

## Περιεχόμενα

1. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΑ ΦΛΕΓΟΜΕΝΑ ΔΑΣΗ

ΤΟ ΒΗΜΑ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΚΗΣ\_ Β2 21/01/2024 σελ. 19-21

## 1. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΑ ΦΛΕΓΟΜΕΝΑ ΔΑΣΗ

Μέσο: . . . . . ΤΟ ΒΗΜΑ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΚΗΣ\_Β2

Ημ. Έκδοσης: . . .21/01/2024 Ημ. Αποδεκτίωσης: . . .21/01/2024

Σελίδα: . . . . . 19



B2

### Κίνδυνοι διαρκείας τα φλεγόμενα δάση

ΝΑΝΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΕΚΛΥΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΗΝ  
ΚΑΥΣΗ ΤΩΝ ΔΕΝΤΡΩΝ. ΓΙΝΟΝΤΑΙ ΤΟΞΙΚΟΤΕΡΑ  
ΚΑΙ ΤΑΞΙΔΕΥΟΥΝ ΤΕΡΑΣΤΙΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ.  
ΕΥΘΥΝΟΝΤΑΙ ΓΙΑ ΧΙΛΙΑΔΕΣ ΘΑΝΑΤΟΥΣ

ΣΕΛ. 20-21

# SCIENCE





# ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Της Ιωάννας Σουφλήρη  
isoufleri@tovima.gr

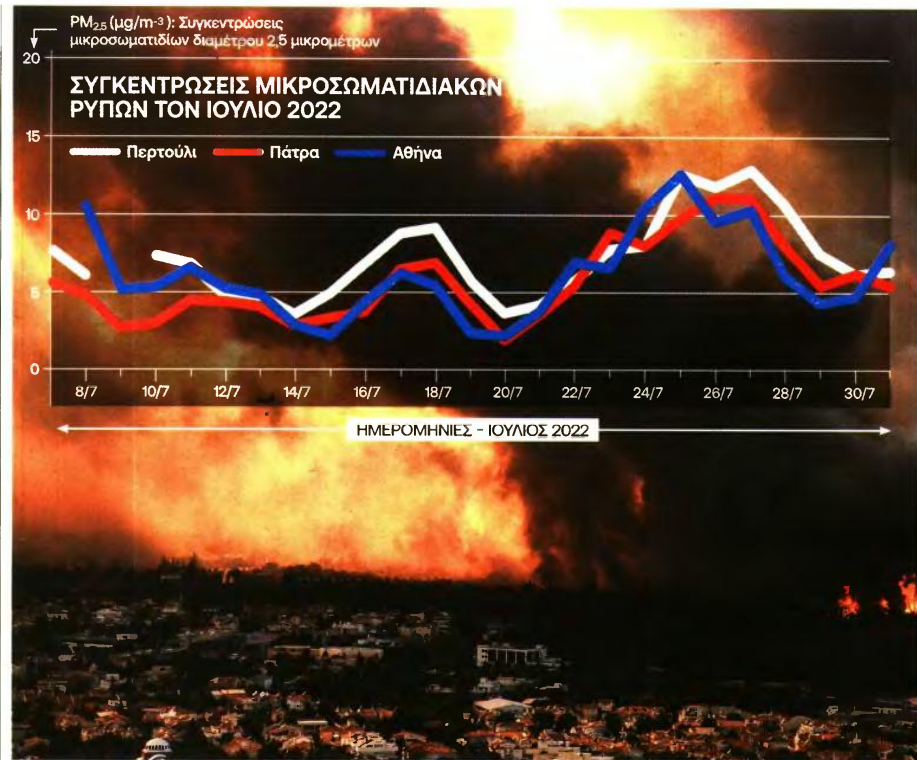
**Τ**α τελευταία χρόνια, η συχνότητα, η διάρκεια αλλά και η σφοδρότητα των πυρκαγιών σε δασικές και θημνώδεις εκτάσεις δεν σταματούν να μας εκπλήσσουν σημειώνοντας νέα ρεκόρ. Από την «ασταμάτητη» φωτιά που έκαψε για μήνες στην Αυστραλία (για την ακρίβεια από τον Σεπτέμβριο του 2019 έως τον Μάρτιο του 2020) μέχρι τις περιουσιές φωτιές στον Καναδά που σκοτεινιάζαν για μέρες τον ουρανό της Νέας Υόρκης και από τις πυρκαγιές που μαστίζουν κάθε καλοκαίρι την Ιβηρική Χερσόνησο μέχρι τις δικές μας πρόσφατες πυρκαγιές στην Εύβοια, στη Βαρυμπόμπη, στη Ρόδο, στη Δαδιά, όλοι έχουμε συνειδητοποιήσει τη βιαιότητα αυτών των ορειλών φαινομένων στην κλιματική κρίση φαινόμενα. Ακόμη και όσοι δεν ζήσαμε πυρκαγιά εκ του σύγγυς γνωρίζουμε πια καλά τα σημάδια: τη θαμπάδα στην ατμόσφαιρα, τη μυρωδιά του καμένου, την αίσθηση που αφήνει στον λαιμό, στα ρουθούνια, στα μάτια ο καπνός που μπορεί να μεταφερθεί χιλιόμετρα μακριά από την εστία.

### Ένα μακρύ ταξίδι

Πόσα χιλιόμετρα μακριά από την εστία της φωτιάς άραγε μπορούν να μεταφερθούν τα (παρα)προϊόντα της καύσης δασικών εκτάσεων; Και πόσο μεγάλη είναι η επίδρασή τους στην ποιότητα του αέρα και κατ' επέκταση στην ανθρώπινη υγεία; Αναπάντεχες απαντήσεις έδωσε στα παραπάνω ερωτήματα μια ελληνική ερευνητική ομάδα, δίνοντας ταυτόχρονα εξήγηση σε ένα επιστημονικό παράδοξο. Επικεφαλής της ομάδας ήταν ο κ. Σπύρος Πανδής, καθηγητής του Τμήματος Χημικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πατρών και συνεργαζόμενος ερευνητής του Ινστιτούτου Επιστημών Χημικής Μηχανικής του ΙΤΕ (ΙΤΕ/ΙΕΧΜΗ), και όπως συνάγεται από το πρόσφατο άρθρο των ελλήνων επιστημόνων στο έγκριτο επιστημονικό περιοδικό «Nature PJ: Climate and Atmospheric Sciences», τα αέρια στο γυμνό μάτι ασηματίδια που προκύπτουν από την καύση των δέντρων μεταφέρονται πολύ μακρύτερα και επηρεάζουν την ποιότητα του αέρα πολύ περισσότερο και για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα απ' ό,τι είχε μέχρι σήμερα θεωρηθεί. Για να γίνει αυτό αντιληπτό, αρκεί να πούμε ότι τον Ιούλιο του 2022 οι φωτιές που έκαψαν δασικές εκτάσεις στην Ιβηρική Χερσόνησο (Πορτογαλία, Ισπανία) «οκίασαν» τον ουρανό (και) στο Περιούλι Τρικάλων δύο εβδομάδες αργότερα, καθιστώντας την ατμόσφαιρά του χειρότερη από αυτή της Αθήνας! Το ΒΗΜΑ-Science μίλησε τόσο με τη μεταδοτικότητα ερευνητήρια και πρώτη συγγραφέα του άρθρου, κυρία Χριστίνα Βασιλακοπούλου, όσο και με τον κύριο Πανδή, για να μάθουμε τα πώς και τα γιατί αυτής της ερευνητικής δραστηριότητας στα θεσσαλικά βουνά.

### Τεχνολογική υπεροχή

«Βρεθήκαμε στο Περιούλι τον Ιούλιο του 2022 με στόχο να μελετήσουμε την αλληλεπίδραση των πτητικών οργανικών ενώσεων που εκπέμπονται από τα δέντρα, αυτών δηλαδή των ενώσεων που φτάνουν και στη μύτη μας όταν περπατάμε στο δάσος και τις οποίες όλοι γνωρίζουμε ως μυρωδιά του δάσους, με ανθρώπινογενείς ρύπους, όπως, παραδείγματος χάριν, είναι το οζόν. Με άλλα λόγια, ο αρχαίος πειραματικός σχεδιασμός μας δεν αφορούσε καθόλου τις δασικές πυρκαγιές. Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα ευρήματα που περιγράφονται στο πρόσφατο άρθρο μας αποτελούν προϊόν μιας καλής συνεργασίας και της αξιοποίησης υψηλής τεχνολογίας την οποία είχαμε στη διάθεσή μας» μας είπε η κυρία Βασιλακοπούλου και εξήγησε: «Τα όργανα ακριβείας τα οποία είχαμε φέρει μαζί μας και είχαμε εγκαταστήσει στο καταστράγγιο του χονδροκόμου κέντρου μας



## Οι δασικές πυρκαγιές «καίνε» τον αέρα της Ευρώπης

Νανοσωματίδια που παράγονται από την καύση αντιδρούν με άλλα αυξάνοντας την τοξικότητά τους - Το παράδειγμα της πυρκαγιάς στην Πορτογαλία και τα σημάδια στο Περιούλι

επέτρεψαν να εντοπίσουμε τα παραπροϊόντα της καύσης βιομάζας σε μια χρονική στιγμή που δεν υπήρχε δασική πυρκαγιά επί ελληνικού εδάφους. Διαπιστώσαμε αργότερα ότι αυτά αντιπροσώπευαν τη μερίδα του λέοντος των ατμοσφαιρικών ρύπων και αφετέρου ότι είχαν προέλθει τόσο από την Ιβηρική Χερσόνησο όσο και από την Ουκρανία, περιοχές στις οποίες μαινόταν πυρκαγιές το προηγούμενο διάστημα».

### Τα (ανησυχητικά) ευρήματα και...

Οι δασικές πυρκαγιές εκλύουν στην ατμόσφαιρα αέρια (όπως το μονοξειδίο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι αρωματικοί πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, το μεθάνιο) αλλά και ιδιαίτερα επικίνδυνα νανοσωματίδια (δηλαδή σωματίδια διαμέτρου κάτω από 1 μικρόμετρο). Αντικείμενο της μελέτης των ελλήνων επιστημόνων ήταν κυρίως τα νανοσωματίδια και πράγματι, όπως περιγράφουν στο άρθρο τους, τα προερχόμενα από τις πυρκαγιές βρέθηκαν να αντιπροσώπευαν το 60% των ατμοσφαιρικών νανοσωματιδίων εκείνη τη χρονική στιγμή στο Περιούλι. Τα σωματίδια που προκύπτουν από την αντίδραση των οργανικών πτητικών ενώσεων που παράγονται από τα δέντρα με τους ανθρώπινογενείς ρύπους (και τα οποία ήταν το αρχικό αντικείμενο της μελέτης) αντιπροσώπευαν μόλις το 20%, με το υπόλοιπο 20% να μοιράζεται μετα-

ξύ ρύπων προερχόμενων από αστικές και βιομηχανικές πηγές.

### ...η εξήγηση του παράδοξου

Το παραπάνω εύρημα της ελληνικής ερευνητικής ομάδας ήθελε να εξηγήσει ένα επιστημονικό παράδοξο: τη μέχρι τότε υποαντιπροσώπευση των προερχόμενων από δασικές πυρκαγιές νανοσωματιδίων σε μετρήσεις της ατμόσφαιρας της Ευρώπης κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, παρά τη μεγάλη συναισθηματική των πυρκαγιών, κυρίως στις μεσογειακές χώρες. Πράγματι, οι έλληνες ερευνητές, εντοπίζοντας στο Περιούλι νανοσωματίδια τα οποία είχαν ξεκινήσει τη διαδρομή τους από την Πορτογαλία δύο εβδομάδες νωρίτερα, κατέδειξαν ότι η συνηγορία των δασικών πυρκαγιών στην ατμοσφαιρική ρύπανση της Ευρώπης το καλοκαίρι μπορεί να είναι από 4 έως και 7 φορές μεγαλύτερη από ό,τι είχε εκτιμηθεί λόγω των ελλείπων μετρήσεων μέχρι τότε, αλλά και πως η διασπορά των ρύπων μπορεί να εκτείνεται εκατοντάδες ή και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά από τις αντίστοιχες εστίες φωτιάς!

Ο καθηγητής Σπύρος Πανδής απέδωσε τη δυσκολία να μετρηθούν αυτοί οι ρύποι τόσο στην έλλειψη κατάλληλου εξοπλισμού και τεχνικών όσο και στο γεγονός ότι «πολύ σύντομα μετά την έκλυση τους στην ατμόσφαιρα οι ρύποι αυτοί αντιδρούν και αλλάζουν το χημικό τους αποτύπωμα», προσθέτοντας ότι «αι εν λόγω χημικές αντιδράσεις λαμβάνουν χώρα ακόμα και μέσα σε λίγες ώρες έκθεσης στον καλοκαιρινό ήλιο και οδηγούν σε αύξηση τόσο της μάζας των σωματιδίων όσο και της τοξικότητάς τους».

### Μετρήσεις τοξικότητας

Οι έλληνες ερευνητές δεν χρησιμοποιούν τυχαία τη λέξη «τοξικότητα»: οι δασικές πυρκαγιές δεν αποτελούν μόνο έναν άμεσο κίνδυνο για την ανθρώπινη ζωή, αλλά και έναν έμμεσο και ίσως πιο ύπουλο που δεν σχετίζεται με εγκαταμυα ή δηλητηρίαση από τους καπνούς. Ο κίνδυνος αυτός προέρχεται από τα νανοσωματίδια τα οποία, όπως αποδείχθηκε, μπορεί κανείς να εισπνεύσει ακόμη και σε μια φαινομενικά καθαρή κα-



Ο Σπύρος Πανδής

Η Χριστίνα Βασιλακοπούλου

# 1. ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ ΤΑ ΦΛΕΓΟΜΕΝΑ ΔΑΣΗ

Μέσο: . . . . . ΤΟ ΒΗΜΑ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΚΗΣ\_B2

Ημ. Έκδοσης: . . .21/01/2024 Ημ. Αποδελτίωσης: . . .21/01/2024

Σελίδα: . . . . . 21



Οι δασικές πυρκαγιές εκλύουν στην ατμόσφαιρα αέρια (όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου, οι αρωματικοί πολυκυκλικοί υδρογονάνθρακες, το μεθάνιο) αλλά και ιδιαίτερα επικίνδυνα ναοσωματίδια

λοκαιρινή ημέρα, χωρίς κάποια πυρκαγιά επί ελληνικού εδάφους, ακόμη και σε μια περιοχή όπου θα κατέφευγε ακριβώς για να πάρει καθαρό αέρα! Όσο για την τοξικότητά τους, η κυρία Βασιλακοπούλου εξήγησε ότι αυτή συνάγεται μέσα από τον υπολογισμό του οξειδωτικού δυναμικού τους, «όπλασή τους ικανότητάς τους να δημιουργούν οξειδωτικό στρες στον οργανισμό, κάτι που έχει συνδέσει με πλήθος ασθενειών». Πράγματι, οι μετρήσεις της ερευνητικής ομάδας έδειξαν ότι το οξειδωτικό δυναμικό των σωματιδίων στο Περτούλι ανά μονάδα μάζας για τις συγκεκριμένες ημερομηνίες του Ιουλίου 2022 ήταν μεγαλύτερο από αυτό του κέντρου της Αθήνας και συγκεκριμένα του Οησείου! Και όπως σημείωσε η ερευνήτρια, «μπορεί οι συγκεντρώσεις αυτών των μικροσωματιδίων να μην είναι τεράστιες, όμως η τοξικότητά τους σχετίζεται και με το γεγονός ότι η έκθεσή μας σε αυτά είναι λίγο-πολύ συνεχής κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Μια έκθεση η οποία οδηγεί σε χιλιάδες θανάτους Ευρωπαίων τους καλοκαιρινούς μήνες».

## 10-16

χιλιάδες θανάτους προκαλεί στην Ευρώπη κάθε καλοκαίρι η προερχόμενη από τις δασικές πυρκαγιές ατμοσφαιρική ρύπανση.

## 4-7

φορές μεγαλύτερα αποδείχθηκαν από τη μελέτη των ελλήνων επιστημόνων τα επίπεδα ναοσωματιδίων στον αέρα σε σχέση με τα αναμενόμενα από τη βιβλιογραφία επίπεδα.

## 1.455

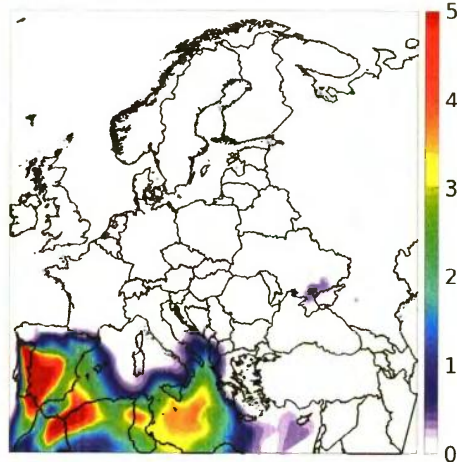
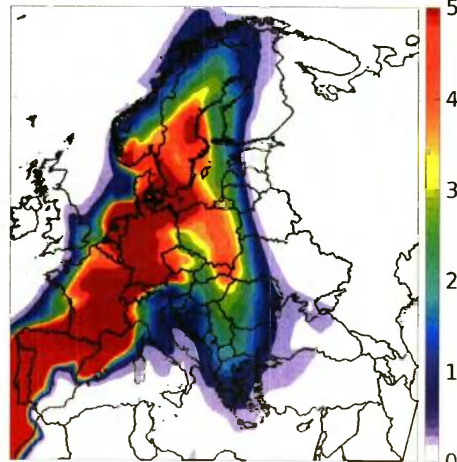
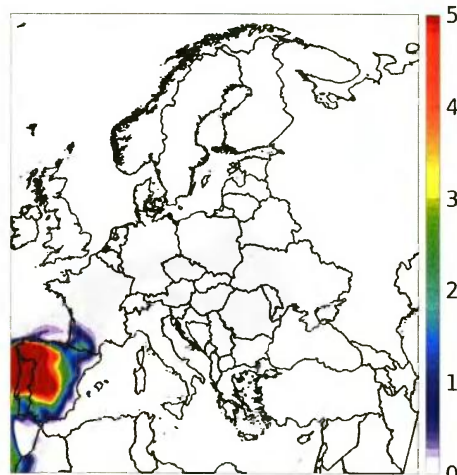
μεγατόνοι εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα κόστισαν παγκοσμίως οι δασικές πυρκαγιές το 2022 (στοιχεία από Copernicus Atmosphere Monitoring Service).

### ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΚΑΙ ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

## Οι (ορατοί και αόρατοι) συντελεστές της μελέτης

Η ερευνητική ομάδα η οποία εκπόνησε τη μελέτη (την οποία μπορεί κανείς να δει στο σύνολό της στον παρακάτω ιστότοπο <https://www.nature.com/articles/s41612-023-00544-7>) συντονίστηκε από τον καθηγητή Σπύρο Πανδή (Πανεπιστήμιο Πατρών και ΓΤΕ/ΙΕΧΜΗ) και αποτελούνταν από τους ερευνητές: Χριστίνα Βασιλακοπούλου, Αγγελική Ματραλή, Ξακουστή Σκυλλάκου, Μαρία Γεωργοπούλου, Ανδρέα Ακτύπη, Καλλιόπη Φλώρου, Χρήστο Καλτσονούδη, Ευαγγελία Σιούτη, Δαυίδ Πατουλάκι και Ιωάννη Κιουτσιούκη (ΓΤΕ/ΙΕΧΜΗ και Πανεπιστήμιο Πατρών), Ευαγγελία Κωσταντίδου (Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο), Agata B azlak (Ακαδημία Επιστημών της Πολωνίας), Αθανάσιος Νένης (ΕΠΦ Ελβετίας και ΓΤΕ/ΙΕΧΜΗ), Στέφανο Παπαγιάννη και Κώστα Ελευθεριάδη (Δημόκριτος).

Η μελέτη χρηματοδοτήθηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Ερευνας και Καινοτομίας (ΕΛΙΔΕΚ) και δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι ολοκληρώνοντας τη συνολικά μας ο καθηγητής Σπύρος Πανδής θέλησε να επισημάνει την καιρία συμβολή του εθνικού μας φορέα χρηματοδότησης της έρευνας στην επιτυχή έκβαση της ερευνητικής προσπάθειας της ομάδας του λέγοντας: «Χωρίς τα όργανα ακριβείας τα οποία αποκτήσαμε πρόσφατα χάρη σε χρηματοδότηση από το ΕΛΙΔΕΚ, και τα οποία είναι μοναδικά στην Ελλάδα, δεν θα ήταν εφικτό να πραγματοποιήσουμε αυτή τη μελέτη».



Οι συγκεντρώσεις (σε μικρογραμμάρια ανά κυβικό μέτρο) μικροσωματιδίων που προέρχονται από δασικές πυρκαγιές στην Πορτογαλία, οι οποίες έλασαν στις αρχές Ιουλίου 2022, στην ατμόσφαιρα της ΕΕ σε διαφορετικές ημερομηνίες του ίδιου μήνα (από επάνω προς τα κάτω 14/7, 21/7 και 28/7 του 2022)

## Οι... ντετέκτιβ της ατμόσφαιρας

### Πώς οι έλληνες επιστήμονες ταυτοποίησαν τα ναοσωματίδια

Ανεβαίνοντας στο Περτούλι, η ελληνική ερευνητική ομάδα είχε στη διάθεσή της έναν τελευταίας τεχνολογίας και ειδικό για τη μέτρηση ναοσωματιδίων φασματογράφο μάζας (Aerosol Mass Spectrometer, AMS). Χάρη σε αυτόν οι ερευνητές να πραγματοποιήσει σε πραγματικό χρόνο ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των ατμοσφαιρικών σωματιδίων. Τις λεπτομέρειες του πειραματισμού περιέγραψε στο ΒΗΜΑ-Science η μεταδιδακτορική ερευνήτρια Χριστίνα Βασιλακοπούλου: «Είχαμε εγκαταστήσει τον φασματογράφο μάζας στο οαλέ του κιοοδρομικού κέντρου και επί έναν μήνα παίρναμε μετρήσεις ανά τρία λεπτά. Έτσι αποκτήσαμε μια πολύ λεπτομερή εικόνα της χημικής σύστασης, του μεγέθους, της μάζας και των συγκεντρώσεων των σωματιδίων που υπήρχαν στην ατμόσφαιρα για αυτό το χρονικό διάστημα».

Προφανώς, ο τεράστιος όγκος δεδομένων που συγκεντρώθηκε τον Ιούλιο του 2022 κρείσθηκε να αναλυθεί για να καταστεί δυνατή και η διερεύνηση της προέλευσης των σωματιδίων. Πώς μπορούν όμως οι ερευνητές να είναι βέβαιοι για την προέλευση των σωματιδίων; «Πράγματι, πρόκειται για ένα από τα δυσκολότερα να απαντηθούν ερωτήματα» μας είπε η κυρία Βασιλακοπούλου και προσέθεσε: «Πολλά από τα πρωτογενή προϊόντα της καύσης βιομάζας όταν βρεθούν στην ατμόσφαιρα αντιδρούν και το αποτύπμά τους χάνεται. Ωστόσο υπάρχουν και οι λεγόμενοι ικνηθέτες φωτός. Πρόκειται για μη πτητικά και σχετικώς αδρανή στοιχεία τα οποία χρησιμοποιούμε ως δείκτες καύσης βιομάζας. Μια χαρακτηριστική τέτοια περίπτωση είναι το κάλιο, το οποίο και αξιοποιήσαμε στη μελέτη μας».

Μια άλλη χαρακτηριστική ένωση της καύσης βιομάζας είναι η λεβουλυκίδη «ένα σάκχαρο που προέρχεται από την καύση ξύλου και το οποίο δεν εντοπίζεται στους βιομηχανικούς ρύπους ή τους ρύπους των αυτοκινήτων. Έτσι γνωρίζουμε ότι αυτό που μετρούμε έχει προέλθει από δασική πυρκαγιά» εξήγησε ο κ. Πανδής.

Όσο για τη διερεύνηση της γεωγραφικής προέλευσης των ρύπων, αυτή ισοδυναμεί με την επίλυση μιας πολυπαραγοντικής εξίσωσης και προφανώς συνάγεται με τη βοήθεια υπολογιστικών μοντέλων. Εξυπακούεται ότι η ακρίβεια των υπολογισμών είναι σε συνάρτηση με τα δεδομένα που παρέχονται στο μοντέλο. Έτσι, εκτός από την αύξηση του αριθμού των ικνηθέτων φωτός, το μοντέλο στην περίπτωση των ελλήνων ερευνητών τροφοδοτήθηκε και με δεδομένα από την κίνηση των αερίων μαζών και φυσικά των παραγούσων πυρκαγιών εκείνο το χρονικό διάστημα. Με τον τρόπο αυτόν αποκαλύφθηκε ότι οι ρύποι που θάμπωναν τον ορίζοντα στο Περτούλι στις 20 και 21 Ιουλίου 2022 είχαν αρχίσει το ταξίδι τους από την Πορτογαλία δύο εβδομάδες νωρίτερα και είχαν φτάσει στη χώρα μας μετά από μια διαδρομή που περιελάμβανε μεταξύ άλλων τη Γαλλία, την Αγγλία και τις οκανδιανικές χώρες!