες χρονιές αποτέλεσε το 2007. Το έτος αυτό συνδύασε τις συνθήκες καύσωνα και ξηρότητα μαζί με ισχυρούς ανέμους οδηγώντας στην εμφάνιση μεγάλων δασικών πυρκαγιών.[12]

Κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου του 2007 σημειώθηκαν τρία αλληπάλληλα κύματα καύσωνα τα οποία εντάθηκαν λόγω της ξηρασίας και των μεγάλων θερμοκρασιών (24–28 Ιουνίου, 19–27 Ιουλίου και 22–24 Αυγούστου[13]). Το καλοκαίρι του 2007 παρουσίασε ασυνήθιστη ζέστη στην νοτιοανατολική Ευρώπη, τα Βαλκάνια αλλά και σε περιοχές της Μικράς Ασίας με θερμοκρασίες που ξεπερνούσαν το μέσο όρο της εποχής ακόμα και κατά 4 βαθμούς Κελσίου σε ορισμένες περιοχές.[14] Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών κατέγραψε ανωμαλίες στη θερμοκρασία κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου που ξεπέρασαν τους 3°C. Σύμφωνα με εκτιμήσεις των Hodnebrog et al., 2012 και Turquety et al. (2009), η συχνότητα τέτοιων περιόδων καύσωνα αναμένεται να αυξηθεί στην ανατολική Μεσόγειο με τη συμβολή της κλιματικής αλλαγής.[15]

Οι περιοχές της Πελοποννήσου και της Εύβοιας ήταν εκείνες είχαν πληγεί περισσότερο από τις μεγάλες δασικές πυρκαγιές που ξέσπασαν τα τέλη Αυγούστου και διήρκεσαν μέχρι και τις αρχές του Σεπτεμβρίου του 2007. Από τις άμεσες πολυδιάστατες συνέπειες που προκλήθηκαν ήταν η απώλεια ζωών, οι αποτεφρωμένες εκτάσεις αλλά και η εκπομπή ρύπων στην ατμόσφαιρα. Ο απολογισμός των πυρκαγιών σε ζωές στην Ελλάδα, για τη χρονική περίοδο 1980-2007, ήταν 177 άτομα εκ των οποίων τα 78 χάθηκαν στη φωτιά του 2007.[16]

Πιο συγκεκριμένα, στην Πελοπόννησο, όπως αναφέρεται στους Diakakis et al. 2017, η φωτιά ξεκίνησε στις 24 Αυγούστου 2007 καίγοντας στο πέρασμά της 1773 τετραγωνικά χιλιόμετρα αγροτικής και δασικής γης.[17] Τα στοιχεία που πυροδότησαν την κατάσταση ήταν α) συσσωρευμένα καύσιμα όπως δάση ελάτων, β) χορτάρι και θάμνοι μαζί με ισχυρούς ανέμους, γ) υψηλές θερμοκρασίες και δ) χαμηλά επίπεδα υγρασίας. Μετρώντας το επίπεδο καταστροφής, στη φωτιά κάηκαν δεκάδες σπίτια σε 67 χωριά στην περιοχή της Ηλείας ενώ εκατοντάδες αποθήκες, επιχειρήσεις και στάβλοι παραδόθηκαν στην λαίλαπα με το κόστος να ανέρχεται σε εκατοντάδες εκατομμύρια ευρώ. Οι συνέπειες εξαπλώθηκαν και σε άλλους τομείς την καθημερινότητας τη τοπικής κοινωνίας όπως οι μετακινήσεις στις οποίες δημιουργήθηκαν προβλήματα εφόσον η καταστροφή εκτάθηκε στη δυτική Πελοπόννησο.[18] Το μέγεθος της δασικής καταστροφής ήταν τεράστιο καθώς σύμφωνα με στοιχεία που παραθέτουν οι Rourkou et al.(2014) [19], η καμένη έκταση στην Πελοπόννησο ήταν 170.000 εκτάρια.

Την ίδια χρονική περίοδο που καιγόταν η Πελοπόννησος, η Εύβοια ταλαιπωρήθηκε επίσης από δύο πυρκαγιές οι οποίες ξέσπασαν ταυτόχρονα σε περιοχές στα νότια και βορειοδυτικά και οι οποίες επεκτάθηκαν σε μεγάλες περιοχές καταστρέφοντας συνολικά 227.648 στρέμματα όπως καταγράφει η WWF Ελλάς (2007)[20] σε σχετική αναφορά.



Wikiwand (2007). «Δορυφορική εικόνα από τον δορυφόρο Aqua της NASA στις 25 Αυγούστου 2007». Ανακτήθηκε από https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/3/3a/Greek_fires_260807_terra.250m.png/400px-Greek_fires_260807_terra.250m.png

Η Ελλάδα δοκιμάστηκε ξανά μια δεκαετία αργότερα, στις 23 Ιουλίου 2018, όπου δύο τραγικά γεγονότα πυρκαγιών ξέσπασαν σε κατοικημένες περιοχές της Αττικής παγιδεύοντας και αφαιρώντας τη ζωή σε 102 πολίτες. Για άλλη μια φορά οι καιρικές συνθήκες επηρέασαν και καθόρισαν τη συμπεριφορά της φωτιάς. Υψηλές θερμοκρασίες μαζί με ισχυρούς ανέμους και χαμηλές τιμές υγρασίας δημιούργησαν ένα δυσσώνο κράμα παραγόντων[21] Ισχυροί άνεμοι καταγράφηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών σε αρκετές περιοχές της Αττικής εκείνη τη μέρα εμποδίζοντας την εναέρια πυρόσβεση με αποτέλεσμα η φωτιά να επεκταθεί και σε άλλους οικισμούς. Η πυρκαγιά τελικώς σταμάτησε στην περιοχή Μάτι που βρισκόταν παράκτια. Οι περιοχές που απειλήθηκαν από τη φωτιά εκκενώθηκαν ωστόσο η φωτιά συνέχισε να καίει για δύο μέρες μέχρι και την 25^η Ιουλίου αφού κατέστρεψε δύο οικισμούς ολοσχερώς και μερικώς άλλον έναν οικισμό.

Οι τοπικές καιρικές συνθήκες αποτελούνταν από θερμοκρασίες 36°C με ποσοστά υγρασίας κάτω του 20% φτάνοντας ποσοστό 15%. Μελέτες βασισμένες σε μετρήσεις, υποδεικνύουν πως η θερμοκρασία παρουσίασε σημαντική απόκλιση (προς τα πάνω) για την εποχή και πιο συγκεκριμένα η διαφορά σε κάποιες περιοχές ανερχόταν στους 3°C και σε άλλες περιοχές τους

4°C σε σχέση με το μέσο όρο του μήνα Ιουλίου [22] αγγίζοντας τους 39°C. Οι δύο παραπάνω παράγοντες αύξησαν τον κίνδυνο έναρξης μιας πυρκαγιάς κατά πολύ ενώ επίδρασαν δραστικά στην εξέλιξή της.

Εκτός από τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες των ημερών εκείνων, η βλάστηση των περιοχών καθόρισε επιπλέον την εξέλιξη της φωτιάς καθώς της έδωσε μεγαλύτερη ένταση. Φαίνεται ακριβώς πως η καύσιμη ύλη, η οποία αναγνωρίστηκε πως άνηκε σε είδη πεύκου της Μεσογείου, λειτούργησε καταλυτικά φανερώνοντας την σύνδεση του καύσιμου υλικού με τους δυνατούς ανέμους και την πρόοδο μιας πυρκαγιάς.[23] Ο απολογισμός του γεγονότος αφορούσε καταστροφές σε περισσότερα από 1500 οικοδομήματα και οχήματα τα οποία κάηκαν και ζημιές που προκάλεσαν την διακοπή ηλεκτρικού ρεύματος και παροχής νερού και τηλεπικοινωνιών.

Η περίπτωση της Πελοποννήσου το 2007, που αποτέλεσε την πιο μεγάλη σε έκταση και πιο καταστροφική δασική πυρκαγιά, χαρακτηρίστηκε στην αγγλική βιβλιογραφία ως mega-fire. Οι πυρκαγιές αυτού του τύπου τροφοδοτούνται από προϋποθέσεις που ήδη αναφέρθηκαν: μεγάλες θερμοκρασίες, ισχυρούς ανέμους και κατάλληλη βλάστηση σε συνδυασμό με ξηρασία και τοπογραφία. Αυτού του είδους πυρκαγιές-mega-fires παρατηρείται πως από το 1990 και μετά γίνονται όλο και πιο συχνές προκαλώντας ανυπολόγιστες και μακροχρόνιες επιπτώσεις στο περιβάλλον.[24] Τα γεγονότα αυτά επηρεάστηκαν από την αλλαγή του κλίματος των τελευταίων ετών (όπως εξετάζεται παρακάτω) το οποίο μελλοντικά θα προξενήσει ακόμα πιο συχνές, περισσότερο καταστροφικές πυρκαγιές.

Κλιματική αλλαγή και παράγοντες δασικών πυρκαγιών

Από τους παράγοντες που οδήγησαν στα καταστροφικότερα πύρινα φαινόμενα που αντιμετώπισε η Ελλάδα τα τελευταία χρόνια γίνεται έκδηλο πως οι δασικές πυρκαγιές είναι ένα πολυδιάστατο και σύνθετο φαινόμενο το οποίο συνδέεται με φυσικά στοιχεία τα οποία όπως έχει παρατηρηθεί από ερευνητές και επιστήμονες, έχουν επηρεαστεί από την κλιματική αλλαγή. Η κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει τις μετεωρολογικές συνθήκες ως προς την συχνότητα εκδήλωσης των φαινομένων και την έντασή τους οδηγώντας σε ακραίες καιρικές καταστάσεις.

Ο όρος κλιματική αλλαγή είναι συνδεδεμένος με την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της γης και εξελικτικά με τη μεταβολή του κλίματος και των μετεωρολογικών συνθηκών του πλανήτη. Άμεσες και έμμεσες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η παραγωγή άνθρακα και υδρογονανθράκων από εργοστάσια, η υπερβολική χρήση ορυκτών πόρων, το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο- η καύση των οποίων απελευθερώνει τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα-σε συνδυασμό με την αποψίλωση των δασών προκαλούν αλλαγές στη σύσταση της ατμόσφαιρας, στα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα τα οποία τα τελευταία 150 χρόνια έχουν αυξηθεί δραματικά.[25] Η αλλαγή αυτή του κλίματος συνιστά μια από τις μεγαλύτερες προκλήσεις που έχουν να αντιμετωπίσουν οι κοινωνίες καθώς μπορεί να επιφέρει άνευ προηγουμένου επιπτώσεις στον αγροτικό τομέα, την βιοποικιλότητα, τη βλάστηση και μεταξύ πολλών άλλων και στις δασικές πυρκαγιές.

Θερμότητα-θερμοκρασία

Αναλύοντας τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής, αρχικά στο τρίγωνο της φωτιάς ανήκουν:

- η θερμότητα για την έναρξη και την διατήρηση της πυρκαγιάς,
- το οξυγόνο για που τροφοδοτεί τις φλόγες και
- η καύσιμη ύλη που καίγεται κατά τη διάρκεια[26]

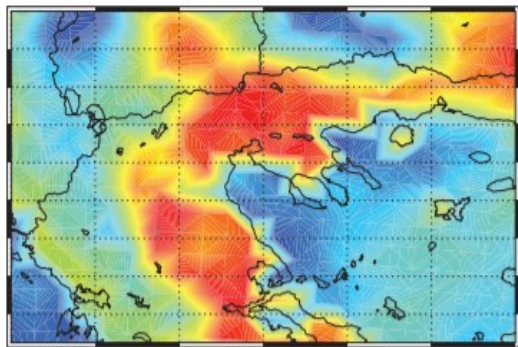
Λειτουργικά, η θερμοκρασία επηρεάζει τη συμπεριφορά μιας πυρκαγιάς εφόσον επιδρά στην καύσιμη ύλη και την υγρασία της. Όσο λοιπόν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται, η υγρασία του καυσίμου τείνει να μειώνεται. Επακόλουθα, όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία που έχει αναπτύξει το καύσιμο τόσο ευκολότερα θα προσεγγίσει την θερμοκρασία που απαιτείται για την ανάφλεξη και τη δημιουργία πυρκαγιάς.[27]

Αναφορικά με τον πρώτο παράγοντα του τριγώνου της φωτιάς, αυτόν της θερμότητας που συνδέεται με τη θερμοκρασία, επιστήμονες υποστηρίζουν πως το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει συμβάλει στο φαινόμενο της υπερθέρμανσης του πλανήτη με τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα μεταβάλλοντας τις κλιματικές συνθήκες αυξάνοντας σημαντικά τη θερμοκρασία. Το φαινόμενο αυτό είναι σημαντικό για τις ζεστές και ευνοϊκές θερμοκρασίες του πλανήτη διότι χωρίς τον μηχανισμό του- την ακτινοβολία που δεσμεύεται από τα αέρια του θερμοκηπίου και εκπέμπεται προς την επιφάνεια της γης – θα επικρατούσαν συνθήκες ψύχους.[28] Ωστόσο, τα τελευταία χρόνια, ο άνθρωπος με τις δραστηριότητές του όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, έχει συντελέσει στην τροπή που έχει αποκτήσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τις επιπτώσεις στο κλίμα και τη θερμοκρασία.

Αναφορικά με τις κλιματικές συνθήκες στην Ελλάδα, οι υψηλές θερμοκρασίες και ο καύσωνας δεν αποτελεί ασυνήθιστο δεδομένο καθώς κυρίως κατά τη θερινή περίοδο, θερμοκρασίες με τιμές στους 37°C εμφανίζονται σε πεδινές περιοχές της ηπειρωτικής χώρας. Η μέση ημερήσια θερμοκρασία κατά την εποχή αυτή μπορεί να φτάσει τους 31°C, εφόσον κατά τις νυκτερινές ώρες η θερμοκρασία δε πέφτει κάτω από τους 25-26°C.[29]

Ωστόσο εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, προβλέπεται πως οι ημέρες με υψηλό τον κίνδυνο της πυρκαγιάς θα αυξηθούν σε όλους τους Εθνικούς Δρυμούς της Ελλάδος που φιλοξενούν ποικιλία φυτικών ειδών και δένδρων (καύσιμης ύλης). Η Σκαρλάτου (2017) καταγράφει πως η θερμοκρασία φαίνεται να αυξάνεται κατά 2,5°C κατά μέσο όρο σε σύγκριση με την χρονική περίοδο 1961-1990 ενώ οι ημέρες καύσωνα που θα πλήξουν πολλές περιοχές της Ελλάδος όπως τη Θεσσαλία, τη δυτική Πελοπόννησο και την Αττική θα είναι 15-20 το χρόνο.[30]

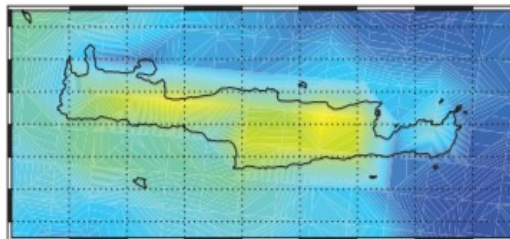
Αριθμός ημερών με υψηλό κίνδυνο πυρκαγιάς (FWI > 30)



Μελλοντική - παρούσα κατάσταση

-4.07 0.74 5.54 10.35 15.16 19.96 24.77

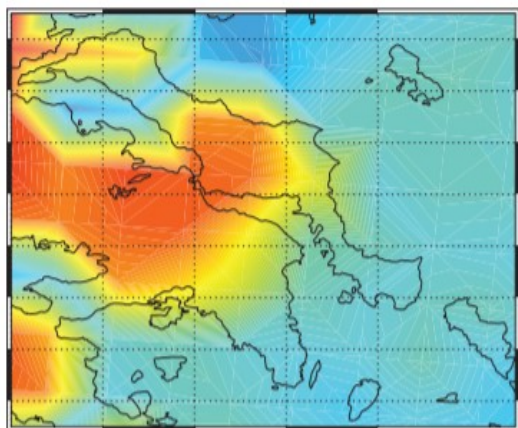
Αριθμός ημερών με υψηλό κίνδυνο πυρκαγιάς (FWI > 30)



Μελλοντική - παρούσα κατάσταση

-4.07 0.74 5.54 10.35 15.16 19.96 24.77

Αριθμός ημερών με υψηλό κίνδυνο πυρκαγιάς (FWI > 30)



Μελλοντική - παρούσα κατάσταση

-4.07 0.74 5.54 10.35 15.16 19.96 24.77

WWF Ελλάς (2009). «Αλλαγές στον αριθμό των ημερών με αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς μεταξύ 2021-2050 και 1961-1990 για επιλεγμένες δασικές περιοχές στην Ελλάδα. Ανακτήθηκε από https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/wwf-to_avrio_tis_elladas.pdf

Η ενδοχώρα δεν είναι η μόνη που θα γνωρίσει τέτοιου είδους μεταβολές στη θερμοκρασία. Νησιωτικές περιοχές επίσης θα αντιμετωπίσουν αλλαγές στις θερμοκρασίες. Χαρακτηριστικά ο αριθμός των τροπικών νυχτών, όπου η νυχτερινή θερμοκρασία υπερβαίνει τους 20°C, θα αυξηθεί και στα νησιά και σε πολλές άλλες περιοχές της Ελλάδας με αποτέλεσμα να υπάρξουν επιπλέον 30 μέρες «θερμών-τροπικών νυχτών» το χρόνο. Αυτές μάλιστα όταν ακολουθήσουν κύμα καύσωνα δεν θα βοηθήσουν καθόλου στην αντιμετώπιση πυρκαγιών ούτε θα αποτρέψουν το ενδεχόμενο έναρξής τους. Ένδειξη ανησυχητική αποτελεί η πρόβλεψη σχετικά με τις «τροπικές νύχτες» οι οποίες θα αγγίζουν τις 40 σε αριθμό με θερμοκρασίες άνω των 20°C.[31] Το πρόβλημα της πυρκαγιάς τις νυχτερινές ώρες όπου η πυρόσβεση μπορεί να γίνει μόνο με πεζικά μέσα, σε συνθήκες αέρα και χαμηλής υγρασίας, σε δασικές περιοχές με εύφλεκτη βλάστηση σε συνδυασμό με την αύξηση στη θερμοκρασία θα ενταθεί.

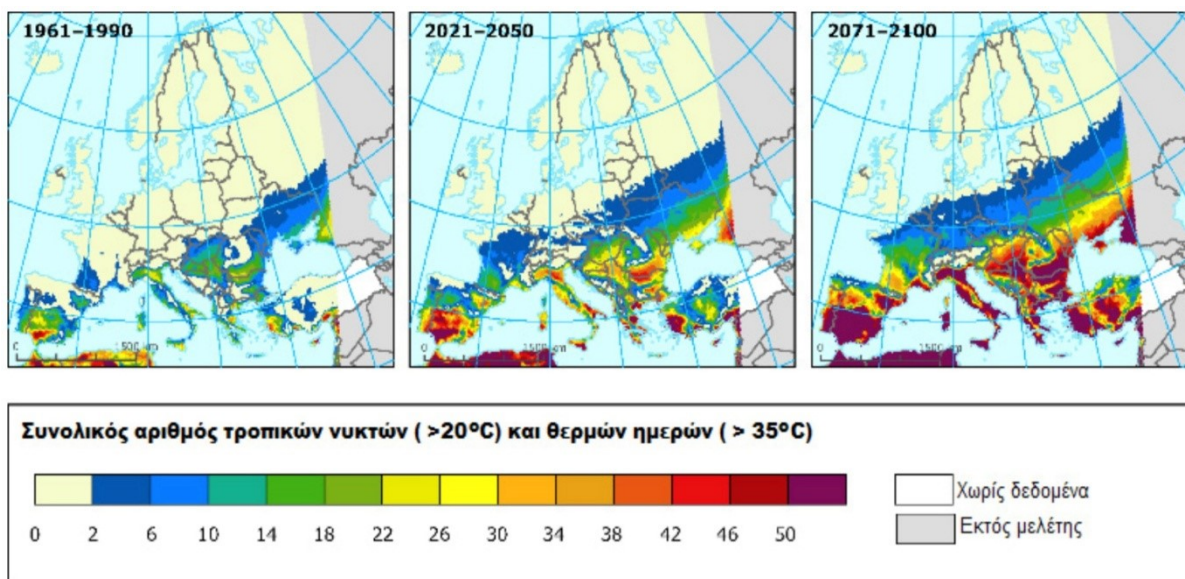
Εκτός από τις «θερμές νύχτες», αναμένεται πως και ο αριθμός των «θερινών ημερών»- όπου η ημέρα έχει μέγιστη θερμοκρασία πάνω από 25°C- θα μεγαλώσει με προβλέψεις για 20-30 επιπλέον θερινές ημέρες μέσα στη χρονική περίοδο 2021-2050 (κυρίως σε τουριστικές παράκτιες περιοχές) εντείνοντας τον κίνδυνο έναρξης δασικής πυρκαγιάς. Περιοχές που περιλαμβάνονται στις προβλέψεις αυτές είναι αυτές της: Ρόδου, Κρήτης, Χαλκιδικής, Αττικής, Κυκλάδων, Εύβοιας και Ζακύνθου κατά τους μήνες του Ιουλίου και του Αυγούστου.[32]

Ο Ηλιόπουλος (2013) αναφέρει σε έρευνά του πως τα αποτελέσματα μετεωρολογικών μοντέλων, σε πειράματα προσομοιώσεων που έγιναν για την διερεύνηση της εξέλιξης και των τάσεων των μετεωρολογικών παραμέτρων, έδειξαν πως σε βάθος χρόνου θα υπάρξει άνοδος των θερμοκρασιών κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στην Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκε η χρονική περίοδος 1961-1990 ως περίοδος αναφοράς σε σύγκριση με τη χρονική περίοδο 2060-2089.[33] Παρατηρήθηκε πως την περίοδο 2060-2089:

α) η μέση θερμοκρασία θα αυξηθεί περίπου 2,5°C-3,5°C και

β) η μέση μέγιστη θερμοκρασία θα αυξηθεί περίπου κατά 3,5°C

Μέσα στην ίδια έρευνα αναφέρονται τα συμπεράσματα μελετών κλιματικών μοντέλων και σεναρίων στο οποίο έφτασαν διάφοροι ερευνητές. Ένα από τα αποτελέσματα ήταν πως μέχρι το 2100 η μέση ετήσια θερμοκρασία θα αυξηθεί από 1,5°C έως 3,5°C στα Βαλκάνια ενώ άλλη έρευνα έδειξε πως στην Ελλάδα οι μέρες με θερμοκρασίες 35°C την ημέρα και πάνω από 20°C τη νύχτα θα αυξηθούν.[34]



ΕΕΑ

(2012)όπως παρουσιάζεται στον ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Θ. (2017). Αριθμός τροπικών ημερών με θερμοκρασίες άνω των 35 βαθμών την ημέρα και άνω των 20 βαθμών την νύχτα για τα χρονικά διαστήματα 1961-1990, 2021-2050 και 2071-2100.

Ανακτήθηκε από https://www.dianeosis.org/wp-content/uploads/2017/06/climate_05.jpg

Σε σενάρια κλιματικής αλλαγής που αναφέρουν οι Ρουρκου et al. (2014) και τα οποία ακολουθούν έρευνα αξιολόγησης των επιπτώσεων των πυρκαγιών στην ατμόσφαιρα, μελλοντικά φανερώνουν πως το ήδη ξερό και θερμό κλίμα στην νοτιοανατολική Ευρώπη θα ενταθεί.[35] Συνθήκες σαν αυτές μπορούν να συμβάλουν στην αύξηση της συχνότητας έναρξης των πυρκαγιών.[36]

Βροχοπτώσεις-ανομβρία-ξηρότητα

Οι κατακρημνίσεις παίζουν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο ως προς την διάρκεια μιας δασικής πυρκαγιάς, τη συχνότητα εμφάνισης και τη γενικότερη συμπεριφορά της. Η βροχή μπορεί να αποθηκευτεί από το έδαφος και τα φυτά ώστε να δημιουργεί κατάλληλη συνθήκη απαραίτητης υγρασίας και θερμοκρασίας της καύσιμης ύλης η οποία καίγεται κατά τη διάρκεια της φωτιάς. Η επίδραση στη διαμόρφωση των οικοσυστημάτων είναι άμεση και δραστική. Με την παρουσία της και τη συχνότητά της μπορεί να καθορίσει το πόσο εύφλεκτη μπορεί να γίνει η καύσιμη ύλη. Μεταβλητές που επηρεάζουν στην ευφλεκτότητα της καύσιμης ύλης είναι οι κατακρημνίσεις και οι εξατμισοδιαπνοή.[37] Συνδέεται επίσης με τα επίπεδα ξηρότητας και τις περιόδους ξηρασίας που μπορούν να δημιουργηθούν σε συνδυασμό και με άλλους παράγοντες.

Τα τελευταία χρόνια ωστόσο έχει παρατηρηθεί από τους επιστήμονες πως η συχνότητα και τα ποσοστά των κατακρημνίσεων θα επηρεαστούν από το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής επιφέροντας επιπτώσεις και στις δασικές πυρκαγιές. Η κλιματική αλλαγή προκαλώντας την αύξηση ακραίων γεγονότων όπως μεγάλες περιόδους ξηρασίας και συχνότερα κύματα καύσωνα θα αυξήσει και τον κίνδυνο πυρκαγιάς στις Μεσογειακές χώρες.[38]

Χαρακτηριστικά, έρευνες αναφέρουν πως ποικίλες μελέτες ανά την Ευρώπη δείχνουν μια γενικότερη μείωση των κατακρημνίσεων στην νοτιοανατολική Ευρώπη και τη Μεσόγειο με σημαντική επίδραση στους υδάτινους πόρους και την ξηρασία εξαιτίας μεταβολών που έχει προκαλέσει η κλιματική αλλαγή.[39] Κλιματικά μοντέλα φανερώνουν τη μείωση της βροχής στην ανατολική Μεσόγειο, κατά 20% αναφερόμενα στην περίοδο 2080-2099 σε σύγκριση με την περίοδο 1980-1999.[40] Τις τελευταίες δεκαετίες και συγκεκριμένα από το 1970 και μετά παρατηρείται μείωση βροχής στην περιοχή της Μεσογείου καθώς και πιο ξηρές χρονιές τις δεκαετίες 1980 και 1990. Οι Paparizos et al.(2016), σε μελέτη σεναρίων σχετικά με τα ποσοστά των κατακρημνίσεων πάνω από συγκριμένες περιοχές υδρολογικών λεκανών τις χρονικές περιόδους 2021–2050 και 2071–2100, συμπεραίνουν πως οι κατακρημνίσεις επρόκειτο να μειωθούν σε ποσοστό 33.9%-40.6% για τη χρονική περίοδο 2021-2050 και 44.2%-46.3% για τη χρονική περίοδο 2071–2100[41].

	Διάρκεια Ξηρής περιόδου (μέρες)	Κίνδυνος πυρκαγιάς (μέρες)	Μέρες >35° C	Νυχτερινοί παγετοί (μέρες)	Χειμερινές βροχοπτώσεις (%)	Φθινοπωρινές βροχοπτώσεις (%)
Ηράκλειο	10-20	15	15	-	15	15
Αιτωλοακαρνανία	10	10	15	-	5-10	-
Μεσσηνία	10	10	15	-	5-10	-
Λάρισα	10-15	20	20	10-15	5-10	20
Ηλεία	10	10	15	-	5-10	-
Αχαΐα	10	10	15	-	5-10	-
Εύβοια	>25	15	15	-	5-10	20
Σέρρες	15-20	20	20	10-15	15	-
Φθιώτιδα	20	20	15	10-15	5-10	10
Πέλλα	15-20	20	15	15	15	15

WWFΕλλάς (2009). Απεικόνιση αύξησης ημερών ξηρής περιόδου, κινδύνου πυρκαγιάς και ημερών με θερμοκρασίες άνω των 35 βαθμών (σε κόκκινο χρώμα) και μείωσης νυχτερινών παγετών και χειμερινών βροχοπτώσεων σε ποσοστό επί της % (σε μπλε χρώμα). Ανακτήθηκε από https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/wwf-to_avrio_tis_elladas.pdf

Εκτιμήσεις και μελέτες γίνονται συνεχώς τα τελευταία χρόνια λαμβάνοντας υπόψιν τις συνέπειες που μπορεί να έχει η μείωση της βροχόπτωσης και οι παράμετροι του κλίματος στον γεωργικό τομέα προκειμένου να εκτιμηθούν ελλείψεις σε αποθέματα νερού που τυχόν δημιουργηθούν. Μια από αυτές τις αναλύσεις, εξετάζει την ακολουθία υγρών και ξερών ημερών καταλήγοντας πως η διάρκεια των ξερών ημερών αυξάνεται σε μερικές περιοχές της Ελλάδας από 10 έως και 20 ημέρες ενώ στις βόρειες περιοχές μέχρι και ένα περίπου μήνα.[42] Σε αυτές τις περιοχές αυξάνεται συμπερασματικά και ο κίνδυνος εκδήλωσης μια πυρκαγιάς. Η αύξηση των συνεχόμενων ξερών ημερών ενισχύει το πρόβλημα της ξηρασίας αλλά και της ερημοποίησης, της υποβάθμισης δηλαδή της γης σε άνυδρες, ημι-άνυδρες και ξηρές με χαμηλή υγρασία περιοχές. Η ίδια μελέτη επίσης δείχνει πως οι χειμερινές βροχοπτώσεις στις ίδιες περιοχές μειώνονται κατά ποσοστό 15%, ποσοστό το οποίο αντιστοιχεί επίσης και στην μείωση των βροχοπτώσεων σε πολλές περιοχές Εθνικών Δρυμών (Όλυμπος, Λευκά όρη, Πρέσπες). Οι περιοχές αυτές γίνονται περισσότερο ευάλωτες εφόσον οι μέρες που εμφανίζουν αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς αυξάνονται κατά 10. Οι περίοδοι ανομβρίας στους ορεινούς δρυμούς (Ολύμπου, Βίκου, Πίνδου κ.ά.) αυξάνονται κατά 7 μέρες ενώ στους υπόλοιπους δρυμούς παρουσιάζεται αύξηση περιόδου ανομβρίας κατά 15 και περισσότερες ημέρες. Εκτιμήσεις δείχνουν μείωση 20%-30% βροχόπτωσης κατά τους θερινούς μήνες σε ολόκληρη την Ελλάδα η οποία μετατρέπεται σε περισσότερο ξηρή με έλλειμα υγρασίας της τάξεως του 12%.[43] Οι Ηλιόπουλος κ.ά. (2010) μάλιστα καταγράφουν πως η μείωση της μέσης τιμής βροχόπτωσης τους καλοκαιρινούς μήνες μπορεί να φτάσει έως και 40% βάσει στοιχείων που δείχνει η αλλαγή του υδρολογικού κύκλου.[44],[45]

Αν οι δύο παραπάνω παράγοντες τοποθετηθούν σε έναν συλλογισμό, προκύπτει πως όσο η θερμοκρασία αυξάνεται και η βροχόπτωση μειώνεται, οι δασικές εκτάσεις γίνονται ξηρότερες και περισσότερο επιρρεπείς στις δασικές πυρκαγιές. Η μείωση στα ποσοστά βροχόπτωσης επέδρασε καθοριστικά στις φονικές δασικές πυρκαγιές του 2007 καθώς η χαμηλή υγρασία του χώματος σε αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα συνετέλεσαν σε ανωμαλίες στη θερμοκρασία όπως υποστηρίζουν οι Founda et al. (2009) σε σχετική έρευνα 2 χρόνια μετά τα καταστροφικά γεγονότα.[46] Η χώρα αντιμετώπισε μια παρατεταμένη περίοδο ξηρασίας η οποία, σε συνδυασμό με ρεκόρ ζεστών θερμοκρασιών το καλοκαίρι του 2007 και την αφυδάτωση οργανικών εδαφών, έδρασε καταλυτικά στις τεράστιες πυρκαγιές που ξέσπασαν.[47]

Άνεμος-οξυγόνο

Ο άνεμος όπως προαναφέρθηκε, ανήκει στα στοιχεία του τριγώνου της φωτιάς και επηρεάζει με τρεις τρόπους τη διαδικασία τη καύσης κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς. Πρώτον παρέχει οξυγόνο για να γίνει η καύση, δεύτερον αυξάνει την εξάτμιση αφού μειώνει την υγρασία του καυσίμου και τέλος ασκώντας πίεση μετακινεί την φωτιά προς την κατεύθυνση της καύσιμης ύλης αυξάνοντας την ακτινοβολία, προωθώντας τις φλόγες σε νέα επιφάνεια καύσιμης ύλης. Μπορεί να αυξήσει την παροχή οξυγόνου μεγαλώνοντας την ταχύτητα της φωτιάς. Αυξάνει την εξάτμιση από υγρές επιφάνειες μεταφέροντας υγρό αέρα και φέρνοντας ξηρότερο αέρα. Η καύσιμη ύλη στεγνώνει και ξηραίνεται αφού αφαιρείται η υγρασία από την επιφάνεια του καυσίμου. Το αποτέλεσμα είναι η καύσιμη ύλη να θερμαίνεται πιο γρήγορα εξαιτίας της ακτινοβολίας θερμότητας και καθώς είναι ξηρή αναφλέγεται γρηγορότερα.[48]

Ο άνεμος που αποτελεί το βασικότερο ίσως στοιχείο για την έναρξη, διατήρηση, εξάπλωση αλλά καθορίζει και αλλάζει την κατεύθυνση της φωτιάς, πολλές φορές καθιστά τεράστιο πρόβλημα για τις δυνάμεις πυρόσβεσης και το επιχειρησιακό σχέδιο αντιμετώπισης του προβλήματος. Οι αλλαγές που μπορεί να συμβούν στην κατεύθυνση και την ένταση του ανέμου μπορούν να επιδράσουν στην πυρκαγιά εντείνοντάς την αυξάνοντας τον κίνδυνο. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι απότομες και σχετίζονται με τις ασταθείς ατμοσφαιρικές. Οι άνεμοι δρουν στην ανατομία της φωτιάς καθώς μπορεί να βοηθήσουν την κεφαλή της φωτιάς να προχωρήσει γρηγορότερα συνθήκες[49].

Άνεμος και ατμοσφαιρική αστάθεια

Στις δασικές πυρκαγιές η ταχύτητα του ανέμου και η ταχύτητα εξάπλωσης της πυρκαγιάς είναι άμεσα συνδεδεμένα. Καθώς αναπτύσσεται η ταχύτητα μεγαλώνει και η προσφορά οξυγόνου που απαιτείται για την καύση. Η ταχύτητα του ανέμου προωθεί τις φλόγες και στην υπόλοιπη καύσιμη ύλη που βρίσκεται κοντά, έτσι η καύσιμη ύλη ξηραίνεται και θερμαίνεται. Είναι έτσι δυνατόν να δημιουργηθούν νέες εστίες. Όταν η υγρασία παραμένει σταθερή αλλά η ταχύτητα ανέμου συνεχίζει να αυξάνεται, η επιφάνεια που καίγεται μεγαλώνει επίσης.[50] Με την διεύθυνση που παίρνει ο άνεμος καθορίζει και την κατεύθυνση της πυρκαγιάς.[51]

Συγκεκριμένοι τύπου ανέμων δρουν στην συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών και αυτοί είναι οι άνεμοι Θερμού και Ψυχρού μετώπου, οι Επικλινείς άνεμοι, οι άνεμοι Φεν, οι Ημερήσιοι άνεμοι και τα Μελέμια (Ετησίες).

Ατμοσφαιρική αστάθεια, θερμοκρασίες και ανθρώπινες δραστηριότητες

Η θερμοκρασία και το ύψος σχετίζονται με την ευστάθεια της ατμόσφαιρας και με την αστάθεια του αέρα. Οι ασταθείς συνθήκες μπορούν να προκληθούν από την ανομοιομορφία με την οποία θερμαίνεται η επιφάνεια της γης από τον ήλιο. Ο θερμότερος αέρας που θερμαίνεται από το έδαφος γίνεται πιο ελαφρύς και ανυψώνεται και ο ψυχρός αέρας από περιοχή που δεν είναι ζεστή ως πιο βαρύς από το θερμό αέρα θα αντικαταστήσει το θερμό δημιουργώντας αέρα.[52] Όταν υπάρχει αστάθεια στην ατμόσφαιρα τότε υπάρχουν ανοδικά και καθοδικά ρεύματα αέρα τα οποία προκαλούν ανατάραξη. Αυτό που μπορεί να προκαλέσει άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα είναι οι περιοχές στις οποίες παρατηρείται πως αυξάνεται η θερμότητα. Οι περιοχές αυτές διαμορφώνονται από ανθρώπινες δραστηριότητες όπως χωράφια οργωμένα και επιφάνειες στρωμένες με άσφαλτο. Πάνω από τις επιφάνειες αυτές, των οποίων τα εδάφη θερμαίνονται από τον ήλιο, αναπτύσσονται ρεύματα κάθετα προκαλώντας ανατάραξη.[53]

Η συμπεριφορά των δασικών πυρκαγιών επηρεάζεται από την ατμοσφαιρική αστάθεια αφού θέτει εμπόδια στην αντιμετώπισή τους και τον έλεγχό τους. «Εάν η ατμόσφαιρα είναι ασταθής, η κάθετη κίνηση του αέρα ενθαρρύνεται και αυτό τείνει να αυξήσει τη δραστηριότητα της φωτιάς. Εάν η ατμόσφαιρα είναι σταθερή, η κάθετη κίνηση του αέρα αποθαρρύνεται και αυτό μειώνει τη δραστηριότητα της φωτιάς».[54] Οι ασταθείς συνθήκες στην ατμόσφαιρα σχετίζονται με την διαφορά στις θερμοκρασίες η οποία επιδρά στην κίνηση μεγαλώνοντάς την κάθετα και οριζόντια.[55] Όταν επικρατούν συνθήκες ασταθούς ατμόσφαιρας με αναταράξεις αέρα μπορεί να εμφανιστούν πολύ ισχυροί άνεμοι στην επιφάνεια προκαλώντας ανεμοστρόβιλους αλλάζοντας την κατεύθυνση και την ένταση της πυρκαγιάς καθώς είναι

επίσης δυνατόν να μεταφερθούν αντικείμενα σε μεγάλες αποστάσεις.[56] Αντιθέτως, σε πιο σταθερές ατμοσφαιρικές συνθήκες, οι πυρκαγιές καίγονται πιο αργά.[57]

Οικοσύστημα, κλιματική αλλαγή και δασικές πυρκαγιές

Μια από τις διαστάσεις των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής αποτελούν τα οικοσυστήματα, η φύση και η κατανομή των ειδών των φυτών μέσα σε αυτά. Η λειτουργία και τα συστατικά των οικοσυστημάτων φαίνεται πως θα επηρεαστούν σε μεγάλο βαθμό από την αύξηση της θερμοκρασίας μεταξύ 1,4° C και 3,1° C σε περίοδο 100 χρόνων όπως παρουσιάζει η έκθεση της της Διακυβερνητικής Ομάδας για την Κλιματική Αλλαγή.[58] Όπως καταγράφουν οι Garbolino et al. (2017)[59], αναμένεται τα γεωγραφικά όρια της υπάρχουσας βιοκλιματικής ζώνης της Μεσογείου να αλλάξουν, εξέλιξη που σημαίνει πως πολλά είδη μεσογειακών φυτών να μην μπορούν να αντέξουν την μετατόπιση αυτή.

Άλλη εξέλιξη που θα επιφέρει η αλλαγή στο κλίμα αφορά κάποια είδη βλάστησης τα οποία ήδη από τη φύση τους παρουσιάζουν υψηλά επίπεδα ευφλεκτότητας καθώς δεν αντέχουν σε συνθήκες ξηρασίας και μεγάλων θερμοκρασιών εφόσον μελέτες δείχνουν πως μελλοντικά δεν θα είναι αρκετή η ποσότητα του νερού που χρειάζεται για να καλύψει τις ανάγκες μιας περιοχής καλυμμένη με βλάστηση. Συνέπεια αυτού αποτελεί η αύξηση του κινδύνου έναρξης μιας πυρκαγιάς. Η έκθεση για την Κλιματική αλλαγή επίσης αποκαλύπτει πως ο κίνδυνος δασικής πυρκαγιάς θα αυξηθεί εξαιτίας της αλλαγής που θα δεχθούν τα οικοσυστήματα μέσα στα οποία πολύ λίγα ήδη φυτών μπορούν να ανταπεξέλθουν στη ξηρασίας και τους καύσωνες Garbolino et al. (2017).[60]

Αλληλεπίδραση στοιχείων τα οποία επηρεάζονται από την κλιματική αλλαγή σε μια πυρκαγιά

Οι παράγοντες που έχουν ήδη μελετηθεί σε σχέση με την κλιματική αλλαγή και αναφερθεί τμηματικά όταν αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους σε συνδυασμούς μπορούν να καθορίσουν την εξέλιξη μιας πυρκαγιάς. Έχουν διενεργηθεί πειράματα με τη χρήση κλιματικών μοντέλων τα οποία δείχνουν το καταστροφικό ταίριασμα που οδηγεί σε μεγάλες προκλήσεις.

Ο Ηλιόπουλος (2013)[61] σε διδακτορική του διατριβή μελέτησε σενάρια εφαρμογών σε περιοχές όπως ο Νέος Βουτσάς και η Ραφήνα. Σε ένα από αυτά τα σενάρια (της Ραφήνας), η μέγιστη θερμοκρασία ημέρας αυξήθηκε κατά 2.5°C, 1°C λιγότερο από τα αποτελέσματα στα οποία κατέληξε για τις μελλοντικές τιμές του συγκεκριμένου μεγέθους τιμών για την περίοδο 2060-2089. Η ελάχιστη υγρασία μειώθηκε κατά 9% και η υγρασία των νεκρών καυσίμων μειώθηκε κατά 2% με την ένταση του ανέμου να παραμένει σταθερή. Διαπιστώθηκε λοιπόν πως η καμένη έκταση αυξάνεται κατά 15-30% σε συγκεκριμένο χρόνο από την πυρκαγιά, όσο αυξάνεται η θερμοκρασία και μειώνεται η υγρασία αέρα και νεκρής καύσιμης ύλης. Παράλληλα αυξήθηκε η θερμότητα που εκλύεται από την επιφάνεια και μεγάλωσαν και οι ταχύτητες από το μέτωπο της πυρκαγιάς.

Έγινε προσομοίωση της μέσης θερμοκρασίας, της βροχόπτωσης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και του ανέμου για την χρονική περίοδο 2060-2089 με τη χρήση κλιματικού μοντέλου. Η προσομοίωση έδειξε πως στις περιοχές που μελετήθηκαν, η τιμή της μέσης

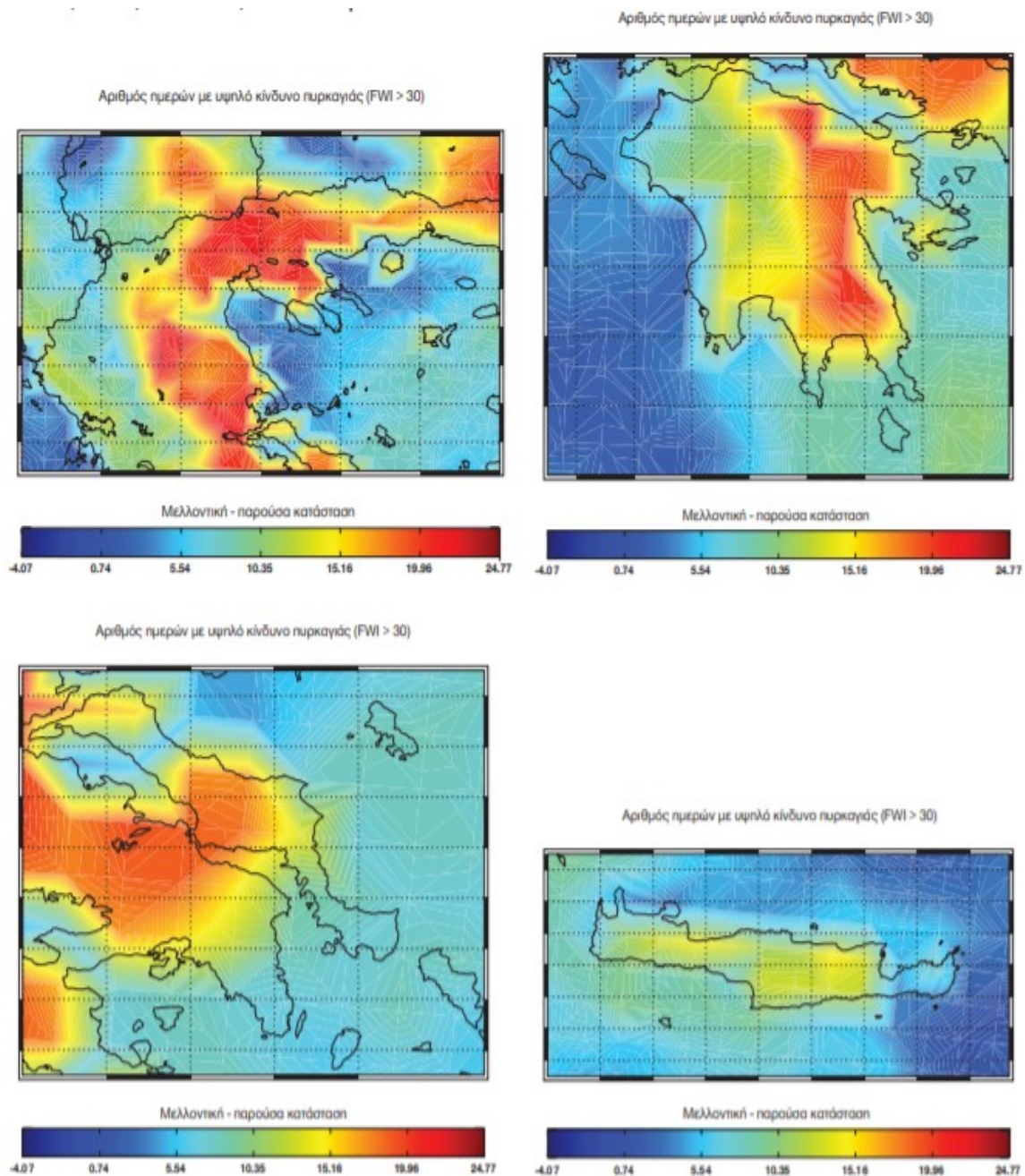
μέγιστης θερμοκρασίας μεγάλωσε κατά 2,5°C και η μέση βροχόπτωση μειώθηκε κατά 20%-40%.

	Αριθμός καυτών ημερών	Αριθμός τροπικών νυχτών	Ποσότητα βροχόπτωσης σε διάστημα τριών ημερών (%)	Μεγάλες απαιτήσεις ψύξης (ημέρες)	Μεγάλες απαιτήσεις θέρμανσης (ημέρες)
Αθήνα (δήμος)	10-15	30	10	10	15
Θεσσαλονίκη (δήμος)	15-20	30	10	15	15
Πάτρα	15-20	30	-	10	15
Ηράκλειο	<10	30	-	10	15
Λάρισα	15-20	30	15	15-20	15
Βόλος	10-15	30	15	10	15
Ιωάννινα	10-15	15	-	5	15
Καβάλα	10-15	30	-	10	15
Λαμία	15-20	30	20	10-15	15
Καλαμάτα	15-20	30	-	10	15

WWF Ελλάς (2009). Απεικόνιση αύξησης καυτών ημερών, αριθμού τροπικών νυχτών και ποσότητας βροχόπτωσης σε διάστημα 3 ημερών σε ποσοστό επί της % καθώς επίσης και των πρακτικών συνεπειών αυτών σε αστικές περιοχές όπως οι απαιτήσεις ενέργειας για την ψύξη (σε κόκκινο χρώμα) και μείωσης απαιτήσεων ενέργειας για τη θέρμανση (σε μπλε χρώμα). Ανακτήθηκε από https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/wwf-to_avrio_tis_elladas.pdf

Εκτός από τα ατμοσφαιρικά και μετεωρολογικά φαινόμενα που φαίνονται να εξελίσσονται δυσοίωνα, το έδαφος με το οικοσύστημα έρχεται να προστεθεί και να αλληλοεπιδράσει με το κράμα των παραπάνω παραγόντων. Οι ανθρώπινες δράσεις όπως η χρήσεις της γης αλλά και η εγκατάλειψή της προκαλεί τη συσσώρευση καύσιμης ύλης προκαλώντας τον κίνδυνο πυρκαγιάς σε περιοχές που εκ των προτέρων ήταν ευάλωτες σε φωτιές αλλά και σε νέες περιοχές. Οι ευάλωτες στη φωτιά αγροτικές περιοχές, μπορεί να βρίσκονται κοντά σε αστικές περιοχές. Η έκθεση επομένως των νέων περιοχών σε δασικές πυρκαγιές μεγαλώνει εξαιτίας της επαφής αγροτικών και αστικών περιοχών.^[62]

Τα παραπάνω αποτελούν καθοριστικά συμπεράσματα για το πόσο επικίνδυνες και καταστροφικές μπορούν να γίνουν οι πυρκαγιές στην Ελλάδα τις επόμενες δεκαετίες.



WWF Ελλάς (2009). «Αλλαγές στον αριθμό των ημερών με αυξημένο κίνδυνο πυρκαγιάς μεταξύ 2021-2050 και 1961-1990 για επιλεγμένες αγροτικές περιοχές στην Ελλάδα. Ανακτήθηκε από https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/wwf-to_avrio_tis_elladas.pdf

Συμπεράσματα-προτάσεις

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί ένα εξαιρετικά σημαντικό και κρίσιμο θέμα το οποίο αποφέρει αρνητικές συνέπειες σε πολλούς τομείς ανθρώπινων δραστηριοτήτων δημιουργώντας μια άνευ προηγουμένου πλανητική απειλή για την επιβίωση του κόσμου, του περιβάλλοντος και του ζωικού βασιλείου. Οι προβλέψεις για την εξέλιξη του φαινομένου μέχρι το 2050 και το 2100 δεν είναι καθόλου ενθαρρυντικές καθώς -όπως ήδη αναφέρθηκε- η άνοδος της θερμοκρασίας πλανητικά, η μείωση των βροχοπτώσεων, το λιώσιμο των πάγων, η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης είναι μόνο μερικές από τις ποικίλες συνέπειες με την άνοδο της

θερμοκρασίας να αποτελεί αναπόφευκτο γεγονός.[63] Καθώς μειώνεται η βροχόπτωση κατά 20-30% τους θερινούς μήνες και δημιουργείται μελλοντικά έλλειμμα υγρασίας, τα εδάφη θα μετατραπούν σε ξηρικά καθιστώντας τον κίνδυνο της δασικής πυρκαγιάς πιο συχνό και πιο ακραίο στην έντασή του φαινόμενο ως προς την εκδήλωσή του.

Η αντιμετώπιση του προβλήματος θα πρέπει να εστιαστεί στο στάδιο της πρόληψης με μέτρα και επιχειρησιακά σχέδια που ανταποκρίνονται ωστόσο και στις φάσεις της απόκρισης και ανάκαμψης της καταστροφής που μπορεί να δημιουργήσει. Συνιστά θέμα όχι μόνο της πολιτείας και του διοικητικού τομέα αλλά και του κοινωνικού ιστού και συνόλου.

Στη φάση της πρόληψης, νομοθετικά, χρήσιμο είναι να δημιουργηθεί μια «ομπρέλα» που να καλύπτει την επιτακτική ανάγκη προσαρμογής και την συνεργασίας των κρατών που έχουν υπογράψει το Πρωτόκολλο του Κιότο ώστε να υλοποιηθούν οι ενέργειες που είναι απαραίτητες για την μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Για να γίνει ωστόσο αυτό, η επιστημονική κοινότητα με συνεχείς έρευνες θα ήταν καλό να προβάλλει τακτικά τα αποτελέσματα των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής και των δασικών πυρκαγιών στις επιχειρήσεις, τα σχολεία και τη διοίκηση ώστε να ευαισθητοποιηθεί ο κόσμος με σκοπό να ασκηθεί περαιτέρω πίεση για την προσαρμογή του νομικού καθεστώτος προς αυτήν την κατεύθυνση. Μια ισχυρή νομοθεσία με ουσιαστική εφαρμογή και εντατικούς ελέγχους, η οποία αποτρέπει όλους εκείνους τους παράγοντες που ευνοούν την εκδήλωση δασικών πυρκαγιών περιλαμβάνοντας ποινικές κυρώσεις στους παραβάτες, μπορεί να γίνει άκρως αποτελεσματικό μέτρο αποφυγής.

Αναφορικά με το εκπαιδευτικό κομμάτι που αφορά όλες τις ηλικιακές βαθμίδες (όχι μόνο τα σχολεία και τις μικρές ηλικίες) θα ήταν πρακτικό να εφαρμοστεί μια δια ζώσης εμπειρική προσέγγιση η οποία εντυπώνεται στις ανθρώπινες αισθήσεις και δημιουργεί αντανάκλαστικά και συνήθειες οι οποίες μπορούν να αποβούν καταλυτικές στην αντιμετώπιση του προβλήματος των πυρκαγιών. Σε αυτό το κομμάτι α) οι προσομοιώσεις οι οπτικές για την επιρροή της αλλαγής του κλίματος στις καιρικές συνθήκες με τη χρήση υπολογιστών και την αξιοποίηση λογισμικών και οπτικοακουστικού υλικού αλλά και β) οι πρακτικές εφαρμογές με παρουσίαση πειραμάτων σε ανοιχτά πεδία με τη λήψη όλων των απαραίτητων -για την ασφάλεια- μέτρων ίσως στηρίξει την νοητική επεξεργασία με την διέγερση της κιναισθησίας. Όλα αυτά απαιτούν ωστόσο πρωτοβουλίες οι οποίες θα μπορούσαν να ληφθούν σε επίπεδο κρατικό αλλά και κοινωνικό από εθελοντικές ομάδες που απαρτίζονται από επιστήμονες, σώματα ασφαλείας, δυνάμεις πυρόσβεσης και απλούς πολίτες που έχουν εκπαιδευτεί ήδη σε τέτοιες καταστάσεις.

Οι ασκήσεις ετοιμότητας, που μπορούν να εξαχθούν ως αποτελέσματα των παραπάνω, αποτελούν από τα πλέον σημαντικότερα μέτρα πρόληψης φέρνοντας τους πολίτες σε επαφή με καταστάσεις κρίσης δασικών πυρκαγιών αναγκάζοντας να τεθούν σε λειτουργία τα αντανάκλαστικά που θα έχουν δημιουργηθεί σε προηγούμενες ασκήσεις (που αναφέρθηκαν παραπάνω). Μέσα από τις ασκήσεις αυτές αλλά και τις ασκήσεις εκκένωσης αναθεωρείται και εξελίσσεται και ο επιχειρησιακός σχεδιασμός καθώς οι δράσεις αποτελούν πηγή ανατροφοδότησης που είναι απαραίτητη για την βελτίωση και την ακρίβεια της άμεσης απόκρισης.

Στον αγροτικό τομέα η χρήση της γης, που συμβάλει όχι μόνο στην κλιματική αλλαγή αλλά και στην εξέλιξη μιας πυρκαγιάς βοηθώντας ή εμποδίζοντας το έργο της δασοπυρόσβεσης, θα μπορούσε να τεθεί σε κέντρο συζήτησης και δράσης με προτάσεις και εφαρμογές κάτω από νομική υπόσταση. Το οικονομικό κόστος ανέκαθεν αποτελούσε παράμετρο προσανατολισμού καθημερινών γεωργικών πρακτικών, πράγμα που σημαίνει ότι οι εναλλακτικές λύσεις από εμπειρογνώμονες πιθανότατα να υποστήριζαν σε αυτό το θέμα.

Το οπτικό ερέθισμα διαθέτει τεράστια δύναμη επιρροής στον άνθρωπο καθώς διαμορφώνει σε μεγάλο βαθμό τον τρόπο αντίληψης του «γίνεσθαι». Ανταποκρινόμενα σε αυτό τον τρόπο δημιουργίας εντυπώσεων αλλά και από τις πιο αποτελεσματικές πηγές ενημέρωσης αποτελούν τα μέσα μαζικής ενημέρωσης (τηλεόραση, ράδιο κλπ.) καθώς επίσης και τα κοινωνικά δίκτυα. Η προβολή τέτοιων θεμάτων ανά τακτά χρονικά διαστήματα σε χρονικά σημεία της ημέρας που παρατηρούνται μεγάλα ποσοστά τηλεθέασης και χρήσης θα μπορούσε να βοηθήσει στην ανάδειξη της σημαντικότητας στη ζωή και το περιβάλλον. Σε αυτό το πλαίσιο θα ήταν χρήσιμο, οι αποφάσεις της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος, να δημοσιοποιούνται και το ευρύ κοινό και όχι να μένουν σε επίπεδο διοίκησης για τη λήψη αποφάσεων από τους διαχειριστές του ζητήματος που διαμορφώνουν τη νομική και πολιτική γραμμή αντιμετώπισης του ζητήματος.

Η κλιματική αλλαγή και η ακραία εκδήλωση δασικών πυρκαγιών δεν είναι δυστοπικά σενάρια επιστημονικής φαντασίας αλλά μια εξέλιξη που βρίσκεται προ των πυλών αν δεν αφυπνιστεί ο καθένας ατομικά αλλά παράλληλα και στα πλαίσια του συνόλου ώστε να λάβει καθοριστικές αποφάσεις. Σκοπός των επιχειρησιακών δράσεων είναι η μείωση της ευαλωτότητας του πληθυσμού και του περιβάλλοντος απέναντι στις δασικές πυρκαγιές και τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής σε μια κοινωνία η οποία αρκετές φορές εκδηλώνει τάσεις αποστροφής μπροστά στον κίνδυνο και την επικινδυνότητα.

Αναφορές

- [1] ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Σ ΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ. 2019. Είναι δυνατόν να προκληθούν από...
[2] WWF Ελλάς. 2009. Η Σειρά γραφημάτων 10 παρουσιάζει...
[3] WWF Ελλάς. 2009. Τα δάση της Μεσογείου πλήττονται...
[4] Ηλιόπουλος. 2013. Με βάση τα στοιχεία της πυροσβεστικής...
[5] WWF Ελλάς. 2009. Επιπρόσθετα, οι δασικές πυρκαγιές καθορίζουν...
[6] Ηλιόπουλος. 2013. Οι βασικές καύσιμες ύλες είναι σημαντικές...
[7] Roupkou et al. 2011 όπως αναφέρεται στην Roupkou et al. 2014. The Eastern Mediterranean during

- [29] ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, Υδρομετεωρολογικές καταστροφές 2020. Συγκεκριμένα, καύσωνας, για τις κλιματικές συνθήκες...
[30] Σκαρλάτου 2017. Σε έρευνα της διαΝΕΟσις μέχρι το 2065...
[31] WWF Ελλάς 2009. Αλλά και οι «τροπικές νύχτες» θα αυξηθούν...
[32] WWF Ελλάς 2009. Πιο συγκεκριμένα, 15 επιπλέον ημέρες...
[33] Ηλιόπουλος 2013. Εκείνο όμως που φαίνεται να έχει πολύ μεγάλη σημασία...7,2.1)
[34] Paragiannaki et al., 2003 and Giannakopoulos et al. 2011
[35] Roupkou et al. 2014. Evaluating and accounting for biomass...
[36] Martins et al., 2012, Kononov et al., 2011, Pfister et al., 2008, Junquera et al., 2005 όπως αναφέρονται

summertime...

[8] Kartsios et al. 2021. The Mediterranean basin has experienced...

[9] De Bono et al. 2004. Extreme maximum temperatures of 35 to 40°C...

[10] Martins et al. 2012. In 2004 the burnt area and the number of fires...

[11] De Bono et al. 2004. With temperatures exceeding the average by +5.4°C...

[12] Knorr et al., 2011; Koutsias et al., 2012 όπως αναφέρονται στους Kartsios et al. 2021. The summer of 2007 was the worst year...

[13] Nastos and Kapsomenakis. 2014 όπως αναφέρονται στις Υδρομετεωρολογικές καταστροφές (βιβλίο μαθήματος). Στο Σχήμα 3 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή...

[14] Founda και Giannakopoulos, 2009 όπως αναφέρονται στους Ρουρκου et al. 2014. Οι πυρκαγιές ξέσπασαν μετά...

[15] Ρουρκου et al. 2014. According to the results of the regional climate...

[16] Kartsios et al. 2021. During the period 1982–2007...

[17] WWF Greece, 2007 and Koutsias et al., 2012 όπως αναφέρεται στους Diakakis et al. 2017. Following a deep drought and at least two heatwaves...

[18] Diakakis et al. 2017. Among all forest fires the damages...

[19] Ρουρκου et al. 2014. During these days, Greece suffered...

[20] WWF Greece, 2007. Πίνακας 1. Έκταση της καταστροφής...

[21] Kartsios et al. 2021. However, on 23 July 2018...

[22] Kartsios et al. 2021. Moreover, a 2 m air temperature...

[23] Dimitrakopoulos and Panov, 2001 όπως αναφέρεται

στοιχείο Kartsios et al. 2021. In addition, the fuel type...

[24] Diakakis et al., 2017 In addition, there is evidence...

[25] Σκαρλάτου 2017. Η αιτία της κλιματικής αλλαγής είναι η...

[26] Ηλιόπουλος 2013. Τα τρία στοιχεία που χρειάζονται...

[27] Fire ecology and Management in northern Australia 2021.

Fires also burn more intensely in the afternoon...

[28] Ηλιόπουλος 2013. Με τον όρο «φαινόμενο θερμοκηπίου»...

στοιχείο Ρουρκου et al. 2014. Including fire effects on the air...

[37] Kartsios et al., 2021. Precipitation and evapotranspiration...

[38] Moriondo et al., 2006 όπως αναφέρονται στους Kartsios et al. 2021. According to Moriondo et al. (2006),

climate change...

[39] Paparrizos et al. 2016. According to previous IPCC studies...

[40] Paparrizos et al. 2016. IPCC, 2007 όπως αναφέρεται στους Paparrizos et al. 2016. Additionally, according to the...

[41] Paparrizos et al. 2016. On the other hand, the B1...

[42] WWF Ελλάς (2009). Από τη σειρά γραφημάτων 11 γίνεται φανερό...

[43] WWF Ελλάς (2009). 4) Ταυτόχρονα εκτιμάται ότι η βροχόπτωση θα μειωθεί κατά 12%

[44], [45] Ηλιόπουλος. 2013. Τέλος όσον αφορά τη βροχόπτωση...

[46] Founda et al. 2009. The most dramatic impact of the extreme summer 2007...

[47] Founda et al., 2008a όπως αναφέρεται στους Founda et al., 2009. These fires were responsible...

[48] Auburn University 2021. Wind is important to the prescribed...

[49] Auburn University 2021. Wind may present the most persistent problem. It can change speed...

[50] Anderson, 1983 όπως αναφέρεται στον Ηλιόπουλος. 2013. Σε σταθερή υγρασία...

[51] Ηλιόπουλος. 2013. Ακόμη στη χώρα μας γνωρίζουμε ότι η απόγνις...

[52] Auburn University 2021. The warmer air next to the ground...

[53] Ηλιόπουλος. 2013. Η ανατάραξη εκ μεταφοράς προέρχεται...

[54] Auburn University 2021. If the atmosphere is unstable...

[55] Auburn University 2021. The more difference in the temperatures...

[56] Ηλιόπουλος. 2013. Κάτω από τέτοιες ατμοσφαιρικές συνθήκες δυνατή η εμφάνιση...

[57] Auburn University 2021. Under stable conditions, fires will burn slowly...

[58] IPCC, 2014 όπως αναφέρεται στους Garbolino et al. 2017. The fifth report of the Intergovernmental Panel on Climate Change

[59] Garbolino et al. 2017. Expected evolutions include changing...

[60] Garbolino et al. 2017. Indeed, the Climate Change report also indicates...

[61] Ηλιόπουλος. 2013. Στην περίπτωση της πυρκαγιάς στη Ραφήνα...

[62] Alexandrian et al., 1998, Piñol et al., 1998, Cramer, 2001, Pausas, 2004, Léon, 2008, Rigolot 2008 όπως αναφέρονται στους Garbolino et al. 2017. In the Mediterranean region, fire risk..., From climate change forecast (Jacq, 2008), These interfaces between rural and urban areas...

[63] Γεωργακόπουλος 2017. Κάποιες από τις συνέπειες της αύξησης... Η θερμοκρασία του πλανήτη αυξάνεται, οι ημέρες καύσωνα αυξάνονται...

Βιβλιογραφία

- ΑΚΡΑΙΑ ΚΑΙΡΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ, Υδρομετεωρολογικές καταστροφές (βιβλίο μαθήματος), Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Στρατηγικές διαχείρισης Περιβάλλοντος – Καταστροφών – Κρίσεων, 2021
- Auburn University (2021). "Weather Elements that Affect Fire Behaviour". Ανακτήθηκε 29/05/2021 από https://www.auburn.edu/academic/forestry_wildlife/fire/weather_elements.htm
- ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΗ ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΕΚΤΑΚΤΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ (2019). «Γενικό Σχέδιο Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών εξαιτίας Δασικών Πυρκαγιών με την κωδική ονομασία ΙΟΛΑΟΣ», Έκδοση 4^η, Αθήνα, Νοέμβριος 2019
- ΓΕΩΡΓΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Θ. (2017). *Οι Επιπτώσεις Της Κλιματικής Αλλαγής Στην Ελληνική Οικονομία*, Ιούνιος 2017. Ανακτήθηκε 09/06/2021 από https://www.dianeosis.org/2017/06/climate_change/
- De Bono, A., Giuliani, G., Kluser, S., Peduzzi, P. & United Nations Environment Programme (2004). Impacts of Summer 2003 Heat Wave in Europe, *Environmental Alert Bulletin*. Ανακτήθηκε 20/05/2021 από https://www.researchgate.net/publication/313059632_Impacts_of_summer_2003_heat_wave_in_Europe
- Diakakis, M., Nikolopoulos, E.I., Mavroulis, S., Vassilakis, E., Korakaki, E. (2017). Observational evidence on the effects of mega-fires on the frequency of hydrogeomorphic hazards. The case of the Peloponnese fires of 2007 in Greece, *Science of The Total Environment*, Vol. 592, pp. 262-276. Ανακτήθηκε 06/06/2021 από <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.070>
- Fire ecology and management in northern Australia (2021). Fire Fundamentals, Fire weather. Ανακτήθηκε 26/05/2021 από <http://learnline.cdu.edu.au/units/env207/fundamentals/weather.html#:~:text=Temperature%20affects%20fire%20behaviour%20indirectly%20through%20influence%20on,cause%20fire%20to%20slow%20or%20even%20be%20extinguished>
- Founda, D., Giannakopoulos, C. (2009). The exceptionally hot summer of 2007 in Athens, Greece - A typical summer in the future climate?, *Global and Planetary Change*, Vol. 67, 3-4, pp. 227-236. Ανακτήθηκε 27/05/2021 από <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2009.03.013>
- Garbolino, E., Sanseverino-Godfrin, V., Mendoza, G.H. (2017). Reprint of: Describing and predicting of the vegetation development of Corsica due to expected climate change and its impact on forest fire risk evolution, *Safety Science*, Vol. 97, pp. 81-87. Ανακτήθηκε 06/06/2021 από <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.030>
- Ηλιόπουλος, Ν. (2013). Πυρο-μετεωρολογία, πυρκαγιές και κλιματική αλλαγή (Διδακτορική Διατριβή). Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, Μάρτιος 2013. Ανακτήθηκε 25/05/2021 από <https://thesis.ekt.gr/thesisBookReader/id/29173#page/1/mode/2up>

- Kartsios, S., Karacostas, T., Pytharoulis, I., Dimitrakopoulos, A.P.(2021). Numerical investigation of atmosphere-fire interactions during high-impact wildland fire events in Greece, *Atmospheric Research* 105253, Vol. 247. Ανακτήθηκε 29/05/2021 από <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105253>
- Martins, V., Miranda, A.I., Carvalho, A., Schaap, M., Borrego, C., Sáa, E. (2012). Impact of forest fires on particulate matter and ozone levels during the 2003, 2004 and 2005 fire seasons in Portugal, *Science of The Total Environment*, Vol. 414, pp. 53-62. Ανακτήθηκε 28/05/2021 από <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.10.007>
- Paparrizos, S., Maris, F., Matzarakis, A., (2016). Integrated analysis of present and future responses of precipitation over selected Greek areas with different climate conditions, *Atmospheric Research*, Vol. 169, Part A, pp. 199-208. Ανακτήθηκε 01/06/2021 από <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.10.004>
- Poupkou, A., Markakis, K., Liora, N., Giannaros, T.M., Zanis P., Im, U., Daskalakis, N., Myriokefalitakis, S., Kaiser J.W., Melasa, D., Kanakidou, M., Karacostas, T., Zerefos, C. (2014). A modeling study of the impact of the 2007 Greek forest fires on the gaseous pollutant levels in the Eastern Mediterranean, *Atmospheric Research*, Vol. 149, pp. 1-17. Ανακτήθηκε 25/05/2021 από <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2014.05.015>
- Σοφία Σκαρλάτου (2017). Η Κλιματική Αλλαγή στην Ελλάδα (Πτυχιακή Εργασία). ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΣΧΟΛΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΚΑΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ ΤΜΗΜΑ ΔΙΟΙΚΗΣΗΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΩΝ, Μεσολόγγι, 2017. Ανακτήθηκε 25/05/2021 από <http://repository.teiwest.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/6218/DE%20%CE%A3%CE%9A%CE%91%CE%A1%CE%9B%CE%91%CE%A4%CE%9F%CE%A5%20%CE%A3%CE%9F%CE%A6%CE%99%CE%91.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wikiwand (2007). «Δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα το 2007». Ανακτήθηκε 10/06/2021 από https://www.wikiwand.com/el/%CE%94%CE%B1%CF%83%CE%B9%CE%BA%CE%AD%CF%82_%CF%80%CF%85%CF%81%CE%BA%CE%B1%CE%B3%CE%B9%CE%AD%CF%82_%CF%83%CF%84%CE%B7%CE%BD_%CE%95%CE%BB%CE%BB%CE%AC%CE%B4%CE%B1_%CF%84%CE%BF_2007
- WWF Ελλάς (2007). «ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΩΝ ΠΥΡΚΑΓΙΩΝ ΤΟΥ ΑΥΓΟΥΣΤΟΥ 2007 ΣΤΗΝ ΕΥΒΟΙΑ», Αθήνα, Νοέμβριος 2007. Ανακτήθηκε 20/05/2021 από http://politics.wwf.gr/images/stories/political/dasikipolitiki/evia%20forest%20fire%20report%2007_fin.pdf
- WWF Ελλάς (2009). “Το αύριο της Ελλάδας: επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα κατά το άμεσο μέλλον”, Αθήνα, Σεπτέμβριος 2009. Ανακτήθηκε 04/06/2021 από http://www.wwf.gr/images/pdfs/wwf-to_avrio_tis_elladas.pdf