



**CLIMPACT**

ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

NEWSLETTER #4

## 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.

Το παρόν newsletter είναι αφιερωμένο στο θέμα των επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής στον τομέα της υγείας. Ξεκινά με ένα άρθρο σχετικό με τη σημαντική αύξηση της θερμοκρασίας στην Ελλάδα κατά την τελευταία δεκαετία και ακολουθούν έξι άρθρα μελών του Δικτύου που άπτονται του θέματος της επίδρασης της Κλιματικής Αλλαγής στην υγεία.

**Καθ. Μανώλης Πλειώνης**  
Συντονιστής Δικτύου CLIMPACT

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

# Περιεχόμενα

7

**Δρ. Δήμητρα Φουντά**  
**Καθ. Νίκος Μιχαλόπουλος**

2011-2020: Η θερμότερη δεκαετία των τελευταίων 160 ετών (μέχρι την επόμενη;)

10

**Χ. Ζερεφός, Σ. Σολωμός, Ι. Καψωμενάκης, Α. Πούπκου, Λ. Δημητριάδου, Η. Πολυχρόνη, Π. Καλαμπόκας, Κ. Φιλάνδρας, Δ. Θάνος**

Η περίοδος της «ανθρωπόπαυσης» κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19: Διδάγματα και ερωτήσεις για το περιβάλλον, το κλίμα και την υγεία

16

**Αναστάσιος Ι. Στάμου**  
**Αθανάσιος Τσακρής**

Κλιματική Αλλαγή, πλημμύρες και επιπτώσεις στην υγεία

20

**Άννα Καράλη, Γιάννα Κιτσαρά, Χρήστος Γιαννακόπουλος**

Οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην υγεία και οι προκλήσεις για τις χώρες της Μεσογείου

25

**Μαριλίζα Κουκουλή**  
**Ιωάννα Σκουλίδου**  
**Δημήτρης Μπαλής**

Αιφνίδιες αλλαγές στις εκπομπές διοξειδίου του αζώτου στην Ελλάδα λόγω της πανδημίας COVID-19 μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων

27

**Δρ. Δήμητρα Φουντά**

Κλιματική Αλλαγή και θερμικός κίνδυνος, με έμφαση στις αστικές περιοχές

31

**Δ. Παρασκευής, Ε.Γ. Κωστάκη, Ν. Αλυγιζάκης, Ν. Θωμαΐδης, Κ. Καρτάλης, Σ. Τσιόδρας, Θ. Δημόπουλος**

Ελλείψει περιοριστικών μέτρων, οι υψηλές θερμοκρασίες δεν περιορίζουν κατά ουσιαστικό τρόπο τη διασπορά του κορωνοϊού



## 2011-2020: Η θερμότερη δεκαετία των τελευταίων 160 ετών (μέχρι την επόμενη;)

Δρ. Δήμητρα Φουντά

Κύρια ερευνήτρια ΕΑΑ, Ινστιτούτο Ερευνών Περιβάλλοντος και Βιώσιμης Ανάπτυξης

Καθ. Νίκος Μιχαλόπουλος

Διευθυντής ΙΕΠΒΑ, Επιστημονικός Υπεύθυνος CLIMPACT

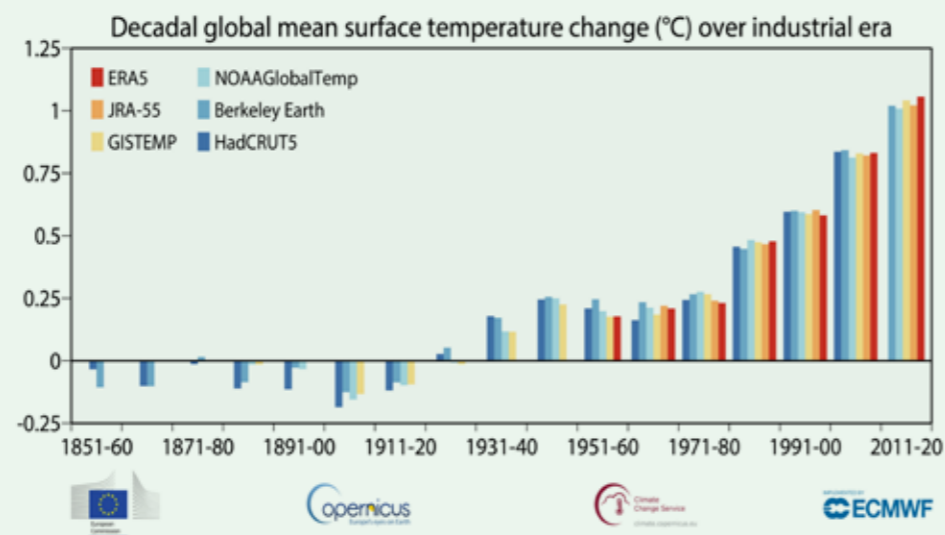
Το τέλος της δεύτερης δεκαετίας του 21ου αιώνα, επιβεβαιώνει και επισφραγίζει με τον πιο αδιαμφισβήτητο τρόπο τα σενάρια αλλά και τους φόβους για τη συνεχιζόμενη αυξητική τάση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Σύμφωνα με την επίσημη ανακοίνωση του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (World Meteorological Organization, WMO), με θερμοκρασία ίση με 14.9 °C και περίπου 1.2 °C υψηλότερη από τα επίπεδα της προ-βιομηχανικής περιόδου 1850-1900, το 2020 συγκαταλέγεται ανάμεσα στα τρία θερμότερα έτη όλων των εποχών μαζί με το 2016 και το 2019, με τις μεταξύ τους διαφορές να είναι σχεδόν μηδαμινές. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει και από τις πέντε διαφορετικές βάσεις δεδομένων του WMO. Διάφορες άλλες Υπηρεσίες όπως οι NASA, Copernicus και NOAA (USA National Oceanic and Atmospheric Administration) καταλήγουν σε παρόμοια συμπεράσματα, κατατάσσοντας το 2020 ως το ίδιο ή ελάχιστα λιγότερο/περισσότερο θερμό σε σχέση με το 2016, που κατείχε το ρεκόρ μέχρι τώρα. Οι διαφορές αυτές είναι πολύ μικρής κλίμακας αλλά αναμενόμενες λόγω των διαφορετικών μετρητικών συστημάτων (επίγειων ή/και δορυφορικών), γεωγραφικής κάλυψης, υπολογιστικών μεθόδων, ή περιόδου αναφοράς που χρησιμοποιούνται. Σημειώνεται επίσης, ότι άλλες συνθήκες που σχετίζονται με τη φυσική μεταβλητότητα του κλίματος, όπως για παράδειγμα το μεγάλης κλίμακας φαινόμενο El Niño, ευνόησαν την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας το 2016, σε αντίθεση με το 2020.

Ανεξάρτητα από την ακριβή κατάταξη του 2020, η δεκαετία 2011-2020 είναι η θερμότερη δεκαετία που έχει καταγραφεί παγκοσμίως (Εικόνα 1), συμπεριλαμβάνοντας επίσης τα 6 από τα θερμότερα έτη όλων των εποχών, επιβεβαιώνοντας την εμμονή του φαινομένου της παγκόσμιας θέρμανσης με σχεδόν ανεξέλεγκτους ρυθμούς.

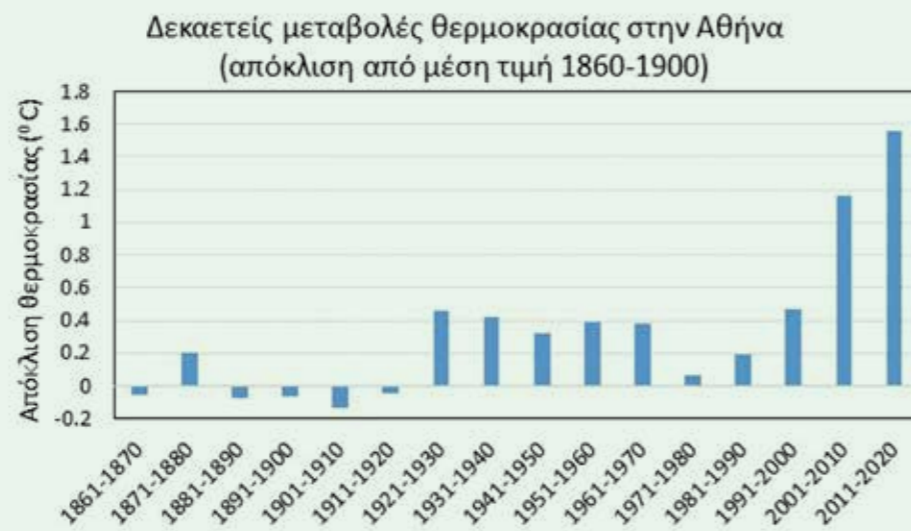
Οι αυξητικές τάσεις της θερμοκρασίας διαφοροποιούνται σημαντικά ανάλογα με την περιοχή. Η Μεσόγειος θεωρείται μια από τις πλέον ευάλωτες περιοχές του κόσμου σε ότι αφορά τις παρατηρούμενες αλλά και μελλοντικές κλιματικές μεταβολές και τις επιπτώσεις που σχετίζονται με τον θερμικό κίνδυνο.

Εστιάζοντας στον Ελλαδικό χώρο, το ιστορικό κλιματικό αρχείο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (ΕΑΑ) με αδιάλειπτες καταγραφές θερμοκρασίας στην Αθήνα από τα μέσα του 19<sup>ου</sup> αιώνα μέχρι σήμερα, αποτελεί τη μοναδική πηγή ιστορικής πληροφορίας για το κλίμα στη χώρα μας, παρέχοντας τη δυνατότητα της μελέτης των κλιματικών μεταβολών σε εκατονταετή και πλέον κλίμακα. Σύμφωνα με το αρχείο, η δεκαετία 2011-2020 είναι συνολικά η θερμότερη όλων των εποχών (19.03 °C). Είναι αξιοσημείωτο ότι τα έξι θερμότερα έτη των τελευταίων 160 χρόνων στην Αθήνα σημειώθηκαν κατά την τελευταία δεκαετία 2011-2020. Η δεκαετία αυτή είναι ήδη κατά 1.5 °C θερμότερη σε σχέση με τη μέση θερμοκρασία της περιόδου 1860-1900 που συνήθως χαρακτηρίζεται ως 'προ-βιομηχανική περίοδος' και σχεδόν 0.4 °C θερμότερη από

Εικόνα 1: Decadal averages of global air temperature at a height of two metres estimated change since the pre-industrial period according to different datasets: ERA5 (ECMWF Copernicus Climate Change Service, C3S); GISTEMPv4 (NASA); HadCRUT5 (Met Office Hadley Centre); NOAAGlobalTempv5 (NOAA), JRA-55 (JMA); and Berkeley Earth. Credit: Copernicus Climate Change Service/ECMWF



Εικόνα 2: Δεκαετείς μεταβολές της θερμοκρασίας στην Αθήνα κατά την περίοδο 1860-2020 (αποκλίσεις από τη μέση τιμή της προ-βιομηχανικής περιόδου 1860-1900). Πηγή: Ιστορικό κλιματικό αρχείο ΕΑΑ.



την προηγούμενη δεκαετία (2001-2010) που ήταν η δεύτερη θερμότερη από το 1860 (Εικόνα 2).

Με μέση θερμοκρασία ίση με 19.2 °C, το 2020 συγκαταλέγεται στα 6 θερμότερα έτη όλων των εποχών (από το 1860) στην Αθήνα, με πρώτα τα έτη 2010 (19.6 °C) και 2016 (19.3 °C), και με οριακές (σχεδόν μηδαμινές) διαφορές από τα υπόλοιπα θερμά έτη. Διάφορα ρεκόρ σημειώθηκαν όμως και κατά τη διάρκεια του 2020. Κατά το διήμερο 16-17 Μαΐου, η θερμοκρασία άγγιξε τους 37 °C, αποτελώντας τον πιο πρώιμο καύσωνα που έχει εμφανιστεί ποτέ στην Αθήνα. Επίσης, ο Σεπτέμβριος και ο Δεκέμβριος του 2020 υπήρξαν οι θερμότεροι όλων των εποχών κυρίως ως προς την ελάχιστη (νυχτερινή) θερμοκρασία. Τις θερμές συνθήκες του Δεκεμβρίου του 2020 ακολούθησε και το ξεκίνημα του 2021, με το πρώτο 10ήμερο του Ιανουαρίου να καταγράφει τις υψηλότερες θερμοκρασίες που έχουν εμφανιστεί ποτέ κατά τη συγκεκριμένη περίοδο του έτους. Οι θερμοκρασίες των 14.8 °C, 18.3 °C και 12.1 °C που αντιστοιχούν στη μέση, μέση μέγιστη και μέση ελάχιστη θερμοκρασία του πρώτου 10ημέρου του 2021 ήταν σχεδόν κατά 5 °C μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες μέσες κλιματικές τιμές της πιο πρόσφατης περιόδου αναφοράς, 1981-2010, στον ιστορικό σταθμό του Θησείου. Πρωτοφανείς ήταν και κάποιες ακραίες τιμές θερμοκρασίας κατά την ίδια περίοδο, όπως η μέγιστη θερμοκρασία που έφτασε έως και τους 22.5 °C, αλλά και η ελάχιστη θερμοκρασία που δεν υποχώρησε κάτω από τους 17 °C.

Ενδιαφέρον παρουσιάζουν όμως και οι παρατηρούμενες μεταβολές στα χαρακτηριστικά της βροχόπτωσης στην Αθήνα. Η σύγκριση της τελευταίας 30ετίας (1991 -2020) σε σχέση με την προηγούμενη της (1961-1990) έδειξε αύξηση στη μέση ετήσια βροχόπτωση κατά 15% περίπου κατά

την τελευταία περίοδο με ταυτόχρονη μείωση του αριθμού ημερών βροχής (ημερήσια βροχόπτωση > 0.1 χιλιοστά) κατά περίπου 3%. Οι μεταβολές στην κατανομή της έντασης της βροχόπτωσης ανάμεσα στις δύο κλιματικές περιόδους είναι όμως εντυπωσιακή. Συγκεκριμένα, η συχνότητα εμφάνισης ημερών με βροχόπτωση > 30 χιλ. διπλασιάστηκε κατά την τελευταία περίοδο, ενώ η αντίστοιχη με βροχόπτωση > 40 χιλ. αυξήθηκε κατά 77%. Τέλος, σε 17 περιπτώσεις η ημερήσια βροχόπτωση ξεπέρασε τα 50 χιλιοστά κατά την περίοδο 1991-2020 έναντι 10 περιπτώσεων της περιόδου 1961-1990. Υπολογίστηκε ότι περίπου το 30% της συνολικής βροχόπτωσης κατά την περίοδο 1991-2020 συγκεντρώθηκε από επεισόδια έντονης βροχόπτωσης (> 30 χιλ./ημέρα), ενώ το αντίστοιχο ποσοστό για την περίοδο 1961-1990 ήταν 16%. Τα στοιχεία αυτά καταδεικνύουν την αύξηση της ραγδαιότητας των βροχοπτώσεων στην περιοχή, ανεξάρτητα από τις όποιες μεταβολές του μέσου ύψους ή των συνολικών ημερών βροχόπτωσης.

Τα παραπάνω στοιχεία για το 2020 αλλά και την τελευταία δεκαετία προκαλούν ανησυχία σχετικά με τη δυνατότητα επίτευξης των στόχων που τέθηκαν στη Συμφωνία του Παρισιού για το κλίμα. Στη Συμφωνία αυτή, οι κυβερνήσεις δεσμεύτηκαν να καταβάλλουν κάθε δυνατή προσπάθεια για να περιορίσουν την αύξηση της παγκόσμιας θερμοκρασίας μέσα στον τρέχοντα αιώνα κάτω από 1.5 °C σε σχέση με την προ-βιομηχανική περίοδο. Όμως τα δεδομένα του 2020 δείχνουν πόσο εύκολο είναι να καταρριφθεί σύντομα ο στόχος αυτός.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τα μετεωρολογικά δεδομένα του ΕΑΑ: Δρ. Δήμητρα Φουντά (Κύρια ερευνήτρια ΕΑΑ, founda@noa.gr), Καθ. Νίκος Μιχαλόπουλος (Διευθυντής ΙΕΠΒΑ, ΕΥ CLIMPACT, nmihalo@noa.gr)

## Η περίοδος της «ανθρωπόπαυσης» κατά τη διάρκεια της πανδημίας COVID-19: Διδάγματα και ερωτήσεις για το περιβάλλον, το κλίμα και την υγεία

Χ. Ζερεφός  
Σ. Σολωμός  
Ι. Καψωμενάκης  
Α. Πούγκου  
Λ. Δημητριάδου  
Η. Πολυχρόνη  
Π. Καλαμπόκας  
Κ. Φιλάνδρας  
Δ. Θάνος

Κέντρον Ερεύνης Φυσικής της  
Ατμοσφαιράς και Κλιματολογίας  
της Ακαδημίας Αθηνών

Ίδρυμα Ιατροβιολογικών Ερευνών  
της Ακαδημίας Αθηνών

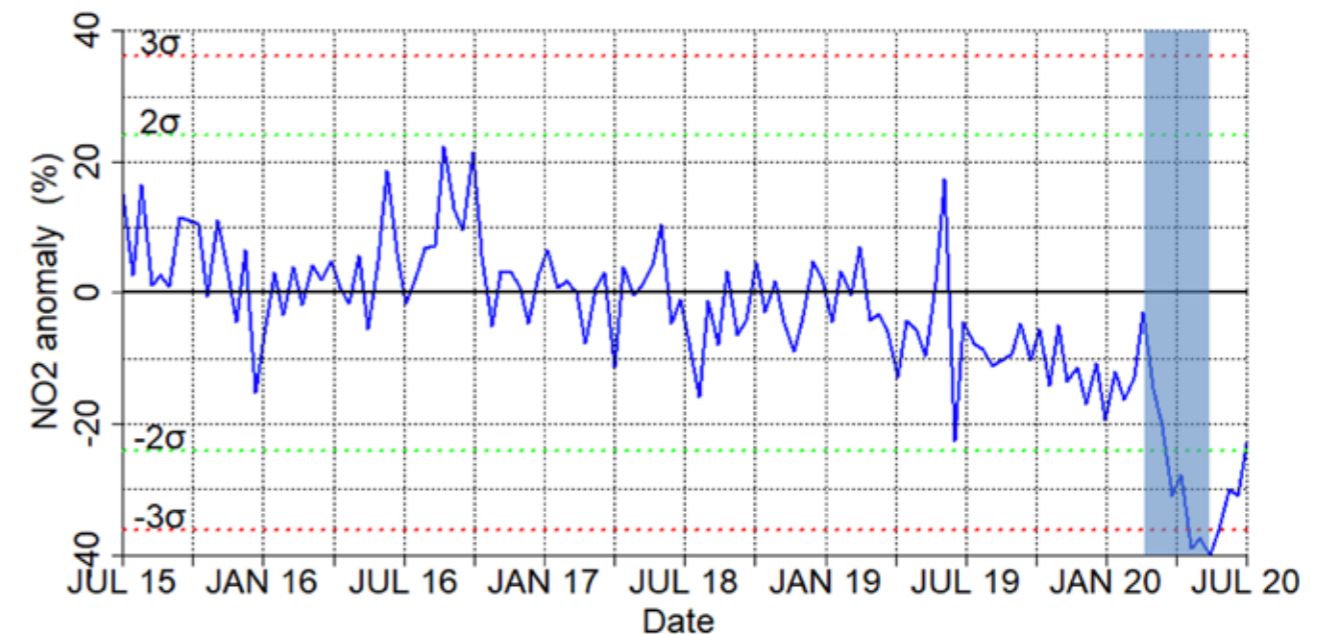
Η πανδημία του κορονοϊού (COVID-19) ανέτρεψε καθοριστικά τα δεδομένα σε παγκόσμια κλίμακα, με αρνητικές επιπτώσεις σε πολλούς τομείς, όπως στην καθημερινή ζωή, την υγεία, τον τουρισμό και την οικονομία. Ωστόσο, η πανδημία είχε και μία θετική επίπτωση: την πρόσκαιρη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε πολλά μέρη ανά τον κόσμο εξαιτίας των αυστηρών μέτρων που πάρθηκαν για τη μείωση της εξάπλωσης του ιού και κατά συνέπεια τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, επ' ωφελεία της υγείας και της ευημερίας των τοπικών πληθυσμών. Σε πρόσφατη μελέτη η οποία διεξήχθη από το Κέντρο Ερεύνης Φυσικής της Ατμοσφαιράς και Κλιματολογίας της Ακαδημίας Αθηνών (Zerefos et al., 2020), βρέθηκε ότι κατά την περίοδο εφαρμογής των αυστηρών περιοριστικών μέτρων (Μάρτιος - Απρίλιος 2020), οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στην Ευρώπη μειώθηκαν σημαντικά φτάνοντας μέχρι τα επίπεδα που αναμένονται μετά το 2050 με την πλήρη εφαρμογή της Πράσινης Συμφωνίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης (European Green Deal<sup>1</sup>). Αυτή η περίοδος περιορισμού της ανθρώπινης δραστηριότητας, η ονομαζόμενη περίοδος «ανθρωπόπαυσης», παρείχε μια σημαντική ευκαιρία να μελετηθούν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι στην Ευρώπη υπό τις συνθήκες μειωμένης ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Τα προαναφερθέντα οφέλη ωστόσο, συνοδεύονται και από το ερώτημα του κατά πόσο αυτά τα επίπεδα ρύπων μπορούν να διατηρηθούν στο πλαίσιο μιας νέας καθημερινότητας και μιας νέας διαφορετικής ίσως νοοτροπίας, καθώς επίσης και από ερωτήματα για τις πιθανές διασυνδέσεις της τωρινής αλλά και μελλοντικών μολυσματικών ασθενειών με την Κλιματική Αλλαγή.

### Επίδραση της πανδημίας στη συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών ρύπων

Κατά την περίοδο Μαρτίου-Απριλίου 2020, ο περιορισμός των μετακινήσεων και των λοιπών δραστηριοτήτων οδήγησαν σε σημαντική μείωση για τις εκπομπές των ανθρωπογενών ρύπων. Η ανάλυση των δεδομένων ποιότητας αέρα, που παρέχονται από τις μετρήσεις των σταθμών του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος, πραγματοποιήθηκε για τέσσερις συγκεκριμένους ρύπους: NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub> και PM<sub>2.5</sub>. Η απόκλιση των συγκεντρώσεων αυτών των ρύπων σε σχέση με το μέσο όρο της περιόδου 2015-2019, υπο-

<sup>1</sup> [https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu\\_en](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/actions-being-taken-eu_en)

δεικνύει σημαντική μείωση για όλους τους ρύπους στην περιοχή της Ευρώπης η οποία κυμαίνεται από -10 έως -70%. Ωστόσο, η σταδιακή άρση των αυστηρών μέτρων κατά τη φάση ανάκαμψης (δηλ. κατά τη διάρκεια των μηνών Μαΐου - Ιουνίου 2020), οδήγησε τις συγκεντρώσεις των ρύπων στα ίδια επίπεδα σε σχέση με την περίοδο πριν από την καθολική καραντίνα. Με άλλα λόγια, η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη διήρκεσε μόνο 2 μήνες. Η διακύμανση αυτή είναι εμφανής στην χρονοσειρά των συγκεντρώσεων NO<sub>2</sub> για την περίοδο 2015-2020 (Σχήμα 1), όπου η απότομη και πολύ σημαντική πτώση της συγκέντρωσης του NO<sub>2</sub> κατά την περίοδο της ανθρωπόπαυσης (σκιασμένο τμήμα) ακολουθείται από μία φάση ανάκαμψης τον Μάιο και τον Ιούνιο του 2020. Είναι σημαντικό να αναφέρουμε εδώ ότι οι παρατηρούμενες αλλαγές στις συγκεντρώσεις των παραπάνω βραχυχρόνιων ρύπων σχετίζονται κυρίως με την ποιότητα του αέρα σε τοπικό επίπεδο. Οποιοσδήποτε πιθανές επιπτώσεις στο παγκόσμιο κλίμα θα απαιτούσαν πολύ μεγαλύτερες περιόδους περιορισμού των εκπομπών προτού να ανιχνευθεί τυχόν αναμενόμενο αποτέλεσμα.



Σχήμα 1. Ποσοστιαία απόκλιση (μέση τιμή 14ημέρου) για τις συγκεντρώσεις NO<sub>2</sub> στην Ευρώπη κατά την περίοδο 2015-2020, με βάση το δίκτυο Eionet. Η σκίαση υποδεικνύει την περίοδο της ανθρωπόπαυσης (πηγή: Zerefos et al., 2020).

### **Επίδραση των μετεωρολογικών συνθηκών στην εξάπλωση της πανδημίας**

Το δεύτερο ερώτημα που προκύπτει, είναι το κατά πόσο οι περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, υγρασία και ποιότητα αέρα) επιδρούν στην εξάπλωση του κορονοϊού. Για το σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη ανάλυση της συσχέτισης μεταξύ της ημερήσιας μεταβλητότητας των περιστατικών COVID-19 και περιβαλλοντικών παραμέτρων όπως η ημερήσια μέση θερμοκρασία, η σχετική υγρασία και οι ημερήσιες μέσες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων με διάμετρο μικρότερη από 2.5 μm (PM2.5). Στη μελέτη αυτή χρησιμοποιήθηκαν ατμοσφαιρικά δεδομένα καθώς και δεδομένα σχετικά με τα κρούσματα κορονοϊού από συνολικά 176 περιφέρειες, προερχόμενες από 18 χώρες της Ευρώπης. Παρόλο που οι μειωμένες θερμοκρασίες και η σχετική υγρασία σε συνδυασμό με τις αυξημένες συγκεντρώσεις σωματιδίων, φάνηκε αρχικά ότι συσχετίζονται με την αύξηση του αριθμού των κρουσμάτων κατά τη διάρκεια των μηνών Μαρτίου και Απριλίου, όταν αυτοί οι υπολογισμοί επανελήφθησαν για το Μάιο και τον Ιούνιο αλλά και για τους τέσσερις μήνες συνολικά (Μάρτιο-Ιούνιο), η συσχέτιση αυτή δεν ήταν εμφανής. Με βάση τα αντιφατικά αποτελέσματα μεταξύ των δύο διαφορετικών περιόδων, δεν προκύπτει η συσχέτιση μεταξύ της διασποράς του ιού και των ατμοσφαιρικών παραμέτρων και η εξάπλωση της νόσου επηρεάζεται κυρίως από την κοινωνική αποστασιοποίηση και την εφαρμογή των μέτρων περιορισμού. Στην πραγματικότητα, παρατηρήθηκε αύξηση των κρουσμάτων COVID-19 και κατά τους θερμούς μήνες του 2020, σε αρκετές περιοχές παγκοσμίως (π.χ. ΗΠΑ).

### **Κλιματική Αλλαγή και μικροβιακές απειλές στην Αρκτική**

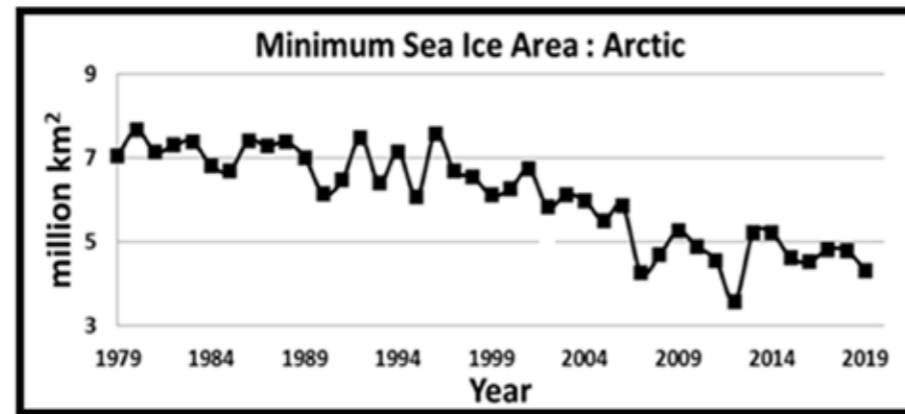
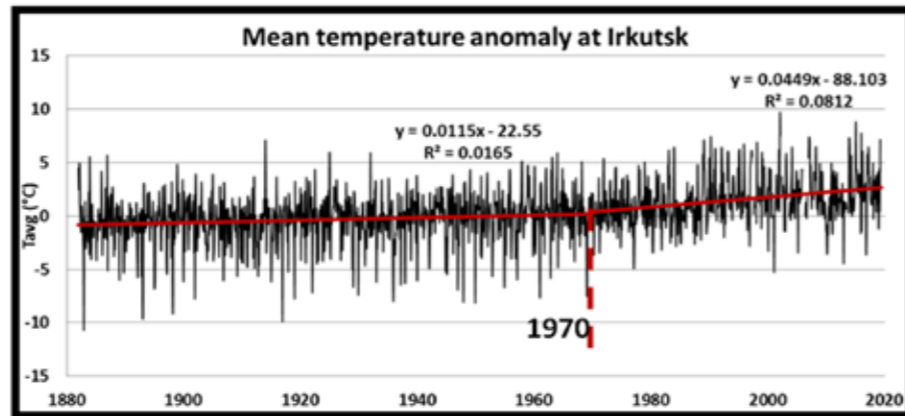
Ένα επιπλέον ερώτημα το οποίο προκύπτει με αφορμή την επιδημία του κορονοϊού, είναι το κατά πόσο η αποσταθεροποίηση του κλίματος ενδέχεται να συνδέεται με τη διασπορά μολυσματικών ασθενειών αλλά και με παρόμοιες απειλές για την παγκόσμια υγεία κατά τη διάρκεια των επόμενων δεκαετιών. Η θεώρηση αυτή έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις ψυχρότερες περιοχές του πλανήτη και ιδιαίτερα για τον Αρκτικό Κύκλο. Από κλιματολογική άποψη, η Κεντρική Ασία είναι μια από τις πιο ευάλωτες περιοχές για την ανθρωπογενή Κλιματική Αλλαγή, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι επτά στις δέκα πανδημίες γρίπης και κορονοϊού τα τελευταία 130 χρόνια προήλθαν από τη Νοτιοανατολική Ασία.

Η αύξηση της θερμοκρασίας σε αυτή την περιοχή είναι ιδιαίτερα εμφανής στο σταθμό του Ιρκούτσκ στη νοτιοανατολική Ρωσία για τα προηγούμενα 140 χρόνια (1880-2020). Η συνεχής καταγραφή της μέσης θερμοκρασίας στο σταθμό αυτό υποδεικνύει θέρμανση σχεδόν 3°C κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου (Σχήμα 2α). Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της θέρμανσης (περίπου 2,5°C) έλαβε χώρα μετά το 1970, όπως φαίνεται επίσης στο Σχήμα 2α. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε αυτές τις περιοχές ενέχει πιθανούς κινδύνους για την παγκόσμια υγεία, μέσω της απελευθέρωσης κατεψυγ-

μένων ιών από μονίμως παγωμένα εδάφη (permafrost). Το permafrost είναι το στρώμα του εδάφους που παραμένει μόνιμα παγωμένο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους, ωστόσο μακροχρόνιες μετρήσεις της θερμοκρασίας του εδάφους σε βάθη 10-200m στην Κεντρική Ασία και τη Ρωσία έχουν δείξει μια συνεχή τάση θέρμανσης αυτών των στρωμάτων κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Η θέρμανση του κλίματος οδηγεί επίσης και στην διεύρυνση του ενεργού στρώματος, δηλαδή του ανώτερου τμήματος του εδάφους που ανταποκρίνεται στις εποχιακές μεταβολές του περιβάλλοντος (θερμοκρασία και βροχόπτωση). Η διαδοχική τήξη των στρωμάτων permafrost από έτος σε έτος λόγω της υπερθέρμανσης του κλίματος, θα μπορούσε τελικά να οδηγήσει στην έκθεση στην ατμόσφαιρα ολοένα βαθύτερων στρωμάτων εδάφους. Κάτι τέτοιο θα έχει σαν συνέπεια την αύξηση της πιθανότητας επανεμφάνισης μολύνσεων από θαμμένα κουφάρια ζώων, τήφους νεκροταφείων και απολιθώματα, καθώς οι θαμμένοι και κατεψυγμένοι παθογόνοι ιοί και τα μικρόβια μπορούν να επιβιώνουν για πολύ μεγάλες χρονικές περιόδους. Παρόμοιες υποθέσεις σχετικά με την απελευθέρωση φορέων θανατηφόρου λοιμώξης από εκτεθειμένα κουφάρια ζώων λόγω απόψυξης του permafrost σε αρκτικές περιοχές, έχουν ήδη αναφερθεί για την περίπτωση του άνθρακα.

Επιπλέον, η υπερθέρμανση της Αρκτικής είναι ιδιαίτερα εμφανής από τις δορυφορικές παρατηρήσεις που δείχνουν τις αλλαγές στην έκταση του αρκτικού θαλάσσιου πάγου από το 1979 ως το 2019 (Σχήμα 2β). Το ετήσιο ελάχιστο της θαλάσσιας περιοχής που καλύπτεται από πάγο συρρικνώθηκε από περίπου 7 εκατομμύρια km<sup>2</sup> πριν από το 2000, σε 5 εκατομμύρια km<sup>2</sup> μετά το 2000. Η συνεχής μείωση του αρκτικού καλύμματος πάγου κατά τους καλοκαιρινούς μήνες θα οδηγήσει τελικά στη δημιουργία ενός πολικού ωκεανού χωρίς πάγο έως τα τέλη αυτού του αιώνα. Αυτό θα μπορούσε να τροποποιήσει τη συμπεριφορά πολλών τοπικών ειδών, συμπεριλαμβανομένων των αποδημητικών πτηνών. Η εμφάνιση νέων τοποθεσιών ενδιάμεσων στάσεων, όπως για παράδειγμα νησιών που ήταν προηγουμένως καλυμμένα από πάγο, και η ικανότητα εύρεσης τροφής στην ανοιχτή θάλασσα μπορεί να αλλάξει τις συνήθειες των πτηνών και τις μεταναστευτικές τους διαδρομές. Για να υπογραμμιστεί η πολυπλοκότητα αυτής της υπόθεσης, αξίζει να σημειωθεί ότι οι κλιματικές μεταβολές στο permafrost είναι πιο εμφανείς κοντά σε λίμνες και υδροβιότοπους ενώ συνοδεύονται επίσης και από γεωλογικές παραμορφώσεις, όπως κατολισθήσεις και καταβυθίσεις του εδάφους. Τέτοιοι υδροβιότοποι αποτελούν περιοχές ανάπαυσης για μια ποικιλία αποδημητικών πτηνών σε αρκετές περιοχές (π.χ. νότια Σιβηρία).

Οι παραπάνω μηχανισμοί συνδέουν την Κλιματική Αλλαγή με πιθανές επιδημικές λοιμώξεις καθώς οι ιοί που προέρχονται από την τήξη του permafrost είναι πιθανό να μπορούν να μεταφερθούν μέσω της ατμόσφαιρας και μέσω των αποδημητικών πτηνών σε χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη, ενισχύοντας τελικά την πολυπλοκότητα των απειλών στην υγεία.



Σχήμα 2.  
α) Μέση μηνιαία θερμοκρασιακή ανωμαλία για το Ιρκούτσκ (1880-2019).  
β) Ελάχιστη ετήσια έκταση του πάγου της Αρκτικής Θάλασσας (σε εκατομμύρια km<sup>2</sup>) από το 1979 έως το 2019 (πηγή: Zerefos et al., 2020).

### Συμπεράσματα και μελλοντικές κατευθύνσεις

Τα παραπάνω αποτελέσματα και οι επιστημονικές υποθέσεις μας φέρνουν μπροστά σε νέες προκλήσεις και κατευθύνσεις σχετικά με την έρευνα για την αλλαγή του κλίματος. Η μείωση των ατμοσφαιρικών ρύπων κατά την περίοδο της ανθρωπόπαυσης δίνει τη δυνατότητα στην παγκόσμια ερευνητική κοινότητα να μελετήσει τα χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας και την ποιότητα του αέρα χωρίς την ανθρώπινη παρέμβαση. Επιπλέον, η υποχώρηση των πάγων και η απόψυξη των στρωμάτων permafrost που αναμένονται τις επόμενες δεκαετίες μπορεί να οδηγήσουν σε νέες και άγνωστες επιδημίες, δημιουργώντας τρομακτικές απειλές για την ανθρωπότητα. Είναι επομένως σημαντικό να πραγματοποιηθούν συνδυασμένες ατμοσφαιρικές και επιδημιολογικές μελέτες καθώς και λεπτομερείς επιστημονικές αποστολές για τη διερεύνηση των πτυχών που σχετίζονται με την επίδραση της Κλιματικής Αλλαγής στην υγεία. Είναι χαρακτηριστικό ότι ακόμα δεν έχει εξακριβωθεί η ακριβής προέλευση του στελέχους SARS-CoV και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει συστήσει κλιμάκιο ειδικών επιστημόνων για να πραγματοποιήσουν σχετική έρευνα στην περιοχή της Ουχάν.

Ωστόσο, συγκεκριμένα είδη ζώων όπως νυχτερίδες και άλλα εξωτικά θηλαστικά πιστεύεται ότι είναι η μεγαλύτερη δεξαμενή για τέτοιου είδους ιούς, επομένως η ανθρωπότητα θα πρέπει να επανεξετάσει ορισμένα κοινωνικά έθιμα και παραδοσιακές δίαιτες που μπορούν να απειλήσουν τη ζωή μας και να οδηγήσουν σε πανδημικές καταστροφές όπως αυτή του COVID-19.

### Βιβλιογραφία

Zerefos, C.S., Solomos, S., Kapsomenakis, J., Poupkou A., Dimitriadou L., Polichroni I., Kalabokas P., Philandras K., Thanos D., Lessons learned and questions raised during and post-COVID-19 anthropopause period in relation to the environment and climate. *Environ. Dev. Sustain.* (2020). <https://doi.org/10.1007/s10668-020-01075-4>





Αναστάσιος Ι. Στάμου

Υπεύθυνος του ΕΜΠ του CLIMPACT, Καθηγητής και Διευθυντής του Εργαστηρίου Εφαρμοσμένης Υδραυλικής

## Κλιματική Αλλαγή, πλημμύρες και επιπτώσεις στην υγεία

Σύμφωνα με τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την Κλιματική Αλλαγή (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC), η Κλιματική Αλλαγή ορίζεται ως η αλλαγή που παρατηρείται στο κλίμα, ως συνέπεια άμεσων ή έμμεσων ανθρώπινων δραστηριοτήτων που μεταβάλλουν την παγκόσμια ατμοσφαιρική σύσταση, σε συνδυασμό και με τη φυσική μεταβολή του κλίματος, που παρατηρείται σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους. Η Κλιματική Αλλαγή μπορεί να επιφέρει σοβαρές αρνητικές επιπτώσεις στη σύνθεση, την ανθεκτικότητα και την παραγωγικότητα των φυσικών και διαχειριζόμενων οικοσυστημάτων, στη λειτουργία των κοινωνικοοικονομικών συστημάτων και στην ανθρώπινη υγεία και ευημερία.

Οι πλημμύρες είναι ήδη ένας από τους πιο διαδεδομένους υδρομετεωρολογικούς κινδύνους και η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) προβλέπει ότι η Κλιματική Αλλαγή είναι πιθανό να προκαλέσει αύξηση των περιστατικών πλημμύρας σε πολλές περιοχές του κόσμου. Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος «Οι πλημμύρες των ποταμών είναι από τα πιο καταστροφικά φυσικά φαινόμενα στην Ευρώπη. Κατά τον 21<sup>ο</sup> αιώνα, οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής μπορεί να επιφέρουν τριπλασιασμό των άμεσων ζημιών από τις πλημμύρες εάν δεν ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα». Οι πλημμύρες ενέχουν κινδύνους για τη δημόσια υγεία και στοιχεία που προέρχονται από αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες υποδηλώνουν ότι οι επιπτώσεις των πλημμυρών στην υγεία ξεπερνούν κατά πολύ την άμεση φυσική απειλή που αντιμετωπίζει ο άνθρωπος εν μέσω τέτοιων φυσικών φαινομένων.

Η απώλεια ζωής, συνήθως από πνιγμό, και οι τραυματισμοί τόσο κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας όσο και αμέσως μετά την υποχώρηση των υδάτων αποτελούν τις άμεσες και αναγνωρίσιμες επιπτώσεις μιας πλημμύρας. Στη συνέχεια, σε όλες πρακτικά τις εκτιμήσεις των επιπτώσεων μιας πλημμύρας, η προσοχή συγκεντρώνεται στον προσδιορισμό των οικονομικών ζημιών, μη δίνοντας την απαιτούμενη σημασία σε άλλες σημαντικές επιπτώσεις που μπορεί να έχουν οι πλημμύρες στη δημόσια υγεία.

Ο στόχος του παρόντος άρθρου είναι να απαντήσει συνοπτικά και συστηματικά στα ακόλουθα δυο βασικά ερευνητικά ερωτήματα (1) «ποιες είναι οι επιπτώσεις των πλημμυρών στην υγεία;» και (2) «ποια είναι τα μέτρα και ενέργειες στις σημερινές συνθήκες Κλιματικής Αλλαγής με τα οποία μπορούμε να περιορίσουμε τις επιπτώσεις των πλημμυρών στην υγεία;».

Οι επιπτώσεις των πλημμυρών στην υγεία έχουν αρκετά μεγάλο εύρος και μπορούν να διακριθούν σε άμεσες, βραχυπρόθεσμες, μεσοπρόθεσμες

και μακροπρόθεσμες. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η πλημμύρα μπορεί να αυξήσει την έκθεση σε τοξίνες και παθογόνα, να έχει επιπτώσεις στην ψυχική υγεία και να διαταράξει την ικανότητα των συστημάτων υγειονομικής περίθαλψης να ανταποκριθούν σε κρίσεις υγείας.

Στην Εικόνα 1 που δομήθηκε με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία και εμπειρία παρουσιάζονται οι επιπτώσεις των πλημμυρών (Π1 μέχρι Π12) στο περιβάλλον και τις Υπηρεσίες Κοινής Ωφέλειας (ΥΚΩ) και οι συνεπαγόμενες επιπτώσεις στην υγεία (Υ1 μέχρι Υ6). Αρχικά, καταγράφονται οι άμεσες επιπτώσεις (Υ1 και Υ2), όπως είναι οι θάνατοι, κυρίως από πνιγμό, και τα ατυχήματα εξαιτίας του πλημμυρίσματος δρόμων (Π1) ή και υποθερμίες (ιδίως σε παιδιά και ηλικιωμένους που παραμένουν παγιδευμένοι στα νερά των πλημμυρών για μεγάλα χρονικά διαστήματα), ηλεκτροπληξίες και καρδιαγγειακές παθήσεις από το πλημμύρισμα κατοικιών (Π2). Η ρύπανση και μόλυνση των υδατικών πόρων (ποταμών, υπόγειων και παράκτιων νερών) που προκαλείται από το πλημμύρισμα/ξέπλυμα (α) δρόμων (Π6, από λάδια, περιττώματα σκύλων), (β) αγροτικών εκτάσεων (Π7, από φυτοφάρμακα, ζωικά απόβλητα και μικρόβια), και (γ) εγκαταστάσεων που περιέχουν τοξικές ενώσεις ή/και μικρόβια (Π8), όπως βιομηχανίες, νοσοκομεία, Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ) και ΧΥΤΑ, μπορεί να αυξήσουν τον κίνδυνο εκδήλωσης μολυσματικών ασθενειών, όπως είναι οι διαρροϊκές ασθένειες εξαιτίας της κατανάλωσης νερού μολυσμένου με παθογόνους μικροβιακούς παράγοντες, αλλά και τον κίνδυνο εμφάνισης δερματίτιδας, επιπεφυκίτιδας και λοιμώξεων του λαιμού, της μύτης και του αυτιού από την άμεση επαφή με μολυσμένο νερό (Υ5). Επιπλέον, οι πλημμύρες μπορεί να οδηγήσουν σε διατάραξη της ισορροπίας του περιβάλλοντος και των οικοσυστημάτων και σε υπέρμετρη ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και των αντίστοιχων ξενιστών τους, αυξάνοντας έτσι τον επιπολασμό ασθενειών που μεταδίδονται με διαβιβαστές (Υ5). Υποβάθμιση της ποιότητας του πόσιμου νερού (Ε3) μπορεί να προκύψει από την υπερφόρτιση Εγκαταστάσεων Επεξεργασίας Νερού (ΕΕΝ) (Π9) ή τη διακοπή της παροχής του ηλεκτρικού ρεύματος εξαιτίας πλημμυρίσματος υποσταθμών (Π3), η οποία μπορεί επίσης να οδηγήσει στην υπερφόρτιση των δικτύων αποχέτευσης και των ΕΕΛ (Π5), αλλά και στη διακοπή της λειτουργίας δομών υγείας προκαλώντας έτσι βλάβες στην υγεία ασθενών, όπως π.χ. με χρόνιες παθήσεις, εξαιτίας της αδυναμίας παροχής των απαιτούμενων υπηρεσιών φροντίδας υγείας (Υ4). Επιπλέον, το πλημμύρισμα κατοικιών μπορεί να προκαλέσει ρύπανση και μόλυνση, καθώς και ανάπτυξη τοξικής μούχλας και σπόρων στην οροφή, στους τοίχους και στη μόνωση που οδηγούν σε έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία, όπως αλλεργίες, άσθμα και άλλα αναπνευστικά προβλήματα (Υ3). Οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις των πλημμυρών στην υγεία, που μπορεί να εμφανιστούν μήνες έως και χρόνια μετά το συμβάν, περιλαμβάνουν τις ψυχικές διαταραχές, την κατάθλιψη και το μετατραυματικό στρες (Υ6), που πυροδοτούνται την απότομη και απρόβλεπτη αλλαγή του περιβάλλοντος, την απώλεια αγαπημένων προσώπων και περιουσίας και την αδυναμία ανταπόκρισης στις καθημερινές, κυρίως οικονομικές, ανάγκες.

Όλοι οι πληθυσμοί που πλήττονται από πλημμύρες διατρέχουν άμεσο ή έμμεσο κίνδυνο επιπτώσεων στην υγεία κατά τη διάρκεια και μετά το συμβάν, λόγω εκτοπισμού, καταστροφής ιδιοκτησίας ή ψυχολογικών διαταραχών. Ωστόσο, ορισμένες ομάδες διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο από άλλες για νοσηρότητα και θνησιμότητα που σχετίζονται με πλημμύρες. Οι πλέον ευάλωτες ομάδες περιλαμβάνουν άτομα με περιορισμένη φυσική ικανότητα ή περιορισμένη κινητικότητα, που απαιτούν συγκεκριμένη φαρμακευτική αγωγή, που χρειάζονται φροντίδα στο σπίτι ή τακτικές επισκέψεις σε εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης, που κατοικούν σε περιοχές με δύσκολη πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας και που έχουν ελλιπή πληροφόρηση και προειδοποίηση για επικείμενες πλημμύρες.

Για να αντιμετωπίσουμε τις παραπάνω επιπτώσεις, πρέπει να εφαρμόζουμε μέτρα και ενέργειες, στα οποία περιλαμβάνονται τα ακόλουθα:

M1: Σχεδιάζουμε τα αντιπλημμυρικά έργα και γενικότερα τα έργα υποδομής λαμβάνοντας υπόψη τις επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής. Σημαντικό ρόλο σε αυτό έχουν οι κανονισμοί και οι προδιαγραφές σχεδιασμού των έργων αυτών, καθώς και η οριοθέτηση των ρεμάτων και ποταμών.

M2: Χωροθετούμε τις εγκαταστάσεις ΥΚΩ, όπως ΕΕΛ, ΕΕΝ, ΧΥΤΑ, υποσταθμούς, νοσοκομεία, βιομηχανίες, σε περιοχές με περιορισμένο πλημμυρικό κίνδυνο, και τις προστατεύουμε με τα απαιτούμενα αντιπλημμυρικά έργα. Η ορθή χωροθέτηση υποβοηθείται από τα σχέδια χρήσης γης που αποτελούν μέρος του Χωροταξικού Σχεδιασμού.

M3: Ενημερώνουμε και εκπαιδεύουμε τους κατοίκους για την απαιτούμενη συμπεριφορά τους κατά τη διάρκεια πλημμυρών, δίνοντας προσοχή (α) στους κυριότερους κινδύνους και (β) στα άτομα που αντιμετωπίζουν προβλήματα υγείας (βλ. επίσης M6). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι περισσότεροι θάνατοι από πλημμύρες (>75-80%) οφείλονται σε πνιγμό, οπότε η σχετική ενημέρωση, όπως π.χ. ότι 45 cm νερού σε ένα δρόμο μπορεί να «σηκώσουν» και να παρασύρουν ένα αυτοκίνητο SUV, είναι ιδιαίτερα χρήσιμη.

M4: Σχεδιάζουμε και εφαρμόζουμε Συστήματα Έγκαιρης Προειδοποίησης Πλημμυρών (ΣΕΠ), τα οποία συνδυάζονται με σχέδια έκτακτης ανάγκης και προγράμματα εκκένωσης. Στα σχέδια αυτά ενσωματώνουμε μέτρα πρόληψης της υγείας και οργάνωσης χώρων άμεσης περίθαλψης σε περίπτωση πλημμύρας. Σημειώνεται, ότι στο πλαίσιο του CLIMPACT σχεδιάζεται το πρώτο ΣΕΠ στην Ελλάδα στην περιοχή της Μάνδρας Δ. Αττικής.

M5: Πραγματοποιούμε ενέργειες που διασφαλίζουν την ποιότητα του νερού, την υγιεινή, και την ασφάλεια των τροφίμων κατά τη διάρκεια μιας πλημμύρας και την προσωπική προστασία κατά τις διαδικασίες καθαρισμού των περιοχών που έχουν πληγεί.

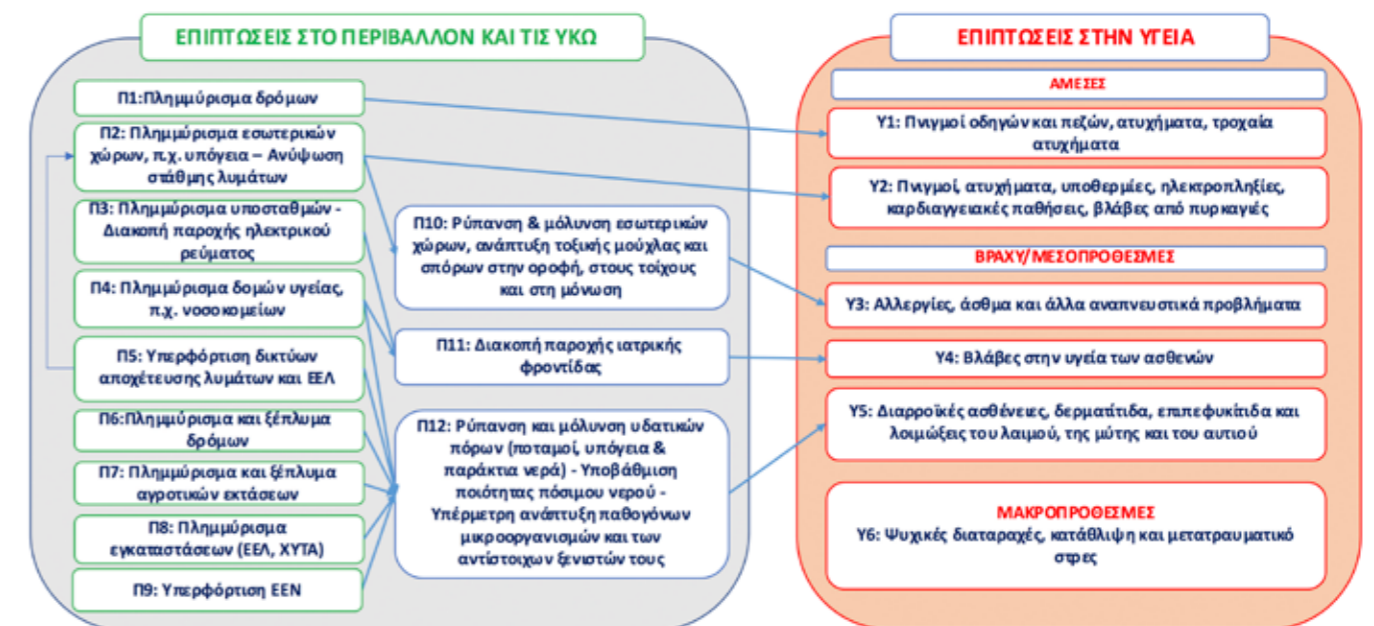
M6: Στις Ζώνες Δυνητικά Υψηλού Κινδύνου Πλημμύρας, οι οποίες καθορίστηκαν στο πλαίσιο της Προκαταρκτικής Αξιολόγησης Κινδύνων Πλημμύρας, εντοπίζουμε τις ευάλωτες ομάδες του πληθυσμού που η υγεία τους διατρέχει δυνητικά υψηλό κίνδυνο, όπως άτομα που πάσχουν από χρόνιες

ασθένειες (και χρειάζονται συνεχή θεραπεία) και αλλεργίες, παιδιά, ηλικιωμένους και έγκυες γυναίκες.

M7: Αναπτύσσουμε προγράμματα συνεχούς επιτήρησης και αυξημένης εγρήγορσης για τυχόν εμφάνιση λοιμώξεων και συγκεκριμένων ασθενειών που έχουν ιδιαίτερη σημασία για τη διαφύλαξη της δημόσιας υγείας. Πραγματοποιούμε επιδημιολογικές μελέτες με σκοπό τη μελέτη κατανομής και εξέλιξης διαφόρων ασθενειών στον ανθρώπινο πληθυσμό, περιλαμβανομένων και αυτών που αφορούν την ψυχική υγεία, και των παραγόντων που τις διαμορφώνουν μετά από πλημμύρες.

M8: Παρακολουθούμε και εκτιμούμε διαχρονικά τη ψυχική υγεία και ευεξία των ατόμων που επλήγησαν από τις πλημμύρες.

Με τα προαναφερθέντα μέτρα και ενέργειες, αρκετά από τα οποία ήδη σχεδιάζονται και υλοποιούνται στη χώρα μας, καθίστανται ανθεκτικότερες οι ΥΚΩ και οι υποδομές μας στις επιπτώσεις των πλημμυρών στην υγεία. Στις σημερινές συνθήκες, ο σχεδιασμός και η υλοποίησή των μέτρων και ενεργειών απαιτεί την ενεργή συμμετοχή της Πολιτείας και τις απαιτούμενες, όπως για όλα τα θέματα Κλιματικής Αλλαγής, διεπιστημονικές προσεγγίσεις και συνεργασίες.



Εικόνα 1. Επιπτώσεις των πλημμυρών στην Υγεία

## Οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην υγεία και οι προκλήσεις για τις χώρες της Μεσογείου

Άννα Καράλη  
Γιάννα Κίτσαρά  
Χρήστος  
Γιαννακόπουλος

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Η Κλιματική Αλλαγή αναγνωρίζεται όλο και περισσότερο ως σοβαρή απειλή, για όλες τις πτυχές της κοινωνίας, συμπεριλαμβανομένων των αυξανόμενων κινδύνων για την ανθρώπινη ζωή και την υγεία (WHO 2018). Οι κλιματικές και περιβαλλοντικές αλλαγές προκαλούν ένα ευρύ φάσμα επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία και την ευημερία των χωρών της Μεσογείου, καθώς η τελευταία αποτελεί μια από τις πιο ευάλωτες περιοχές παγκοσμίως στην Κλιματική Αλλαγή, καθώς και μία από τις πιο περίπλοκες.

Η τρωτότητα του πληθυσμού στις επιπτώσεις του κλίματος επηρεάζεται έντονα από την πληθυσμιακή πυκνότητα, το επίπεδο οικονομικής ανάπτυξης, την κατανομή του εισοδήματος, τις τοπικές περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς και από την ποιότητα και τη διαθεσιμότητα των συστημάτων δημόσιας υγείας (Woodward et al. 2000). Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Περιβάλλοντος, η υγεία του πληθυσμού της Ευρώπης αναμένεται να επηρεαστεί δυσμενώς από την Κλιματική Αλλαγή, μέσω της αύξησης των πολύ υψηλών θερμοκρασιών και των πλημμυρικών φαινομένων, καθώς και των αλλαγών στην γεωγραφική κατανομή μεταδοτικών ασθενειών. Σε ευρύτερο επίπεδο, η απώλεια της βιοποικιλότητας και η υποβάθμιση της γης, ως επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής, μπορούν επίσης να επηρεάσουν την ανθρώπινη ευημερία απειλώντας την παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών, όπως είναι η πρόσβαση σε πόσιμο νερό και η παραγωγή τροφίμων.

Σύμφωνα με την τελευταία έκθεση της IPCC (2014), οι επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στην υγεία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής: α) άμεσες επιπτώσεις λόγω της αυξημένης συχνότητας και σφοδρότητας ακραίων καιρικών φαινομένων, β) επιπτώσεις που εκδηλώνονται μέσα από άλλες περιβαλλοντικές συνιστώσες, όπως ατμοσφαιρική ρύπανση, αύξηση πυρκαγιών και μεταβαλλόμενες μορφές ασθενειών που μεταδίδονται μέσω ξενιστών, τροφίμων και νερού και γ) επιπτώσεις οι οποίες προκύπτουν στον πληθυσμό λόγω της υποβάθμισης του περιβάλλοντος και των οικονομικών προβλημάτων που προκύπτουν εξαιτίας της Κλιματικής Αλλαγής (επιπτώσεις στην ψυχική υγεία, μετακινήσεις πληθυσμών και επιβράδυνση της οικονομικής ανάπτυξης).

Στην πρόσφατη έκθεση του δικτύου MedECC (2020), αναφέρεται ότι η Μεσόγειος με τους 500 εκ. κατοίκους της, είναι η δεύτερη περιοχή παγκοσμίως μετά την Αρκτική που αναμένεται να επηρεαστεί περισσότερο από την Κλιματική Αλλαγή. Οι ακραίες υψηλές θερμοκρασίες του αέρα που αναμένεται να επικρατούν θα συμβάλλουν άμεσα (μέσω της θερμικής πίεσης) και έμμεσα (μέσω αυξημένων επιπέδων όζοντος και άλλων δευτερογενών ρύπων) σε αύξηση του αριθμού των ασθενειών του κυκλο-

φορικού, καρδιαγγειακού, αναπνευστικού συστήματος, καθώς και των θανάτων ιδίως ηλικιωμένων, παιδιών, ατόμων με χρόνια ιατρικά προβλήματα, καθώς και ομάδων χαμηλότερου κοινωνικό-οικονομικού προφίλ. Επίσης, λόγω των φαινομένων καύσωνα αναμένεται αυξημένο θερμικό στρες και αύξηση των θανάτων σε εργάτες γης, ηλικιωμένους και ευάλωτες κοινωνικά ομάδες ιδιαίτερα στα μεγάλα αστικά κέντρα. Κάθε χρόνο, περίπου ένα εκατομμύριο θάνατοι οφείλονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση σε εξωτερικούς και εσωτερικούς χώρους στις περιοχές της Ευρώπης και της Ανατολικής Μεσογείου. Ιδιαίτερα αναφέρονται οι συνεπιπτώσεις μεταξύ των επιπέδων του όζοντος και των κλιματικών μεταβλητών, ειδικά κατά τη διάρκεια των ημερών καύσωνα, με υψηλή χρονική και χωρική μεταβλητότητα. Παρατηρείται αύξηση της θνησιμότητας 1,66-2,1% για κάθε αύξηση της θερμοκρασίας 1 ° C (MedECC 2020).

Οι πλημμύρες με τη σειρά τους μπορεί να έχουν επιπτώσεις στις υποδομές ύδρευσης μολύνοντας τις προμήθειες πόσιμου νερού, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό και να δημιουργήσουν χώρους αναπαραγωγής εντόμων που μεταφέρουν ασθένειες. Οι πρόσφατες αλλαγές του κλίματος και του τοπίου στη λεκάνη της Μεσογείου μπορεί να δημιουργήσουν κατάλληλα περιβάλλοντα για κουνούπια, τσιμπούρια και άλλους φορείς που είναι ευαίσθητοι στο κλίμα και μπορεί να επιδεινώσουν ασθένειες που μεταδίδονται από φορείς αυτού του είδους. Επίσης, οι αλλαγές στο κλίμα είναι πιθανό να επιμηκύνουν τις εποχές μετάδοσης και τη γεωγραφική κατανομή σημαντικών ασθενειών που μεταδίδονται από ξενιστές, ενώ ορισμένα τοξικά θαλάσσια είδη θα μπορούσαν να επεκτείνουν το εύρος της κατανομής τους. Τέλος, η Κλιματική Αλλαγή και τα ακραία γεγονότα έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην ψυχική υγεία για άτομα που βιώνουν απώλεια εισοδήματος, στέγης και καταστροφές σε δημόσιες υποδομές.

Η ετοιμότητα του τομέα της υγείας και η προσαρμογή του στην Κλιματική Αλλαγή, περιλαμβάνει την προσαρμογή των συστημάτων υγείας στην αυξημένη νοσηρότητα λόγω ακραίων φαινομένων καθώς και την προσαρμογή του δομημένου περιβάλλοντος προκειμένου να αντιμετωπίσει τις ακραίες κλιματικές συνθήκες. Η ποιότητα των συστημάτων υγείας και η προσβασιμότητα στην υγειονομική περίθαλψη διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των χωρών της Μεσογείου. Τα συστήματα υγείας στη Μεσόγειο καλούνται να αντιμετωπίσουν την Κλιματική Αλλαγή στο πλαίσιο ενός ολοένα και πιο γερασμένου πληθυσμού, ο οποίος είναι ιδιαίτερα ευάλωτος στις ακραίες θερμοκρασίες, της αύξησης των μεταδοτικών ασθενειών και των μεταναστευτικών ροών σε χώρες της Μεσογείου (MedECC 2020). Για τα συστήματα υγείας κυρίως στη νότια Μεσόγειο, άλλη μία πρόκληση είναι οι φθίνουσες πηγές χρηματοδότησης για αυτόν τον τομέα (Sanderson et al. 2018). Ενώ οι επενδύσεις στην προσαρμογή του τομέα της υγείας φαίνεται να είναι οικονομικά αποδοτικές (Jeuken et al. 2016), σύμφωνα με το Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP 2018) μόνο μία στις 22 χώρες της ανατολικής Μεσογείου έχει σχέδιο δράσης για την αντιμετώπιση πολύ υψηλών θερμοκρασιών.



Πηγή: ecomena.org

Η Διεθνής Στρατηγική των Ηνωμένων Εθνών για τη μείωση των καταστροφών μέσω της παγκόσμιας καμπάνιας "Making Cities Resilient—My City is Getting Ready"(UNISDR, 2015) και σχετικά με τους κινδύνους για την υγεία, καλεί τις ευάλωτες περιοχές στην Κλιματική Αλλαγή να εξετάσουν το ενδεχόμενο να υιοθετήσουν μία σειρά από δράσεις ανάλογα με τις ανάγκες αλλά και την τρωτότητα τους σε τοπικό επίπεδο. Οι δράσεις αυτές περιλαμβάνουν την προετοιμασία σχεδίων αντιμετώπισης ακραίων καιρικών φαινομένων, συμπεριλαμβανομένων και συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης, καθώς και τη διεξαγωγή μελετών αξιολόγησης των κινδύνων της Κλιματικής Αλλαγής με ορίζοντα 20-50 χρόνων, για τον εντοπισμό των κύριων απειλών για τη δημόσια υγεία. Τέλος, για τις Μεσογειακές πόλεις προτείνονται δράσεις όπως ο σχεδιασμός πολιτικών προσαρμογής με τη συνέργεια διαφόρων επιπέδων διακυβέρνησης (τοπικό, εθνικό, διεθνές), καθώς και η δημιουργία υποδομών και η ενίσχυση της ανθεκτικότητας των συστημάτων δημόσιας υγείας με ενέργειες προσαρμογής στο κοντινό και απώτερο μέλλον (Paz et al, 2016).

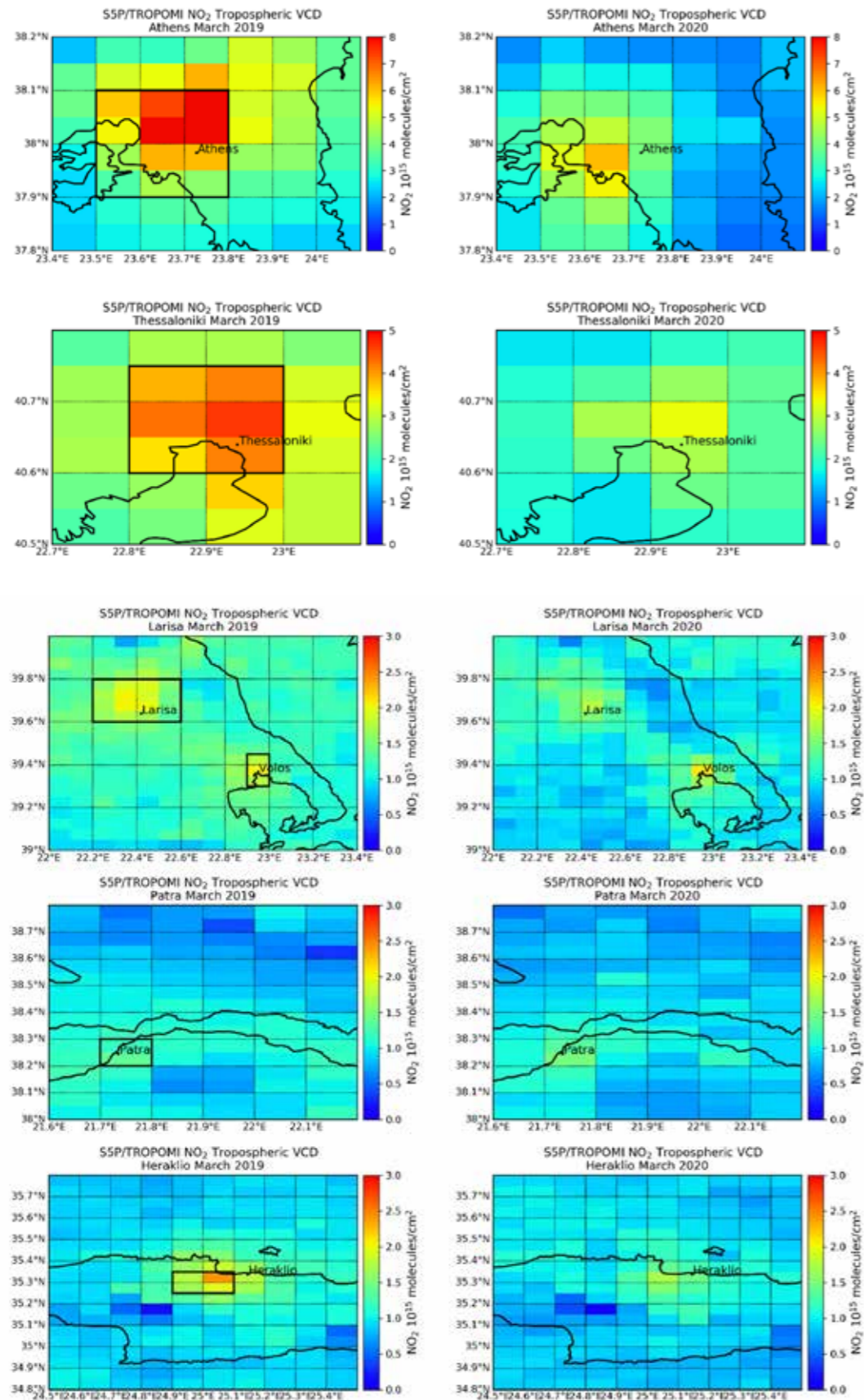
Στις ανωτέρω μελέτες για την εκτίμηση του κλιματικού κινδύνου χρησιμοποιούνται κλιματικοί δείκτες που βασίζονται σε παραμέτρους όπως η θερμοκρασία του αέρα και η βροχόπτωση και οι οποίοι σχετίζονται κυρίως με την εμφάνιση και συχνότητα ακραίων κλιματικών φαινομένων (π.χ. ημέρες με καύσωνα, αριθμός τροπικών νυκτών, ημέρες με έντονη βροχόπτωση). Επιπλέον, χρησιμοποιούνται και σύνθετοι βιοκλιματικοί δείκτες που περιγράφουν την επίδραση του θερμικού περιβάλλοντος στον άνθρωπο. Τέτοιοι δείκτες λαμβάνουν υπόψη είτε τη συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας και της υγρασίας (π.χ. Heat Index-HI και Humidex-HD), είτε την επίδραση της θερμοκρασίας, της υγρασίας, του ανέμου και της ακτινοβολίας (π.χ. UTCI και PET ).

Η Ελλάδα ως μέρος της Μεσογείου είναι ιδιαίτερα ευάλωτη σε κινδύνους για την υγεία και στην ποιότητα ζωής των ανθρώπων ως αποτέλεσμα της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής (Εθνική Στρατηγική για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή). Μέσω του «Εθνικού Δικτύου για την Κλιματική Αλλαγή» (CLIMPACT), θα γίνει προσπάθεια να τεκμηριωθούν με τη χρήση κατάλληλων δεικτών οι περιβαλλοντικές επιδράσεις που προκαλεί η Κλιματική Αλλαγή στους διάφορους κοινωνικο-οικονομικούς τομείς της χώρας, επηρεάζοντας άμεσα ή έμμεσα την ανθρώπινη υγεία και ευημερία.

#### REFERENCES:

- COP24 (2018) special report: health and climate change. Geneva: World Health Organization; 2018. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Cataloguing-in-Publication (CIP) data. ISBN 978-92-4-151497-2. CIP data are available at <http://apps.who.int/iris>.
- Jeuken A, Bouwer LM, Burzel A, Bosello F, Decian E et al. 2016 Bottom-up climate adaptation strategies towards a sustainable Europe. EU-wide economic evaluation of adaptation to climate change. <https://base-adaptation.eu/sites/default/files/D.6.3.pdf>
- MedECC (2020) Paz S, Díaz J, Linares C, Negev M, Sánchez Martínez G, 2020 Health. Climate and Environmental Change in the Mediterranean Basin – Current Situation and Risks for the Future. First Mediterranean Assessment Report [Cramer, W., Guiot, J., Marini, K. (eds.)] Union for the Mediterranean, Plan Bleu, UNEP/MAP, Marseille, France, 600pp, in press.
- Paz S, Negev M, Clermont A, Green M.S (2016), Health Aspects of Climate Change in Cities with Mediterranean Climate, and Local Adaptation Plans, Int J Environ Res Public Health. 2016 Apr; 13(4): 438. doi: 10.3390/ijerph13040438, PMC4847100.
- Sanderson H, Hildén M, Russel D, Penha-Lopes G, Capriolo A (eds.) 2018 Adapting to climate change in Europe: exploring sustainable pathways, from local measures to wider policies. Elsevier, <https://www.elsevier.com/books/adapting-to-climate-change-in-europe/sanderson/978-0-12-849887-3>
- Smith, K.R., A. Woodward, D. Campbell-Lendrum, D.D. Chadee, Y. Honda, Q. Liu, J.M. Olwoch, B. Revich, and R. Sauerborn, (2014): Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 709-754.
- UNISDR (2015) United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR) Making Cities Resilient: My City is Getting Ready. Available online: <http://www.unisdr.org/campaign>.
- World Health Organization (WHO)(2009), "Addressing climate change in health care setting", HEALTHY HOSPITALS, HEALTHY PLANET, HEALTHY PEOPLE. Health Care Without Harm (HCWH). Available at: <https://practicegreenhealth.org/pubs/toolkit/reports/ClimateChange.pdf>
- WHO (2018) COP24 special report: health and climate change. World Health Organisation. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO. Geneva
- Woodward A, Hales S, Litidamu N, Phillips D, Martin J (2000) Protecting human health in a changing world: The role of social and economic development. Bull. World Health Organ. 78, 1148–1155. doi: 10.1590/S0042-96862000000900010

## Αιφνίδιες αλλαγές στις εκπομπές διοξειδίου του αζώτου στην Ελλάδα λόγω της πανδημίας COVID-19 μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων



Μαριλίζα Κουκουλή  
Ιωάννα Σκουλίδου  
Δημήτρης Μπαλής

Εργαστήριο Φυσικής της  
Ατμόσφαιρας, Τμήμα Φυσικής,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο  
Θεσσαλονίκης.  
mariliza@auth.gr

Η άνευ προηγουμένου οδηγία στις σύγχρονες ειρηνικές εποχές για σχεδόν ολοκληρωτική απαγόρευση κυκλοφορίας του Ελληνικού πληθυσμού, ως μέσο προστασίας από το σοβαρό οξύ αναπνευστικό σύνδρομο CoronaVirus-2, κοινώς γνωστό ως COVID-19, έχει προκαλέσει ακούσιες θετικές επιπτώσεις στα επίπεδα ποιότητας του αέρα της χώρας. Μέσω δορυφορικών παρατηρήσεων από το όργανο S5P/TROPOMI [Κουκουλή et al., 2020] και προσομοιώσεις από το μοντέλο χημείας και μεταφοράς LOTOS-EUROS [Skoulidou et al., 2020] μπορούμε να ποσοτικοποιήσουμε την συνεισφορά της μετεωρολογίας για τις μειώσεις αυτές δείχνοντας ότι το μέγεθος αυτών των μειώσεων δεν μπορεί να αποδοθεί αποκλειστικά στη διαφορά μετεωρολογικών παραγόντων που επηρεάζουν τα επίπεδα  $\text{NO}_2$  κατά τον Μάρτιο και τον Απρίλιο του 2020 και τις αντίστοιχες χρονικές περιόδους του προηγούμενου έτους. Αυτή η περίπτωση μπορεί να βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να εφαρμόσουν πιο στοχοθετημένα μέτρα για να βοηθήσουν την Ελλάδα να μειώσει περαιτέρω τις εκπομπές σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα ποιότητας του αέρα.

Η μέση τιμή για την τροποσφαιρική στήλη  $\text{NO}_2$  από τον S5P/TROPOMI σε  $10^{15}$  molecules/cm<sup>2</sup>, δίνεται για τον Μάρτη 2019 [αριστερά] και 2020 [δεξιά] για τις έξι μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδας, από πάνω προς τα κάτω: Αθήνα [37.98° N, 23.72° E], Θεσσαλονίκη [40.64° N, 22.94° E], Λάρισα [39.63° N, 22.41° E], Βόλος [39.36° N, 22.95° E], Πάτρα [38.24° N, 21.73° E] and Ηράκλειο [35.33° N, 25.14° E]. Οι έξι αυτές πόλεις, σύμφωνα με τη την απογραφή πληθυσμού του 2011, περιλαμβάνουν τα 4.45 εκ των 10.8 εκατομμυρίων του Ελληνικού πληθυσμού όπου και αναμένουμε τις μεγαλύτερες διαφορές στις εκπομπές λόγω αυτοκίνησης.

Figure 1. Μέσες μηνιαίες τροποσφαιρικές στήλες  $\text{NO}_2$  από το όργανο S5P/TROPOMI, σε  $10^{15}$  molecules/cm<sup>2</sup>, για τον Μάρτη 2019 [αριστερά] και τον Μάρτη 2020 [δεξιά] για τις έξι μεγάλες πόλεις της Ελλάδας, από πάνω προς τα κάτω: Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Λάρισα και Βόλο, Πάτρα και Ηράκλειο. Τα έντονα τετράγωνα στην αριστερή στήλη δηλώνουν τα ρίξελ που χρησιμοποιήθηκαν στην ανάλυση.

Τα επίπεδα  $\text{NO}_2$  είναι ανάλογα του πληθυσμού της κάθε πόλης, με την Αθήνα και τη Θεσσαλονίκη να έχουν τα υψηλότερα επίπεδα ενώ οι υπόλοιπες τέσσερις πόλεις να παρουσιάζουν μία παρόμοια κατάσταση (Figure 1). Αρχικά, μπορούμε να παρατηρήσουμε ότι για το μήνα Μάρτιο οι σχετικές διαφορές στα επίπεδα του  $\text{NO}_2$  που παρατηρήθηκαν από το δορυφορικό όργανο μεταξύ 2019 και 2020 κυμαίνονται μεταξύ -3 και -34% ενώ για τον μήνα Απρίλιο μεταξύ -1% και -27%, εκτός από την περίπτωση του Βόλου όπου παρατηρείται μία αύξηση ίση με 5% (Figure 2, upper). Γενικά τα επίπεδα της τροποσφαιρικής στήλης  $\text{NO}_2$  είναι υψηλότερα στις περιπτώσεις του Μαρτίου σε σχέση με τα αντίστοιχα του μήνα Απριλίου. Οι μεταβολές στις εκπομπές έχουν ποσοτικοποιηθεί υπολογίζοντας τις ποσοστιαίες διαφο-

## Κλιματική Αλλαγή και θερμικός κίνδυνος, με έμφαση στις αστικές περιοχές

Δρ. Δήμητρα Φουντά

Κύρια ερευνήτρια ΕΑΑ,  
Ινστιτούτο Ερευνών  
Περιβάλλοντος και  
Βιώσιμης Ανάπτυξης

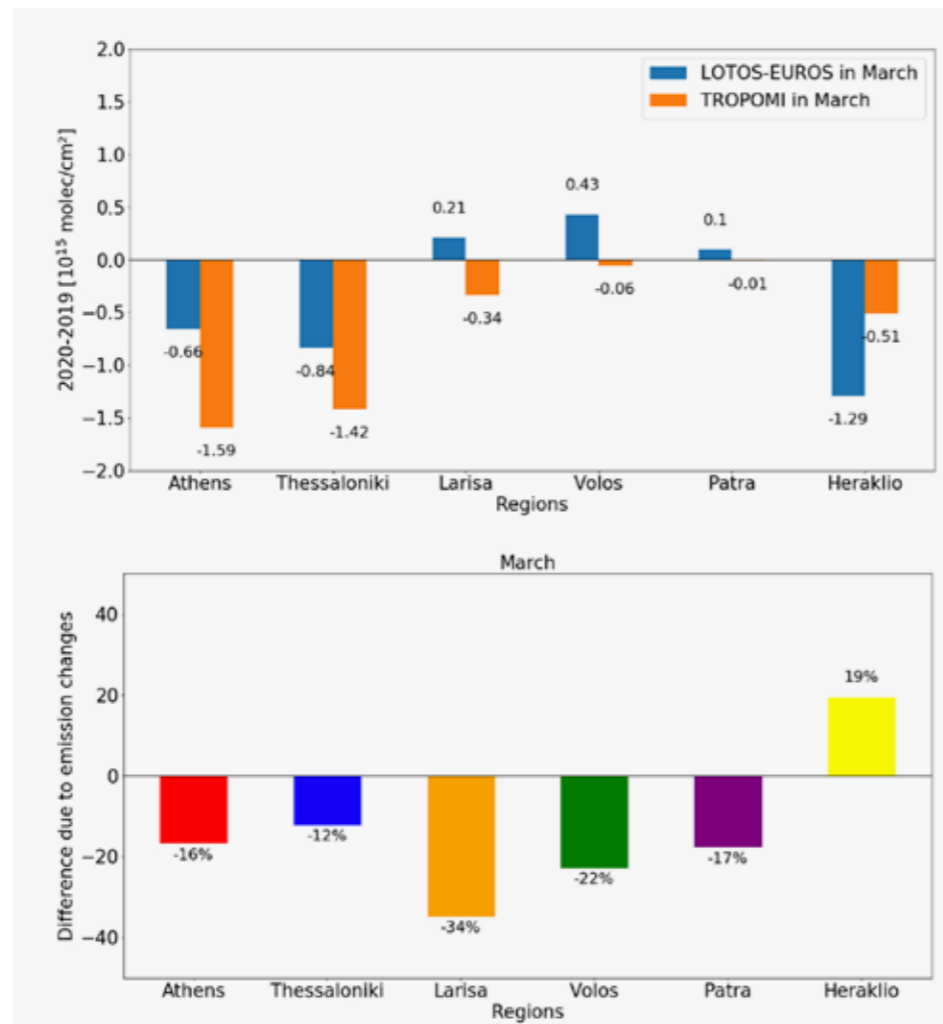


Figure 2. Upper: Μέσες μηνιαίες απόλυτες διαφορές τροποσφαιρικής στήλης ( $10^{15}$  molecules/cm<sup>2</sup>) μεταξύ 2020 και 2019 από τον TROPOMI [πορτοκαλί] και το LOTOS-EUROS [μπλε] για τις έξι μεγαλύτερες πόλεις της Ελλάδος, από αριστερά προς τα δεξιά: Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Λάρισα, Βόλος, Πάτρα και Ηράκλειο. Lower: Οι ποσοστιαίες διαφορές που αποδίδονται στις μεταβολές των εκπομπών για τον μήνα Μάρτιο.

ρές του LOTOS-EUROS μεταξύ του 2019 και του 2020 και τις αντίστοιχες από τον TROPOMI και αφαιρώντας τις δύο αυτές ποσοστιαίες διαφορές μεταξύ τους. Οι μεταβολές υπολογίστηκαν περίπου -16% για την Αθήνα, -12% για τη Θεσσαλονίκη, -34% για τη Λάρισα, -22% για τον Βόλο, -17% για την Πάτρα και απροσδόκητα θετικές, +19%, για το Ηράκλειο (Figure 2, lower).

### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Koukoulis, M.-E., Skoulidou, I., Karavias, A., et al., Sudden changes in nitrogen dioxide emissions over Greece due to lockdown after the outbreak of COVID-19, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/acp-2020-600>, accepted, 2020.
- Skoulidou, I., Koukoulis, M.-E., Manders, A., et al., Evaluation of the LOTOS-EUROS NO<sub>2</sub> simulations using ground-based measurements and S5P/TROPOMI observations over Greece, *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, <https://doi.org/10.5194/acp-2020-987>, in review, 2020.

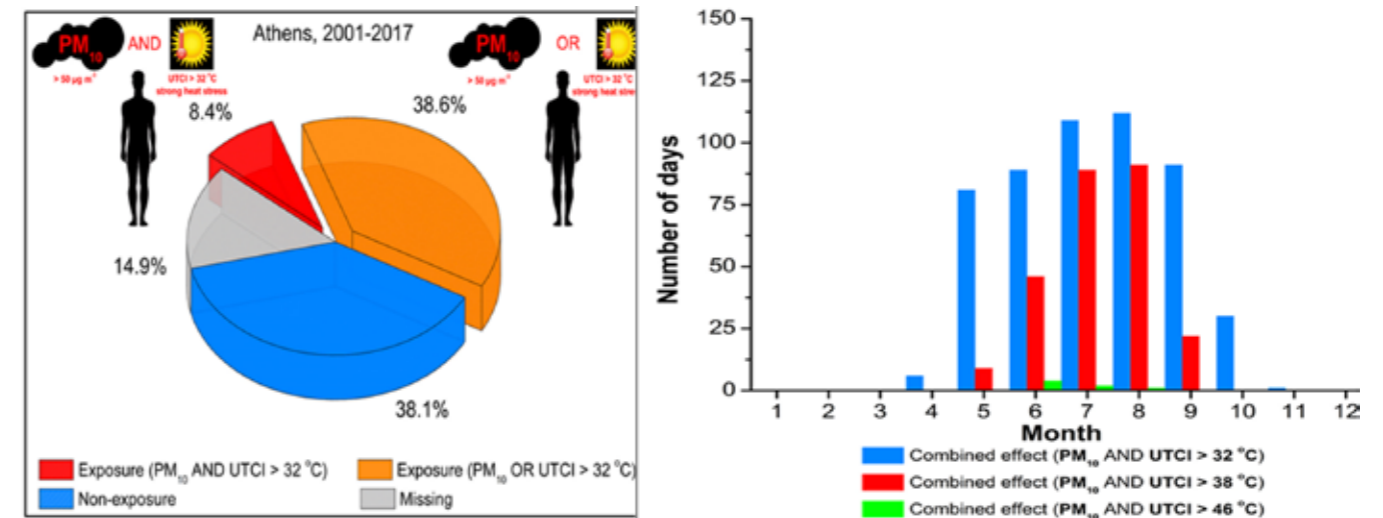
Παρά τις παγκόσμιες προσπάθειες για αναχαίτιση της Κλιματικής Αλλαγής, η θερμοκρασία του πλανήτη συνεχίζει να αυξάνεται με γρήγορους ρυθμούς, με κάθε δεκαετία από το 1980 και μετά να είναι θερμότερη από την προηγούμενη της. Η υπερθέρμανση του πλανήτη απειλεί άμεσα την ανθρώπινη υγεία και ασφάλεια με ποικίλους τρόπους, όπως η έκθεση σε υψηλές θερμοκρασίες, παρατεταμένες ξηρασίες, ακραία καιρικά και καταστροφικά φαινόμενα (πλημμύρες, πυρκαγιές), αλλά και διαμόρφωση ευνοϊκότερων συνθηκών για μετάδοση διάφορων ασθενειών. Ο περιορισμός της παγκόσμιας ανόδου της θερμοκρασίας στους 1.5°C αντί για τους 2°C εκτιμάται ότι θα μπορούσε να μειώσει κατά 420 εκατομμύρια τον πληθυσμό που θα εκτίθεται συχνά σε ακραία κύματα ζέστης (καύσωνες), γεγονός που καταδεικνύει τη μεγάλη σημασία του συγκεκριμένου στόχου. Παρά το γεγονός ότι η αύξηση της θερμοκρασίας και κατά τους χειμερινούς μήνες μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του κινδύνου (θνησιμότητα/νοσηρότητα) που συνδέεται με τις χαμηλές θερμοκρασίες, η μείωση αυτή δε φαίνεται να ισοσταθμίζει την αύξηση του θερμικού κινδύνου που σχετίζεται με υψηλές θερμοκρασίες.

Ήδη στο ξεκίνημα του 21ου αιώνα, η παγκόσμια κοινότητα παρακολουθεί τα ολέθρια αποτελέσματα του φονικότερου καύσωνα όλων των εποχών, το 2003, που κόστισε τη ζωή σε περισσότερους από 70,000 Ευρωπαίους. Μελέτες έδειξαν ότι η παγκόσμια θέρμανση αύξησε κατά 50% την πιθανότητα ενός τέτοιου συμβάντος που ανέδειξε για πρώτη φορά το μέγεθος του θερμικού κινδύνου και των καταστροφικών επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής στην υγεία των πολιτών που μέχρι τότε είχαν μάλλον υποτιμηθεί. Επιπλέον, έκανε σαφές ότι οι επιπτώσεις αυτές αφορούν όλους, ακόμα και τις πιο ανεπτυγμένες χώρες, με καλύτερες υποδομές υγείας, συστημάτων προειδοποίησης κ.ά. Τα χρόνια που ακολούθησαν απλά επιβεβαίωσαν τους φόβους αυτούς. Την τελευταία δεκαετία ειδικότερα, πρωτοφανείς καύσωνες πλήττουν ολόενα και συχνότερα χώρες της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης, θέτοντας σε σοβαρό κίνδυνο πολίτες αλλά και οικοσυστήματα που δεν είναι προσαρμοσμένα σε τέτοιες συνθήκες.

Η περιοχή της Μεσογείου έχει χαρακτηριστεί ως μία από τις πιο ευάλωτες περιοχές (hot spot) παγκοσμίως ως προς το θερμικό κίνδυνο, ενώ μεγάλες πόλεις της ανατολικής Μεσογείου όπως η Αθήνα και η Λευκωσία, αναφέρονται ως από τις πλέον ευάλωτες σε μελλοντικό θερμικό κίνδυνο, μεταξύ 571 ευρωπαϊκών πόλεων. Αν και ο μεσογειακός πληθυσμός είναι γενικά καλύτερα προσαρμοσμένος σε συνθήκες υψηλών θερμοκρασιών, η οποιαδήποτε αύξηση στην ένταση, συχνότητα, διάρκεια, αλλά και αλλαγές στην εποχικότητα των θερμών επεισοδίων, θα εκθέσουν τον πληθυσμό σε

μεγαλύτερο θερμικό κίνδυνο, ιδιαίτερα εκείνη τη μερίδα του πληθυσμού που ανήκει στις ευάλωτες ομάδες. Η εποχικότητα, δηλαδή ο χρόνος εμφάνισης θερμών επεισοδίων, είναι ιδιαίτερης σημασίας καθώς φαίνεται να έχει άμεση συσχέτιση με τον θερμικό κίνδυνο. Πρώιμοι καύσωνες έχει αποδειχθεί ότι συνδέονται με μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας/νοσηρότητας παγκοσμίως κυρίως λόγω μειωμένου εγκλιματισμού, καθυστερημένης προετοιμασίας των αρχών αλλά και για ψυχολογικούς λόγους. Το 2007 εμφανίζεται για πρώτη φορά καύσωνας το μήνα Ιούνιο στην Ελλάδα, με το φαινόμενο να επαναλαμβάνεται και μέσα στα επόμενα χρόνια, ενώ κατά το διήμερο 16-17 Μαΐου 2020 κάνει την εμφάνισή του ο πιο πρώιμος 'μίνι' καύσωνας όλων των εποχών (τουλάχιστον από τα μέσα του 19ου αιώνα σύμφωνα με το ιστορικό αρχείο του ΕΑΑ), με θερμοκρασίες που έφτασαν τους 37 °C στην Αθήνα. Η ανάλυση παρατηρήσεων σε διάφορους σταθμούς της ανατολικής Μεσογείου έδειξε ολοένα και πιο πρόωρη εμφάνιση, αλλά και πιο καθυστερημένη λήξη, ακραίων υψηλών θερμοκρασιών από τα μέσα της δεκαετίας του '70 και μετά, και κατά συνέπεια επιμήκυνση της περιόδου έκθεσης του πληθυσμού σε θερμικό κίνδυνο<sup>1</sup>. Στην Αθήνα, η επιμήκυνση της περιόδου εμφάνισης υψηλών θερμοκρασιών είναι εντυπωσιακή, φτάνοντας έως 5ημέρες/δεκαετία για θερμοκρασίες >35 °C. Εντυπωσιακή είναι όμως και η αύξηση της περιόδου εμφάνισης πολύ υψηλών νυχτερινών θερμοκρασιών (>26 °C), με ρυθμό έως και 10ημέρες/δεκαετία. Η διατήρηση των υψηλών θερμοκρασιών και κατά τις νυχτερινές ώρες είναι εξαιρετικά επιβλαβερή για την υγεία, καθώς εμποδίζει τον οργανισμό να επανακάμψει από το ημερήσιο θερμικό φορτίο.

Οι αστικές περιοχές είναι πιο ευάλωτες στο θερμικό κίνδυνο, λόγω της πυκνότητας του πληθυσμού και των ιδιαίτερων θερμικών συνθηκών του αστικού περιβάλλοντος. Σήμερα, το 57% του παγκόσμιου πληθυσμού ζει σε πόλεις (με την τάση να είναι αυξητική), ενώ το ποσοστό για τις χώρες της ΕΕ αγγίζει το 74%. Στην Ελλάδα, σχεδόν ο μισός πληθυσμός είναι συγκεντρωμένος γύρω από 2 μεγάλες πόλεις. Οι θερμικές συνθήκες στις πόλεις διαμορφώνονται και από το φαινόμενο της Αστικής Θερμικής Νησίδας (ΑΘΝ) που επιβαρύνει περαιτέρω τα αποτελέσματα της παγκόσμιας (ή περιοχικής) θέρμανσης. Ο διαφορετικός τρόπος που απορροφούν και εκπέμπουν την ηλιακή ακτινοβολία τα υλικά του δομημένου περιβάλλοντος, η κάλυψη/χρήση της γης και η έλλειψη πρασίνου που μειώνουν το ψυκτικό αποτέλεσμα μέσω της εξατμισοδιαπνοής, και η ανθρωπογενής θερμότητα είναι κάποιοι από τους παράγοντες που καθιστούν τις πόλεις θερμότερες από τις γύρω μη αστικές περιοχές και το σχηματισμό της ΑΘΝ. Πρόσφατες μελέτες αποδεικνύουν όμως και σημαντικές συνέργειες μεταξύ ΑΘΝ και θερμών επεισοδίων που ενισχύουν περαιτέρω την ένταση της ΑΘΝ (έως και 3.5 °C στην περίπτωση της Αθήνας) κατά τη διάρκεια καυσώνων και κατά συνέπεια και το θερμικό κίνδυνο στις αστικές σε σύγκριση με τις μη αστικές περιοχές<sup>2</sup>. Άλλοι μηχανισμοί ή τοπικές κυκλοφορίες (π.χ. θαλάσσιες αύρες) που επίσης αλληλεπιδρούν με τους καύσωνες, διαμορφώνουν συνεχώς ένα μοτίβο θερμών και ψυχρότερων νησίδων στην πόλη, που μεταβάλλεται σημαντικά και κατά τη διάρκεια του 24ωρου.



Εικόνα 1: Αριστερά: ποσοστό ημερών όπου ο πληθυσμός είναι εκτεθειμένος σε περιβάλλον με ταυτόχρονη υπέρβαση του ορίου PM<sub>10</sub> (> 50 µg m<sup>-3</sup>) και του κατώφλιου «ισχυρής θερμής επιβάρυνσης» (UTCI > 32 °C, για τουλάχιστον μια ώρα την ημέρα), με υπέρβαση μιας εκ των δύο συνθηκών, με καμία υπέρβαση των εξεταζόμενων συνθηκών καθώς και το ποσοστό ημερών με ελλείπουσες τιμές την περίοδο 2001–2017. Δεξιά: Μηνιαία κατανομή του αριθμού ημερών όπου παρατηρούνται ταυτόχρονες υπερβάσεις του ορίου PM<sub>10</sub> (> 50 µg m<sup>-3</sup>) με ένα εκ των κατωφλίων «ισχυρής θερμής επιβάρυνσης» (UTCI > 32 °C), «πολύ ισχυρής θερμής επιβάρυνσης» (UTCI > 38 °C) και «ακραίας θερμής επιβάρυνσης» (UTCI > 46 °C). Πηγή: ΘΕΣΠΙΑ-2 ΠΑΡΑΔΟΤΕΟ Π1.2 (Δράση 1.2): Συνέργεια Αστικής Θερμικής Νησίδας, Κλιματικής Αλλαγής και ατμοσφαιρικής ρύπανσης – Επιπτώσεις στην υγεία (Δ. Φουντά, Γ. Καταβούτας, Φ. Πιέρρος).

Οι μελέτες των επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία βασίζονται κυρίως στη θερμοκρασία του αέρα. Για παράδειγμα, υψηλές (35 °C) και πολύ υψηλές (40 °C) θερμοκρασίες αέρα έχει αποδειχθεί ότι συνδέονται με αύξηση κατά 20% και 35% αντίστοιχα της ημερήσιας καρδιαγγειακής και αναπνευστικής θνησιμότητας ατόμων άνω των 65 ετών στην Αθήνα<sup>3</sup>. Άλλοι θερμικοί (βιοκλιματικοί) δείκτες περιγράφουν την επίδραση του θερμικού περιβάλλοντος στον άνθρωπο λαμβάνοντας υπόψη τη συνδυασμένη επίδραση μετεωρολογικών παραμέτρων, όπως για παράδειγμα θερμοκρασίας-υγρασίας (απλοί δείκτες) ή τη συνδυασμένη επίδραση της θερμοκρασίας, υγρασίας, ανέμου και ακτινοβολίας, έχοντας ταυτόχρονα θερμοφυσιολογικό υπόβαθρο σε όλο το εύρος των θερμικών ανταλλαγών μεταξύ ανθρώπινου σώματος και περιβάλλοντος (προηγμένοι δείκτες). Σύμφωνα με τον προηγμένο δείκτη UTCI (Universal Thermal Climate Index, εκφρασμένο σε °C), ο χρόνος έκθεσης του πληθυσμού σε συνθήκες ισχυρής ή πολύ ισχυρής θερμικής επιβάρυνσης έχει υπερδιπλασιαστεί στην Αθήνα από το 1960 και μετά<sup>4</sup>. Σε συνδυασμό και με την ατμοσφαιρική ρύπανση, ένα μεγάλο ποσοστό του χρόνου οι πολίτες στις αστικές περιοχές είναι εκτεθειμένοι σε κάποιο περιβαλλοντικό κίνδυνο. Για παράδειγμα, υπολογίστηκε ότι το 38% τουλάχιστον του χρόνου της περιόδου 2001-2017, οι κάτοικοι του κέντρου της Αθήνας ήταν εκτεθειμένοι είτε σε συνθήκες ισχυρής θερμικής επιβάρυνσης ή σε περιβάλλον με υπέρβαση ορίων των αιωρούμενων σωματιδίων (PM<sub>10</sub>), ενώ σε ποσοστό > 8% ήταν εκτεθειμένοι και στους δύο κινδύνους ταυτόχρονα (Εικόνα 1).

Το μέγεθος του θερμικού κινδύνου (risk) εκφρασμένου ως αυξημένη θνησιμότητα/νοσηρότητα είναι σε κάθε περίπτωση συνάρτηση της έντασης/εμμότης του ίδιου του φαινομένου και της ευπάθειας ή τρωτότητας (vulnerability) του πληθυσμού. Η τελευταία εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως για παράδειγμα η ηλικία, η κατάσταση υγείας, το φύλλο ή και η προσαρμοστικότητα του πληθυσμού. Η ετοιμότητα των αρχών αλλά και διάφορες κοινωνικές συνθήκες όπως το εισόδημα, η χρήση κλιματιστι-

κού, η δυνατότητα έγκαιρης προειδοποίησης, πρόσβασης σε δροσιζόμενα μέρη, λήψης ιατρικής βοήθειας, το επίπεδο κατανόησης/συμμόρφωσης με τις οδηγίες για λήψη μέτρων κ.ά. διαμορφώνουν επίσης σε μεγάλο βαθμό την ευπάθεια του πληθυσμού. Ίσως το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα στη χώρα μας που αναδεικνύει το πόσο μπορεί να μεγεθύνει τον θερμικό κίνδυνο (θνησιμότητα/νοσηρότητα) η αυξημένη ευπάθεια του πληθυσμού σε συνδυασμό με την ένταση και άλλα χαρακτηριστικά του καιρικού φαινομένου, αποτελεί η περίπτωση του καύσωνα του 1987. Η υποτίμηση του κινδύνου και η έλλειψη έγκαιρης ενημέρωσης-προειδοποίησης για λήψη μέτρων, η ανύπαρκτη παροχή βοήθειας, η έλλειψη συστημάτων δροσίσιμου ακόμα και σε μονάδες υγείας, σε συνδυασμό με την πρωτοφανή εμμονή του φαινομένου και τα αυξημένα επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων, αλλά και τη διατήρηση των νυχτερινών θερμοκρασιών σε πολύ υψηλά επίπεδα, κόστισε τη ζωή σε 1000 περίπου πολίτες μόνο στην πόλη της Αθήνας. Η συντριπτική πλειοψηφία των θανάτων αφορούσε ηλικιωμένους, γεγονός που επίσης καταδεικνύει την ευπάθεια αυτής της ομάδας του πληθυσμού. Αξίζει να προστεθεί στο σημείο αυτό ότι δημογραφικά στοιχεία συνηγορούν στη μετάβαση σε ένα 'γρηραιότερο' πληθυσμό τις επόμενες δεκαετίες. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο στις χώρες της ΕΕ, όπου – σύμφωνα με στοιχεία της EUROSTAT- ήδη το 2019 σχεδόν το ένα πέμπτο του συνολικού πληθυσμού ήταν άνω των 65 ετών, ενώ το ποσοστό άνω των 80 ετών αναμένεται σχεδόν να τριπλασιαστεί μέχρι το τέλος του αιώνα (από 5.8% σε 14.6%). Στην Ελλάδα, το ποσοστό ατόμων ηλικίας άνω των 65 ετών αυξήθηκε κατά 3% περίπου μεταξύ 2009 και 2019 και αναμένεται να αποτελεί το 36.5% του συνολικού πληθυσμού της χώρας το 2050.

Το αν και σε τι βαθμό θα επιδεινωθούν οι επιπτώσεις στην υγεία από ακραίες θερμοκρασίες στις αστικές περιοχές τις επόμενες δεκαετίες εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως την εφαρμογή μέτρων για μείωση της αστικής θερμοκηφίδας, την εφαρμογή εκπαιδευτικών προγραμμάτων για το κοινό, την προετοιμασία των αρχών και των υποδομών υγείας, το επίπεδο προσαρμοστικότητας του πληθυσμού μέσω του εγκλιματισμού, κ.ά.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Founda D., Varotsos K. V., Pierros F. and Giannakopoulos C. (2019): Observed and projected shifts in hot extremes' season at the Eastern Mediterranean. *Global and Planetary Change* 175, 190-200, doi:10.1016/j.gloplacha.2019.02.012.
2. Founda D. and Santamouris M. (2017): Synergies between Urban Heat Island and Heat Waves in Athens (Greece), during an extremely hot summer (2012). *Scientific Reports*, 7: 10973 | <https://www.nature.com/articles/s41598-017-11407-6>.
3. Paravantis J, Santamouris M, Cartalis C, Efthymiou C, Kontoulis N. (2017): Mortality Associated with High Ambient Temperatures, Heat waves, and the Urban Heat Island in Athens, Greece. *Sustainability*. 9(4):606. <https://doi.org/10.3390/su9040606>.
4. Katavoutas G. and Founda D. (2019): Intensification of urban thermal risk in Mediterranean climates: Evidence from rational and simple thermal indices, *International Journal of Biometeorology*, 63(9), 1251-1264, doi:10.1007/s00484-019-01742-w.

## Ελλείψει περιοριστικών μέτρων, οι υψηλές θερμοκρασίες δεν περιορίζουν κατά ουσιαστικό τρόπο τη διασπορά του κορωνοϊού

Δ. Παρασκευής, Ε.Γ. Κωστάκη, Ν. Αλυγιζάκης, Ν. Θωμαΐδης  
Κ. Καρτάλης, Σ. Τσιόδρας, Θ. Δημόπουλος (Πρύτανης ΕΚΠΑ)

Ερευνητική ομάδα του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών

Σε άρθρο<sup>1</sup> που υπογράφει ερευνητική ομάδα του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (Δ. Παρασκευής, Ε.Γ. Κωστάκη, Ν. Αλυγιζάκης, Ν. Θωμαΐδης, Κ. Καρτάλης, Σ. Τσιόδρας και Θ. Δημόπουλος, Πρύτανης ΕΚΠΑ) εξετάζεται η επίδραση μετεωρολογικών και κλιματικών μεταβλητών στην πανδημία COVID-19 μέσα από τη συνδυαστική ανάλυση ερευνητικών αποτελεσμάτων που έχουν δημοσιευθεί διεθνώς, από το Μάρτιο του 2020.

Από την ανάλυση διαπιστώθηκε ότι τα αποτελέσματα αναφορικά με την επίδραση των μετεωρολογικών και κλιματικών μεταβλητών στον COVID-19 είναι αντικρουόμενα. Συγκεκριμένα, αν και οι περισσότερες μελέτες εντόπισαν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας (καθώς και άλλες μεταβλητές όπως η διάρκεια της ηλιοφάνειας, η υγρασία, κ.α.) οδηγεί στη μείωση του αριθμού των κρουσμάτων COVID-19, όταν στην ανάλυση συμπεριλήφθηκαν και παράμετροι που αναφέρονταν στις παρεμβάσεις προστασίας δημόσιας υγείας (λ.χ. περιορισμός της κινητικότητας, αποστάσεις) τότε δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ των μετεωρολογικών και κλιματικών συνθηκών και του COVID-19. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει τη σημασία της ενδελεχούς διερεύνησης ως προς το αν οι ανεξάρτητες μεταβλητές δεν εμφανίζουν πολύ-συγγραμμικότητα.

Στην πραγματικότητα διαπιστώθηκε ότι τα περιοριστικά μέτρα έχουν πολύ ισχυρότερη επίδραση

στην πορεία της πανδημίας σε σχέση με τις μετεωρολογικές ή κλιματικές συνθήκες, οι οποίες μπορούν να εξηγήσουν μόνο το 18% της διακύμανσης των περιστατικών COVID-19. Άλλες σημαντικές παράμετροι που βρέθηκαν να σχετίζονται με τη μετάδοση του ιού ήταν τα επίπεδα της ανθρώπινης κινητικότητας καθώς και ο αριθμός των εισαγόμενων κρουσμάτων σε κάθε περιοχή.

Τα παραπάνω συμπεράσματα επιβεβαιώνονται από τη σημαντική αύξηση των κρουσμάτων COVID-19 που παρατηρήθηκε το καλοκαίρι του 2020 σε αρκετές Ευρωπαϊκές χώρες στο βόρειο ημισφαίριο. Συγκεκριμένα, μετά την άρση των περιοριστικών μέτρων, η Αλβανία, η Βουλγαρία, η Βόρεια Μακεδονία και η Σερβία ήταν μεταξύ των χωρών που κατέγραψαν σημαντική αύξηση περιστατικών (Ιούνιος 2020), ακολουθούμενες από την Αυστρία, την Κροατία, τη Δανία, τη Γαλλία, την Ελλάδα, τη Ρουμανία, την Ισπανία, την Ολλανδία και την Ουκρανία. Η σημαντική αύξηση του κρουσμάτων υποδηλώνει ότι ο ιός μπορεί να προκαλέσει εστίες διασποράς ακόμα και σε υψηλές εξωτερικές θερμοκρασίες, όπως εν μέσω θερινής περιόδου στη Νότια Ευρώπη.

Τα ευρήματα αυτά τονίζουν ότι, ελλείψει προστατευτικών μέτρων για τη δημόσια υγεία, οι μετεωρολογικές και κλιματικές συνθήκες δεν μπορούν να περιορίσουν κατά ουσιαστικό τρόπο τη διασπορά του κορωνοϊού (SARS-CoV-2).

<sup>1</sup> «A review of the impact of weather and climate variables to COVID-19: In the absence of public health measures high temperatures cannot probably mitigate outbreaks», *Science of The Total Environment*, 2020.





# CLIMPACT

ΕΘΝΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



ΑΚΑΔΗΜΙΑ



ΑΘΗΝΑΝ



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



ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΕΡΕΥΝΑΣ  
ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ»



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ  
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ  
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΓΓΕΚ  
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ  
ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

**Επικοινωνήστε με το Δίκτυο**

**[Climpact@noa.gr](mailto:Climpact@noa.gr)**

Τηλ. 210 3490107

Επιμέλεια έκδοσης

Αθηνά Δήμου

Υπεύθυνη διάχυσης – δικτύωσης CLIMPACT