



CLIMPACT

ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

NEWSLETTER #2

Το Εθνικό Δίκτυο για την Κλιματική Αλλαγή – CLIMPACT

είναι μια εμβληματική πρωτοβουλία της Γενικής Γραμματείας Έρευνας και Τεχνολογίας του Υπουργείου Ανάπτυξης και Επενδύσεων και αποτελείται από έντεκα (11) φορείς και πιο συγκεκριμένα το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (συντονιστής), την Ακαδημία Αθηνών, το Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, το Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, το Εθνικό Κέντρο Έρευνας Φυσικών Επιστημών «Δημόκριτος», το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, το Πανεπιστήμιο Κρήτης, το Πολυτεχνείο Κρήτης, το Ερευνητικό Κέντρο ΑΘΗΝΑ και το Εθνικό Κέντρο Κοινωνικών Ερευνών. Κύριος στόχος του δικτύου CLIMPACT είναι να αποτελέσει πόλο έγκυρης εμπειρογνωμοσύνης και συμβουλευτικό όργανο της Πολιτείας και της Κοινωνίας σε θέματα μελέτης και αντιμετώπισης της Κλιματικής Αλλαγής.

Περιεχόμενα

4

**Μανώλης Πλειώνης
Νίκος Μιχαλόπουλος**

Ο στόχος του
2ου Newsletter

7

**Απόστολος Βουλγαράκης
Χρήστος Γιαννακόπουλος
Μιχάλης Λαζαρίδης**

Δασικές πυρκαγιές
και κλιματική αλλαγή:
Μία επικίνδυνη σχέση

10

Μαρία Κανακίδου

Οι δασικές πυρκαγιές
αφήνουν το αποτύπωμά τους
στην ατμόσφαιρα
της Ανατολικής Μεσογείου.
Διαχρονικές και εποχιακές
διακυμάνσεις τους

14

**Θοδωρής Μ. Γιάνναρος
Κωστής Λαγουβάρδος
Βάσω Κοτρώνη**

Προγνωστικό σύστημα IRIS

16

Χάρης Κοντοές

Η δορυφορική Τηλεπισκόπηση
σύμμαχος στην αντιμετώπιση
πυρκαγιών και πλημμυρών

21

**Κατερίνα Παπαγιαννάκη
Θοδωρής Μ. Γιάνναρος
Βάσω Κοτρώνη
Κωστής Λαγουβάρδος**

Εκτίμηση επικινδυνότητας
δασικών πυρκαγιών



Οι στόχοι του δεύτερου Newsletter του Εθνικού Δικτύου για την Κλιματική Αλλαγή-CLIMPACT είναι η ενημέρωση της επιστημονικής κοινότητας, των φορέων Πολιτικής Προστασίας, των συναρμόδιων υπηρεσιών της κεντρικής διοίκησης, καθώς και της Περιφερειακής και Τοπικής αυτοδιοίκησης, των διαθέσιμων καινοτόμων εργαλείων και υπηρεσιών, που αναπτύσσονται από τις συμμετέχουσες επιστημονικές ομάδες στο δίκτυο CLIMPACT. Το θέμα που προσεγγίζει το 2ο Newsletter είναι το επίκαιρο ζήτημα των πυρκαγιών και των υπηρεσιών που αναπτύσσονται στο πλαίσιο του CLIMPACT, ορισμένες από τις οποίες ήδη χρησιμοποιούνται από την Πυροσβεστική Υπηρεσία και σχετίζονται με τον εντοπισμό, την παρακολούθηση, την πρόβλεψη επικινδυνότητας αλλά και την πρόγνωση επέκτασης δασικών και περιαστικών πυρκαγιών. Οι μεθοδολογίες στις οποίες στηρίζονται οι παραπάνω υπηρεσίες είναι επιστημονικά άρτιες και τα αποτελέσματα υψηλού επιστημονικού επιπέδου, όπως είναι φανερό από το γεγονός ότι δημοσιεύονται στα εγκυρότερα διεθνή περιοδικά με κριτές. Στα πλαίσια των δράσεων του CLIMPACT συνεχίζεται η ανάπτυξη επιστημονικών εργαλείων και υπηρεσιών για την έγκαιρη και αποτελεσματική αντιμετώπιση των κινδύνων από πυρκαγιές, με στόχο να αξιοποιηθούν από την Πολιτεία.

Καθηγητής
Μανώλης Πλειώνης

Διευθυντής και Πρόεδρος ΔΣ
Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ)
Συντονιστής του Climpact

Καθηγητής
Νίκος Μιχαλόπουλος

Διευθυντής του Ινστιτούτου
Ερευνών Περιβάλλοντος και
Βιώσιμης Ανάπτυξης του ΕΑΑ
Επιστημονικά Υπεύθυνος του Climpact

Δασικές πυρκαγιές και κλιματική αλλαγή: Μία επικίνδυνη σχέση

Απόστολος
Βουλγαράκης
Χρήστος
Γιαννακόπουλος
Μιχάλης
Λαζαρίδης

Οι δασικές πυρκαγιές έχουν συνοδεύσει την ανθρωπότητα από τις απαρχές της εξέλιξης της και συμβαίνουν περίπου σε όλα τα μέρη του πλανήτη που διαθέτουν βλάστηση. Ως φυσική διεργασία, είναι ένα αναπόσπαστο κομμάτι του γήινου συστήματος, αλλά η κατανόηση του ρόλου τους μέσα σε αυτό είναι ακόμη σε πολύ αρχικά στάδια. Η επιστημονική κοινότητα αναγνωρίζει ότι αφενός το κλίμα μπορεί να επηρεάσει τη συχνότητα και το μέγεθος των πυρκαγιών που εκδηλώνονται, αλλά ταυτόχρονα οι ίδιες οι πυρκαγιές μπορούν να επηρεάσουν το κλίμα, τόσο σε τοπική όσο και σε παγκόσμια κλίμακα. Όσον αφορά το πρώτο σκέλος της σχέσης πυρκαγιών-κλίματος (πώς το δεύτερο επηρεάζει τις πρώτες), η σύνδεση προκύπτει λόγω του ότι οι θερμότερες συνθήκες που όλο και περισσότερο επικρατούν ανά τον πλανήτη οδηγούν σε υψηλότερη ευφλεκτότητα της βλάστησης.

Επίσης, λόγω της ξήρανσης του κλίματος σε αρκετές περιοχές της Γης, το ρίσκο εκδήλωσης πυρκαγιών αυξάνεται. Όσον αφορά το δεύτερο σκέλος (πώς οι πυρκαγιές επηρεάζουν το κλίμα), οι συνδέσεις είναι πολλαπλές. Πρώτα απ'όλα, οι πυρκαγιές εκλύουν τεράστιες ποσότητες συστατικών που όχι μόνο επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα, αλλά μεταβάλλουν και το ισοζύγιο ακτινοβολιών στην ατμόσφαιρα, με πιθανές σημαντικές επιδράσεις στις τοπικές και παγκόσμιες θερμοκρασίες, καθώς και στην ατμοσφαιρική κυκλοφορία, τα νέφη και τον υδρολογικό κύκλο. Εκτός από τις εκπομπές



Source: Wikimedia Commons



Source: NASA Earth Observatory

αέριων συστατικών όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου και το μεθάνιο, τεράστιο ρόλο παίζουν και οι εκπομπές αιωρούμενων σωματιδίων (μη αερίων), κυρίως μαύρου και οργανικού άνθρακα. Πέραν από τις επιδράσεις στην ατμοσφαιρική σύσταση, επιπλέον οι καμένες εκτάσεις καταλήγουν να έχουν πολύ διαφορετική ανακλαστικότητα από ότι είχαν στην πρότερη μορφή τους, με αποτέλεσμα και πάλι να μεταβάλουν τα τοπικά ισοζύγια ακτινοβολιών και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Βίαιες μεταβολές στα είδη της βλάστησης που υπάρχουν σε μία περιοχή λόγω πυρκαγιών επίσης μεταφράζονται σε αλλαγές στο πώς αυτή η περιοχή ανακυκλώνει το νερό και τον άνθρακα μέσω των φυτών, με περαιτέρω επιδράσεις στο κλίμα.

Η Μεσόγειος είναι από τα μέρη του πλανήτη που είναι στο επίκεντρο («hot-spot») για το μέλλον των πυρκαγιών στον πλανήτη μας. Ο συνδυασμός υψηλότερων θερμοκρασιών με περισσότερη ξηρασία που αναμένονται στην ευρύτερη περιοχή είναι μία «συνταγή» για περισσότερες πυρκαγιές. Επίσης, φαινόμενα όπως η πολύ αυξημένη δόμηση σε περιστασιακά περιβάλλοντα και οι πολιτικές πλήρους αποφυγής ακόμα και των μικρών πυρκαγιών, τα οποία παρατηρούνται τις τελευταίες δεκαετίες σε διάφορες περιοχές του ανεπτυγμένου κόσμου (Καλιφόρνια, Αυστραλία, Μεσόγειο), ενισχύουν τις πιθανότητες (μαζί με την κλιματική αλλαγή) όταν εκδηλωθούν πυρκαγιές, αυτές να είναι εκρηκτικές. Δείγματα τέτοιας συμπεριφοράς των οικοσυστημάτων παρατηρούνται όλο και πιο συχνά, πολλές φορές με δραματικές συνέπειες.

Τα τελευταία χρόνια έχουν ξεκινήσει να κάνουν την εμφάνισή τους προσπάθειες ώστε να ερευνηθούν οι πιθανές μεταβολές στην επικινδυνότητα εκδήλωσης πυρκαγιών στη Μεσόγειο και ειδικότερα στον ελλαδικό χώρο, χρησιμοποιώντας ως βάση τα μελλοντικά σενάρια εξέλιξης του κλίματος πάνω από την περιοχή, όπως αυτά δίνονται από μοντέλα του κλίματος. Ενδεικτικά αναφέρεται η εργασία των Karali et al. (2014) που μελέτησαν τον μετεωρολογικό κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς με βάση αποτελέσματα περιοχικών κλιματικών μοντέλων για τον ελλαδικό χώρο. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της έρευνας αναμένεται αύξηση του κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς σε ολόκληρη τη χώρα που θα φτάνει έως και τις επιπλέον 45 ημέρες ανά έτος σε πολλές ηπειρωτικές περιοχές σύμφωνα με το μετριοπαθές σενάριο μελλοντικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.

Οι προσπάθειες για την εκτίμηση του πώς οι πυρκαγιές θα μεταβάλλουν την σύσταση του αέρα και το κλίμα στο μέλλον είναι ακόμα σε πολύ αρχικό στάδιο για όλα τα μέρη του πλανήτη, συμπεριλαμβανομένης και της Μεσογείου. Είναι επιτακτική η ανάγκη για συστηματική μελέτη του πόσο μπορεί να αυξηθεί ο αριθμός και οι έκταση των πυρκαγιών στην περιοχή μας στο μέλλον, σε τί μεταβολές στις εκπομπές ρύπων μπορεί να μεταφράζεται αυτό, πώς αυτό θα αλλάξει την ατμοσφαιρική σύσταση πάνω από τον ελλαδικό χώρο και τί συνέπειες θα έχει για το κλίμα της χώρας.

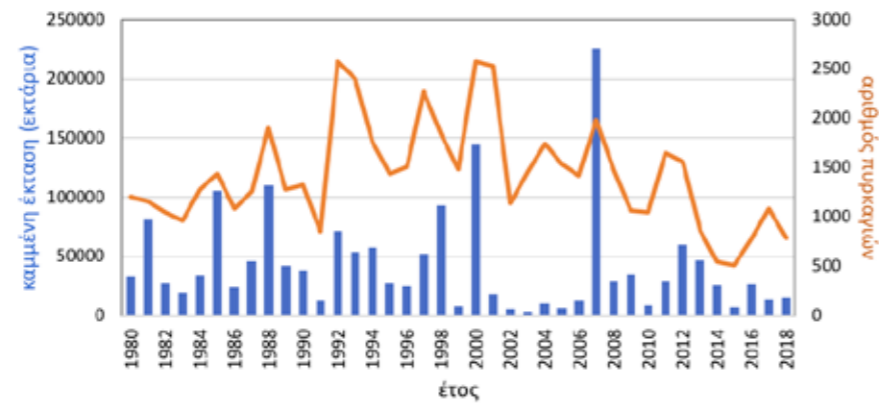
Πολλές από αυτές τις ερωτήσεις φιλοδοξούμε να απαντήσουμε στα πλαίσια του Εθνικού Δικτύου για την Κλιματική Αλλαγή και τις Επιπτώσεις της. Το Πρόγραμμα περιλαμβάνει πακέτα εργασίας τα οποία εστιάζουν στην κατανόηση των ατμοσφαιρικών διεργασιών που επηρεάζονται από πυρκαγιές πάνω από τον ελλαδικό χώρο, ενώ ταυτόχρονα έχει ως σημαντικό στόχο και την εκτίμηση του πώς η επικινδυνότητα πυρκαγιών μπορεί να αλλάξει στην περιοχή μας στο μέλλον, καθώς και τί μπορεί αυτό να σημαίνει για το κλίμα. Για τον σκοπό αυτόν θα χρησιμοποιηθούν πειραματικές μετρήσεις πεδίου για τον φυσικό-χημικό προσδιορισμό της συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων και της συσχέτισης τους με πηγές εκπομπής όπως οι δασικές πυρκαγιές. Υπολογιστικά μοντέλα τελευταίας γενιάς θα χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με τα πιο πρόσφατα σενάρια κλιματικής αλλαγής ώστε να πραγματοποιηθούν οι μελλοντικές προβλέψεις. Σε συνδυασμό με άλλα πακέτα εργασίας του Προγράμματος που εστιάζουν στην εδραίωση συστημάτων έγκαιρης ανίχνευσης και προειδοποίησης πυρκαγιών, καθώς και υπολογιστικών συστημάτων για την μοντελοποίηση της τοπικής εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς αφού αυτή εκδηλωθεί, υπάρχει προοπτική για σημαντική ενίσχυση της γνώσης γύρω από θέματα δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα καθώς και της ποιότητας των διαθέσιμων εργαλείων, που θα βοηθήσουν στην επιστημονικά βασισμένη χάραξη πολιτικών στο μέλλον.



Οι δασικές πυρκαγιές αφήνουν το αποτύπωμά τους στην ατμόσφαιρα της Ανατολικής Μεσογείου. Διαχρονικές και εποχιακές διακυμάνσεις τους

Μαρία Κανακίδου

Η Μεσόγειος λόγω της έντονης ηλιοφάνειας και των ψηλών θερμοκρασιών βρίσκεται κάθε χρόνο τους καλοκαιρινούς μήνες υπό την επίδραση δασικών πυρκαγιών, που ευνοούνται σε συνθήκες ξηρασίας και τους ισχυρούς ανέμους (ετήσιες). Η ένταση των πυρκαγιών εξαρτάται επίσης από την ύπαρξη του καύσιμου δηλαδή της βλάστησης, επομένως είναι πιο έντονες σε περιόδους ξηρασίας, που ακολουθούν περιόδους με σημαντικές βροχοπτώσεις, οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη της βλάστησης. Επιπλέον οι δασικές πυρκαγιές παρουσιάζουν και ισχυρή μεταβλητότητα από τη μία χρονιά στην άλλη τόσο χωρική όσο και γεωγραφική (Εικόνα 1). Επιπλέον ο αριθμός και η έντασή τους αναμένεται να αυξηθεί λόγω της παγκόσμιας θέρμανσης του πλανήτη μας.

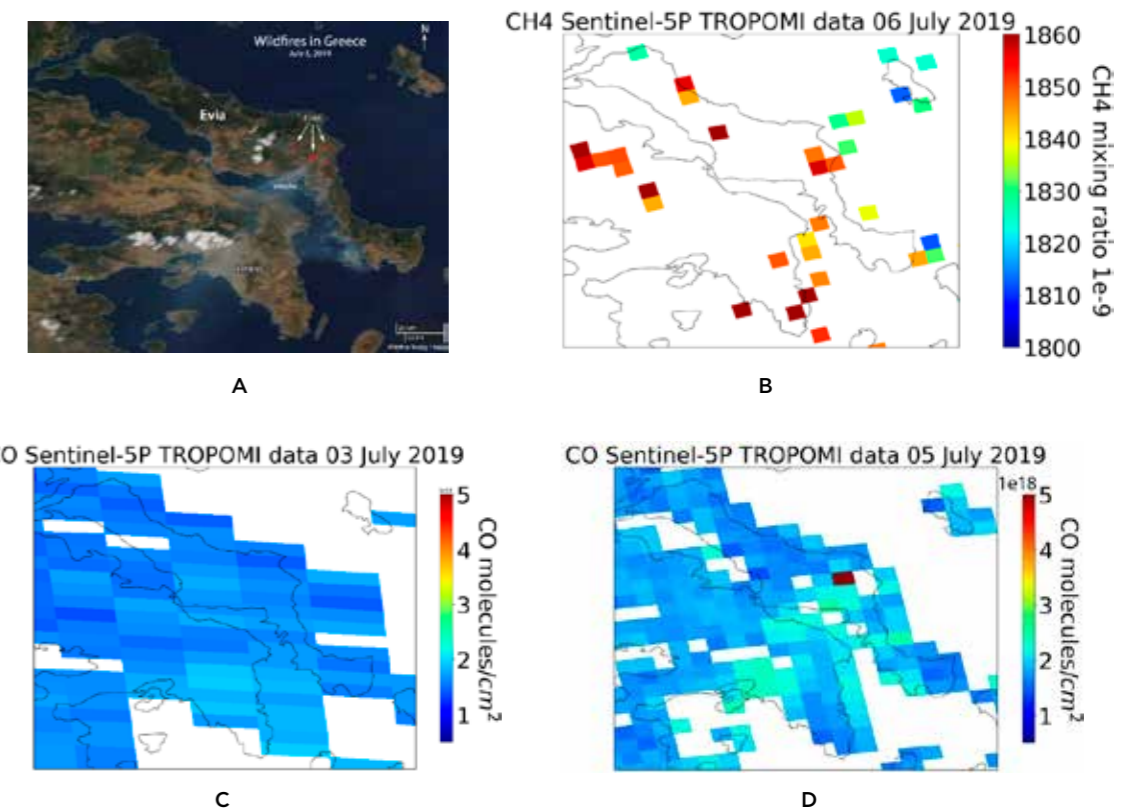


Εικόνα 1. Διαχρονική μεταβολή του αριθμού των πυρκαγιών και της καμμένης έκτασης από το 1980 μέχρι το 2018 στην Ελλάδα (πηγή: San-Miguel-Ayanz, J., et al. Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2018. EUR 29856 EN, ISBN 978-9276-11234-1, doi:10.2760/1128)

Οι πυρκαγιές πέρα από τις υλικοτεχνικές και οικονομικές απώλειες, έχουν σημαντικές επιδράσεις στα οικοσυστήματα, το κλίμα και την υγεία του ανθρώπου. Αποτελούν γρήγορη πορεία απελευθέρωσης θρεπτικών στα οικοσυστήματα, δρώντας ως λιπαντές, ενώ ταυτόχρονα τα αποχερωμένα από τη φωτιά εδάφη είναι επιρρεπή σε πλημύρες. Σημαντική είναι η συμμετοχή τους στην παραγωγή του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), του μεθανίου (CH₄), του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), αερολυμάτων αλλά

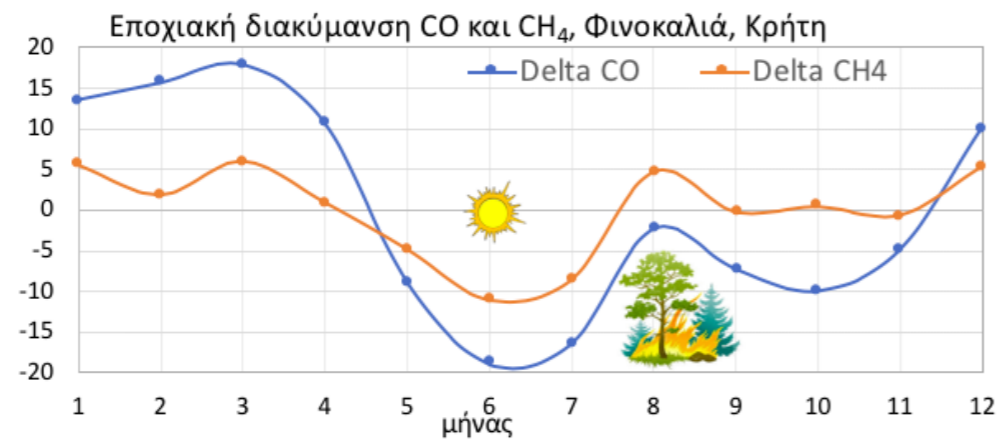
και τροποσφαιρικού όζοντος (O₃). Ενώ όλοι αυτοί οι ρύποι έχουν επίδραση στο κλίμα, τα αερολύματα, το CO και το O₃ επηρεάζουν επίσης και την ανθρώπινη υγεία.

Οι μεγάλης έντασης πυρκαγιές καταγράφονται και από δορυφορικές παρατηρήσεις τόσο των αερολυμάτων όσο και των αερίων που εκπέμπονται κατά τις καύσεις, αλλά και των νεφών που δημιουργούνται κατόπιν (Εικόνα 2). Στην εικόνα αυτή φαίνονται τόσο οι εστίες της πυρκαγιάς (2A), όσο και οι ψηλές συγκεντρώσεις CH₄ (4B) και CO (4C) που παρατηρήθηκαν από το διάστημα. Η σύγκριση της κατανομής του CO (4C) πριν αρχίσει η πυρκαγιά με αυτή κατά τη διάρκεια της (4D) μας δείχνει την επίδραση στην σύσταση της ατμόσφαιρας των εκπομπών ρύπων από τις δασικές πυρκαγιές.



Εικόνα 2. Δορυφορικές παρατηρήσεις της μεγάλης πυρκαγιάς της 5ης Ιουλίου 2019 α) με τις εστίες φωτιάς και τον καπνό από την περιοχή της Εύβοιας από τα ραδιόμετρα MODIS στους δορυφόρους Terra και Aqua της NASA και VIIRS στον δορυφόρο Suomi NPP των NASA/NOAA (<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>); με β) τις συγκεντρώσεις του μεθανίου και δ) του μονοξειδίου του άνθρακα όπως καταγράφηκαν από το TROPOMI στον δορυφόρο Sentinel-5P (γραφήματα από Γαλεσάκης Ν, δεδομένα από <https://s5phub.copernicus.eu/dhus/#/home>). Για σύγκριση παρουσιάζονται και γ) οι δορυφορικές παρατηρήσεις του CO στις 3 Ιουλίου 2019 πριν αρχίσει η πυρκαγιά.

Στον Περιβαλλοντικό σταθμό του Εργαστηρίου Περιβαλλοντικών Χημικών Διεργασιών του Πανεπιστημίου Κρήτης στο Φινοκαλιά Λασιθίου (<https://finoakalia.chemistry.uoc.gr>) από το 2004 πραγματοποιούνται ασυνεχείς μετρήσεις θερμοκηπικών αερίων (CH₄ και CO₂). Από το 2014, οι μετρήσεις αυτές γίνονται σε συνεχή βάση και συμπληρώνονται από μετρήσεις CO. Επίσης από το 2003 καταγράφονται τα επίπεδα μαύρου άνθρακα προερχόμενου από καύσεις ορυκτών καυσίμων και ξύλου με έντονη επίδραση στο κλίμα μέσω απορρόφησης ακτινοβολίας στο κοντινό υπέρυθρο. Το CO εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα από καύσεις (ορυκτών καυσίμων αλλά και δασικών πυρκαγιών), ενώ παράγεται και καταναλώνεται από χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν στην ατμόσφαιρα κυρίως υπό την επίδραση του φωτός. Το μεθάνιο είναι ένα από τα κυριότερα θερμοκηπικά αέρια, που παράγεται από αναερόβιες διαδικασίες, αλλά και από καύσεις, είναι συστατικό του φυσικού αερίου και του οποίου η οξειδωση στην ατμόσφαιρα παράγει μονοξειδίο του άνθρακα. Ο σταθμός του Φινοκαλιά στη βόρεια ακτή της Κρήτης είναι αποδέκτης αερίων μαζών από όλες τις κατευθύνσεις και ιδιαίτερα από βόρεια και βορειανατολικά κατά τους καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι καταγράφει διαχρονικά την επίδραση των δασικών πυρκαγιών στο ατμοσφαιρικό υπόβαθρο της Ανατ. Μεσογείου, η οποία εμφανίζεται με αύξηση των συγκεντρώσεων τόσο του CO όσο και του CH₄ στη περιοχή κατά το τέλος του καλοκαιριού (Αύγουστο- Σεπτέμβριο) (εικόνα 3). Οι εποχιακές διακυμάνσεις των δύο αυτών αερίων παρουσιάζουν και άλλες ομοιότητες με μέγιστες τιμές το Μάρτιο και ελάχιστες τιμές τον Ιούνιο, λόγω της χημικής κατανάλωσης τους υπό την επίδραση έντονης ηλιοφάνειας και υψηλών επιπέδων όζοντος και υγρασίας.



Εικόνα 3. Εποχιακή διακύμανση του CO και του CH₄ στο Φινοκαλιά, Λασιθίου, Κρήτη (σε μέρη στο δισεκατομμύριο) υπολογισμένη ως η απόκλιση (Delta CO, Delta CH₄ αντίστοιχα) από την μέση διαχρονική τάση τους για την περίοδο 2015-2019

Παρόμοια εποχιακή διακύμανση στο CO έχει καταγραφεί στο σταθμό μετρήσεων στη Λαμπενούσα στη κεντρική Μεσόγειο, που επηρεάζεται επίσης από δασικές πυρκαγιές τους καλοκαιρινούς μήνες, ενώ γενικά οι υπόλοιποι σταθμοί της Ευρώπης και συνολικά του Βορείου ημισφαιρίου δεν παρατηρούν τέτοιες καλοκαιρινές αυξήσεις που οφείλονται στις καύσεις βιομάζας.

Στο πλαίσιο του CLIMPACT θα εκτιμηθούν οι εκπομπές των θερμοκηπικών αυτών αερίων από τις δασικές πυρκαγιές συνδυάζοντας τις επιφανειακές και τις δορυφορικές παρατηρήσεις με μοντέλα μεταφοράς και χημείας για να ποσοτικοποιηθεί η επίδρασή τους στην ατμόσφαιρα και το κλίμα της περιοχής.



Προγνωστικό σύστημα IRIS

Θοδωρής Μ. Γιάνναρος
Κωστής Λαγουβάρδος
Βάσω Κοτρώνη



Το IRIS αποτελεί ένα προγνωστικό σύστημα ταχείας απόκρισης για την πρόγνωση της εξάπλωσης δασικών πυρκαγιών στην Ελλάδα, το οποίο αναπτύχθηκε από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ) και το meteo.gr με χρηματοδότηση από την Ευρωπαϊκή Ένωση στα πλαίσια του διακρατικού ερευνητικού προγράμματος DISARM. Αποτελεί ένα από τα λίγα, παγκοσμίως, συστήματα πρόγνωσης εξάπλωσης πυρκαγιών που βασίζονται στη σύζευξη μεταξύ ενός τυπικού μετεωρολογικού μοντέλου και ενός μοντέλου διάδοσης πυρκαγιάς. Η ανάπτυξη του IRIS ξεκίνησε το φθινόπωρο του 2017. Κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου του 2018, το σύστημα εφαρμόστηκε προ-επιχειρησιακά και πιλοτικά ώστε να βαθμονομηθεί (Giannaros et al., 2019), ενώ το 2019, η εφαρμογή του αυτοματοποιήθηκε πλήρως και το σύστημα αξιοποιήθηκε επιχειρησιακά από το Πυροσβεστικό Σώμα (ΠΣ).

Η λειτουργία του προγνωστικού συστήματος IRIS βασίζεται στην προσομοίωση (πρόγνωση) και την παραμετροποίηση των τριών βασικών στοιχείων που καθορίζουν τη συμπεριφορά και εξάπλωση κάθε δασικής πυρκαγιάς: (1) του καιρού, (2) της καύσιμης ύλης, και (3) της τοπογραφίας. Επιπρόσθετα, το IRIS λαμβάνει υπόψη του τις αμφίδρομες αλληλεπιδράσεις μεταξύ μιας πυρκαγιάς και του καιρού, κάτι που είναι περισσότερο γνωστό με τη φράση «η φωτιά δημιουργεί το δικό της καιρό». Στα πλαίσια του έργου CLIMPACT, το IRIS θα αναβαθμιστεί ώστε να λαμβάνονται επίσης υπόψη η υγρασία της καύσιμης ύλης (αξιοποιώντας δεδομένα δορυφορικής τηλεπισκόπησης), οι ριπές του ανέμου, και το φαινόμενο της κηλιδώσης (fire spotting). Επιπρόσθετα, θα επικαιροποιηθεί και θα βελτιστοποιηθεί η πρωτότυπη, υπέρ-υψηλής ανάλυσης (100 x 100 m²) γεωχωρική βάση δεδομένων καύσιμης ύλης, η οποία αναπτύχθηκε από το ΕΑΑ/meteo.gr για την εφαρμογή του IRIS στην Ελλάδα.

Για την επιχειρησιακή εφαρμογή του προγνωστικού συστήματος, αναπτύχθηκε από το ΕΑΑ/meteo.gr ειδική διαδικτυακή εφαρμογή, μέσα από την οποία οι Αξιωματικοί του ΠΣ στο Ενιαίο Συντονιστικό Κέντρο Επιχειρήσεων (ΕΣΚΕ) μπορούν να ενεργοποιήσουν το IRIS για οποιαδήποτε πυρκαγιά στην Ελλάδα, εισάγοντας απλά τις συντεταγμένες και την ώρα έναρξης του συμβάντος. Τα στοιχεία αυτά αποστέλλονται στην υπολογιστική υποδομή του ΕΑΑ/meteo.gr και πυροδοτούν την άμεση εφαρμογή του IRIS. Σήμερα, το σύνολο των διαδικασιών στην αλυσίδα ενεργοποίησης και εφαρμογής του IRIS είναι πλήρως αυτοματοποιημένο, εξασφαλίζοντας την επιχειρησιακή ετοιμότητα του συστήματος.

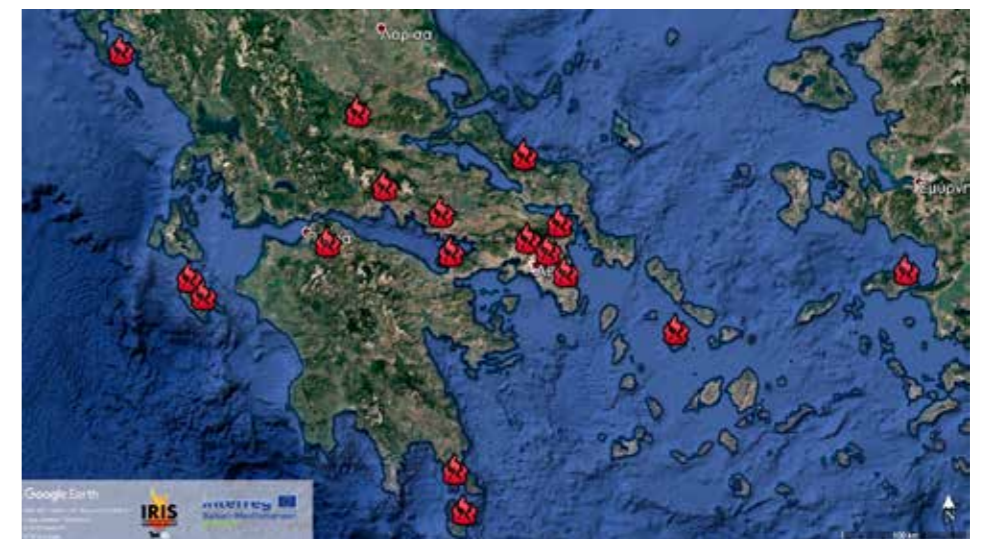
Εντός 10 – 15 λεπτών από την ενεργοποίησή του, το προγνωστικό σύστημα IRIS παρέχει λεπτομερή πρόγνωση για την εξέλιξη μιας δασικής πυρκαγιάς τις επόμενες 6 ώρες. Στα προγνωστικά προϊόντα περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, η εξάπλωση των μετώπων της πυρκαγιάς (θέση και ταχύτητα εξάπλωσης, θερμική ένταση), το ύψος των φλογών, ο άνεμος, και ο καπνός που εκλύεται. Η αποστολή των προγνώσεων του IRIS λαμβάνει χώρα αυτόματα, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου (email), με τις προγνώσεις να διατίθενται στο ΠΣ με τη μορφή αρχείων Google Earth και ESRI Shapefiles.

Κατά την πιο πρόσφατη αντιπυρική περίοδο (2019), ζητήθηκε από το ΠΣ η ενεργοποίηση του προγνωστικού συστήματος IRIS σε 17 περιστατικά δασικών πυρκαγιών, οι θέσεις των οποίων παρουσιάζονται στην επόμενη εικόνα. Κατά τη φετινή αντιπυρική περίοδο (2020), το IRIS έχει ήδη ενεργοποιηθεί για 5 δασικές πυρκαγιές.

Πέρα από την επιχειρησιακή του εφαρμογή, το IRIS θα αξιοποιηθεί, στα πλαίσια του έργου CLIMPACT, και για την αποτίμηση της επικινδυνότητας από δασικές πυρκαγιές στον Ελλαδικό χώρο. Συγκεκριμένα, το προγνωστικό σύστημα θα εφαρμοστεί για την εκτέλεση σεναρίων εξάπλωσης πυρκαγιάς σε περιοχές της Ελλάδας που παρουσιάζουν αυξημένη επικινδυνότητα, με ιδιαίτερη έμφαση στις λεγόμενες μεικτές ζώνες (περιοχές μίξης οικιστικών ιστών με δάση). Στόχος είναι η παραγωγή σεναρίων εξάπλωσης κάτω από διαφορετικές μετεωρολογικές συνθήκες, σε ευάλωτες περιοχές, ώστε να υποστηριχθεί ο καλύτερος σχεδιασμός στρατηγικών αντιμετώπισης δασικών πυρκαγιών.

Βιβλιογραφία

Giannaros T.M., Kotroni V., Lagouvardos K. (2019) IRIS – Rapid response fire spread forecasting system: Development, calibration and evaluation. *Agricultural and Forest Meteorology* 279, 107745.



Εικόνα 1. Θέσεις των 17 δασικών πυρκαγιών για τις οποίες ζητήθηκε από το ΠΣ/ΕΣΚΕ η ενεργοποίηση του προγνωστικού συστήματος IRIS, από 01/05/2019 έως και 31/10/2019.

Η δορυφορική Τηλεπισκόπηση σύμμαχος στην αντιμετώπιση πυρκαγιών και πλημμυρών

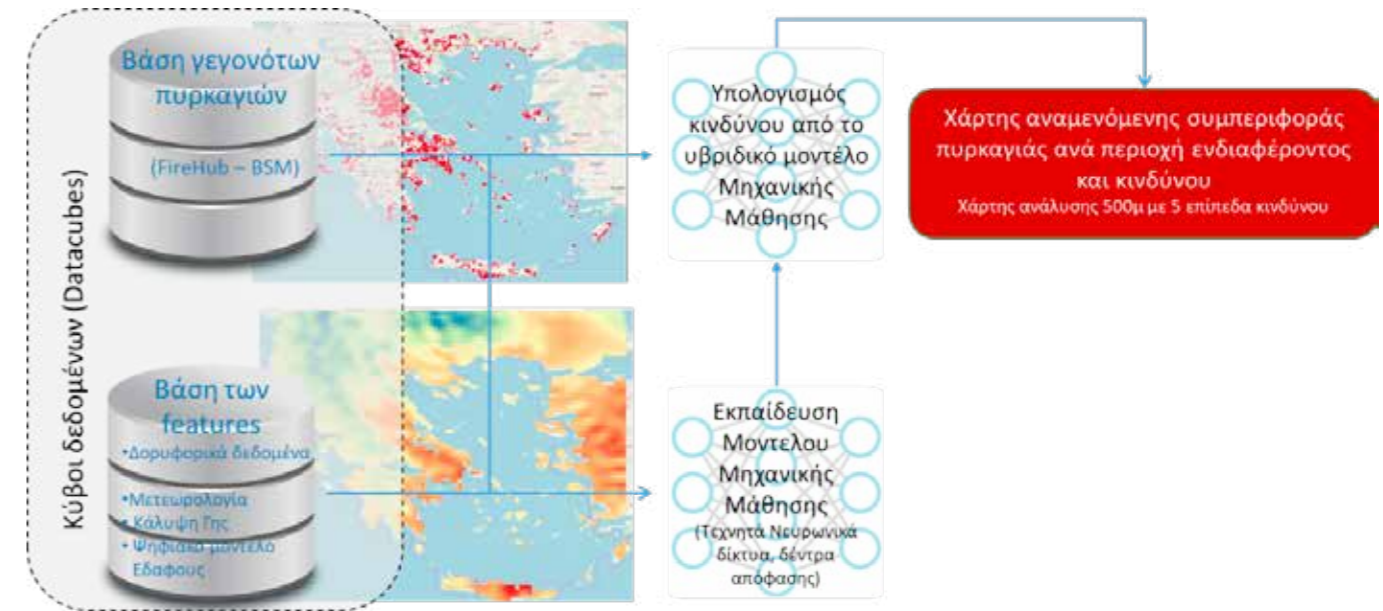
Χάρης Κοντοές /
BEYOND –
ΙΑΑΔΕΤ – ΕΑΑ

Το Κέντρο Επιστημών Παρατήρησης της Γης και Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης BEYOND (<http://beyond-eocenter.eu/>) του ΙΑΑΔΕΤ-ΕΑΑ, στα πλαίσια της δράσης 7.1 του Πυλώνα 3 της εμβληματικής δράσης «CLIMPACT», αναπτύσσει υποδομή προηγμένου πληροφοριακού συστήματος με δυνατότητες αναλυτικής επεξεργασίας χρονοσειρών δορυφορικών δεδομένων με καταγεγραμμένα περιστατικά και γνώση από πυρκαγιές και πλημμύρες και εξαγωγή τάσεων / συμπεριφορών στην εμφάνιση των καταστροφών.

Δομείται και οργανώνεται διαχρονική βάση πυρκαγιών και περιβαλλοντικών παραμέτρων - δεικτών σε Open Data Cube (ODC). Συγκεκριμένα γίνεται δορυφορική χαρτογράφηση των γεγονότων πυρκαγιάς που έχουν καταγραφεί στο σύστημα FireHUB του κέντρου Αριστείας BEYOND από το 2010 έως το 2018, και στη συνέχεια σύνδεση των γεγονότων αυτών με ιστορικά μετεωρολογικά και εδαφικά/μορφολογικά χαρακτηριστικά (features), και δημιουργείται ODC για τη διαχείριση και ανάλυση όλων αυτών των δεδομένων.

Παράλληλα αναπτύσσεται υβριδικό μοντέλο Μηχανικής Μάθησης / Machine Learning (ML) για την εκτίμηση της συμπεριφοράς της πυρκαγιάς και πλημμύρας και την εκτίμηση κινδύνων. Δημιουργείται ολοκληρωμένο πλήρως αυτοματοποιημένο σύστημα για την καθημερινή ενημέρωση των βάσεων πυρκαγιών και των παραμέτρων (feature spaces). Παράγονται καθημερινά χάρτες συσχέτισης της αναμενόμενης συμπεριφοράς πυρκαγιάς και των επικρατούσων συνθηκών και αξιολογούνται σε συνεργασία με την Πυροσβεστική Υπηρεσία και άλλους αρμόδιους φορείς.

Επιπλέον γίνεται διαχρονική δορυφορική χαρτογράφηση των γεγονότων πλημμύρας και ολοκληρώνεται στο σύστημα FloodHUB του κέντρου BEYOND με μια πλήρως αυτοματοποιημένη διαδικασία βασισμένη στην επεξεργασία δορυφορικών εικόνων Sentinel-1 που συλλέγονται στο Ελληνικό Mirror Site. Ταυτόχρονα αναλύονται στατιστικά τα αποτελέσματα για την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων προς υποστήριξη των επιχειρησιακών αναγκών όλων των ενδιαφερομένων φορέων.



Σχήμα 1. Αρχιτεκτονική συστήματος εκτίμησης συμπεριφοράς πυρκαγιάς που διαθέτει η υπηρεσία FireHUB του κέντρου Αριστείας BEYOND



Σχήμα 2. Ιστορική ανάλυση πλημμυρισμένων εκτάσεων στο σύστημα FloodHUB του κέντρου Αριστείας BEYOND

Συστηματική συλλογή και διάθεση μεγάλων δεδομένων

Δεδομένα δορυφόρων πολικής τροχιάς μέσης ανάλυσης

Το Κέντρο Αριστείας BEYOND του ΙΑΑΔΕΤ-ΕΑΑ, στα πλαίσια της δράσης 2.2 του Πυλώνα 1 του «CLIMPACT», συλλέγει και διαθέτει αδιάλειπτα στην ελληνική επιστημονική κοινότητα δορυφορικά δεδομένα σχετιζόμενα με την κλιματική αλλαγή στο Κέντρο Κλιματικών Δεδομένων μέσω του Ελληνικού Mirror Site και της ειδικής ιστοσελίδας/portal NOA Ground Segment / Satellite Access-Polar Orbit, ενός συστήματος αυτοματοποιημένης λήψης, επεξεργασίας, καταλογοποίησης και αποθήκευσης των εν λόγω δεδομένων.

Συλλέγονται καθημερινά σε πραγματικό χρόνο δεδομένα από οκτώ μετεωρολογικούς δορυφόρους: EOS/Terra, EOS/Aqua, Suomi NPP, NOAA-20, FengYun-3B, NOAA-19, Metop-A, Metop-B που καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή της Β. Αφρικής, τη Νότια και Κεντρική Ευρώπη καθώς και την Μέση Ανατολή, τα Βαλκάνια και χώρες της Μαύρης Θάλασσας.

Satellite	Instrument(s)
Terra	MODIS
Aqua	MODIS, AIRS
NOAA-20	VIIRS
SNPP	VIIRS
FY-3B	MERSI
NOAA-19	AVHRR/3
Metop-A	AVHRR/3
Metop-B	AVHRR/3

More info about the Satellites and their products can be found [here](#).

Please [Login](#) / [Register](#) to gain access to Data.

NOA GroundSegment DataHub Team

NOA Web Site

Reception

- ID: 2020071204057649
- Time: 13/07/2020 07:42
- Station: NOA, Firaos

Satellite

- Name: NPP
- Inst: X

Instrument(s)

- VIIRS Visible Infrared Imaging Radiometer Suite

Σχήμα 3. Διεπαφή NOA Ground Segment / Satellite Access-Polar Orbit του κέντρου Αριστείας BEYOND

Δημιουργούνται κατάλογοι μεταδεδομένων σε περιβάλλον PostgreSQL, που παρέχουν πληροφορίες για το εκάστοτε δορυφορικό πέρασμα (π.χ. δορυφόρος, ώρα συλλογής, γεωμετρία περάσματος) καθώς και τα προϊόντα του (π.χ. όνομα και περιγραφή προϊόντος, επίπεδο επεξεργασίας, μέγεθος). Επίσης τα προϊόντα εικόνας αποθηκεύονται στους Servers του κέντρου Αριστείας BEYOND.

Τη στιγμή συγγραφής του άρθρου βρίσκονται αποθηκευμένα περισσότερα από 200.000 προϊόντα εικόνας με συνολικό μέγεθος που ξεπερνά τα 50 TB. Το Rolling Policy έχει ορισθεί στον ένα χρόνο αλλά ενδέχεται να αυξηθεί στο άμεσο μέλλον.

Τα προαναφερθέντα δεδομένα και μεταδεδομένα είναι προσβάσιμα από το ευρύ κοινό μέσω ειδικής web εφαρμογής. Ο χρήστης διευκολύνεται μέσω μιας φιλικής διεπαφής να αναζητήσει και να πάρει τα δεδομένα που επιθυμεί με βάση κριτήρια αναζήτησης (π.χ. χρόνος λήψης, δορυφόρος, δέκτης και τύπος προϊόντος). Παράλληλα δίνεται η δυνατότητα προεπισκόπησης της κάθε δορυφορικής λήψης μέσω μιας μικρογραφίας και ενός γεωχωρικού περιγράμματος. Ο χρήστης έχει άμεση πρόσβαση τόσο στα δεδομένα του κάθε καναλιού του δορυφορικού οργάνου, όσο και σε προκατασκευασμένους δείκτες και μάσκες (π.χ. MODIS NDVI&EVI, VIIRS Active Fires).

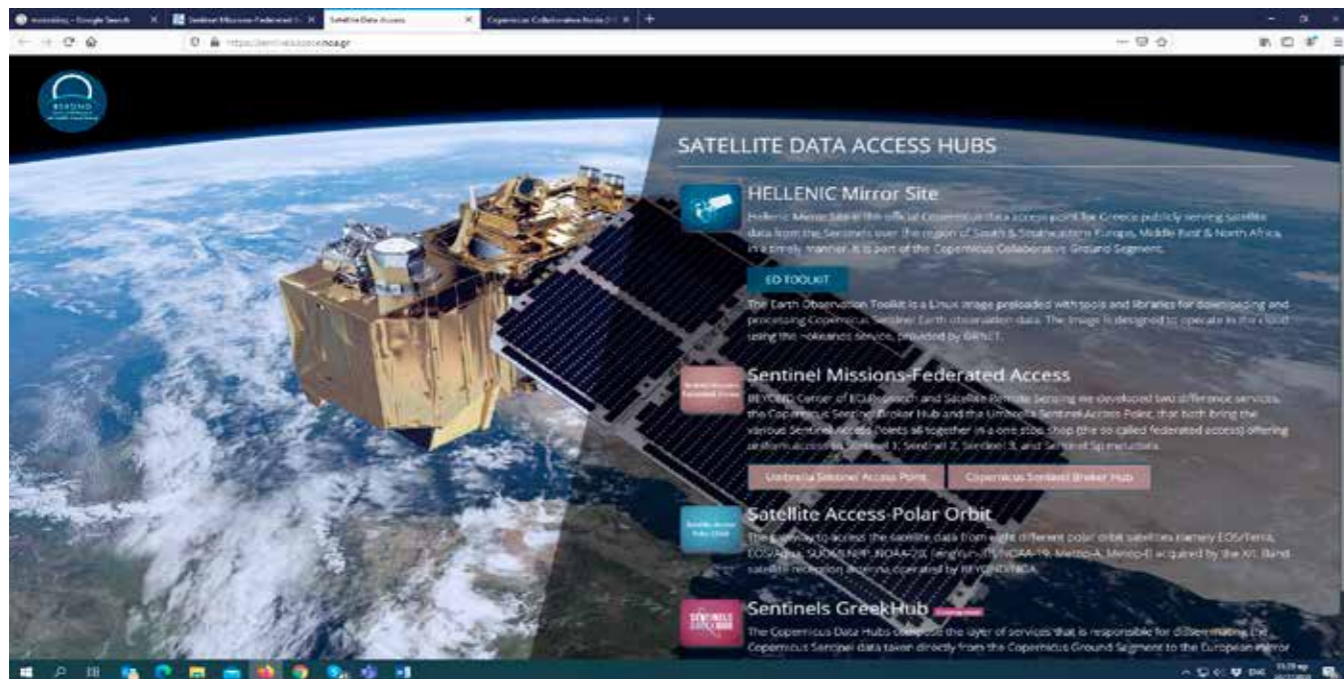
Δεδομένα αποστολών Copernicus Sentinels -1, -2, -3, 5p

Sentinel Missions-Federated Access

Η αναζήτηση δεδομένων των αποστολών Sentinels του Copernicus είναι συχνά μια περίπλοκη διαδικασία λόγω των διαφορετικών αποστολών, των διατιθέμενων Copernicus Sentinel Hubs που φιλοξενούν δεδομένα, των γεωγραφικών περιοχών που καλύπτουν τα διαφορετικά hubs, των διακριτών πολιτικών διάθεσης δεδομένων στα διαφορετικά Hubs (rolling archives), αλλά και των τεχνικών τους χαρακτηριστικών που έχουν να κάνουν με την ταχύτητα διαμεταγωγής δεδομένων (ταχύτητα δικτύου) και τον χρόνο που μεσολαβεί από το πέρασμα του δορυφόρου μέχρι και την διάθεση του προϊόντος σε κάποιο Copernicus Hub. Έτσι, το κέντρο Αριστείας BEYOND έχει αναπτύξει δύο διαφορετικές υπηρεσίες, το Copernicus Sentinel Broker Hub και το Umbrella Sentinel Access Point, που και τα δύο φέρνουν τα διάφορα σημεία πρόσβασης Sentinel όλα μαζί σε ένα one stop shop (την λεγόμενη ομοσπονδιακή πρόσβαση) προσφέροντας ομοιόμορφη πρόσβαση στα μεταδεδομένα Sentinel 1, Sentinel 2, Sentinel 3 και Sentinel 5p.

Ελληνικό Mirror Site

Είναι το επίσημο σημείο πρόσβασης δεδομένων του Copernicus για την Ελλάδα που παρέχει δημόσια και έγκαιρα δορυφορικά δεδομένα από τις αποστολές Sentinels σε όλο τον κόσμο. Είναι τμήμα του Copernicus



Σχήμα 4. Διεπαφή Satellite Data Access Hubs του κέντρου Αριστείας BEYOND

Collaborative Ground Segment. Αποτελεί μια αξιόπιστη πηγή προϊόντων Copernicus Sentinel για Έλληνες και διεθνείς χρήστες και οργανισμούς που θέλουν γρήγορη πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα. Μέχρι στιγμής, εκατοντάδες χρήστες, κρατικές υπηρεσίες και διεθνείς οργανισμοί σε ολόκληρο τον κόσμο χρησιμοποιούν τον συγκεκριμένο ιστότοπο ως βασική πηγή συλλογής δεδομένων Sentinels. Το Ελληνικό Mirror Site:

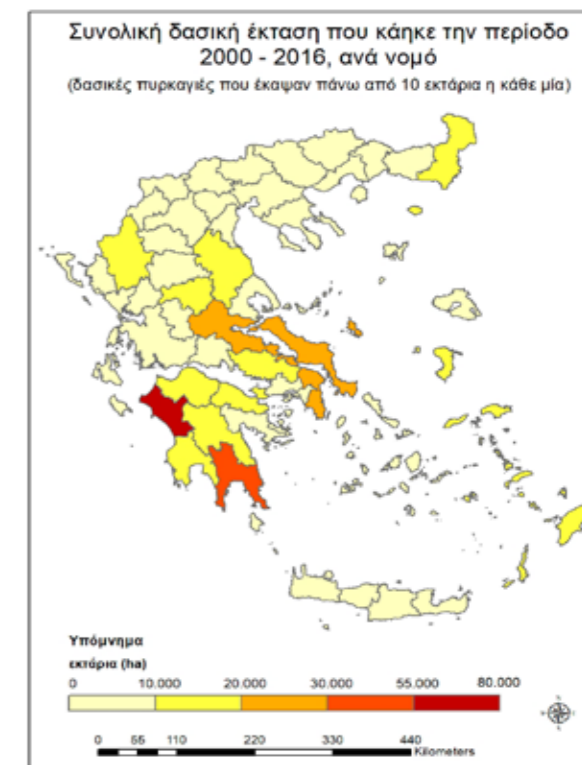
- Παρέχει δυνατότητες πρόσβασης σε μεγάλο αρχείο δορυφορικών προϊόντων εφαρμόζοντας πολλαπλά κριτήρια και παραμέτρους αναζήτησης όπως π.χ. νεφοκάλυψη, χρόνος λήψης, γεωγραφική περιοχή, δέκτης, είδος προϊόντος, κ.λ.π.
- Επιτρέπει στους χρήστες να κάνουν προεπισκόπηση των μεταδεδομένων ενός προϊόντος πριν κατεβάσουν το προϊόν της εικόνας στον υπολογιστή τους.
- Παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες να αποθηκεύουν τις αναζητήσεις τους και να λαμβάνουν ειδοποίηση όταν φτάνουν νέα προϊόντα που ταιριάζουν με τις αναζητήσεις τους.



Εκτίμηση επικινδυνότητας δασικών πυρκαγιών

Κατερίνα Παπαγιαννάκη
Θοδωρής Μ. Γιάνναρος
Βάσω Κοτρώνη
Κωστής Λαγουβάρδος

Οι παράγοντες που ευνοούν την έναρξη και εξάπλωση μιας δασικής πυρκαγιάς σχετίζονται με τις μετεωρολογικές συνθήκες και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης, αλλά εξαρτώνται σε μεγαλύτερο βαθμό από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι περισσότερες από τις δασικές πυρκαγιές στην Ελλάδα εκδηλώνονται λόγω ανθρώπινης παρέμβασης, εκούσιας (εμπρησμός) ή ακούσιας (π.χ. βραχυκύκλωμα στο δίκτυο ηλεκτροδότησης). Αντίθετα, η συμπεριφορά της φωτιάς και η έκταση που δύναται να κάψει μία δασική πυρκαγιά, εφόσον εκδηλωθεί, και συνεπώς η επικινδυνότητά της, έχει φανερό ότι σχετίζονται περισσότερο με τις μετεωρολογικές και κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής, καθώς και την καύσιμη ύλη. Ο χάρτης της εικόνας 1 απεικονίζει τη χωρική κατανομή της καμένης δασικής έκτασης την περίοδο 2000-2016, σε επίπεδο νομού. Γενικά, οι πιο επηρεασμένοι νομοί είναι ξηρότεροι και θερμότεροι από τον μέσο όρο, αν και μερικές από τις πιο καταστροφικές πυρκαγιές συνέβησαν σε νομούς που χαρακτηρίζονται από υψηλή βροχόπτωση, όπως η Ηλεία (16% της συνολικής καμένης έκτασης). Σημαντικό ρόλο για αυτές τις διαφοροποιήσεις παίζει η συνέργεια καιρού και καύσιμης ύλης που συσσωρεύεται τοπικά κατά τη διάρκεια του έτους.



Εικόνα 1. Χωρική κατανομή καμένης δασικής έκτασης την περίοδο 2000-2016, ανά νομό. Συνουπολογίστηκαν όλες οι πυρκαγιές που έκαψαν πάνω από 10 εκτάρια (100 στρέμματα) η κάθε μία. Η κατανομή βασίστηκε στο αρχείο της Πυροσβεστικής Υπηρεσίας και αφορά στον νομό έναρξης της πυρκαγιάς. Τυχόν επέκταση σε διπλανό νομό δεν αποτυπώνεται στον χάρτη.

Η επικινδυνότητα μίας δασικής πυρκαγιάς λόγω καιρικών συνθηκών μπορεί να εκτιμηθεί βάσει δεικτών που μετράνε τη συνδυαστική επίδραση διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων (θερμοκρασία, υγρασία, βροχή, άνεμος). Οι εν λόγω δείκτες ονομάζονται **πυρο-μετεωρολογικοί δείκτες** και χρησιμοποιούνται ευρέως από τις Πυροσβεστικές Υπηρεσίες σε όλον τον κόσμο για την πρόγνωση του κινδύνου έναρξης και εξάπλωσης δασικών πυρκαγιών. Προκαθορισμένες **οριακές τιμές του πυρο-μετεωρολογικού δείκτη** προειδοποιούν για τον βαθμό κινδύνου και εγείρουν τον ανάλογο βαθμό συναγερμού και ετοιμότητας.

Στην Ευρώπη, υπάρχουν αρκετοί πυρο-μετεωρολογικοί δείκτες που υποστηρίζουν την περιφερειακή πρόγνωση κινδύνου και τη λήψη αποφάσεων σε επίπεδο χώρας. Ένας από τους πλέον αναγνωρισμένους δείκτες διεθνώς είναι ο **Καναδικός Fire Weather Index (CFWI)**, ο οποίος αποτελεί βασική συνιστώσα του **Καναδικού συστήματος ταξινόμησης κινδύνου δασικών πυρκαγιών (CFFDRS)**. Ο CFWI έχει προσαρμοστεί και εφαρμόζεται από το **Ευρωπαϊκό Σύστημα Πληροφοριών για τις Πυρκαγιές (EFFIS)** για να παρέχει καθημερινά πρόγνωση κινδύνου σε ευρωπαϊκό επίπεδο. Οι προκαθορισμένες οριακές τιμές του δείκτη CFWI που παρέχει το EFFIS για την εκτίμηση του βαθμού κινδύνου έναρξης και εξάπλωσης δασικής πυρκαγιάς είναι ίδιες για όλη την ήπειρο. Καθώς όμως οι κλιματικές και καιρικές συνθήκες, αλλά και τα χαρακτηριστικά της βλάστησης διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των Ευρωπαϊκών χωρών, είναι απαραίτητη η **προσαρμογή των οριακών τιμών** του δείκτη όταν αυτός χρησιμοποιείται σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, προκειμένου να ληφθούν υπόψη οι τοπικές συνθήκες. Η προσαρμογή αυτή έχει ως στόχο τον περιορισμό εσφαλμένων συναγερμών, επιτρέποντας τόσο στις δημόσιες αρχές όσο και στους πολίτες να μην εφησυχάζουν, αλλά και να μην απαξιώνουν το σύστημα προειδοποιήσεων.

Στο πλαίσιο του έργου CLIMPACT και με στόχο την επίτευξη όσο πιο αξιόπιστης πρόγνωσης της επικινδυνότητας ενδεχόμενης δασικής πυρκαγιάς στην Ελλάδα, η μονάδα meteo του ΙΕΠΒΑ/ΕΑΑ ανέπτυξε μεθοδολογία για την **εκτίμηση αντιπροσωπευτικών οριακών τιμών του δείκτη CFWI, προσαρμοσμένων στις ιδιαίτερες συνθήκες της χώρας μας**. Με τη βοήθεια σύγχρονων μεθοδολογιών και εργαλείων, αναλύθηκαν 34.000 δασικές πυρκαγιές που έπληξαν την Ελλάδα την περίοδο 2000-2016 ως προς τη σχέση του δείκτη CFWI και του βαθμού ζημιάς (καμένη έκταση) και υπολογίστηκαν νέες εκδοχές οριακών τιμών FWI για την πρόγνωση 4 βαθμών επικινδυνότητας: χαμηλό (A), μέτριο (B), υψηλό (C), πολύ υψηλό (D). Η ανάλυση έδειξε ότι οι οριακές τιμές CFWI που εφαρμόζει το Ευρωπαϊκό σύστημα EFFIS για την Ευρώπη υπερεκτιμούν συστηματικά την επικινδυνότητα πυρκαγιάς στην Ελλάδα. Ως εκ τούτου θεωρούνται πολύ χαμηλές και μη αντιπροσωπευτικές των συνθηκών στην Ελλάδα. Η συχνή και συστηματική υπερεκτίμηση του βαθμού επικινδυνότητας ενδέχεται να μειώσει την αξιοπιστία του εγχώριου συστήματος πρόγνωσης και την αξία των προειδοποιήσεων. Με βάση τις νέες οριακές τιμές του CFWI που προτείνει η μελέτη του meteo, **η υπερεκτίμηση της επικινδυνότητας μειώνεται, ενώ η αξιοπιστία της ταξινόμησης κινδύνου αυξάνεται**. Δεδομένου ότι ο πυρο-μετεωρολογικός δείκτης κινδύνου CFWI είναι σήμερα μεταξύ των δεικτών που συμβουλευεται το Ελληνικό Πυροσβεστικό Σώμα, τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορούν να βελτιώσουν σημαντικά τη βραχυπρόθεσμη πρόληψη, τη διαχείριση των κινδύνων και τον μετριασμό των αρνητικών επιπτώσεων από δασικές πυρκαγιές. Η μελέτη δημοσιεύτηκε πρόσφατα στο έγκριτο διεθνές επιστημονικό περιοδικό *Agricultural and Forest Meteorology* (Papagiannaki et al., 2020).



Βιβλιογραφία

Papagiannaki, K., Giannaros, T.M., Lykoudis, S., Kotroni, V., Lagouvardos, K., 2020. *Weather-related thresholds for wildfire danger in a Mediterranean region: The case of Greece. Agricultural and Forest Meteorology*. 291, 108076. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108076>

Το ενημερωτικό trailer για το Climpact

<https://www.youtube.com/watch?v=0mEyCJVZIIU&feature=youtu.be>





CLIMPACT

ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΑΝ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΓΓΕΤ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Επικοινωνήστε με το δίκτυο

Climpact@noa.gr

Τηλ. 210 3490107

Επιμέλεια έκδοσης

Αθηνά Δήμου

Υπεύθυνη διάχυσης – δικτύωσης CLIMPACT