

Μάρτιος 2024  
Λύκειο Λατσιών

«Κλιματική Αλλαγή και Επεισόδια Σκόνης της Ερήμου στην Κύπρο (εξήγηση του φαινομένου και ανάλυση της επίδρασης της Κλιματικής Αλλαγής σε αυτό)»

**Whispers of the Sands: Unveiling the Mysteries of Dust Storms in Cyprus**



*Dust has no borders, just like the consequences of climate change. Let this shared burden be a call to action, uniting us across borders to heal the planet we all call home.*

*Κυριάκος Δημιώτης, Πιερή Αντρέας και Φωτίου Βασιλική*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	ii
Ακρωνύμια – Συντομογραφίες .....	iii
<b>Το πρόβλημα.....</b>	<b>1</b>
<b>Ανασκόπηση της Βιβλιογραφίας.....</b>	<b>2</b>
<b>Μεθοδολογία .....</b>	<b>7</b>
<b>Αποτελέσματα .....</b>	<b>12</b>
<b>Συμπεράσματα .....</b>	<b>20</b>
<b>Δεξιότητες που αποκτήθηκαν .....</b>	<b>21</b>
Βιβλιογραφία .....	22
Παράρτημα.....	Π1

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας μας είναι να παρουσιάσουμε μία γενική εικόνα αναφορικά με τα επεισόδια σκόνης της ερήμου στην Κύπρο, να διερευνήσουμε κατά πόσον η κλιματική αλλαγή συσχετίζεται με αυτά και να προτείνουμε τρόπους μείωσης των αρνητικών συνεπειών τους. Για την επίτευξη του συγκεκριμένου σκοπού θέσαμε ερευνητικά ερωτήματα, ορίσαμε τις έννοιες και τα φαινόμενα, αναφερθήκαμε στον τρόπο δημιουργίας και μεταφοράς των καταιγίδων σκόνης, στις επιπτώσεις τους σε διάφορους τομείς και τέλος στη σχέση τους με την κλιματική αλλαγή και την Κύπρο.

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας μελετήσαμε δεδομένα που αφορούν χρονοσειρές της συγκέντρωσης σκόνης στην ατμόσφαιρα, της θερμοκρασίας, της ταχύτητας των ανέμων και της βροχόπτωσης. Δημιουργήσαμε χάρτες επικάλυψης και παρατηρήσαμε τα συγκεκριμένα φαινόμενα σε πραγματικό χρόνο από δορυφορικές φωτογραφίες.

Μέσα από στατιστική ανάλυση των δεδομένων καταλήξαμε ότι οι δείκτες της κλιματικής αλλαγής θερμοκρασία, ταχύτητα των ανέμων και βροχόπτωση συσχετίζονται με τη συχνότητα εμφάνισης στην Κύπρο των επεισοδίων σκόνης της ερήμου. Επίσης παρατηρήσαμε μία εποχική μεταβολή στη συχνότητα αλλά και στην έντασή τους. Με την πάροδο του χρόνου φαίνεται ότι τα επεισόδια σκόνης της ερήμου στην Κύπρο τείνουν να μειώνονται. Ακολουθώντας, παρουσιάσαμε χρονιαία δεδομένα που αφορούν αναπνευστικές και καρδιαγγειακές παθήσεις, σχετικά με την υγεία των πολιτών της Κύπρου αλλά δυστυχώς δεν μπορέσαμε να τα συνδέσουμε με τα επεισόδια σκόνης.

Τα αιωρούμενα σωματίδια επηρεάζουν την ποιότητα ζωής των ανθρώπων σε πολλούς τομείς και η αντιμετώπιση των επιπτώσεων τους αποτελεί πολυδιάστατο ζήτημα που απαιτεί συνεργασία και συντονισμό σε πολλά επίπεδα. Οι πολιτικοί και κοινωνικοί φορείς πρέπει να συνεργαστούν για να αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα. Η διαχείριση της ποιότητας του αέρα απαιτεί πολιτικές αποφάσεις, ρυθμίσεις και συνεργασία μεταξύ των κρατών, των περιφερειακών αρχών και του κοινού. Η προστασία της υγείας των ανθρώπων από τα αιωρούμενα σωματίδια και ειδικότερα από τα σωματίδια σκόνης απαιτεί διεθνή συνεργασία, καθώς ο αέρας δεν γνωρίζει σύνορα μεταξύ χωρών.

## Ακρωνύμια – Συντομογραφίες

AIRS: Atmospheric Infra-Red Sounder  
ANOVA: Analysis of Variance  
AQG: Air Quality Guideline  
AM: Ανατολική Μεσογείος  
AMΞ: Αγία Μαρίνα Ξυλιάτου  
AOT550: Absorption Optical Thickness  
Cat\_DSD: Categories of Dust Storm Days  
DS: Dust Storm  
DSD: Dust Storm Day  
DSD: Dust Storm Days  
EEA SDI: European Environmental Agency Spatial Data Infrastructure  
EEA: European Environment Agency  
ENSO: El Niño-Southern Oscillation  
EOSDIS: Earth Observing System Data and Information System  
GIBS: Global Imagery Browse Services  
IBM: International Business Machines Corporation  
IHME: Institute for Health Metrics and Evaluation  
NAO: North Atlantic Oscillation  
NASA: National Aeronautics and Space Administration  
PM: Particulate Matter  
PM<sub>1</sub>: Particulate Matter with diameter <1 μm  
PM<sub>10</sub>: Particulate Matter with diameter <10 μm  
PM<sub>2.5</sub>: Particulate Matter with diameter <2.5 μm  
Pr: Precipitation  
SPSS V29: Statistical Package for the Social Sciences Version 29  
T: Temperature  
UNEP: United Nations Environment Programme  
WHO: World Health Organization  
WMO: World Meteorological Organization  
WS: Wind Speed  
ΠΑΥ: Πνευμονική Αρτηριακή Υπέρταση  
ΧΑΠ: χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια

## ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ

Ένας συνδυασμός κλιματικής αλλαγής και κακοδιαχείρισης της γης απογυμνώνει τις ημίξηρες περιοχές της βλάστησης, οδηγώντας σε ερημοποίηση και τροφοδοτώντας μια σειρά από συχνότερες, πιο έντονες καταιγίδες σκόνης (UNEP, 2023). Η ανάγκη διεξαγωγής της έρευνας είναι ιδιαίτερα μεγάλη λόγω της γεωγραφικής θέσης της Κύπρου. Η Κύπρος ως μέρος της Ανατολικής Μεσογείου εκτίθεται συχνά σε καταιγίδες σκόνης οι οποίες προέρχονται από τη Βόρεια Αφρική (κυρίως την έρημο Σαχάρα) αλλά και από την Αραβική Χερσόνησο επηρεάζοντας συχνά την υγεία των κατοίκων, την οικονομία και τον τουρισμό της Κύπρου.

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας είναι η μελέτη της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στη συχνότητα και την ένταση των καταιγίδων σκόνης από ερημικές περιοχές στην Κύπρο. Να διερευνήσει τις επιδράσεις των καταιγίδων σκόνης στην υγεία των κατοίκων της Κύπρου και να προτείνει τρόπους προστασίας τους. Ερευνώντας το φαινόμενο αυτό έχουμε την ευκαιρία, μέσω ανάλυσης δεδομένων, να κατανοήσουμε το φαινόμενο και να εξηγήσουμε τους παράγοντες που το επηρεάζουν και μέσω της συνεργασίας μας να καταλήξουμε σε κάποια συμπεράσματα.

Οι υποθέσεις της έρευνας είναι ότι η ένταση και η συχνότητα εμφάνισης καταιγίδων σκόνης στην Κύπρο σχετίζονται με τους δείκτες της κλιματικής αλλαγής, βροχόπτωση, θερμοκρασία και ταχύτητα του ανέμου κατά τη διάρκεια του χρόνου και ανάλογα με την εποχή. Οι καταιγίδες σκόνης με τη σειρά τους επηρεάζουν την υγεία των κατοίκων, την οικονομία και τον τουρισμό της Κύπρου.

Τα ερωτήματα που θέσαμε ήταν τα εξής:

1. Πόσο συχνά «επισκέπτονται» οι καταιγίδες σκόνης την Κύπρο.
2. Κατά πόσον η θερμοκρασία, η βροχόπτωση και η ταχύτητα των ανέμων επηρεάζουν την ένταση και τη συχνότητα των καταιγίδων σκόνης και αν ναι, με ποιόν τρόπο.
3. Μήπως εμφανίζεται κάποια εποχική ή ετήσια περιοδικότητα στη συχνότητα και στην ένταση του συγκεκριμένου φαινομένου.
4. Πώς επηρεάζει η υψηλή συγκέντρωση των σωματιδίων σκόνης στην ατμόσφαιρα την υγεία των Κυπρίων.

Η ανθρωπογενής τροποποίηση της επιφάνειας της γης, καθώς και η μη βιώσιμη διαχείριση του νερού και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων που χαρακτηρίζουν αρκετές περιοχές της Μεσογείου, της νοτιοανατολικής Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, οδηγούν σε περαιτέρω αύξηση των ξηρότοπων και την περαιτέρω αύξηση των πηγών σκόνης. Τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα απορροφούν την ορατή ακτινοβολία, περιορίζοντας την ορατότητα της ατμόσφαιρας και συμβάλλουν αρνητικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, χρησιμεύουν ως πυρήνες συμπύκνωσης για τη δημιουργία νεφών, έχουν σημαντικό ρόλο σε χημικές αντιδράσεις και προκαλούν ζημιές σε διάφορα υλικά όπως τα κτίρια και τα αγάλματα πολιτιστικής αξίας (Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2022). Πολλές ανεπιθύμητες επιπτώσεις στην υγεία έχουν μέχρι σήμερα συνδεθεί με τις καταιγίδες σκόνης ερήμου, όπως η επιδείνωση των αλλεργικών και ασθματικών ασθενών καθώς και των ασθενών με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια και καρδιαγγειακά νοσήματα (Κιννή & Κούης, 2018).

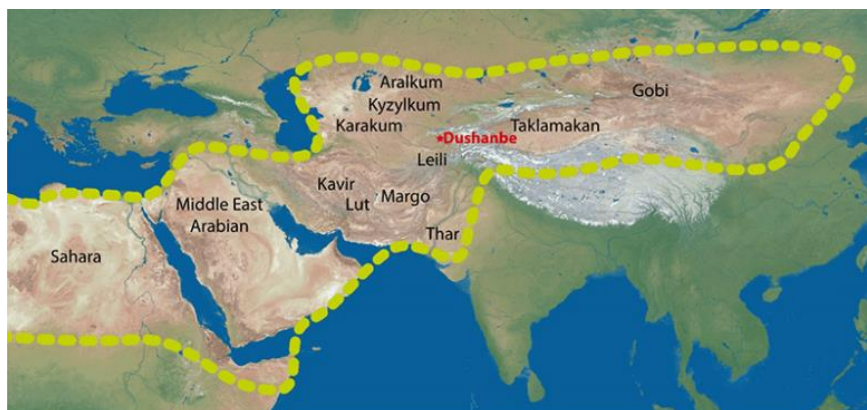
Τα δεδομένα που χρησιμοποιήσαμε ήταν, σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους, ανά ώρα (hourly) για τη συγκέντρωση της σκόνης στην ατμόσφαιρα και ετήσια (yearly) για τα θέματα υγείας με αποτέλεσμα η έρευνά μας να περιορίζεται σημαντικά. Δεν συνδυάσαμε τα δεδομένα από τους δορυφόρους με μετρήσεις από τους σταθμούς αφού τα δεδομένα από τους σταθμούς ήταν ημερήσια με αρκετές ελλείπουσες τιμές (missing values). Το χρονικό εύρος της εργασίας μας περιορίζεται στα δεκαεπτά χρόνια 2007 με 2023.

## ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα ορίσουμε τις καταιγίδες σκόνης, θα παρουσιάσουμε τους μηχανισμούς δημιουργίας και μεταφορά τους, τα σωματίδια που περιέχουν και τις επιπτώσεις τους στην υγεία, στη γεωργία, στην οικονομία και τον τουρισμό. Θα αναφερθούμε στη σχέση τους με την κλιματική αλλαγή και με την Κύπρο.

### Ορισμός των καταιγίδων σκόνης (*Dust Storms*)

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (World Meteorological Organization (WMO), 2017) οι αμμοθύελλες και οι καταιγίδες σκόνης είναι ένα σύνολο σωματιδίων σκόνης ή άμμου που ανυψώνονται με ορμή (energetically) σε μεγάλα ύψη από δυνατούς και ταραχώδεις ανέμους. Οι καταιγίδες σκόνης και οι αμμοθύελλες δημιουργούνται σε άνυδρες και ημι-άνυδρες περιοχές του κόσμου και μπορεί να ταξιδέψουν χιλιάδες χιλιόμετρα προς όλες τις χώρες και ηπείρους. Ακολούθως μεταφέρουν και άλλους ρύπους που συναντούν στην πορεία τους και τελικά αποθέτουν τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter, PM) μακριά από την προέλευσή τους (Tegen & Fung, 1994, Darvishi Bolorani et al., 2023, Κιννή & Κουής, 2018). Οι κύριες πηγές καταιγίδων σκόνης βρίσκονται στο βόρειο ημισφαίριο κατά μήκος μίας περιοχής που εκτείνεται από τη Βόρεια Αφρική, μέσω της Μέσης Ανατολής, μέχρι την Ανατολική Ασία και συχνά αναφέρεται ως «dust belt» (Brstilo & Madunic, 2010) όπως καθορίζεται με πράσινη διακεκομμένη γραμμή στην Εικόνα 1.



Εικόνα 1: Γεωγραφικός χάρτης που δείχνει ερημικές εκτάσεις (μαύρα γράμματα) και την επονομαζόμενη περιοχή «dust belt» (πράσινη διακεκομμένη γραμμή) (Hofer et al., 2017).

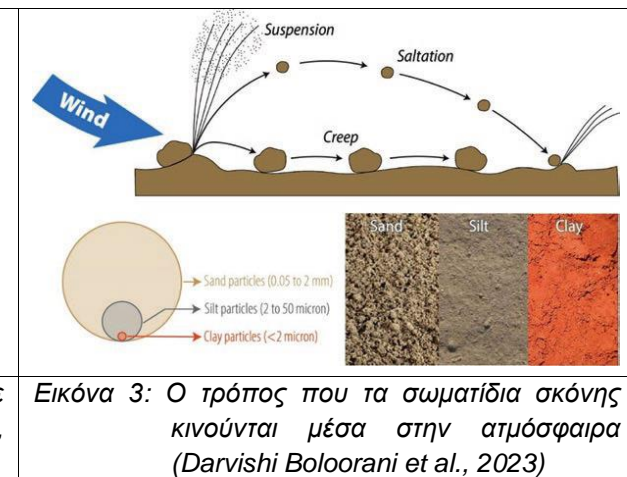
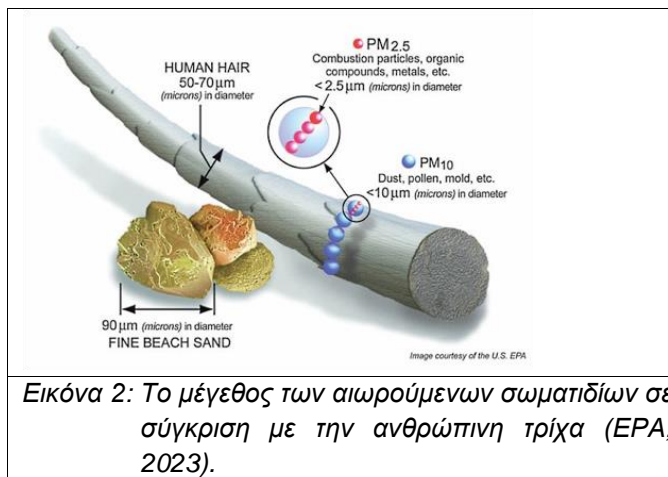
Η λεκάνη της Ανατολικής Μεσογείου (AM) εκτίθεται σε συχνές καταιγίδες σκόνης όλες τις εποχές εκτός από το καλοκαίρι (Bodenheimer et al., 2018). Η σκόνη προέρχεται από μια δυτική πηγή, δηλαδή τη Βόρεια Αφρική (κυρίως την έρημο Σαχάρα) και μια ανατολική πηγή, την Αραβική Χερσόνησο (Bodenheimer et al., 2018).

### Μηχανισμοί των καταιγίδων σκόνης και τα σωματίδια που τις αποτελούν

Επεισόδια σκόνης μπορεί να προκληθούν από δύο κύριες μετεωρολογικές διαταραχές, τις συνοπτικές και τις καταιγιδικές. Οι συνοπτικές διαταραχές είναι διαταραχές στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, συμπεριλαμβανομένων των θερμών και ψυχρών μετώπων, των συστημάτων χαμηλής και υψηλής πίεσης, κυκλώνων και αντικυκλώνων ενώ οι καταιγιδικές διαταραχές προκαλούνται από καταιγίδες, συμπεριλαμβανομένων των ορίων εκροής καταιγίδων και των καταρρακτωδών ανέμων καταιγίδων (Knippertz, 2014).

Το φαινόμενο των καταιγίδων σκόνης διαιρείται σε τρεις φάσεις: στην ανύψωση των σωματιδίων σκόνης, στη μεταφορά τους στην ατμόσφαιρα και στην εναπόθεσή τους στο έδαφος (UNEP, 2016). Η σκόνη του εδάφους η οποία παράγεται από την αιολική δραστηριότητα θεωρείται σημαντική πηγή αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα. Η σκόνη φυσικής προέλευσης αποτελείται από

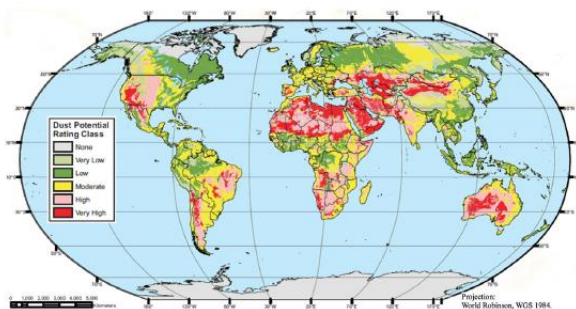
αιωρούμενα σωματίδια ποικίλων μεγεθών με διαμέτρους μεγαλύτερες αλλά και μικρότερες από 1  $\mu\text{m}$ . Το μέγεθος των σωματιδίων σκόνης είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων που σχετίζονται με τις διεργασίες σχηματισμού τους αλλά και με τη σύνθεση και τα χαρακτηριστικά των περιοχών - πηγών (Tegen & Fung, 1994). Σύμφωνα με τους Tegen και Fung (1994) η μεταφορά και η εναπόθεση εξαρτάται από το μέγεθος και τη σύσταση των σωματιδίων, την εδαφική θερμοκρασία και υγρασία, την ένταση του ανέμου, την τύρβη και τη βροχόπτωση. Στην Εικόνα 2 φαίνεται το μέγεθος των PM συγκριτικά με μια ανθρώπινη τρίχα. Τα σωματίδια σκόνης κινούνται με τρεις διαφορετικούς τρόπους μέσα στην ατμόσφαιρα, την ολίσθηση (creeping), την αναπήδηση (saltation) και την εναιώρηση (suspension), όπως φαίνεται στην Εικόνα 3.



Εικόνα 2: Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων σε σύγκριση με την ανθρώπινη τρίχα (EPA, 2023).

Εικόνα 3: Ο τρόπος που τα σωματίδια σκόνης κινούνται μέσα στην ατμόσφαιρα (Darvishi Bolorani et al., 2023)

Η ανύψωση των σωματιδίων σκόνης συμβαίνει όταν ισχυροί άνεμοι συναντούν ξηρές επιφάνειες και έτσι το υλικό της επιφάνειας δεν μπορεί να αντισταθεί στην αποκόλλησή του (Kohfeld & Tegen 2007). Αυτό συμβαίνει λόγω της διαβρωτικής ικανότητας του αέρα η οποία εξαρτάται από την ταχύτητα και από τα χαρακτηριστικά της ροής του αέρα (UNEP, 2016). Συχνά φαινόμενα παρατηρούνται σε ξηρές και απογυμνωμένες περιοχές (Middleton & Kang, 2017), όπως φαίνεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4: Χάρτης που καθορίζει την πιθανότητα εμφάνισης επεισοδίων σκόνης (UNEP, 2016).

Αφού ανυψωθούν τα σωματίδια σκόνης ενσωματώνονται στο σύστημα κυκλώνα ή αντικυκλώνα, δημιουργώντας έτσι ένα ξεκάθαρο σύννεφο σκόνης (Σολωμού κ. α., 2017).

Τα καιρικά συστήματα συνοπτικής κλίμακας παίζουν σημαντικό ρόλο στη δημιουργία μεγάλων και έντονων επεισοδίων σκόνης (Knippertz 2014). Η προϋπόθεση για τη δημιουργία αυτών των φαινομένων είναι η δημιουργία μεγάλης κλίσης χαμηλού επιπέδου πίεσης έτσι ώστε να δημιουργηθούν ισχυροί άνεμοι που έχουν τη δυνατότητα να προκαλέσουν καταιγίδες σκόνης. Αυτές οι συνθήκες συσχετίζονται κυρίως με εξωτροπικές κυκλωνικές διαταραχές (extratropical cyclonic disturbances) ή κυκλώνες, με κρύα μέτωπα και με αντικυκλώνες (Knippertz, 2014).

Η Νότια Ωκεάνια Ταλάντωση (El Niño-Southern Oscillation-ENSO) ασκεί σημαντική επίδραση στο κλίμα παγκοσμίως μέσω των φάσεων του El Niño και της La Niña (Glantz, 2000). Αυτές οι φάσεις



προκαλούν αλλαγές στη θερμοκρασία και τις βροχοπτώσεις, επηρεάζοντας την κανονικότητα του καιρού και προκαλώντας ακραία φαινόμενα. Επίσης, η Ταλάντωση του Βόρειου Ατλαντικού (North Atlantic Oscillation-NAO) επηρεάζει το κλίμα κυρίως κατά τον χειμώνα, επηρεάζοντας τα πρότυπα καιρού στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο (Κατσαφάδος & Μαυροματίδης, 2015). Στο βιβλίο του Κατσαφάδου και Μαυροματίδη (2015) αναφέρεται ότι στην περιοχή της Μεσογείου η Μεσογειακή Ταλάντωση διαμορφώνει την ατμοσφαιρική κυκλοφορία και τα κλιματικά πρότυπα, επηρεάζοντας την κυκλωνική δραστηριότητα και τις βροχοπτώσεις. Η κατανόηση των αλληλεπιδράσεων αυτών των ταλαντώσεων είναι ουσιώδης για την πρόβλεψη και τη διαχείριση των κλιματικών αλλαγών και των ακραίων καιρικών συμβάντων. Η χωροχρονική κατανομή των κυκλώνων της Μεσογείου παρουσιάζει μηνιαία μεταβλητότητα για τον χειμώνα, την άνοιξη και το καλοκαίρι ενώ το φθινόπωρο που θεωρείται μεταβατική εποχή χαρακτηρίζεται από ετήσια μεταβλητότητα (Lionello et al.,2006).

Υπάρχουν δύο τρόποι *εναπόθεσης* της σκόνης: η *υγρή* και η *ξηρή εναπόθεση* (Kohfeld & Tegen, 2007). Η *υγρή εναπόθεση* αναφέρεται στην απομάκρυνση των σωματιδίων σκόνης από την ατμόσφαιρα μέσω προϊόντων του νερού, όπως τη βροχή, το χιόνι, το χαλάζι κ.τ.λ. (Κατσαφάδος & Μαυροματίδης 2015) όπως παρουσιάζεται και στην Εικόνα 5. Αυτό το είδος εναπόθεσης κυριαρχεί στην περιοχή του Βόρειου Ειρηνικού Ωκεανού (UNEP, 2016).



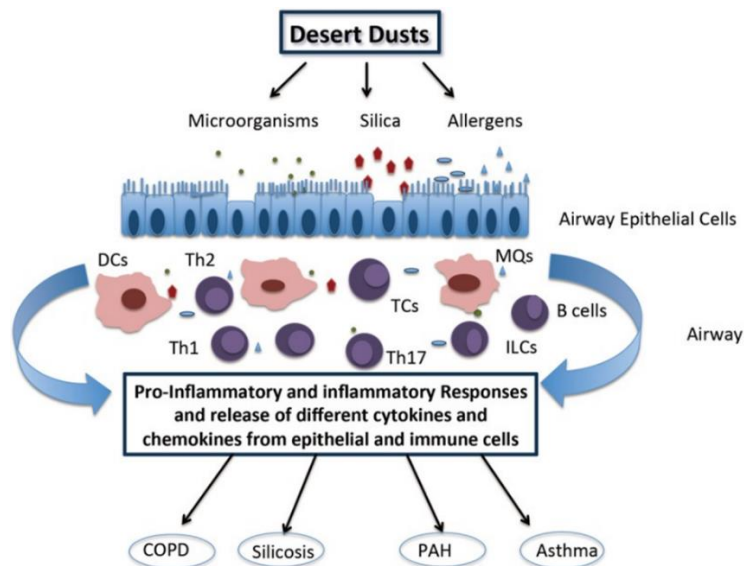
Εικόνα 5: Ο μηχανισμός της υγρής εναπόθεσης της σκόνης (Κατσαφάδος & Μαυροματίδης, 2015)

Οι σφοδρές ξηρές καταιγίδες σκόνης (Haboob) δημιουργούν έντονη αύξηση στην ταχύτητα των ανέμων και στη συγκέντρωση των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα (Middleton & Kang, 2017). Με τη *ξηρή εναπόθεση* εννοούμε την πτώση των σωματιδίων σκόνης με τη βοήθεια της βαρύτητας, η οποία κυριαρχεί στη Μεσόγειο και στο εσωτερικό της Κίνας (UNEP, 2016).

#### Οι επιπτώσεις των καταιγίδων σκόνης

Οι καταιγίδες σκόνης συνοδεύονται κυρίως με αρνητικές επιπτώσεις. Αρχικά, όσον αφορά την υγεία των ανθρώπων, μόρια σκόνης αλλά και μερικά βακτήρια τα οποία προέρχονται από τις καταιγίδες σκόνης της ερήμου, εισβάλλουν στον οργανισμό και προκαλούν διάφορες παθήσεις (Sandstrom & Forsberg,2008). Όπως αναφέρουν οι Esmaeil et al. (2014) η σκόνη μπορεί να εισέλθει στο ανθρώπινο σώμα μέσω της αναπνευστικής οδού και έπειτα προχωρά στους πνεύμονες. Έτσι, συχνά εμφανίζονται δυσλειτουργίες των πνευμόνων και καρδιαγγειακά νοσήματα. Μερικές παθήσεις που προκαλούνται είναι το άσθμα, η πυριτίαση, η ασφυξία και ο καρκίνος του πνεύμονα (Park et al., 2005, Goudie, 2014). Επίσης, η σκόνη μπορεί να προκαλέσει ξηροφθαλμία η οποία μπορεί να εξελιχτεί σε τύφλωση (Goudie, 2014). Οι μικροοργανισμοί και οι μύκητες οι οποίοι μεταφέρονται μέσω της σκόνης, όταν εισέλθουν στον οργανισμό είναι πιθανό να προκαλέσουν λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος (Schweitzer, 2018). Στην Εικόνα 6 φαίνονται κάποιες ανοσολογικές αντιδράσεις σε διαφορετικά σωματίδια από καταιγίδες σκόνης.





Εικόνα 6: Ανοσολογικές αντιδράσεις σε διαφορετικά σωματίδια από καταιγίδες σκόνης. Η ενεργοποίηση των ανοσολογικών αντιδράσεων και η απελευθέρωση διαφόρων κυτταροκινών και χημοκινών σχετίζεται με διάφορες πνευμονικές παθήσεις, όπως το άσθμα, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), η πνευμονική αρτηριακή υπέρταση (ΠΑΥ) και η πυριτίαση. (Esmael et al., 2014).

Όσον αφορά τη γεωργία οι αποδόσεις των προϊόντων μειώνονται λόγω των καταιγίδων σκόνης της ερήμου. Η σκόνη συμβάλλει στην απομάκρυνση οργανικών και θρεπτικών ουσιών, μειώνοντας την παραγωγικότητα της γεωργίας και τον αριθμό των φυτειών (Dong & Wang, 2023). Συμβάλλει αρνητικά στη φωτοσυνθετική λειτουργία των φυτικών οργανισμών (Stefanski & Sivakumar, 2019). Επίσης, το έδαφος διαβρώνεται ενώ επηρεάζεται η ποιότητα του αέρα και του νερού. Παρ' όλ' αυτά τα αρνητικά, οι καταιγίδες σκόνης της ερήμου μπορούν να ωφελήσουν τα οικοσυστήματα. Μερικές εκτάσεις γης λιπαίνονται με θρεπτικές ουσίες οι οποίες μεταφέρονται μέσω της σκόνης (Stefanski & Sivakumar, 2009).

#### Η κλιματική αλλαγή και οι καταιγίδες σκόνης

Μία από τις κύριες αιτίες δημιουργίας των καταιγίδων σκόνης είναι οι μακροχρόνιες ξηρασίες, οι οποίες αποτελούν συνέπεια της κλιματικής αλλαγής όπως έχει αποδειχθεί τα τελευταία χρόνια (CCG, 2011). Στις περιοχές που δημιουργούνται οι καταιγίδες σκόνης, η συγκέντρωση της στην επιφάνεια επηρεάζεται κυρίως από την ταχύτητα του ανέμου στην επιφάνεια. Αυτό αποτυπώνεται από όλα τα πρότυπα γενικών κυκλοφοριών της ατμόσφαιρας (Zhou et al., 2023). Στο άρθρο που δημοσίευσαν οι Zhou et al. (2023) αναφέρουν επίσης ότι εκτός των περιοχών που δημιουργούνται οι καταιγίδες σκόνης, ιδιαίτερα πάνω από ξηρές και ημίξηρες περιοχές σε μεσαία και υψηλά γεωγραφικά πλάτη, η αύξηση της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα αποτελεί τον κύριο παράγοντα για την αύξηση της σκόνης. Καθώς η αύξηση της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα οδηγεί σε αύξηση της κατακόρυφης βαθμίδας θερμοκρασίας, ενισχύει την ατμοσφαιρική αστάθεια και πυροδοτεί πιο έντονες κάθετες κινήσεις που φέρνουν στην επιφάνεια περισσότερη σκόνη. Επίσης έχει γίνει αποδεκτό ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της γης αποτελεί συνέπεια της κλιματικής αλλαγής.

Επιπρόσθετα, η αύξηση των σωματιδίων της σκόνης στην ατμόσφαιρα μπορεί επίσης να επηρεάσει το κλιματικό σύστημα. Μπορούν να διαταράξουν την ακτινοβολική ισορροπία της Γης, εντείνοντας τις ξηρασίες στις ξηρές περιοχές (Han et al., 2008). Αντίθετα, θα μπορούσαν και να ενισχύσουν τις βροχοπτώσεις σε ορισμένες περιοχές, λειτουργώντας ως πυρήνες συμπύκνωσης για τα νέφη (Twohy et al., 2009).

## Οι καταιγίδες σκόνης και η Κύπρος

Όπως αναμένεται, οι κατοικημένες περιοχές δίπλα από ερήμους ή ημι-άνυδρες περιοχές αντιμετωπίζουν πολύ συχνότερα καταιγίδες σκόνης (Κιννή & Κουής, 2018). Συγκεκριμένα, οι χώρες της Μεσογείου επηρεάζονται συχνά από καταιγίδες σκόνης κατά τις οποίες η συγκέντρωση των αιωρούμενων σωματιδίων με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 10  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{10}$ ) και με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 2.5  $\mu\text{m}$  ( $\text{PM}_{2.5}$ ) ξεπερνούν συχνά τα όρια ποιότητας του αέρα σε καθημερινή βάση όπως έχουν τεθεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (World Health Organization -WHO) και την Ευρωπαϊκή Ένωση ( $\text{PM}_{10}$ : 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  μέση τιμή σε 24 ώρες και  $\text{PM}_{2.5}$ : 25  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  μέση τιμή σε 24 ώρες) (Achilleos et al., 2020). Οι προτεινόμενες αυτές τιμές έχουν τεθεί γιατί η σκόνη που «κουβαλούν» οι καταιγίδες σκόνης μεταφέρουν και εννέα βαρέα μέταλλα: μόλυβδο, αρσενικό, σίδηρο, μαγγάνιο, βανάδιο, νικέλιο, χρώμιο, χαλκό και ψευδάργυρο (Wang, 2015). Για την ύπαρξη των επικίνδυνων αυτών ουσιών στη μεταφερόμενη σκόνη ευθύνεται, κατά κύριο λόγο, η ανθρωπογενής μόλυνση στις αφρικανικές και αραβικές ερήμους, όπως η κίνηση οχημάτων, η απόρριψη αποβλήτων, διάφοροι πολέμοι κ.α. Οι προτεινόμενες τιμές συγκέντρωσης για τα σωματίδια  $\text{PM}_{10}$  και  $\text{PM}_{2.5}$  που έχουν τεθεί από τον WMO φαίνονται στον Πίνακα Τιμών 1.

Πίνακας τιμών 1: Προτεινόμενα επίπεδα ποιότητας αέρα και ενδιάμεσοι στόχοι από τον WHO (2020).

Ρύπος	Χρόνος υπολογισμός μέσου όρου	Ενδιάμεσος στόχος				Επίπεδο AQG
		1	2	3	4	
$\text{PM}_{2.5}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour <sup>a</sup>	75	50	37.5	25	15
$\text{PM}_{10}$ , $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour <sup>a</sup>	150	75	100	50	45

α. 99<sup>ο</sup> εκατοστημόριο (ή 3-4 ημέρες παρουσίας ετησίως)

Τα πιο συχνά φαινόμενα στην Κύπρο παρατηρούνται τη χρονική περίοδο από τον Φεβρουάριο έως τον Μάιο (Kitas Weather, 3/11/2021). Αυτό οφείλεται στην πιο έντονη διαφορά θερμοκρασίας που παρατηρείται πάνω από την ημιτροπική ζώνη της ερήμου αυτήν την περίοδο. Πιο συγκεκριμένα, οι θερμές αέριες μάζες από τα νότια συναντούν πιο ψυχρές αέριες μάζες από τα βόρεια, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται δυτικοί και νοτιοδυτικοί άνεμοι και έτσι ευνοούνται τα φαινόμενα σκόνης, τα χαμηλά βαρομετρικά που εμφανίζονται στην περιοχή και οι ισχυροί άνεμοι που τα συνοδεύουν συμβάλλουν στην ανύψωση της σκόνης (Kitas Weather, 3/11/2021). Επιπλέον, η ανθρωπογενής τροποποίηση της επιφάνειας της γης, καθώς και η μη βιώσιμη διαχείριση του νερού και των καλλιεργήσιμων εκτάσεων που χαρακτηρίζουν αρκετές περιοχές της Μεσογείου, της νοτιοανατολικής Ευρώπης, της Μέσης Ανατολής και της Βόρειας Αφρικής, επίσης μπορεί να οδηγήσουν σε περαιτέρω αύξηση των ξερότοπων και την περαιτέρω αύξηση των πηγών σκόνης (Philenews, 12/8/2023). Όσον αφορά τη βροχόπτωση, η μείωση της συχνότητάς της, αυξάνει τη συχνότητα και τη διάρκεια των καταιγίδων σκόνης αφού δεν απομακρύνεται η σκόνη από την ατμόσφαιρα με τη βροχή για να εναποτεθεί στο έδαφος ή τη θάλασσα (Philenews, 12/8/2023). Τα φαινόμενα σκόνης στην Κύπρο αυξήθηκαν την περίοδο 1998–2008, φτάνοντας σε 30 μέρες με καταιγίδες σκόνης τη χρονιά 2008 (Achilleos et al., 2014).

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

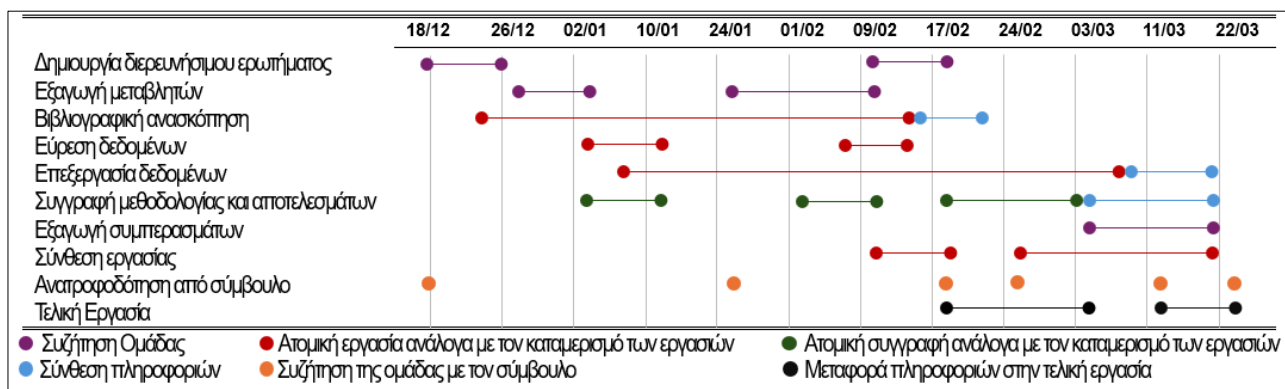
Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιαστεί ο σχεδιασμός της έρευνας, οι πηγές από τις οποίες προμηθευτήκαμε τα δεδομένα, ο τρόπος με τον οποίο τα επεξεργαστήκαμε, οι περιορισμοί που είχαμε και οι δυσκολίες που αντιμετωπίσαμε.

### Σχεδιασμός της έρευνας

Αρχικά ασχοληθήκαμε με το γενικό θέμα του διαγνωσμού ορίζοντας τις καταιγίδες σκόνης και πιθανούς παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται όπως είναι η ταχύτητα των ανέμων, η θερμοκρασία και η βροχόπτωση. Αναφερθήκαμε στο πρόβλημα της συχνής εμφάνισης καταιγίδων σκόνης από τις γύρω περιοχές και ερευνήσαμε τους πιθανούς παράγοντες δημιουργίας τους. Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση καταλήξαμε στην περιοχή που θα εστιάζαμε ώστε να διερευνήσουμε τυχόν εποχιακή, η χρονική εξάρτηση. Αποφασίσαμε ποια δεδομένα θα ήταν χρήσιμα στη μελέτη μας όπως η συγκέντρωση των σωματιδίων σκόνης  $PM_{10}$  και  $PM_{2.5}$  στην ατμόσφαιρα, η θερμοκρασία, η βροχόπτωση, ο δείκτης  $AOT_{550}$  και η ταχύτητα των ανέμων. Επίσης καταλήξαμε στους παράγοντες που θα κρατούμε σταθερούς στη μελέτη μας όπως την περιοχή που θα παίρνουμε τις μετρήσεις και τους ίδιους κανόνες καθορισμού των ημερών που είχαμε καταιγίδα σκόνης (Dust Storm Day, DSD).

Το πρώτο σοβαρό πρόβλημα που είχαμε να αντιμετωπίσουμε ήταν η εύρεση δεδομένων αφού τα δεδομένα από την ανοικτή πύλη δεδομένων της Κύπρου δεν ενέπιπταν στη χρονική περίοδο που θέλαμε να μελετήσουμε και είχαν αρκετές ελλείπουσες τιμές (missing values) στη συγκέντρωση των σωματιδίων  $PM_{10}$  και  $PM_{2.5}$ . Μέσα από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση ανακαλύψαμε εφαρμογές όπως το Giovanni Tool και το EOSDIS Worldview της Nasa, των οποίων τα δεδομένα και οι εικόνες αντίστοιχα χρησιμοποιούνται σε ολόκληρη την εργασία. Βρήκαμε και άλλες πηγές όπως Airquality Download Service και το climateengine τα οποία όμως ήταν πιο δύσκολα στη χρήση.

Στη συνέχεια μελετήσαμε και επεξεργαστήκαμε τα δεδομένα μας σε περιγραφική βάση (Παράρτημα Ι). Η πρώτη ανάλυση έγινε με τη χρήση του προγράμματος Excel στο οποίο ανακαλύψαμε δυνατότητες που δεν ξέραμε ότι είχε. Ακολούθως αφού συγκρίναμε τις παρατηρήσεις μας με την ανάλογη βιβλιογραφία, διορθώσαμε τα αρχικά μας ερωτήματα, επαναπροσδιόρισαμε τις μεταβλητές της έρευνάς μας και καθορίσαμε το θέμα της τελικής μας μελέτης. Στη συνέχεια δοκιμάσαμε να κάνουμε συσχετιστική στατιστική με το πρόγραμμα IBM SPSS V29 των παραγόντων θερμοκρασία, βροχόπτωση και ταχύτητα ανέμων με την ένταση των καταιγίδων σκόνης. Επίσης ερευνήσαμε και βρήκαμε επιπρόσθετα δεδομένα από το IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation) και από το EEA SDI (European Environmental Agency Spatial Data Infrastructure) για τους θανάτους και τα χαμένα χρόνια λόγω της σκόνης, ώστε να προσπαθήσουμε να τα συσχετίσουμε με τη συχνότητα των καταιγίδων σκόνης. Στο τελευταίο στάδιο της μελέτης μας συνθέσαμε τα αποτελέσματα, καταλήξαμε σε συμπεράσματα και εντοπίσαμε ερωτήματα που χρειάζονται περαιτέρω διερεύνηση.

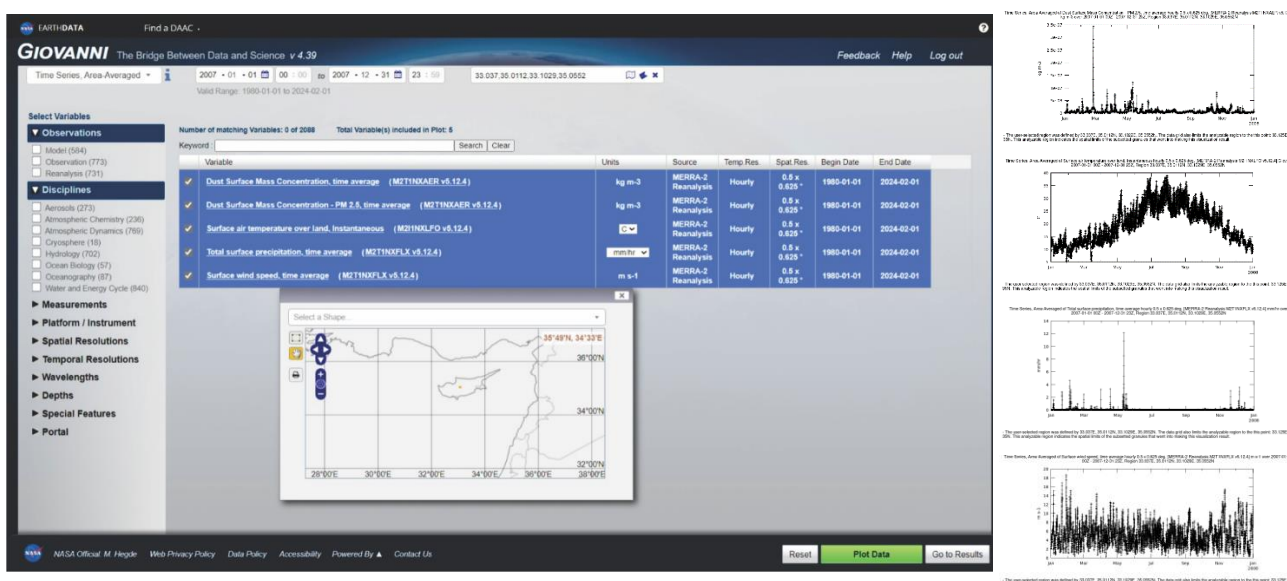


Διάγραμμα 1: Χρονοδιάγραμμα διεκπεραίωσης της μελέτης, το κάθε χρώμα αντιπροσωπεύει τον τρόπο εργασίας της ομάδας.

## Giovanni tool

Για αυτή την έρευνα χρησιμοποιήσαμε δεδομένα που αντλήσαμε από το *Giovanni tool* ([giovanni.gsfc.nasa.gov](http://giovanni.gsfc.nasa.gov)). Το *Giovanni tool* είναι ένα διαδικτυακό και εύκολα προσβάσιμο περιβάλλον, το οποίο προσφέρει δεδομένα για διάφορες γεωφυσικές παραμέτρους από διαφορετικούς δορυφόρους.

Εμείς επιλέξαμε την περιοχή της Αγίας Μαρίνας Ξυλιάτου σχηματίζοντας ένα κουτάκι με συντεταγμένες 33.037,35.0112,33.1029,35.0552) και πήραμε δεδομένα ανά ώρα (hourly) για τη βροχόπτωση(mm/h), τη συγκέντρωση όλης της σκόνης και ξεχωριστά των σωματιδίων με διάμετρο 2.5 μm (kg/m<sup>3</sup>), τη θερμοκρασία (°C), την ταχύτητα του ανέμου(m/s) και της συνολικής σκέδασης ακτινοβολίας μήκους κύματος 550 nm από σωματίδια (Absorption Optical thickness, AOT<sub>550</sub>) από τη χρονιά 2007 μέχρι και τη χρονιά 2023. Στην Εικόνα 7 φαίνεται print screen με τις επιλογές μας στο συγκεκριμένο περιβάλλον για τη χρονιά 2007.



Εικόνα 7: Το διαδικτυακό περιβάλλον Giovanni tools της NASA και οι επιλογές μας για τη χρονιά 2007. Για αναπαραγωγή των μετρήσεων μας μπορείτε να πατήσετε [εδώ](#).

Επιλέξαμε την περιοχή της Αγίας Μαρίνας του Ξυλιάτου έτσι ώστε να μπορούμε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματά μας στον υπολογισμό των DSD με τους Achilleos et al. (2020). Επίσης ο σταθμός που βρίσκεται στην περιοχή θεωρείται υποβάθρου που σημαίνει πως δεν επηρεάζεται ιδιαίτερα από τη σκόνη που οφείλεται σε ανθρώπινη δραστηριότητα (βρίσκεται στα ορεινά και είναι απομακρυσμένη από τις πόλεις άρα δεν επηρεάζεται από τοπικά φαινόμενα σκόνης που προκαλούνται από τα αυτοκίνητα, εργοτάξια κλπ).

Το εργαλείο μας έδινε την επιλογή να κατεβάσουμε τα δεδομένα σε .csv, .netCFD\* και σε .png. Αφού κατεβάσαμε τα δεδομένα σε .csv τα μετατρέψαμε σε .xlsx (αρχείο Excel) και μετατρέψαμε τη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης σε μg/m<sup>3</sup> πολλαπλασιάζοντας τα αρχικά δεδομένα με 10<sup>9</sup>. Επίσης για να υπολογίσουμε την συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> αφαιρούσαμε από τη συνολική συγκέντρωση σκόνης την αντίστοιχη συγκέντρωση σωματιδίων PM<sub>2.5</sub>. Ακολούθως βρήκαμε τον μέσο όρο όλων των μετρήσεων για κάθε μέρα. Επαναλάβαμε τη συγκεκριμένη διαδικασία για όλες τις χρονιές από το 2007 μέχρι το 2023.

Έτσι ώστε να χαρακτηρίσουμε μία ημέρα ως DSD χρησιμοποιήσαμε τους κανόνες που προτείνουν οι Achilleos et al. (2020) και ακολούθως τις χωρίσαμε σε τέσσερις κατηγορίες. Συγκεκριμένα μία μέρα χαρακτηριζόταν ως DSD:

1. χαμηλής έντασης (Low) όταν ο ημερήσιος μέσος όρος της συγκέντρωσης των σωματιδίων PM<sub>10</sub> ήταν μεταξύ 25 µg/m<sup>3</sup> με 34,7 µg/m<sup>3</sup> και ο δείκτης AOT<sub>550</sub> ήταν πάνω από 0,12 ή όταν ήταν μεταξύ 34,7 µg/m<sup>3</sup> με 50 µg/m<sup>3</sup>,
2. μέτριας έντασης (Moderate) όταν ο ημερήσιος μέσος όρος της συγκέντρωσης των σωματιδίων PM<sub>10</sub> ήταν μεταξύ 50 µg/m<sup>3</sup> και 100 µg/m<sup>3</sup>,
3. υψηλής έντασης (Intense) ) όταν ο ημερήσιος μέσος όρος της συγκέντρωσης των σωματιδίων PM<sub>10</sub> ήταν μεταξύ 100 µg/m<sup>3</sup> και 200 µg/m<sup>3</sup> και
4. ισχυρής έντασης (Extreme) όταν ο ημερήσιος μέσος όρος της συγκέντρωσης των σωματιδίων PM<sub>10</sub> ήταν μεγαλύτερος από 200 µg/m<sup>3</sup>

Σε αυτό το σημείο μετατρέψαμε τον μέσο ημερήσιο ρυθμό της βροχόπτωσης σε mm βροχόπτωσης πολλαπλασιάζοντας με 24h και μεταφέραμε τα δεδομένα μας στο πρόγραμμα IBM SPSS Version 29. Με το πρόγραμμα IBM SPSS κάναμε στατιστική ανάλυση συσχέτισης Pearson των ημερήσιων δεδομένων της βροχόπτωσης, της συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub>, της θερμοκρασίας και της ταχύτητας του ανέμου και των DSD. Αφού βρήκαμε μικρή συσχέτιση αλλά στατιστικά σημαντική προχωρήσαμε σε έλεγχο one way ANOVA για να δούμε κατά πόσον υπάρχει κάποιο μοτίβο. Για να μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε τον συγκεκριμένο έλεγχο στη συνέχεια κατηγοριοποιήσαμε τα δεδομένα για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά όπως φαίνεται στον Πίνακα Τιμών 2. Στην περίπτωση της θερμοκρασίας του αέρα η κατηγοριοποίηση έγινε ανά πέντε βαθμούς κελσίου (π.χ. 0 – 5 °C, 5 – 10 °C κτλ ).

*Πίνακας Τιμών 2: Η διατακτική κλίμακα της βροχόπτωσης και της ταχύτητας των ανέμων*

Η συνολική βροχόπτωση σύμφωνα με τον WMO κατηγοριοποιήθηκε ως εξής:	Η ταχύτητα του ανέμου χωρίστηκε σύμφωνα με την κλίμακα Beaufort ως εξής:
Κατηγορία 0: 0 - 2,5 mm (Ελαφριά)	Κατηγορία 0: 0 - 0,3 m/s (Άπνοια)
Κατηγορία 1: 2,51 - 10 mm (Μέτρια)	Κατηγορία 1: 0,3 - 1,6 m/s (Σχεδόν άπνοια)
Κατηγορία 2: 10,01 - 50 mm (Βαριά)	Κατηγορία 2: 1,6 - 3,4 m/s (Πολύ ασθενής)
Κατηγορία 3: > 50,01 mm (Έντονη)	Κατηγορία 3: 3,4 - 5,5 m/s (Ασθενής)
	Κατηγορία 4: 5,5 - 8,0 m/s (Μέτριος άνεμος)
	Κατηγορία 5: 8,0 - 10,8 m/s (Ισχυρός άνεμος)
	Κατηγορία 6: 10,8 - 13,9 m/s (Πολύ ισχυρός άνεμος)
	Κατηγορία 7: 13,9 - 17,2 m/s (Σφοδρός άνεμος)

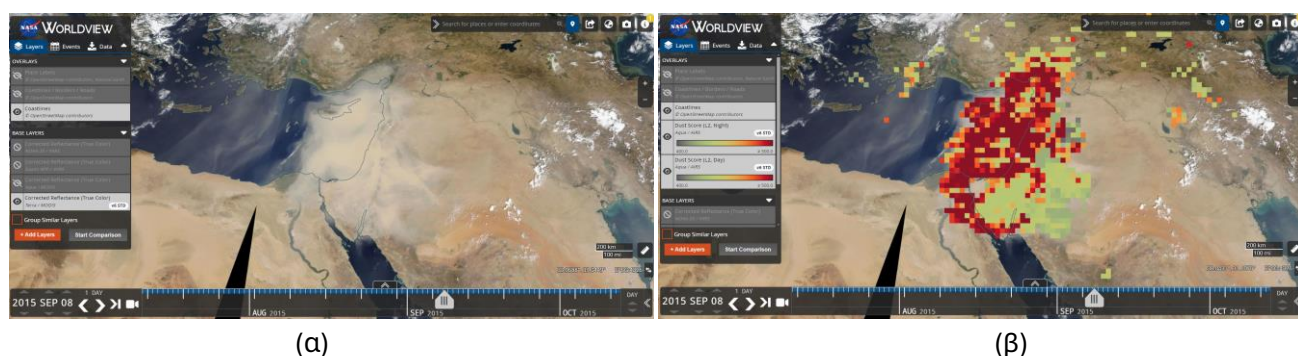
Στη συνέχεια μετατρέψαμε τα δεδομένα σε μέσα μηνιαία και μέσα χρονιαία και υπολογίσαμε την τυπική απόκλιση. Χρησιμοποιώντας τους μέσους όρους για κάθε μήνα και για κάθε χρόνο προχωρήσαμε στον υπολογισμό του μηνιαίου μέσου όρου και για τα 17 χρόνια και μελετήσαμε την εποχικότητα όλων των μεταβλητών που αφορούσαν τη μελέτη μας. Αφού καθορίσαμε την κανονική θερμοκρασία και την κανονική βροχόπτωση κάθε μήνα (μέσος όρος κάθε μήνα των αντίστοιχων τιμών από το 1990 - 2020) προχωρήσαμε στην κατασκευή διαγραμμάτων της μεταβολής της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης από την κανονική.



## EOSDIS Worldview

Ακόμη ένα διαδικτυακό περιβάλλον της NASA που ονομάζεται Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS) παρέχει τη δυνατότητα διαδραστικής περιήγησης σε περισσότερα από 1000 παγκόσμια επίπεδα δορυφορικών εικόνων πλήρους ανάλυσης και στη συνέχεια λήψη των υποκείμενων δεδομένων. Πολλά από τα layers εικόνων ενημερώνονται καθημερινά και είναι διαθέσιμα εντός τριών ωρών από την παρατήρηση - δείχνοντας ουσιαστικά ολόκληρη τη Γη όπως φαίνεται “αυτή τη στιγμή”. Αυτό υποστηρίζει κρίσιμους τομείς εφαρμογών που απαιτούν άμεση αντίδραση όπως διαχείριση πυρκαγιών, μετρήσεις ποιότητας αέρα και παρακολούθηση πλημμυρών ή τυφώνων. Το EOSDIS Worldview χρησιμοποιεί τις υπηρεσίες Global Imagery Browse Services για γρήγορη ανάκτηση των εικόνων του για μια διαδραστική εμπειρία περιήγησης. Ενώ το EOSDIS Worldview χρησιμοποιεί OpenLayers ως βιβλιοθήκη χαρτογράφησης, οι εικόνες GIBS μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν από το Google Earth, τη NASA World Wind και πολλούς άλλους.

Χρησιμοποιήσαμε το layer Dust Score (L2, Day) και Dust Score (L2, Night). Το Dust Score προσδιορίζεται από πολλαπλές δοκιμές που συγκρίνουν τις ακτινοβολίες σε επιλεγμένα φασματικά κανάλια του Atmospheric Infra-Red Sounder (AIRS) της NASA. Οι ακτινοβολίες που μετρούνται σε κανάλια που είναι ευαίσθητα στη σκόνη συγκρίνονται με ακτινοβολίες που μετρούνται σε κανάλια που δεν είναι ευαίσθητα στη σκόνη. Οι διαφορές μεταξύ πολλών ζευγών καναλιών αντιπροσωπεύονται ως δείκτης σκόνης (Dust Score). Οι υψηλότερες τιμές του δείκτη δείχνουν με μεγαλύτερη βεβαιότητα ότι υπάρχει σκόνη. Η σκόνη είναι πιθανή όταν η τιμή του δείκτη είναι πάνω από 380. Στην Εικόνα 8 φαίνονται οι φωτογραφίες (α) χωρίς το dust layer και (β) με το dust layer για την καταιγίδα σκόνης που επισκέφτηκε την Κύπρο τον Σεπτέμβριο του 2015.



Εικόνα 8: Η Κύπρος στις 08 Σεπτεμβρίου 2015 από το worldview (α) Χωρίς τα layers Dust Score και (β) με τα layers Dust Score. Μπορείτε να δείτε τις εικόνες [εδώ](#).

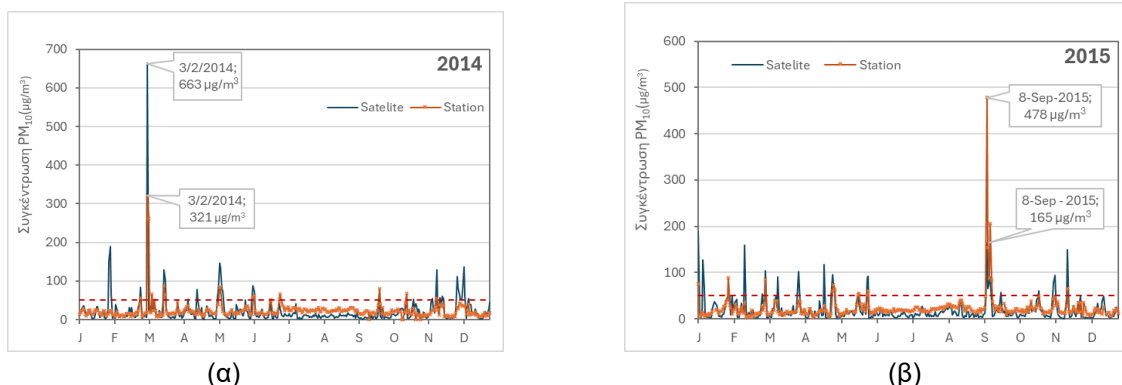
Χρησιμοποιώντας τη συγκεκριμένη εφαρμογή επιβεβαιώσαμε τις ημέρες που είχαμε κατατάξει ως DSD και παρακολουθήσαμε την κατεύθυνση επιλεγμένων καταιγίδων σκόνης που επηρέαζαν την Κύπρο.

### Δεδομένα από τον επιτόπιο σταθμό στην Αγία Μαρίνα του Ξυλιάτου (ΑΜΞ)

Κατεβάσαμε επίσης δεδομένα από την ανοικτή πύλη δεδομένων της Κύπρου για ημερήσιες μετρήσεις ατμοσφαιρικών ρύπων από το δίκτυο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα που λειτουργεί το τμήμα επιθεώρησης εργασίας. Το συγκεκριμένο δίκτυο περιλαμβάνει 9 Σταθμούς παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα. Τα δεδομένα περιλάμβαναν ιστορικές ημερήσιες τιμές των συγκεντρώσεων των Αιωρούμενων Σωματιδίων αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης των 10μm (PM<sub>10</sub>) και 2,5μm (PM<sub>2.5</sub>). Επιλέξαμε τις μετρήσεις που αφορούσαν τον σταθμό στην Αγία Μαρίνα του Ξυλιάτου (35.0217, 33.0328) από το 2010 μέχρι το 2022. Δυστυχώς όμως είχαν αρκετές τιμές που έλειπαν και ήταν ημερήσιοι μέσοι όροι, έτσι τις συγκρίναμε με τις μετρήσεις που είχαμε από το Giovanni Tool. Τελικά αποφασίσαμε να συνεχίσουμε με τις μετρήσεις από το Giovanni Tool παρόλο που παρατηρήσαμε ότι υπήρχαν κάποιες διαφορές γιατί είχαμε περισσότερα δεδομένα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα. Οι μετρήσεις από τον δορυφόρο φαίνεται να έδειχναν μεγαλύτερη



συγκέντρωση σωματιδίων σε κάποιες περιπτώσεις ενώ σε άλλες έδειχναν μικρότερη. Τα δεδομένα όμως μας έδιναν περίπου τον ίδιο αριθμό και της ίδιας κατηγορίας DSD συνολικά στη χρονιά. Στο διάγραμμα 2 φαίνεται η σύγκριση των μετρήσεων από τον σταθμό Υποβάθρου στην Αγία Μαρίνα του Ξυλιότου και από την πλατφόρμα Giovanni tool.



Διάγραμμα 2: Σύγκριση των δεδομένων από τον σταθμό υπόβαθρου και από το Giovanni tool της συγκέντρωσης των σωματιδίων  $PM_{10}$  για τις χρονιές (α) 2014 ( $r=0,73^{**}$ ) και (β) 2015 ( $r=0,60^{**}$ ).

### Δεδομένα για θέματα υγείας που μπορούν να προκληθούν λόγω της σκόνης

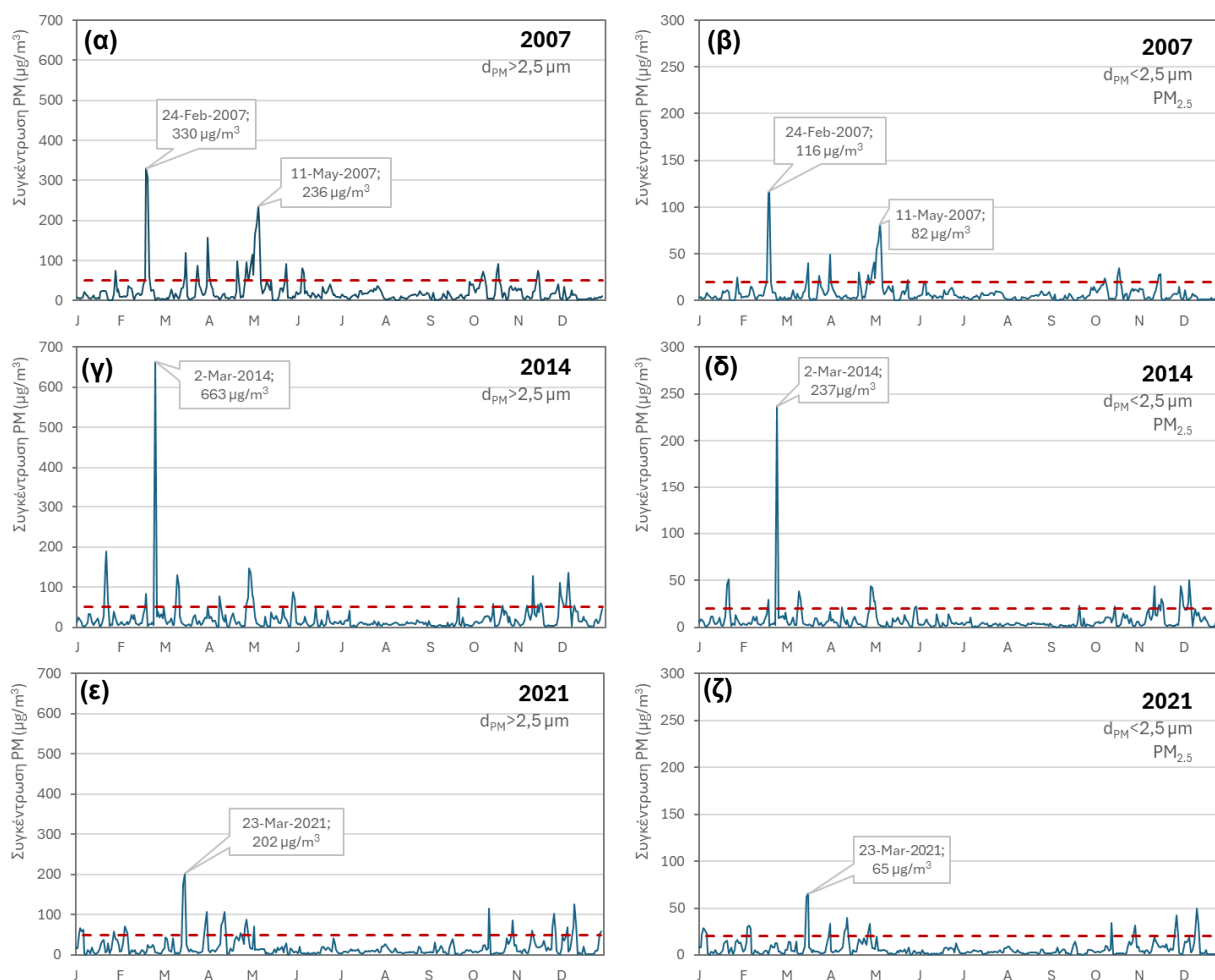
Στη συγκεκριμένη μελέτη χρησιμοποιήσαμε και δεδομένα από τη σελίδα του οργανισμού Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). Ο IHME είναι ένας οργανισμός έρευνας και μέτρησης στον τομέα της υγείας που ασχολείται με την πρόβλεψη των μελλοντικών επιπτώσεων στον τομέα της υγείας. Χρησιμοποιεί δεδομένα για ασθένειες, τραυματισμούς, παράγοντες κινδύνου και κοινωνικό-δημογραφικούς δείκτες για να δημιουργήσει προβλέψεις και σενάρια για το μέλλον. Τα δεδομένα αφορούσαν στατιστικά για το προσδόκιμο ζωής και τους θανάτους σε χρονιαία βάση που αφορούσαν καρδιαγγειακές παθήσεις, χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις, λοιμώξεις του αναπνευστικού και φυματίωσης. Επίσης στην εργασία παρουσιάζονται και δεδομένα από τον geospatial data catalogue του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (EEA). Τα δεδομένα αφορούν πρόωρους θανάτους λόγω της μόλυνσης της ατμόσφαιρας από σωματίδια  $PM_{2.5}$ .

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτή την παράγραφο θα παρουσιάσουμε τα αποτελέσματα της επεξεργασίας των δεδομένων που είχαμε στη διάθεση μας. Τα αποτελέσματα αφορούν χρονοσειρές μετρήσεων της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων  $PM_{10}$  και  $PM_{2.5}$ , της θερμοκρασίας, του δείκτη AOT, της βροχόπτωσης και της ταχύτητας των ανέμων, με στατιστικά στοιχεία σε ημερήσιο, μηνιαίο, εποχικό και ετήσιο επίπεδο. Επίσης συμπεριλαμβάνουμε δορυφορικές φωτογραφίες από ισχυρές καταιγίδες σκόνης. Η ανάλυση όλων των δεδομένων επισυνάπτεται στο Παράρτημα Ι.

### Περιγραφική στατιστική

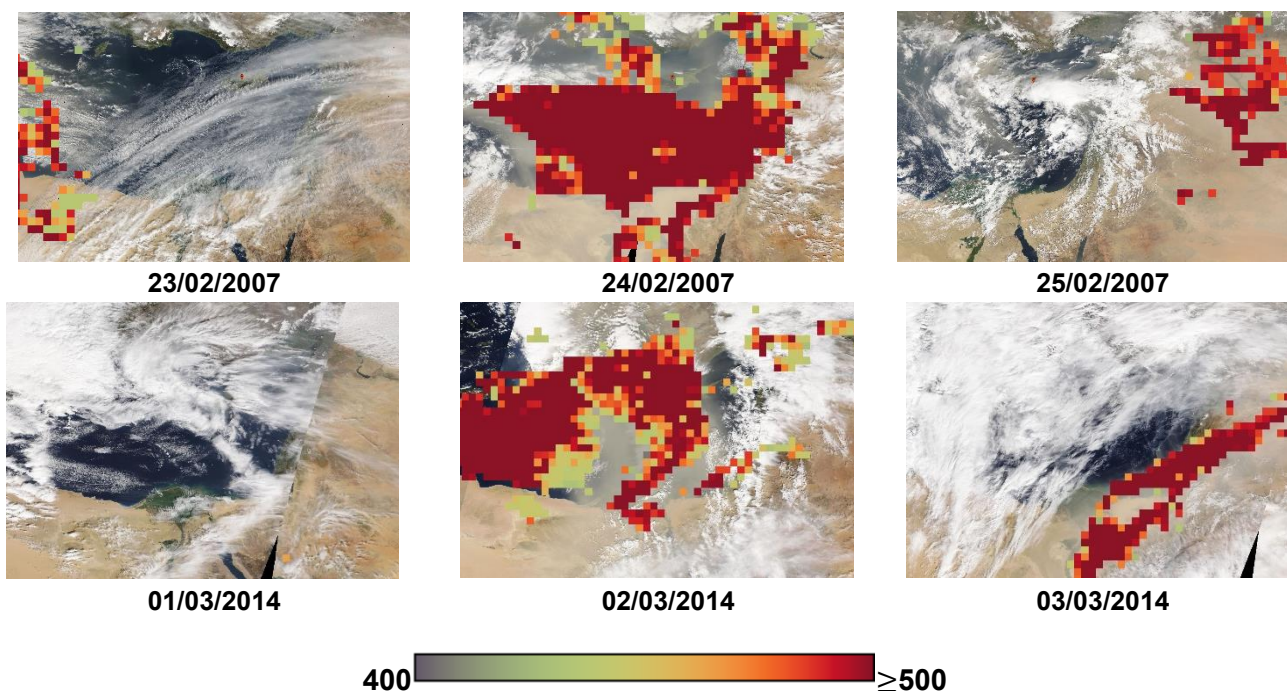
Οι χρονοσειρές της ημερήσιας συγκέντρωσης των σωματιδίων σκόνης στην ατμόσφαιρα για τις χρονιές 2007, 2014 και 2021 φαίνονται στα διαγράμματα 3 (α) – (ζ). Στις εικόνες έχουν σημειωθεί με διακεκομμένη κόκκινη γραμμή τα ημερήσια επιτρεπόμενα όρια που έχει θέσει ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας το 2020 (WMO, 2020).



Διαγράμματα 3 (α) – (ζ): Ημερήσια συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης για τις χρονιές 2007, 2014 και 2021.

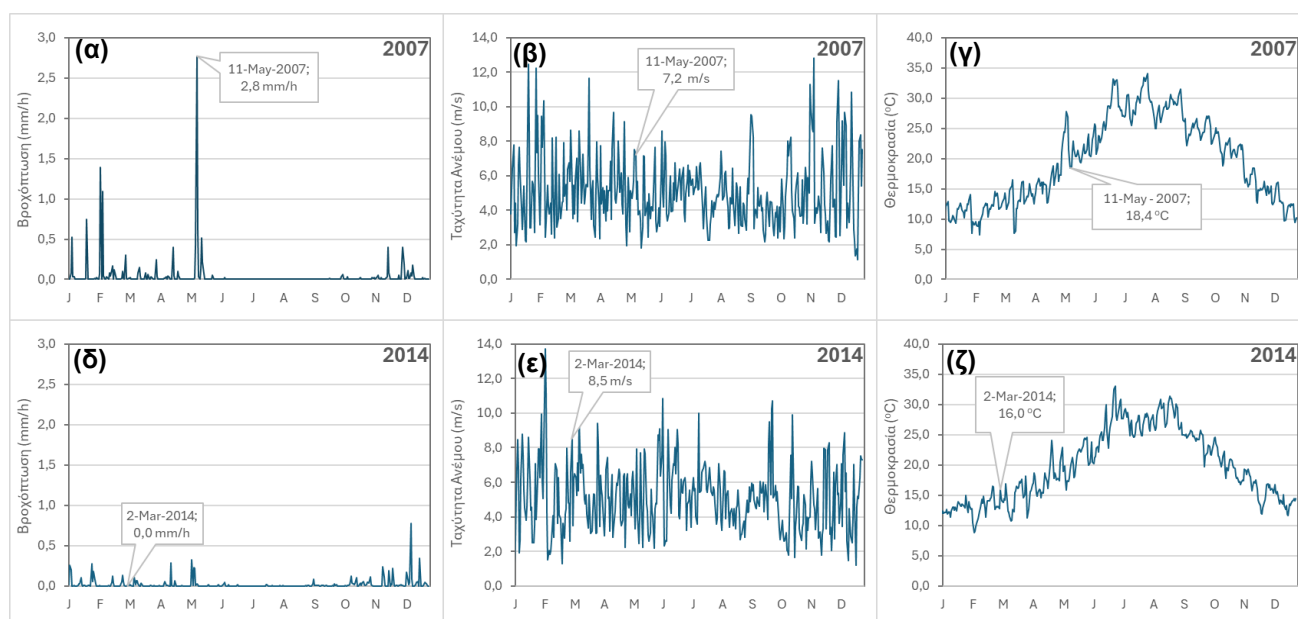
Τη χρονιά 2007 υπήρξαν δύο έντονα επεισόδια σκόνης όπου η ημερήσια μέση συγκέντρωση σκόνης στην υπό μελέτη περιοχή ξεπέρασε τα  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Στις 24 Φεβρουαρίου του 2007 η ημερήσια μέση συγκέντρωση των  $PM_{2.5}$  ξεπέρασε τα  $116 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Παρόλο που τη χρονιά 2014 τα επεισόδια σκόνης ήταν μικρής έντασης στις 2 Μαρτίου 2014 ένα ισχυρό επεισόδιο σκόνης έπληξε τη Κύπρο όπου η ημερήσια μέση συγκέντρωση σκόνης στην υπό μελέτη περιοχή ξεπέρασε τα  $600 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Την ίδια ημέρα η ημερήσια μέση συγκέντρωση των σωματιδίων  $PM_{2.5}$  ξεπέρασε τα  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Οι φωτογραφίες από το EOSDIS Worldview στις Εικόνες 4.1 (α) – (ζ) επιβεβαιώνουν την ένταση των τριών αυτών επεισοδίων σκόνης. Οι πιο πάνω ημερήσιοι μέσοι όροι είναι κατά πολύ μεγαλύτεροι από

τα προτεινόμενα επίπεδα υγείας που έθεσε ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας το 2020 (WMO, 2020) και η Ευρωπαϊκή Ένωση (Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, 2008). Τη χρονιά 2021 δεν υπήρξαν ιδιαίτερα ισχυρά επεισόδια αλλά υπήρχαν μικρότερης έντασης που διαρκούσαν αρκετές ημέρες που επίσης είναι αρκετά επικίνδυνο για τον άνθρωπο (WMO, 2020).



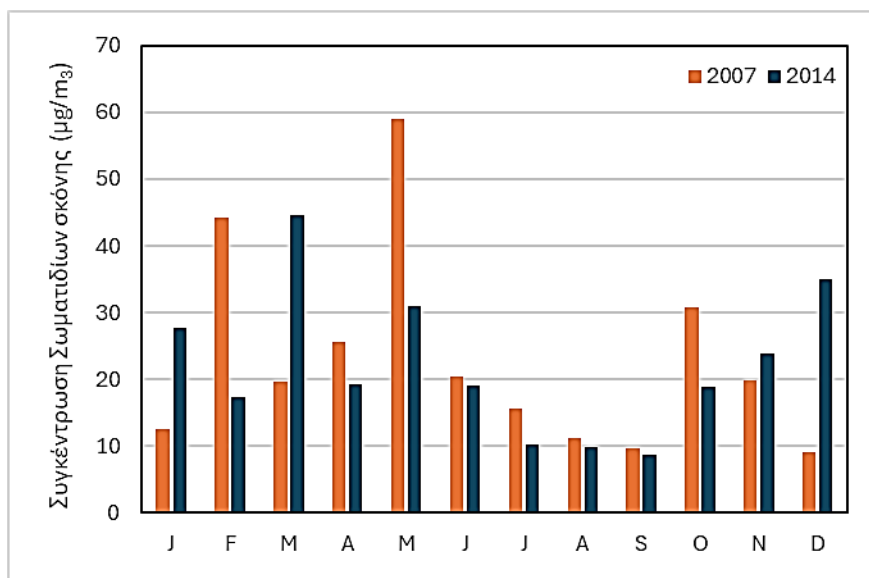
Εικόνες 9 (α) – (ζ): Φωτογραφίες από το Worldview EOSDIS του έντονου επεισοδίου σκόνης στις 24 Φεβρουαρίου 2007 και του ισχυρού επεισοδίου σκόνης το 2014. Στις εικόνες φαίνεται και το layout dust score (<https://worldview.earthdata.nasa.gov>).

Το επεισόδιο σκόνης στις 24 Φεβρουαρίου 2007 βάση των φωτογραφιών από το Worldview EOSDIS φαίνεται να προήλθε από την έρημο Σαχάρα και στις 25 Φεβρουαρίου 2007 προχώρησε προς τη Συρία. Όπως επίσης και το επεισόδιο σκόνης στις 2 Μαρτίου 2014 προήλθε από την έρημο Σαχάρα και αφού πέρασε από την Κύπρο, μετακινήθηκε προς τη Μέση Ανατολή. Ο ημερήσιος μέσος όρος της μέσης συνολικής βροχόπτωσης, της ταχύτητας του ανέμου και της θερμοκρασίας φαίνονται στα διαγράμματα 4 (α) – (ζ) για τις χρονιές 2007 και 2014.



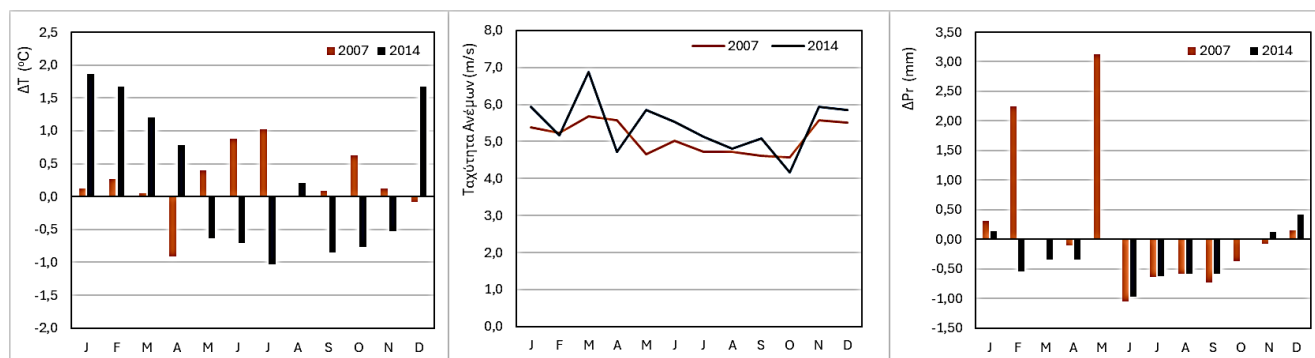
Διαγράμματα 4 (α) – (ζ): Μέση τιμή της βροχόπτωσης, της ταχύτητας του ανέμου και της θερμοκρασίας σε ημερήσια βάση.

Στις 11 Μαΐου του 2007, υπήρξε μια σχετική μείωση της μέσης θερμοκρασίας και είχε δυνατές βροχές επομένως υπάρχει μεγάλη πιθανότητα η σκόνη που υπήρχε στον αέρα να κατέληξε στο έδαφος με υγρή εναπόθεση. Ο Μάρτιος του 2014 ήταν σχετικά άνυδρος και στις 2 Μαρτίου 2014 η μέση θερμοκρασία ήταν 3°C πάνω από την κανονική θερμοκρασία του μήνα (1990 - 2020) και είχε ανέμους με μέση ταχύτητα 8,5 m/s.



Διάγραμμα 5: Ο μηνιαίος μέσος όρος της συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης για το 2007 και το 2014

Με βάση το διάγραμμα 5 παρατηρούμε πως και στις δύο χρονιές, η συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης είναι μειωμένη το καλοκαίρι ενώ τον χειμώνα και την άνοιξη έχουμε τις ψηλότερες μετρήσεις. Στατιστικά, οι τιμές σκόνης του 2007 σε κάθε μήνα είναι μεγαλύτερες από αυτές του 2014. Τον Μάιο του 2007, παρατηρούμε την μεγαλύτερη τιμή του διαγράμματος με την συγκέντρωση των σωματιδίων σκόνης να φτάνει σχεδόν στα 60 µg/m<sup>3</sup>



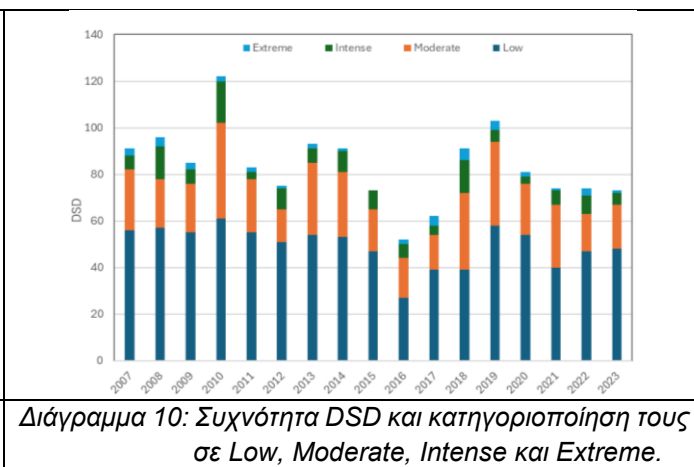
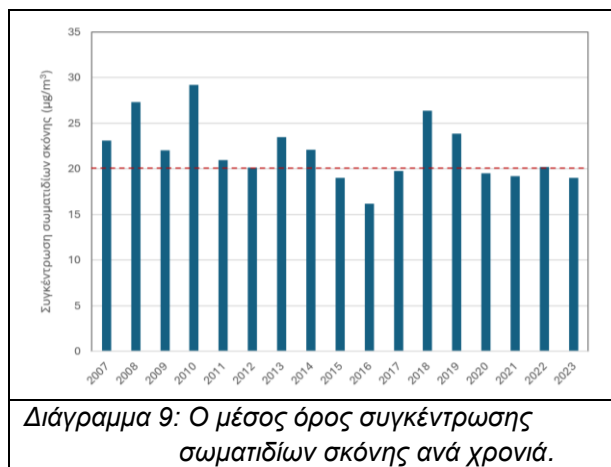
Διαγράμματα 6, 7, 8: η διαφορά του μηνιαίου μέσου όρου της θερμοκρασίας από την κανονική θερμοκρασία (1990 -2020), ο μέσος όρος της ταχύτητας του ανέμου και η διαφορά της μέσης βροχόπτωσης από την κανονική του κάθε μήνα (1990 - 1920).

Η θερμοκρασία τον Δεκέμβριο του 2014 ήταν αρκετά ψηλότερη από αυτήν του 2007 ενώ το καλοκαίρι ήταν αρκετά χαμηλότερη. Όσον αφορά την ταχύτητα του ανέμου, οι τιμές στις δύο χρονιές ακολουθούν περίπου την ίδια πορεία εκτός από τον Μάρτη και τον Οκτώβριο του 2014 που παρατηρούμε ψηλότερες και χαμηλότερες αντίστοιχα ταχύτητες από αυτές του 2015. Παρατηρούμε πως τον Μάρτιο του 2014 είχαμε μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων PM<sub>10</sub> ενώ τον Οκτώβριο είχαμε χαμηλότερη από τον αντίστοιχο μήνα του 2015. Η διαφορά βροχόπτωσης τον Μάη του 2007 ήταν αρκετά ψηλό. Τον ίδιο μήνα παρατηρούμε επίσης πολύ ψηλή τιμή συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης.

Πίνακας Τιμών 3: Οι μέσοι όροι για κάθε χρονιά από το 2007 μέχρι το 2023 και ο αριθμός των DSD

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	Σύνολο
PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	23,1	27,3	22,0	29,2	21,0	20,2	23,5	22,1	19,0	16,2	19,8	26,4	23,9	19,5	23,1	27,3	22,0	21,9
PM <sub>2.5</sub> (μg/m <sup>3</sup> )	8,14	9,55	7,66	10,2	7,11	6,85	8,22	7,66	6,34	5,49	7,15	9,49	8,23	6,65	8,14	9,55	7,66	7,61
WS (m/s)	5,11	5,38	5,54	5,24	5,14	5,37	5,64	5,09	5,38	5,42	4,93	4,95	5,16	5,31	5,11	5,38	5,54	5,23
Pr (mm/h)	0,04	0,02	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,04	0,05	0,04	0,04	0,02	0,04	0,03
T (°C)	19,6	19,8	19,6	20,4	19,1	19,6	19,5	19,7	19,3	19,9	19,6	20,5	19,9	20,0	19,6	19,8	19,6	19,8
DSD	91	96	85	122	83	75	93	91	73	52	62	91	103	81	74	74	73	1419
>50 μg/m <sup>3</sup>	35	39	30	61	28	24	39	38	26	25	23	52	45	27	34	27	25	578

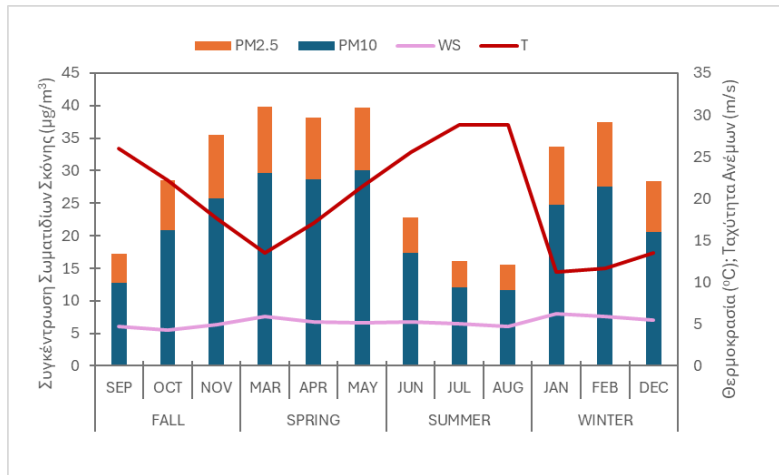
Η χρονιά με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων PM<sub>10</sub> και τις περισσότερες DSD ήταν το 2010. Αυτή η μέτρηση δεν συμφωνεί με τους Achilleos et al. (2020) που βρίσκουν ότι η χρονιά 2008 ήταν η χρονιά με τις περισσότερες καταιγίδες σκόνης (134). Με τους συγκεκριμένους συγγραφείς συμφωνούμε μόνο για τη χρονιά 2007 αλλά η γενικότερη τάση είναι παρόμοια. Οι διαφορές στα αποτελέσματα πιθανώς να οφείλονται στο ότι τα δεδομένα τους για τη συγκέντρωση των σωματιδίων σκόνης ήταν από τον σταθμό υποβάθρου ενώ τα δικά μας ήταν σε μεγαλύτερη περιοχή και από τους δορυφόρους. Επίσης ο τελικός τρόπος καθορισμού των ημερών που ανήκουν σε καταιγίδα σκόνης ήταν διαφορετικός αφού οι συγκεκριμένοι συγγραφείς χρησιμοποίησαν tree regression που για μας ήταν αρκετά δύσκολο να εφαρμόσουμε. Παρόλα αυτά οι μετρήσεις μας για τις ημέρες που ανήκουν σε καταιγίδα σκόνης και έχουν συγκέντρωση σωματιδίων PM<sub>10</sub> μεγαλύτερη από 50 μg/m<sup>3</sup> ήταν αρκετά κοντά με αυτές που υπολόγισαν οι Achilleos et al. (2020).



Το 2010, 2008 και 2018 ήταν οι χρονιές με τον μεγαλύτερο μέσο όρο συγκέντρωσης PM<sub>10</sub> ενώ το 2016 παρατηρούμε τον χαμηλότερο μέσο όρο, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 9. Τις τελευταίες τέσσερις χρονιές (2020 με 2023) παρατηρούμε μια σταθερότητα στον μέσο όρο της συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης, οποίος είναι χαμηλότερος από το όριο που έθεσε ο WMO (2020).

Στο Διάγραμμα 10 φαίνονται οι ημέρες που ανήκουν σε DS καθώς και η ένταση τους όπως καθορίστηκε στη μεθοδολογία. Από το Διάγραμμα 10 και τον Πίνακα Τιμών 3 παρατηρούμε ότι το 2010, υπάρχουν οι περισσότερες μέρες επεισοδίων σκόνης (σχεδόν το 1/3 του χρόνου), ενώ το 2016 και το 2017 οι λιγότερες. Στις χρονιές 2018 και 2019 παρατηρούμε τα περισσότερα extreme DSD. Τα χρόνια 2020 με 2023 κυμαίνονταν περίπου στις 70 ημέρες επεισοδίων σκόνης. Φαίνεται να υπάρχει μια περιοδικότητα και αυτό μας οδήγησε να συγκρίνουμε τις χρονιές που είχαμε αυξημένο αριθμό DSD με τις χρονιές που τα φαινόμενα El nino και La nina εμφανίζονταν. Το 2015 – 2016 υπήρξε ένα ισχυρό El nino και στην Κύπρο τα επεισόδια σκόνης της Ερήμου ακολούθησαν μια αυξητική πορεία. Επίσης το 2009 – 2010 είχαμε αύξηση των DSD το οποίο συμπίπτει με τη χρονική περίοδο που συνέβη ένα μέτριας έντασης El Nino. Από την άλλη το La Nina μέτριας έντασης που συνέβη το 2011 – 2012 φαίνεται να επηρέασε επίσης τα επεισόδια σκόνης της ερήμου στην Κύπρο (GGWS, 2024).





Διάγραμμα 11: Μέσος όρος από τη χρονιά 2007 μέχρι τη χρονιά 2023 για τη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης, την ταχύτητα των ανέμων και τη θερμοκρασία.

Παρατηρούμε πως το καλοκαίρι, όπου η θερμοκρασία είναι ψηλότερη, η συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης είναι η μικρότερη. Αντίθετα, τον χειμώνα και την Άνοιξη όπου η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, η συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης είναι μεγαλύτερη. Αυτό πιθανώς να οφείλεται στην αλλαγή στη βαθμίδα της θερμοκρασίας που παρατηρείται κατά την εναλλαγή των εποχών.

#### Συσχετιστική στατιστική

Τα δεδομένα τα οποία επεξεργαστήκαμε στην SPSS αφορούσαν τις ημερήσιες μετρήσεις της συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης ( $C_{PM}$  σε  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), της συνολικής βροχόπτωσης ( $Pr$  σε  $\text{mm}$ ), της ταχύτητας του ανέμου ( $WS$  σε  $\text{m}/\text{s}$ ) και της θερμοκρασίας του αέρα ( $T$  σε  $^{\circ}\text{C}$ ) από τον Ιανουάριο του 2007 μέχρι και τον Δεκέμβριο το 2023 (περίοδος 17 χρόνων). Συνολικά αναλύσαμε δεδομένα από 6209 καταγραφές όπως φαίνεται στον Πίνακα Τιμών 4. Η τυπική απόκλιση για τη συνολική βροχόπτωση και τη συγκέντρωση σωματιδίων είναι πολύ μεγάλη που σημαίνει ότι δεν ακολουθούν κανονική κατανομή αλλά έχουν σημαντικές αυξομειώσεις με τη πάροδο του χρόνου. Αυτό φαίνεται και από τη μέγιστη και ελάχιστη τιμή τους.

Πίνακας Τιμών 4: Μέσος όρος και τυπική απόκλιση των μεταβλητών της έρευνας

	N	Min	Max	$\bar{x}$	$\sigma$
Συνολική Βροχόπτωση (mm)	6209	0,00	69,90	0,70	2,88
Ταχύτητα Ανέμων (m/s)	6209	1,01	17,13	5,23	2,18
Θερμοκρασία Αέρα ( $^{\circ}\text{C}$ )	6209	2,54	35,83	19,84	6,70
Συγκέντρωση σωματιδίων Σκόνης ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	6209	0,03	719,10	21,80	35,00
Valid N (listwise)	6209				

Η ανάλυση συσχετισμού Pearson έδειξε ότι υπάρχει μικρή συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης σωματιδίων σκόνης και της συνολικής βροχόπτωσης ( $r=0,180^{**}$ ), της ταχύτητας του ανέμου ( $r=0,123^{**}$ ) και της θερμοκρασίας αέρα ( $r=-0,060^{**}$ ) η οποία είναι στατιστικά σημαντική ( $p<0,001$ ) (Βλέπε Πίνακα Τιμών 5).

Πίνακας Τιμών 5: Ανάλυση συσχετισμού Pearson για τις μεταβλητές της έρευνας

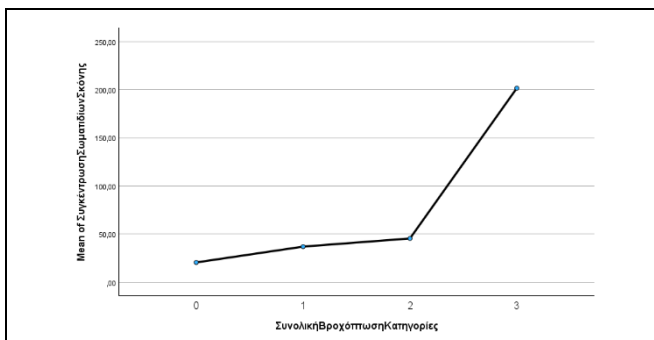
		WS (m/s)	T ( $^{\circ}\text{C}$ )	Pr (mm)
$C_{PM}$ ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Pearson Correlation	0,123**	-0,060**	0,180**
	Sig. (2-tailed)	<,000	<,000	<,000
	N	6209	6209	6209

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

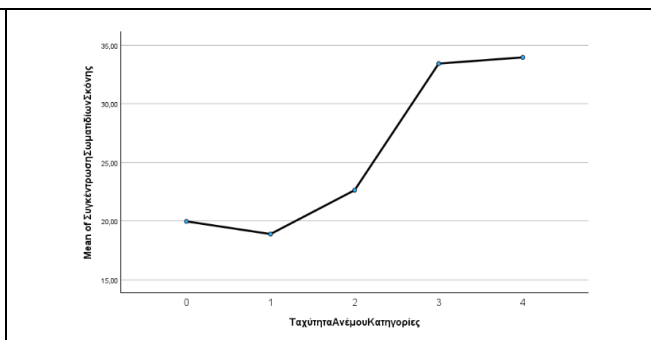
Στη συνέχεια, για να μελετήσουμε περαιτέρω το συσχετισμό αυτό προβήκαμε σε κατηγοριοποίηση των δεδομένων για κάθε μεταβλητή ξεχωριστά όπως αναφέραμε στη μεθοδολογία. Κατασκευάσαμε τα διαγράμματα του μέσου όρου της συγκέντρωσης της σκόνης σε κάθε κατηγορία για τις μεταβλητές



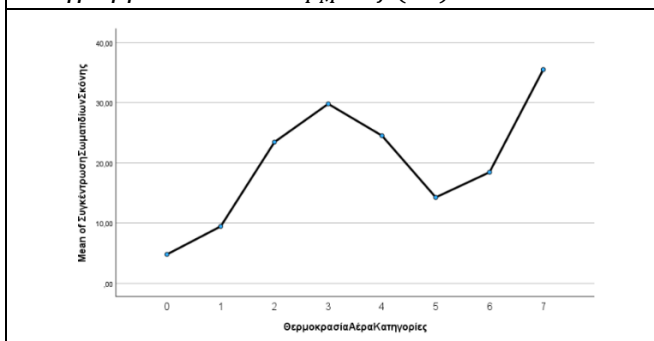
θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα των ανέμων και βροχόπτωση. Από την ανάλυση αυτή προέκυψε ότι υπάρχει κάποια συσχέτιση μεταξύ της βροχόπτωσης και της συνολικής ποσότητας σωματιδίων σκόνης στην ατμόσφαιρα αφού τόσο σε περιόδους μεγαλύτερης βροχόπτωσης οι συγκεντρώσεις σωματιδίων σκόνης αυξάνονται όπως φαίνεται στο διάγραμμα 12. Με τον ίδιο τρόπο, στην περίπτωση της ταχύτητας του αέρα, φαίνεται πως η αύξηση, πάνω από ένα κατώφλι, της ταχύτητας του αέρα αυξάνει τη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης στην ατμόσφαιρα, όπως δείχνει το διάγραμμα 13. Στο διάγραμμα 14 στην περίπτωση δηλαδή της θερμοκρασίας του αέρα δεν είναι ξεκάθαρη η επίδραση παρόλο που παρουσιάζεται μία τάση αύξησης των σωματιδίων σκόνης με την αύξηση της θερμοκρασίας.



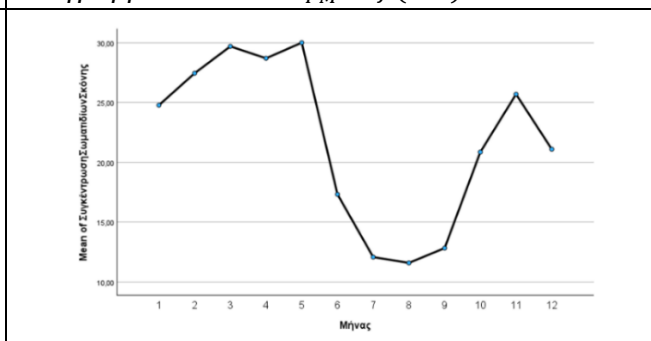
Διάγραμμα 12:  $MeanC_{PM} = f(Pr)$



Διάγραμμα 13:  $MeanC_{PM} = f(WS)$

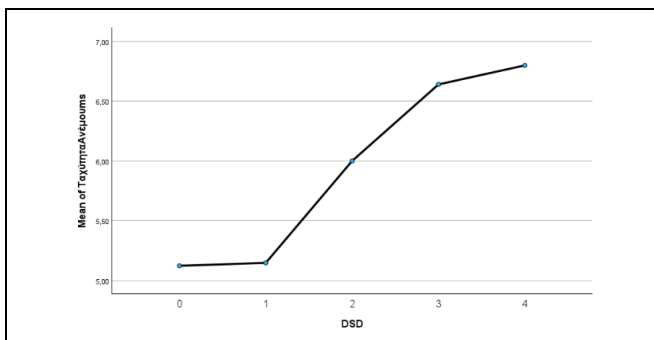


Διάγραμμα 14:  $MeanC_{PM} = f(T)$

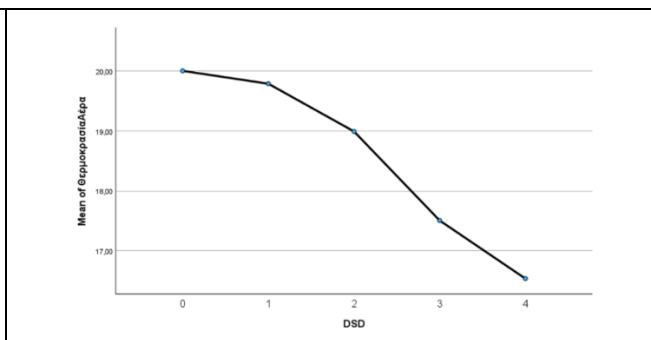


Διάγραμμα 15:  $MeanC_{PM} = f(Month)$

Το διάγραμμα 15 παρουσιάζει τον μέσο όρο και για τα δεκαεπτά χρόνια της ημερήσιας μέσης συγκέντρωσης των σωματιδίων σκόνης συναρτήσεως του κάθε μήνα. Παρατηρούμε ότι οι μήνες με την υψηλότερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης είναι ο Μάρτιος και ο Μάιος ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Το καλοκαίρι βλέπουμε την απότομη μείωση, καθώς και ο μήνας Αύγουστος έχει τη μικρότερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης ( $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Έπειτα, το φθινόπωρο η συγκέντρωση ανεβαίνει ξανά με μέγιστη τιμή τα  $26 \mu\text{g}/\text{m}^3$  τον μήνα Νοέμβριο. Ακολούθως πραγματοποιήσαμε παρόμοιους στατιστικούς ελέγχους με τις κατηγορίες των DSD ( $Cat\_DSD$ ) και δημιουργήσαμε τα διαγράμματα 16, 17 και 18. Το διάγραμμα 16 δείχνει τον μέσο όρο της ταχύτητας των ανέμων (m/s) στην κάθε κατηγορία DSD. Με βάση το συγκεκριμένο διάγραμμα, παρατηρούμε πως με την αύξηση της ταχύτητας του ανέμου, έχουμε και αύξηση της έντασης των καταιγίδων σκόνης.

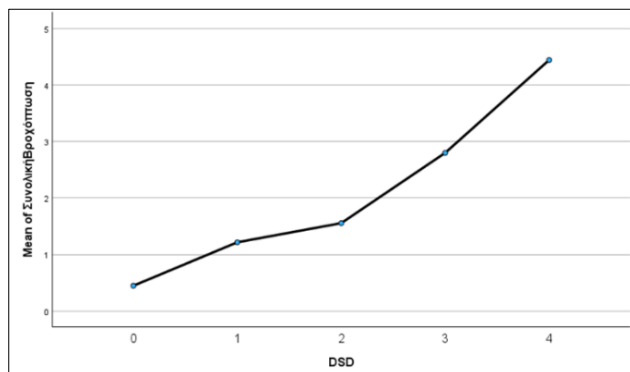


Διάγραμμα 16:  $MeanWS = f(Cat\_DSD)$



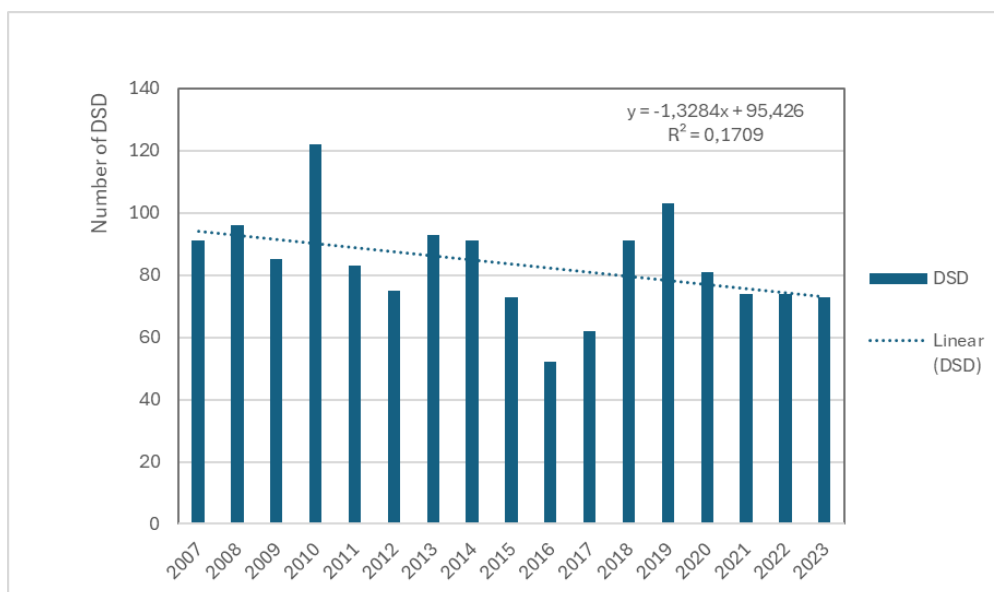
Διάγραμμα 17:  $MeanT = f(Cat\_DSD)$

Ειδικότερα εάν το DSD είναι τύπου 1, τότε η ταχύτητα του ανέμου είναι σχεδόν ίδια με αυτή που θα είχαμε εάν δεν είχαμε DSD. Επομένως συμπεραίνουμε πως μεγαλύτερες ταχύτητες ανέμων ίσως να ευνοούν την ύπαρξη ενός ισχυρού ή έντονου DSD. Το διάγραμμα 18 δείχνει πως ο παράγοντας βροχόπτωση συσχετίζεται με την ένταση των DSD. Είναι πιθανό μία έντονη καταιγίδα σκόνης να προκαλέσει βροχόπτωση λόγω του ότι τα αιωρούμενα σωματίδια σκόνης λειτουργούν ως πυρήνες συμπύκνωσης για τη δημιουργία νεφών (Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, 2022) ή μπορεί οι συνθήκες προκαλούν βροχόπτωση να προκαλούν και καταιγίδες σκόνης.



Διάγραμμα 18:  $MeanPr = f(Cat\_DSD)$

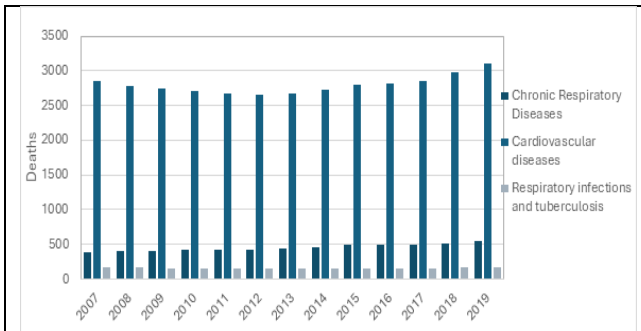
Στο διάγραμμα 19 προσαρμόσαμε σε ευθεία τον αριθμό των DSD συναρτήσει τον χρόνων από το 2007 μέχρι το 2023. Η προσαρμογή σε ευθεία έχει αρνητική κλίση και αυτό δείχνει ότι ο αριθμός των DSD έχει την τάση να μειώνεται τα τελευταία 17 χρόνια, το οποίο αναφέρεται και στο άρθρο των Yuan et al. (2018). Όμως όσο αφορά την ένταση των επεισοδίων σκόνης θα γίνουν πιο έντονα όπως αναφέρουν και οι Clifford et al. (2019).



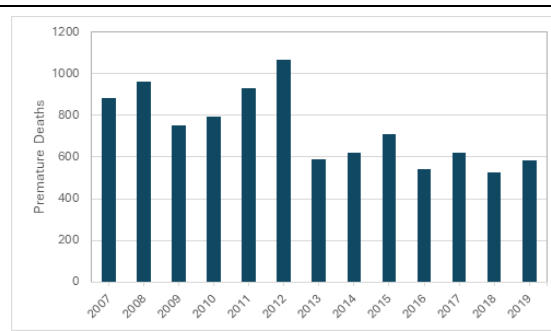
Διάγραμμα 19: Προσαρμογή σε ευθεία του αριθμού των ημερών που χαρακτηρίζονται ως DSD

#### Στατιστικά στοιχεία που αφορούν την υγεία των πολιτών στην Κύπρο

Σε αυτό το σημείο της εργασίας, στο διάγραμμα 20 παρουσιάζουμε χρονιαία δεδομένα που αφορούν το προσδόκιμο ζωής και τους θανάτους σε ετήσια βάση που αφορούσαν καρδιαγγειακές παθήσεις, χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις, λοιμώξεις του αναπνευστικού και φυματίωσης των πολιτών της Κύπρου από το 2007 μέχρι το 2019. Δεν χρησιμοποιήσαμε τα δεδομένα που είχαμε μετά το 2019 λόγω της Πανδημίας.



Διάγραμμα 20: Θάνατοι στην Κύπρο από ΧΑΠ κ. α.



Διάγραμμα 21. Πρόωροι θάνατοι λόγω PM<sub>2.5</sub>

Στο διάγραμμα 20 παρατηρούμε ότι οι χρονιές με τους περισσότερους θανάτους ήταν το 2018 και το 2019. Το 2019, που ήταν η χρονολογία με τους περισσότερους θανάτους, λόγω καρδιαγγειακών παθήσεων υπήρξαν 3112 θάνατοι, λόγω χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων 541 θάνατοι και λόγω λοιμώξεων του αναπνευστικού και φυματίωσης 174 θάνατοι. Λαμβάνοντας υπόψη τα δεδομένα που διαθέτουμε (Πίνακας Τιμών 3 και Διάγραμμα 9) για τη συγκέντρωση των σωματιδίων σκόνης στην ατμόσφαιρα, όπου παρατηρούμε αυξημένη συγκέντρωση τις χρονιές 2018 και 2019, θα μπορούσαμε να υποθέσουμε πως μπορεί να υπάρχει κάποια σύνδεση μεταξύ των δύο φαινομένων. Όμως χωρίς περαιτέρω έρευνα δεν μπορούμε να έχουμε σαφή συμπεράσματα. Στη μελέτη του ο Κοντός Ζώης (2016) αναφέρει πως στην Ευρώπη οι πιθανές επιπτώσεις στην υγεία των επεισοδίων σκόνης έχουν σπάνια μελετηθεί και παρόλο που η συσχέτιση των λεπτόκοκκων σωματιδίων με την ολική ή μερική αιτία πρόκλησης ημερήσιας θνησιμότητας δεν είναι σημαντική κατά τη διάρκεια των εισβολών σκόνης από τη Σαχάρα, όσον αφορά τα χονδροκόκκα σωματίδια PM<sub>10</sub> ή PM<sub>10-2.5</sub> δεν μπορεί να δοθεί μία σαφής απάντηση. Στο διάγραμμα 21 επίσης παρουσιάζονται τα δεδομένα από τον geospatial data catalogue του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΕΑ). Τα δεδομένα αφορούν πρόωρους θανάτους λόγω της μόλυνσης της ατμόσφαιρας από σωματίδια PM<sub>2.5</sub>. Όπως φαίνεται διάγραμμα 21 οι πρόωροι θάνατοι λόγω της ύπαρξης σωματιδίων PM<sub>2.5</sub> μειώνονται από το 2013 και μετά, σε αντίθεση με τις χρονιές 2007-2012 όπου παρατηρούμε ιδιαίτερα αυξημένο αριθμό θανάτων.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μέσα από αυτήν την έρευνα βρήκαμε συσχετισμό των επεισοδίων σκόνης με τη συνολική βροχόπτωση, τη θερμοκρασία και την ταχύτητα του ανέμου. Βέβαια, δεν μπορούμε να είμαστε απόλυτα σίγουροι αν πραγματικά αυτοί οι παράγοντες επηρεάζουν άμεσα τα φαινόμενα σκόνης αφού ολόκληρη η μελέτη μας αφορά δεδομένα από το Giovanni tool. Ίσως ο συνδυασμός δεδομένων από τους επιτόπιους σταθμούς με δεδομένα από δορυφόρους να δώσουν καλύτερη εικόνα της συσχέτισης μεταξύ αυτών των παραμέτρων.

Από την ανάλυση των δεδομένων καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία αυξάνεται και η συγκέντρωση σκόνης όπως αναφέρεται και στο άρθρο Zhou et al (2023). Όσο αφορά τη βροχόπτωση αποδείξαμε ότι με την αύξηση της βροχόπτωσης προκαλείται και αύξηση της συγκέντρωσης σκόνης. Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι οι συνθήκες που προκαλούν τη βροχή επηρεάζουν και την κυκλοφορία των αέριων μαζών στην ατμόσφαιρα η οποία συμβάλλει στη μεταφορά σκόνης όπως αναφέρουν και οι Κατσάφαδος & Μαυροματίδης (2015) ή ότι η αυξημένη συγκέντρωση σκόνης στην ατμόσφαιρα να προκαλεί βροχόπτωση με βάση τους Zhao et al. (2022) και της ετήσιας έκθεσης του Τμήματος Επιθεώρησης Εργασίας (2022). Για την ταχύτητα του ανέμου φαίνεται από την ανάλυση μας ότι υπάρχει κατώφλι στην ταχύτητα του ανέμου που όταν οι άνεμοι κινούνται με μεγαλύτερη ταχύτητα τόσο πιο έντονα είναι τα φαινόμενα σκόνης. Αυτό είναι σε συμφωνία με το άρθρο των Marticorena et al. 1997. Αυτό συμβαίνει επειδή με τη βοήθεια του ανέμου η σκόνη ανυψώνεται και μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις (Tegen & Fung 1994) ανάλογα όμως με την ταχύτητα που έχει ο άνεμος και το ανάγλυφο του εδάφους μεταφέρει διαφορετικής διαμέτρου σωματίδια σκόνης. Οι καταιγίδες σκόνης είναι ένα συχνό φαινόμενο στο νησί μας και από τις

μετρήσεις μας φαίνεται να υπάρχει μια περιοδικότητα στα επεισόδια σκόνης. Η συσχέτιση των επεισοδίων σκόνης της ερήμου στην Κύπρο με τα περιοδικά φαινόμενα El Nino και La Nina χρειάζεται περαιτέρω έρευνα. Από την έρευνα μας φάνηκε να υπάρχει τάση για μείωση του αριθμού των DSD συναρτήσεως του χρόνου. Όπως αναφέρεται και στο άρθρο των Clifford et al. (2019) τα φαινόμενα σκόνης αναμένεται να μειωθούν σε συχνότητα αλλά να αυξηθούν σε ένταση.

Αναφορικά με τα διάφορα θέματα υγείας που προκαλούνται από την ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα φαίνεται πως υπάρχει μια αύξηση το 2019 αλλά οι συγκεκριμένες μετρήσεις ήταν ανά χρόνο και δεν μπορέσαμε να τις συνδέσουμε με τα επεισόδια σκόνης. Θα μπορούσε να πραγματοποιηθεί μελέτη της εισαγωγής στα νοσοκομεία σε ημερήσια βάση ώστε να παρατηρήσουμε κατά πόσον τις ημέρες μετά τα επεισόδια σκόνης υπάρχουν αυξημένες εισαγωγές και κατά πόσον υπάρχει κάποια συσχέτιση. Ίσως μία έρευνα που να μελετά όλα τα σωματίδια που «κουβαλούν» τα επεισόδια σκόνης της ερήμου σε βάθος χρόνου να είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στον εντοπισμό των προβλημάτων υγείας των κατοίκων της Κύπρου. Είναι όμως γενικά αποδεκτό ότι τα αιωρούμενα σωματίδια στην ατμόσφαιρα επηρεάζουν την ποιότητα ζωής των ανθρώπων σε πολλούς τομείς και η αντιμετώπιση των επιπτώσεων τους αποτελεί πολυδιάστατο ζήτημα που απαιτεί συνεργασία και συντονισμό σε πολλά επίπεδα. Εκτός από τις καταιγίδες σκόνης που είναι φυσικό φαινόμενο ίσως μία μελέτη των άλλων παραγόντων που αυξάνουν την συγκέντρωση των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα να μπορεί να δώσει πιο άμεσες λύσεις στο συγκεκριμένο πρόβλημα.

Οι πολιτικοί και κοινωνικοί φορείς πρέπει να συνεργαστούν για να αντιμετωπίσουν αυτό το ζήτημα. Η διαχείριση της ποιότητας του αέρα απαιτεί πολιτικές αποφάσεις, ρυθμίσεις και συνεργασία μεταξύ των κρατών, των περιφερειακών αρχών και του κοινού. Οι πολιτικοί πρέπει να ενημερώνουν το κοινό σχετικά με τις επιπτώσεις των σωματιδίων σκόνης στην υγεία των ανθρώπων και να προωθούν ευαισθητοποίηση. Η προστασία της υγείας των ανθρώπων από τα αιωρούμενα σωματίδια και ειδικότερα από τα σωματίδια σκόνης απαιτεί διεθνή συνεργασία, καθώς ο αέρας δεν γνωρίζει σύνορα μεταξύ χωρών.

## ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΠΟΥ ΑΠΟΚΤΗΘΗΚΑΝ

Μέσα από αυτή την ευκαιρία που μας δόθηκε να συμμετέχουμε σε αυτόν τον διαγωνισμό αποκτήσαμε αρκετές γνώσεις και δεξιότητες. Αρχικά, με αφορμή ένα τόσο ενδιαφέρον θέμα, είχαμε τη δυνατότητα να μάθουμε για ένα τόσο σημαντικό και επικίνδυνο για την υγεία μας φυσικό φαινόμενο. Μελετώντας πλήθος επιστημονικών πηγών, κατανοήσαμε τα αίτια και τις επιπτώσεις των καταιγίδων σκόνης, ενώ παράλληλα εξοικειωθήκαμε με τη μεθοδολογία συγγραφής μίας βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Αποκτήσαμε ερευνητικές δεξιότητες συλλέγοντας δεδομένα από διάφορες πηγές, όπως επιστημονικές ιστοσελίδες και εφαρμογές. Μας έκανε τρομερή εντύπωση το γεγονός ότι υπάρχουν τόσα πολλά δεδομένα διαθέσιμα στο κοινό για επεξεργασία και ανάλυση.

Επιπρόσθετα, αναπτύξαμε δεξιότητες στην ανάλυση δεδομένων με στατιστικές μεθόδους χρησιμοποιώντας διάφορα λογισμικά καθώς και στην ερμηνεία γραφικών παραστάσεων. Η επεξεργασία του μεγάλου όγκου δεδομένων και η εύστοχη παρουσίασή τους ώστε να εξάγονται εύστοχα συμπεράσματα, αποτέλεσαν τις κύριες προκλήσεις που αντιμετωπίσαμε. Ως εκ τούτου αναπτύξαμε κριτική σκέψη, εξάγοντας συμπεράσματα που μπορούσαν να στηριχθούν από την υπάρχουσα βιβλιογραφία. Η ομαδική εργασία αποτέλεσε αναπόσπαστο κομμάτι της εμπειρίας. Μάθαμε να συνεργαζόμαστε, να μοιραζόμαστε αρμοδιότητες, να ανταλλάσσουμε ιδέες και να καταλήγουμε σε συλλογικές αποφάσεις, στοιχεία που ήταν απαραίτητα για την ομαλή ολοκλήρωση της ερευνητικής εργασίας. Γενικά, η συμμετοχή μας σ' αυτόν τον διαγωνισμό με θέμα «Κλιματική αλλαγή και επεισόδια σκόνης της ερήμου στην Κύπρο» ήταν μία αξέχαστη εμπειρία που όχι μόνο εμπάθυνε τις γνώσεις και την κατανόηση μας για διάφορα θέματα που αφορούν τη μετεωρολογία αλλά και μας εξόπλισε με δεξιότητες, οι οποίες θα μας χρησιμεύσουν αργότερα σε διάφορα ακαδημαϊκά και επαγγελματικά πλαίσια.

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Στην αγγλική γλώσσα

- Achilleos, S., Evans, J.S., Yiallourous, P.K., Kleanthous, S., Schwartz, J., Koutrakis, P., (2014). PM10 concentration levels at an urban and background site in Cyprus: the impact of urban sources and dust storms. *Journal of Air Waste Management Association*. 64, pp.1352–1360.
- Achilleos, S., Mouzourides, P., Kalivitis, N., Katra, I., Kloog, I., Kouis, P., Middleton, N., Mihalopoulos, N., Neophytou, M., Panayiotou, A., Papatheodorou, S., Savvides, C., Tymvios, F., Vasiliadou, E., Yiallourous, P., Koutrakis, P., (2020). Spatio-temporal variability of desert dust storms in eastern Mediterranean (Crete, Cyprus, Israel) between 2006 and 2017 using a uniform methodology. *Sci. Total Environ.* 714,136693.
- Bodenheimer, S., Lensky, I.M., Dayan, U., (2018). Characterization of Eastern Mediterranean dust storms by area of origin; North Africa vs. Arabian Peninsula, *Atmospheric Environment*.
- Brstilo, S., & Madunic, Q., (2010). *Dust Storms: Elemental Composition, Causes and Environmental Impacts (Reprint Edition)*. Nova Science Pub Inc.
- Clifford, H. M., Spaulding, N. E., Kurbatov, A. V., More, A., Korotkikh, E. V. et al., (2019). A 2000-year Saharan dust event proxy record from an ice core in the European Alps. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124, pp 12882–12900
- Darvishi Bolorani, A., Soleimani, M., Papi, R., et al., (2023). Sources, Drivers, and Impacts of Sand and Dust Storms: A Global View. In: Al-Dousari, A., Hashmi, M.Z. (eds) *Dust and Health. Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies*. Springer, Cham.
- Dong, D., Wang. J., (2023). Air pollution as a substantial threat to the improvement of agricultural total factor productivity: Global evidence. *Environment International*.173.
- Esmail, N., Gharagozloo, M., Rezaei, A., Grunig, G., (2014). Dust events, pulmonary diseases, and immune system. *Am J Clin Exp Immunol.* 27.
- Glantz, M. H., (2000). *Lessons Learned from the 1997–98 El Niño: Once Burned, Twice Shy? A UNEP/NCAR/UNU/WMO/ISDR Assessment*. Public Affairs Section, United Nations University, Tokyo. Ανακτήθηκε στις 26 Φεβρουαρίου 2024 από: [https://www.unisdr.org/files/1864\\_VL102131.pdf](https://www.unisdr.org/files/1864_VL102131.pdf).
- Goudie, A. S., (2014). Desert dust and human health disorders, *Environment International* 63.
- Han, Y., Dai, X., Fang, X., Chen, Y. and Kang, F. (2008). Dust aerosols: a possible accelerant for an increasingly arid climate in North China. *Journal of Arid Environments*, 72:8, pp.1476–1489.
- Hofer, J., Althausen, D., Abdullaev, S. F., Makhmudov, A. N., Nazarov, B. I., et al., (2017). Long-term profiling of mineral dust and pollution aerosol with multiwavelength polarization Raman lidar at the Central Asian site of Dushanbe, Tajikistan: case studies, *Atmos. Chem. Phys.*, 17.
- Kalkstein, A. J., Rudich, Y., Raveh-Rubin, S., Kloog, I., and Novack, V., (2020). A Closer Look at the Role of the Cyprus Low on Dust Events in the Negev Desert. *Atmosphere* 11, no. 10: pp 1020.
- Knippertz, P., (2014). *Meteorological Aspects of Dust Storms*. in Knippertz, P., Stuut, J.B. (eds). *Mineral Dust: A Key Player in the Earth System*. Dordrecht: Springer.
- Kohfeld K.E., and Tegen, I. (2007). Record of mineral aerosols and their role in the earth system. In: Turekian, K., and Holland, H, D, (eds) *Treatise on Geochemistry*. Oxford: Elsevier, Pergamon, pp 1–26.
- Lionello, P., Malanotte-Rizzoli, P., & Boscolo, R., (2006). *Mediterranean climate variability*. Amsterdam, Elsevier.



- Marticorena, B., Bergametti, G., Gillette, D. & Belnap, J., (1997), Factors controlling threshold friction velocity in semiarid and arid areas of the United States, *J. Geophys. Res.*, 102, pp 23277–23287
- Middleton, N., Kang, U., (2017). Sand and Dust Storms: Impact Mitigation. *Sustainability*, MDPI, 9(6).
- Park, J.W., Lim, Y. H., Kyung, S. Y., An, C. H., Lee, S. P., Jeong, S. H., Ju, Y.(2005). “Effects of ambient particulate matter on peak expiratory flow rates and respiratory symptoms of asthmatics during Asian dust periods in Korea”. *Respirology*. 10: 4, pp. 470–476.
- Sandstrom, T., and Forsberg, B. (2008). Desert dust: An unrecognized source of dangerous air pollution? *Epidemiology*. 19:6, pp.808–809.
- Schweitzer M. D, Andrew S. C., Oriana S., Arash S., Naresh K., et al., (2018). Lung health in era of climate change and dust storms. *Environmental Research*.163.
- Solomos, S., Ansmann, A., Mamouri, R.E., Biniotoglou, I., Patlakas, P., Marinou, E., Amiridis, V., (2017). Remote sensing and modelling analysis of the extreme dust storm hitting the Middle East and eastern Mediterranean in September 2015. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17:6.
- Stefanski, R. and Sivakumar, M. V. K., (2009). Impacts of sand and dust storms on agriculture and potential agricultural applications of a SDSWS. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 7.
- Tegen I. and Fung I., (1994). Modeling of mineral dust in the atmosphere: Sources, transport and optical thickness, *Journal of Geophysical Research*, 99, pp. 22897-22914.
- Twohy, C. H., Kreidenweis, S. M., Eidhammer, T., Browell, E. V., Heymsfield, A. J., et al., (2009). Saharan dust particles nucleate droplets in eastern Atlantic clouds, *Geophysical Research Letters*, 36, L01807.
- UNEP, WMO, and UNCCD, (2016). Global Assessment of Sand and Dust Storms. Ανακτήθηκε στις 20 Ιανουαρίου 2024 από: <http://www.un.org/Depts/Cartographic/english/htmain.htm>
- Wang, J. X. L., (2015). Mapping the Global Dust Storm Records: Review of Dust Data Sources in Supporting Modeling/Climate Study. *Curr Pollution Rep* 1, pp.82–94.
- WMO, World Meteorological Organization, (2020, May). WMO Airborne Dust Bulletin, WMO Sand and Dust Storm – Warning Advisory and Assessment System (SDS-WAS). Volume 4. Ανακτήθηκε στις 20 Ιανουαρίου 2024 από: <https://library.wmo.int/idurl/4/57466>
- Yuan, T., Yu, H., Chin, M. & Remer, L., (2018). Future Decline of African Dust: Insights from the Recent Past and Paleo-records. Ανακτήθηκε στις 10 Μαρτίου του 2024 από: <https://arxiv.org/pdf/1804.07188.pdf>
- Zhao, B., Fast, J., Shrivastava, M., Donahue, N. M., Gao, Y., Shilling, J. E., et al., (2022). Formation process of particles and cloud condensation nuclei over the Amazon rainforest: The role of local and remote new-particle formation. *Geophysical Research Letters*, 49.
- Zhou, Y., Wu, T., Zhou, Y., Zhang, J., Zhang, F., Su, X., Jie, W., Zhao, H., Zhang, Y., & Wang, J., (2023). Can global warming bring more dust? *Climate Dynamics*, 61:7-8.

## Στην ελληνική γλώσσα

Τμήμα Επιθεώρησης Εργασίας, (2022): Ετήσια Τεχνική Έκθεση Ποιότητας Αέρα 2022. Ανακτήθηκε στις 18 Μαρτίου 2024 από: <https://www.airquality.dli.mlsi.gov.cy/el/reports>.

Κατσαφάδος Π. & Μαυροματίδης Η. (2015). Εισαγωγή στη Φυσική της Ατμόσφαιρας και την Κλιματική Αλλαγή. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Ανακτήθηκε στις 24 Ιανουαρίου 2024 από: <http://hdl.handle.net/11419/3708>

Κιννή Π. & Κουής Π. (2018). Κλιματική αλλαγή και επεισόδια καταιγίδων σκόνης της ερήμου στην Κύπρο. Paideia news. Ανακτήθηκε στις 3 Ιανουαρίου 2024 από: <https://paideia-news.com/klimatiki-allagi-kai-epeisodia-kataigidon-skonis-tis-erimoy-stin-kypro30427b>

Κοντός Ζ., (2016). Επίδραση αφρικανικής σκόνης στην υγεία του ανθρώπου την Ελλάδα και την Ευρώπη. Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

## Διαδικτυακές Πηγές

CCG, Climate change guide, (2011): <https://www.climate-change-guide.com/dust-storms.html>. Τελευταία επίσκεψη στις 08 Μαρτίου 2024.

EPA, Environmental Protection Agency (2023). Particulate Matter (PM) Basics. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>  
Τελευταία επίσκεψη στις 18 Φεβρουαρίου 2024.

GGWS, Golden Gate Weather Services, (2024). <https://ggweather.com/enso/oni.htm>  
Τελευταία επίσκεψη στις 21 Μαρτίου 2024.

Kitas Weather, (3/11/21) Πώς παρακολουθείται το φαινόμενο της σκόνης στην Κύπρο. <https://www.kitasweather.com/news/genika/pos-parakoloytheitai-to-fainomeno/>.  
Τελευταία επίσκεψη στις 17 Μαρτίου 2024.

Philenews, (12/8/2023). Κύπρος, η έρημος της Ευρώπης. <https://www.philenews.com/kipros/koinonia/article/1367785/kiprosi-erimos-tis-evropis/>.  
Τελευταία επίσκεψη στις 25 Ιανουαρίου 2024.

UNEP, United Nations Environment Programme, (2023). As climate changes, sandstorms wreak havoc on desert communities. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/climate-changes-sand-storms-wreak-havoc-desert-communities>.  
Τελευταία επίσκεψη στις 23 Ιανουαρίου 2024.

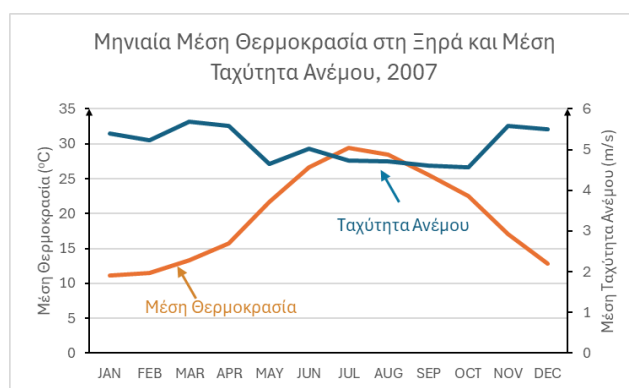
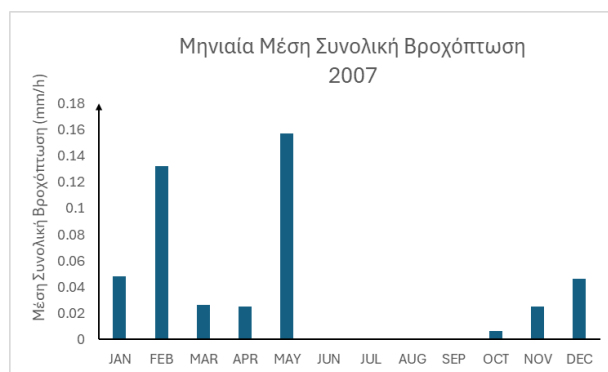
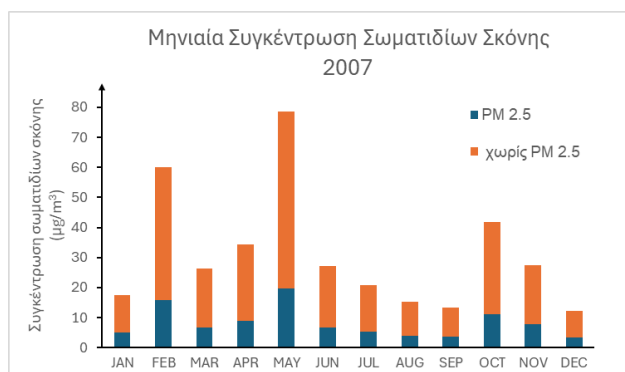
WMO, World Meteorological Organization, (2017). Dust Storm or Sandstorm. International Cloud Atlas. <https://cloudatlas.wmo.int/en/dust-storm-or-sandstorm.html>  
Τελευταία επίσκεψη στις 21 Φεβρουαρίου 2024.

We acknowledge the use of imagery from the Worldview Snapshots tool application, part of NASA's Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS). We also acknowledge the MODIS mission scientists and associated NASA personnel, for the production of the data used in this research effort.

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

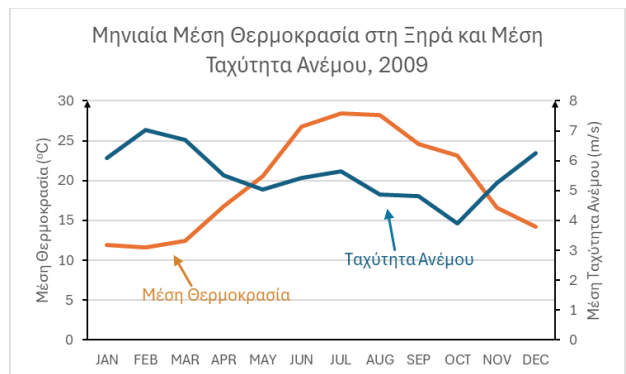
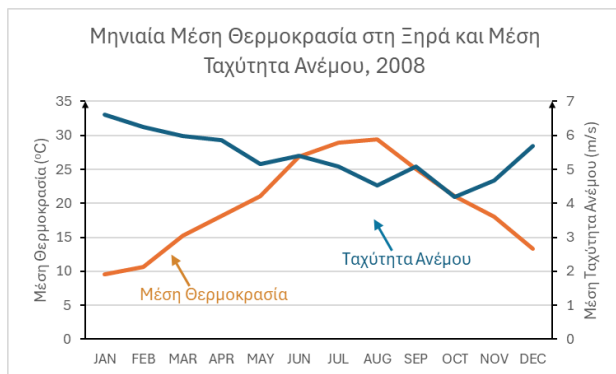
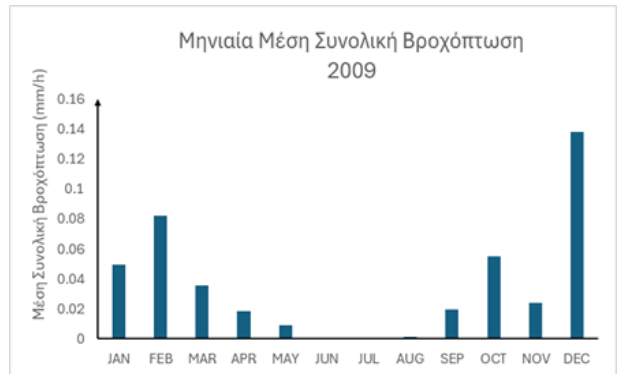
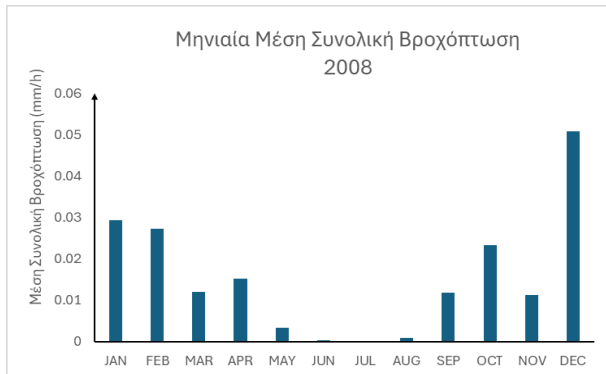
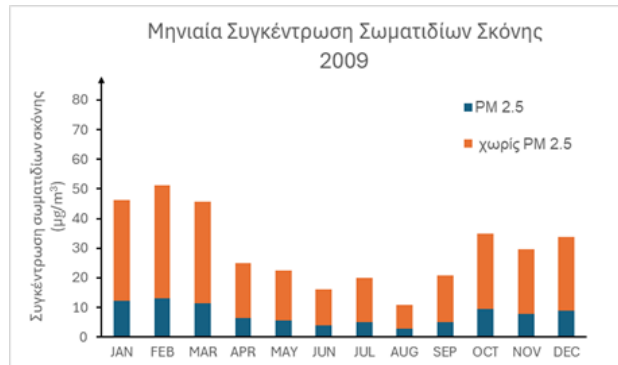
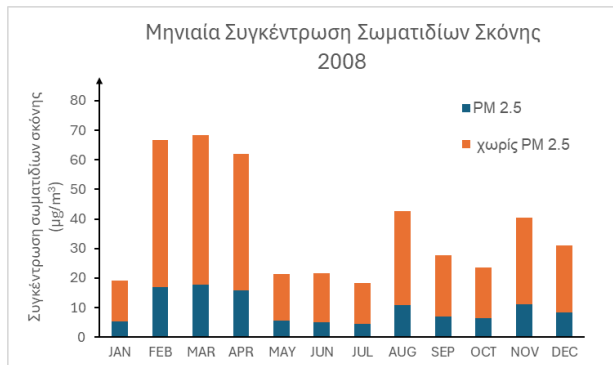
Σε αυτό το σημείο της εργασίας παραθέτουμε τα διαγράμματα που δημιουργήσαμε και δεν συμπεριλάβαμε στην κυρίως εργασία. Τα διαγράμματα στις σελίδες Π11, Π12 και Π13 που βρίσκονται στο τέλος του Παραρτήματος δείχνουν τις χρονοσειρές για κάθε χρονιά από το 2007 μέχρι το 2022 της μέσης ημερήσιας συγκέντρωσης των σωματιδίων σκόνης ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), της διαφοράς της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας από την κανονική (1990 -1920)  $\Delta\text{T}$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) και της μέσης ημερήσιας βροχόπτωσης (mm). Στα διαγράμματα της σελίδας Π13 φαίνονται οι χρονοσειρές του ημερήσιου μέσου όρου Βροχόπτωσης σε mm από τη χρονιά 2007 μέχρι τη χρονιά 2022. Από τις χρονοσειρές παρατηρούμε πως το καλοκαίρι και αρχές του φθινοπώρου υπάρχει ελάχιστη έως καθόλου βροχόπτωση ενώ από τα μέσα του φθινοπώρου ως την άνοιξη υπάρχει σχετικά περισσότερη. Ειδικότερα τις χρονιές 2010, 2012, 2013, 2016, 2020 και 2021 φαίνεται να υπάρχει η λιγότερη βροχόπτωση σε σχέση με τις υπόλοιπες χρονιές. Συγκρίνοντας τα δεδομένα της ημερήσιας συγκέντρωσης σκόνης από τη χρονιά 2007 μέχρι 2022 (σελ. Π11), φαίνεται να υπάρχει κάποια συσχέτιση. Τις χρονιές που παρατηρούμε μειωμένη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης, η βροχόπτωση συμπίπτει να είναι επίσης μειωμένη. Από τα διαγράμματα στη σελίδα Π12 παρατηρούμε ότι ο θερμότερος χρόνος ήταν το 2008 ενώ το 2020 είχε τον θερμότερο χειμώνα. Ο πιο κρύος μήνας στα δεκαεπτά χρόνια ήταν ο Μάρτιος του 2022 ενώ ο θερμότερος μήνας ήταν ο Απρίλιος του 2016. Ακολουθούν τα διαγράμματα του μηνιαίου μέσου όρου της συγκέντρωσης των σωματιδίων σκόνης, της βροχόπτωσης, της ταχύτητας, του ανέμου και της θερμοκρασίας για κάθε χρονιά από το 2007 μέχρι το 2023.

### Μηνιαία Διαγράμματα 2007



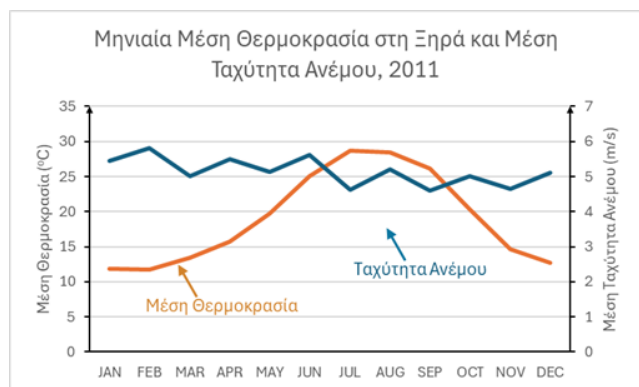
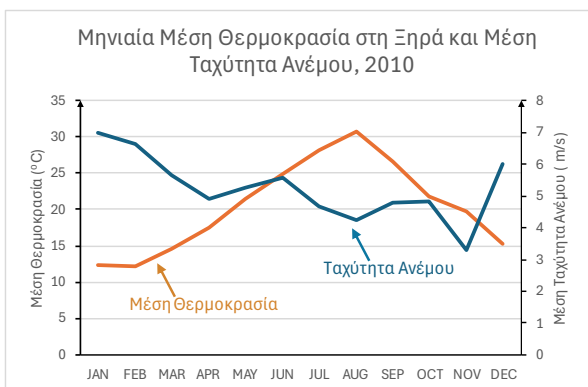
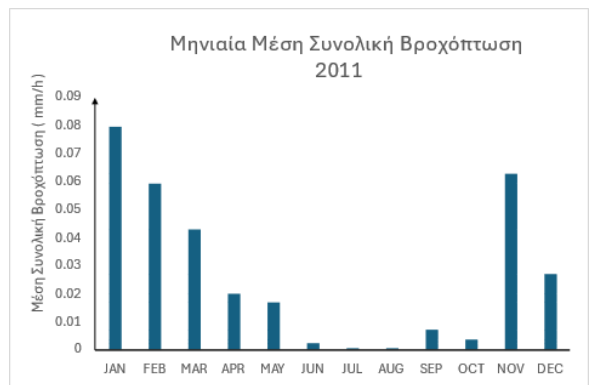
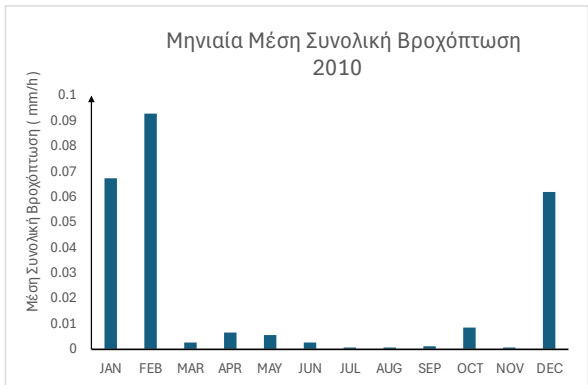
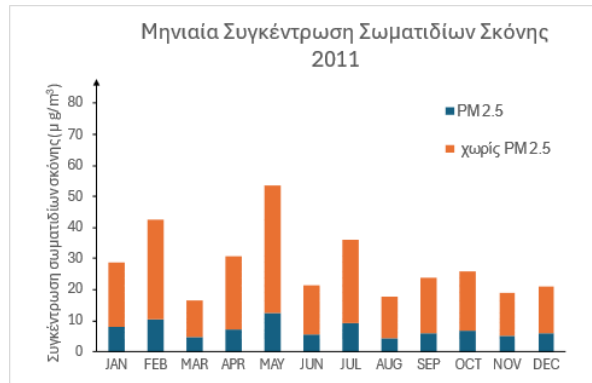
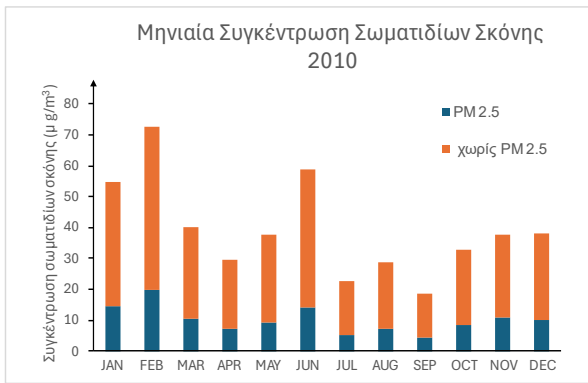
Παρατηρούμε ότι τον Μάιο του 2007 είχαμε την υψηλότερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης  $\text{PM}_{2.5}$  και  $\text{PM}_{10}$ . Μετά ακολουθεί ο Φεβρουάριος και ο Οκτώβριος. Τους μήνες Σεπτέμβριο και Δεκέμβριο είχαμε τη λιγότερη συγκέντρωση σκόνης. Φαίνεται ότι τους μήνες Φεβρουάριο και Μάιο που είχαμε τα πιο έντονα φαινόμενα σκόνης της χρονιάς είχαμε και τον υψηλότερο ρυθμό βροχόπτωσης. Τους μήνες Μάρτιο και Νοέμβριο είχαμε τη μεγαλύτερη μέση ταχύτητα του ανέμου. Όσον αφορά τη θερμοκρασία τον Ιούλιο είχαμε τη ψηλότερη και τον Ιανουάριο τη χαμηλότερη.

## Μηνιαία Διαγράμματα 2008 και 2009



Το 2008 παρατηρούμε ότι τον Φεβρουάριο είχαμε τη ψηλότερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ . Μετά ακολουθεί ο Απρίλιος και ο Μάρτιος. Από την γραφική βλέπουμε ότι την άνοιξη είχαμε τα πιο έντονα φαινόμενα σκόνης ενώ το καλοκαίρι τα πιο ήπια. Φαίνεται ότι την άνοιξη είχαμε σχετικά μειωμένη βροχόπτωση πράγμα που μπορεί να επηρέασε τα έντονα φαινόμενα σκόνης εκείνη την εποχή. Μεγαλύτερη μέση ταχύτητα ανέμου είχε ο Ιανουάριος. Όσον αφορά τη θερμοκρασία τον Αύγουστο είχαμε την υψηλότερη και τον Ιανουάριο τη χαμηλότερη. Το 2019 παρατηρούμε ότι τον Φεβρουάριο είχαμε την υψηλότερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης  $PM_{2.5}$  και  $PM_{10}$ . Μετά ακολουθεί ο Ιανουάριος και ο Μάρτιος. Από τη γραφική παράσταση βλέπουμε ότι τον χειμώνα είχαμε τα πιο έντονα φαινόμενα σκόνης ενώ τους μήνες Απρίλιος – Αύγουστος τα πιο ήπια με τη λιγότερη συγκέντρωση σκόνης τον Αύγουστο. Φαίνεται ότι ο μήνας Δεκέμβριος ήταν ο πιο βροχερός και μετά ακολουθεί ο μήνας Φεβρουάριος. Μεγαλύτερη μέση ταχύτητα ανέμου είχε ο Φεβρουάριος. Όσον αφορά τη θερμοκρασία τον Ιούλιο είχαμε τη ψηλότερη και τον Ιανουάριο τη χαμηλότερη.

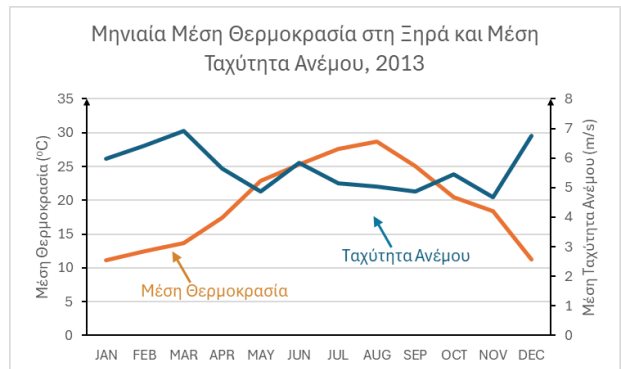
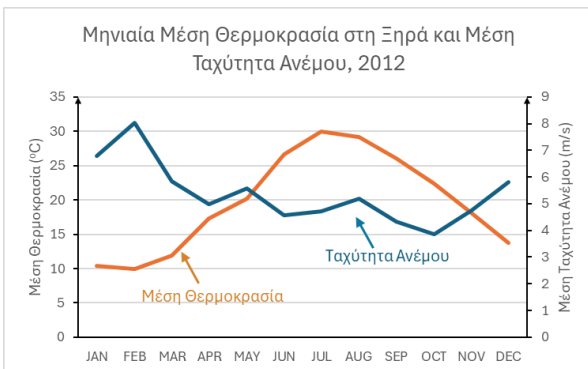
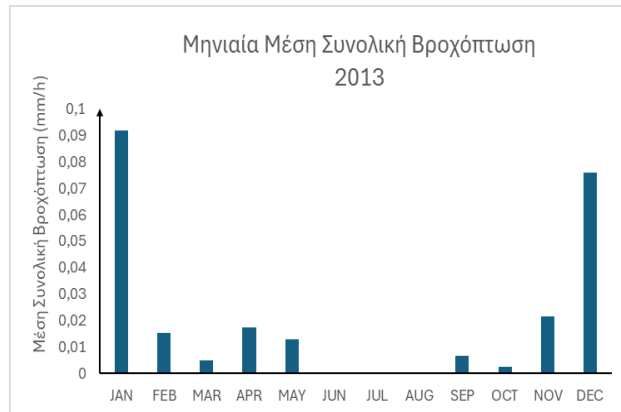
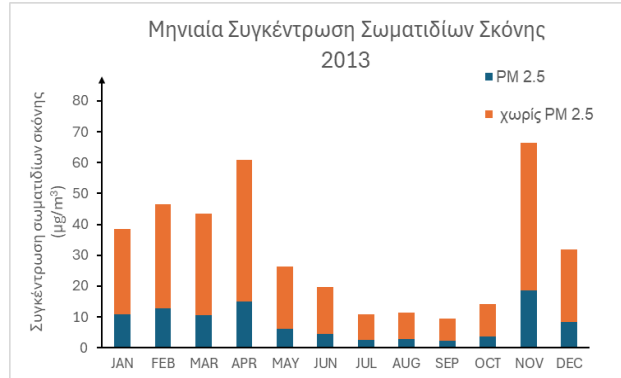
## Μηνιαία Διαγράμματα 2010 και 2011



Τον Φεβρουάριο του 2010 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 71 μg/m<sup>3</sup>. Τον Σεπτέμβριο έχουμε τη μικρότερη συγκέντρωση με τιμή 16 μg/m<sup>3</sup>. Το 2010 είχαμε γενικά σχετικά λίγη βροχόπτωση. Το καλοκαίρι και το φθινόπωρο είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και τον Νοέμβριο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Φεβρουάριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Αύγουστο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Ιανουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Νοέμβριο. Γενικά παρατηρούμε απότομες αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου. Τον Μάιο του 2011 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 53 μg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού και αρχές φθινοπώρου έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 16 μg/m<sup>3</sup>. Το 2011 είχαμε γενικά σχετικά αρκετή βροχόπτωση. Το καλοκαίρι είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Ιανουάριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Φεβρουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Ιούλιο.

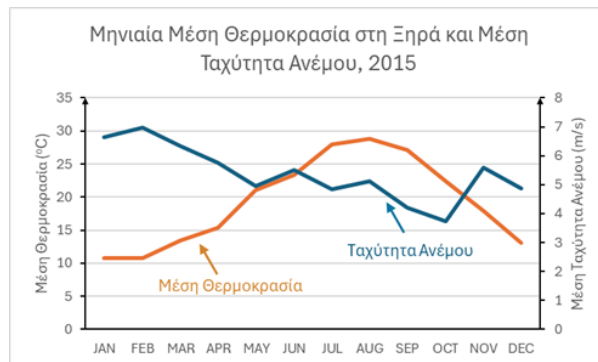
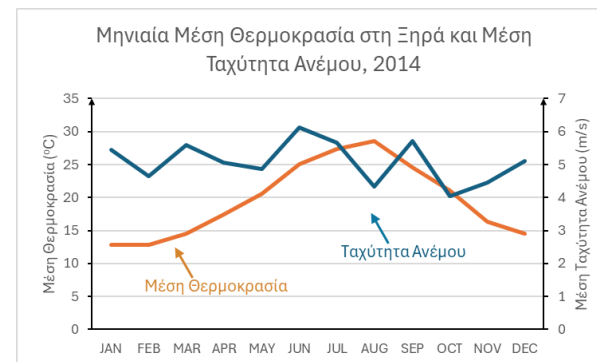
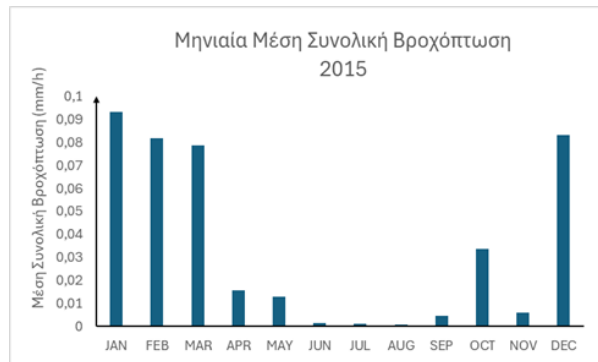
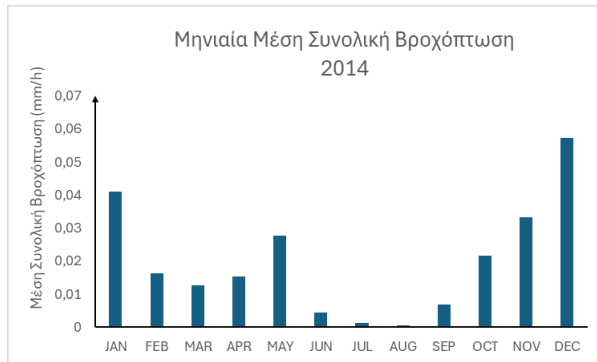
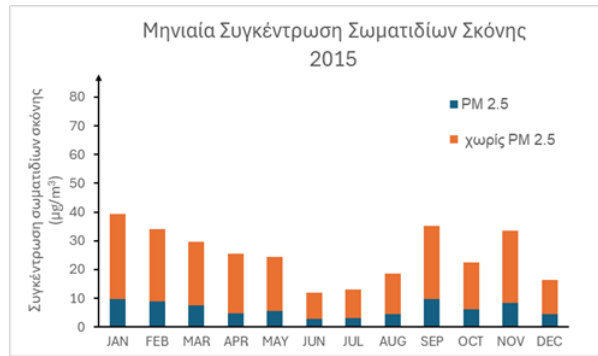
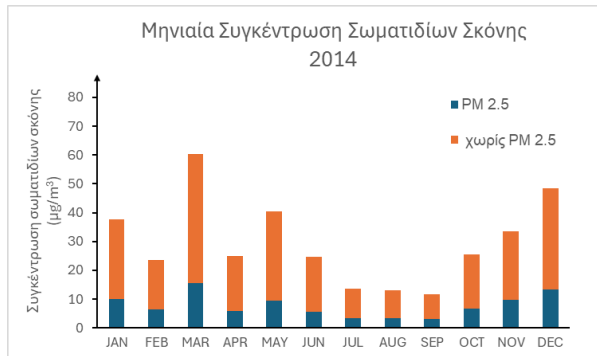


## Μηνιαία Διαγράμματα 2012 και 2013



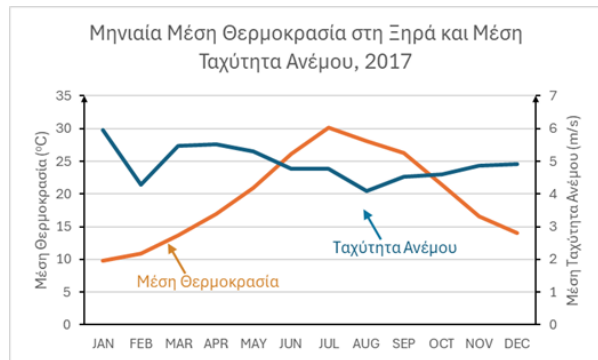
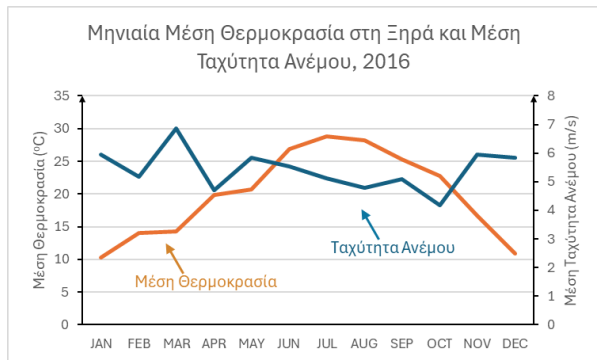
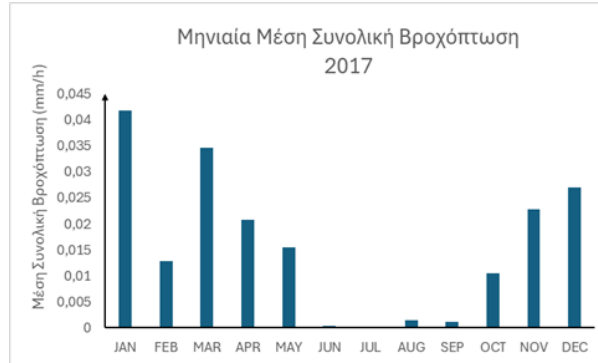
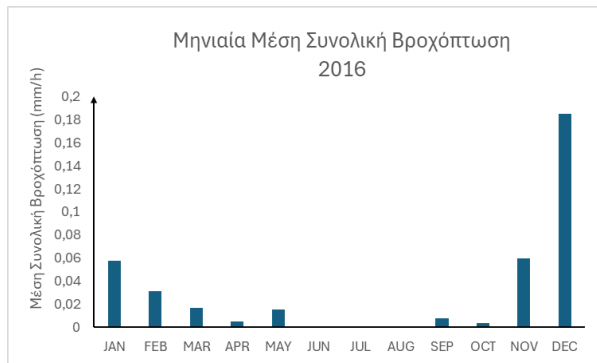
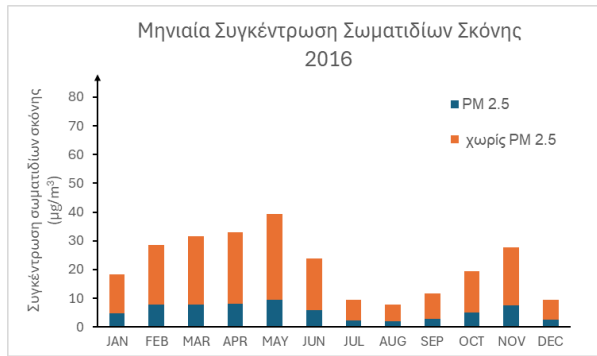
Τον Απρίλιο και τον Μάιο του 2012 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 43 μg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού και αρχές φθινοπώρου έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 15 μg/m<sup>3</sup>. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούλιο, τον Αύγουστο και τον Σεπτέμβριο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Φεβρουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο. Γενικά παρατηρούμε απότομες αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου. Τον Νοέμβριο και τον Απρίλιο του 2013 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 65 μg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού και αρχές φθινοπώρου έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 12 μg/m<sup>3</sup>. Το 2013 είχαμε σχετικά λίγη βροχόπτωση. Το καλοκαίρι είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Αύγουστο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Μάρτιο και τη χαμηλότερη τιμή στον Μάιο.

## Μηνιαία Διαγράμματα 2014 και 2015



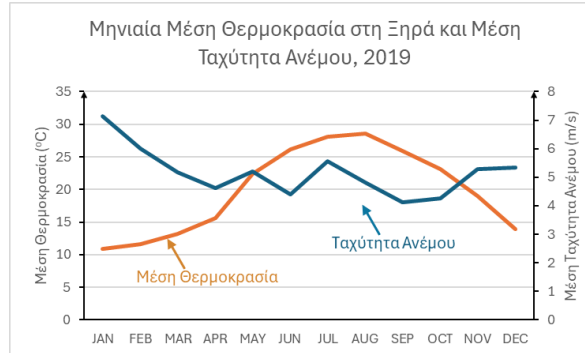
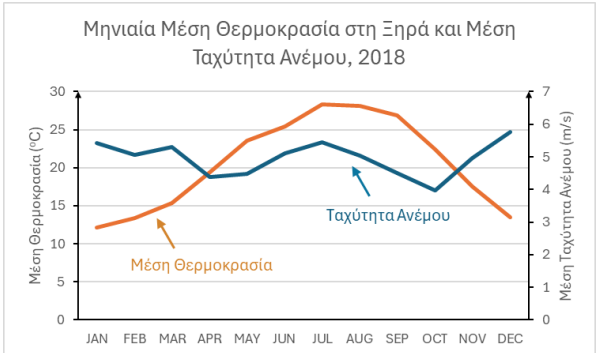
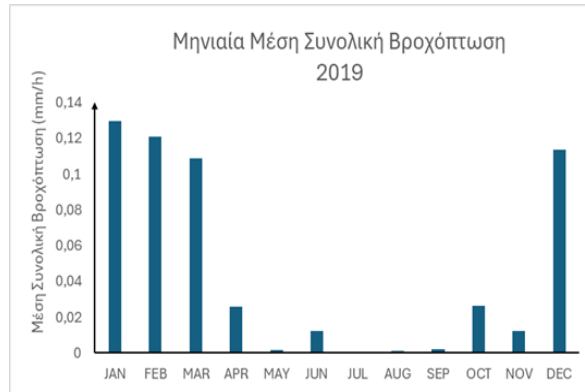
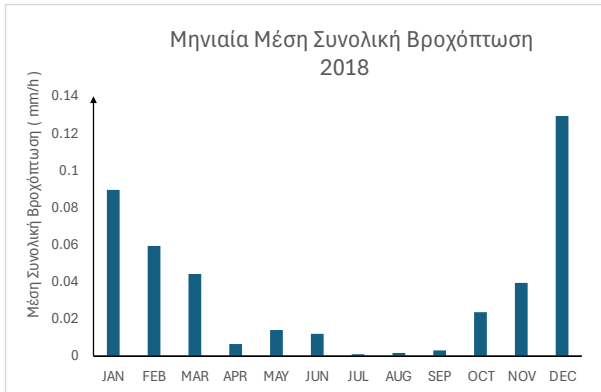
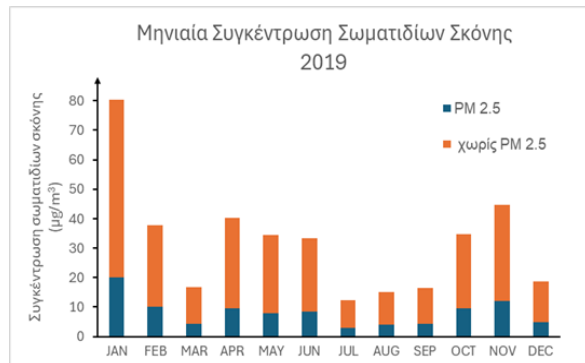
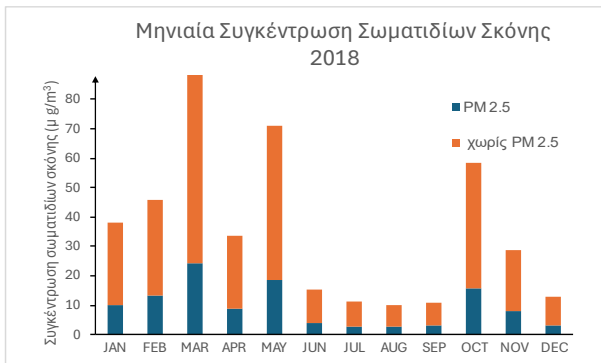
Τον Μάρτιο του 2014 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 60 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού και αρχές φθινοπώρου έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 12 µg/m<sup>3</sup>. Το 2014 είχαμε σχετικά αρκετή βροχόπτωση. Το καλοκαίρι είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Αύγουστο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Ιούνιο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο. Γενικά παρατηρούμε απότομες αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου. Το 2015 παρατηρούμε γενικά σχετικά λίγη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης. Τον Σεπτέμβριο του 2015 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 40 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 12 µg/m<sup>3</sup>. Το 2015 είχαμε σχετικά αρκετή βροχόπτωση. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο, τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Αύγουστο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στο Φεβρουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο.

## Μηνιαία Διαγράμματα 2016 και 2017



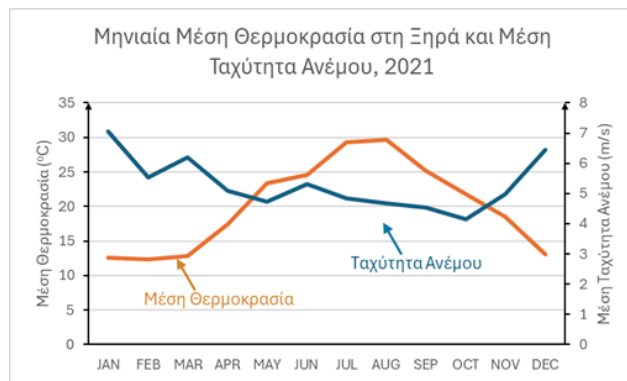
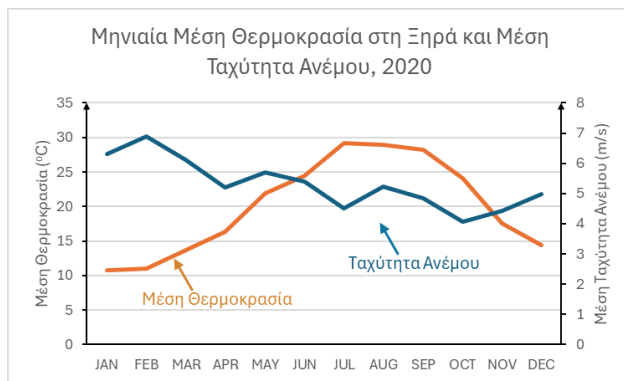
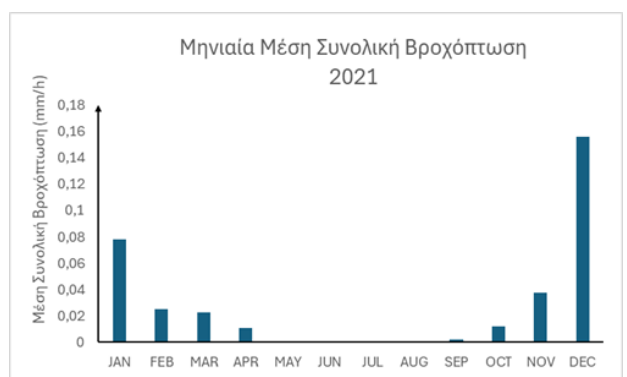
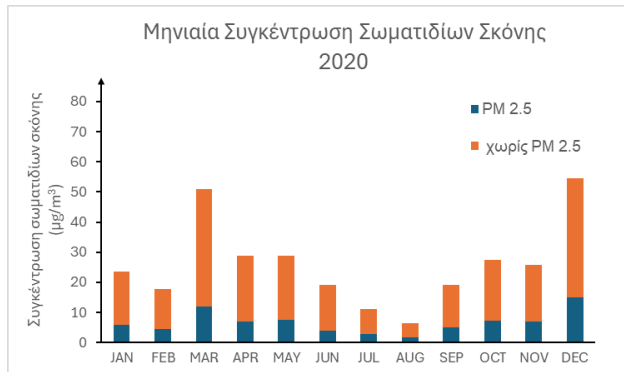
Το 2016 παρατηρούμε γενικά σχετικά λίγη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης. Τον Μάιο του 2016 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 40 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 10 µg/m<sup>3</sup>. Το 2016 είχαμε σχετικά λίγη βροχόπτωση. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούνιο, τον Ιούλιο και τον Αύγουστο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Δεκέμβριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Μάρτιο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο. Υπάρχουν πολλές απότομες αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου. Τον Δεκέμβριο του 2017 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 70 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού και στις αρχές του φθινοπώρου έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 10 µg/m<sup>3</sup>. Το 2017 είχαμε σχετικά αρκετή βροχόπτωση. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούνιο και τον Ιούλιο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Ιανουάριο και τον Μάρτιο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Ιανουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Αύγουστο.

## Μηνιαία Διαγράμματα 2018 και 2019



Τον Μάρτιο του 2018 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 90 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού και στις αρχές του φθινοπώρου έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 12 µg/m<sup>3</sup>. Το 2018 είχαμε σχετικά αρκετή βροχόπτωση. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή με τον Ιούλιο να μην έχει σχεδόν καθόλου. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλή τιμή τον Δεκέμβριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Δεκέμβριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο. Τον Ιανουάριο του 2019 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 80µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού έχουμε τη μικρότερη με την ελάχιστη τιμή στα 10µg/m<sup>3</sup>. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με αρκετά ψηλές τιμές τον Δεκέμβριο, τον Ιανουάριο, τον Φεβρουάριο και τον Μάρτιο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Αύγουστο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Ιανουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Σεπτέμβριο.

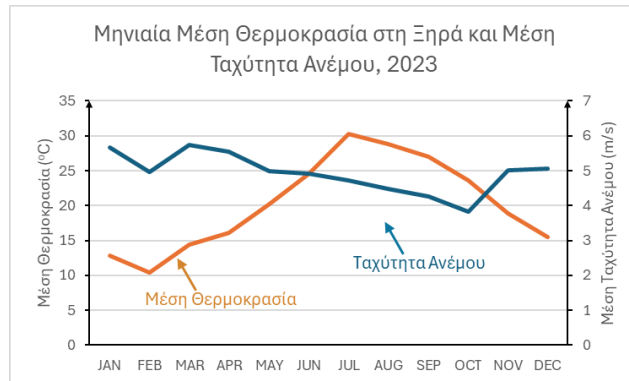
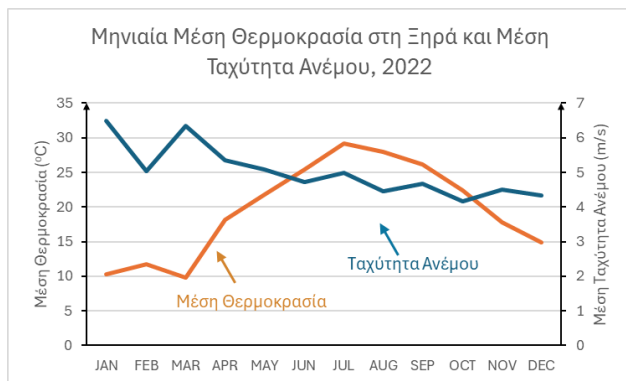
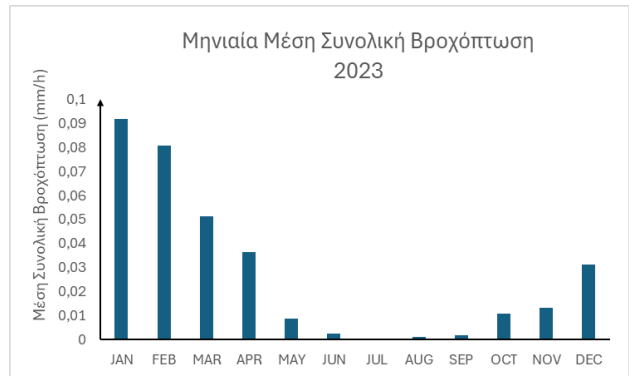
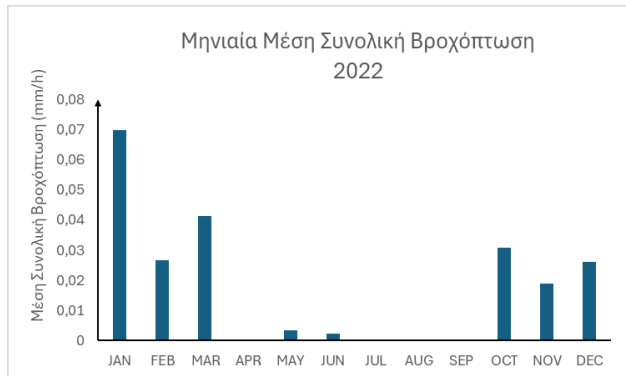
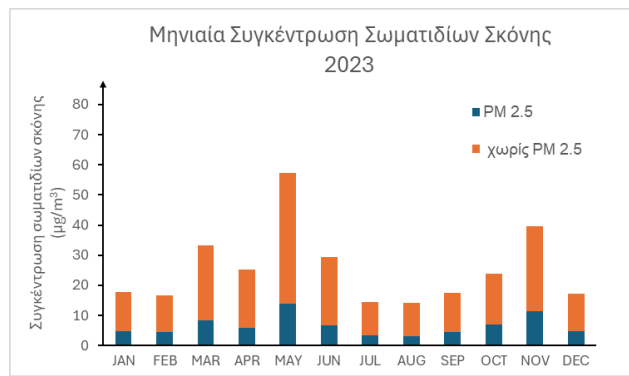
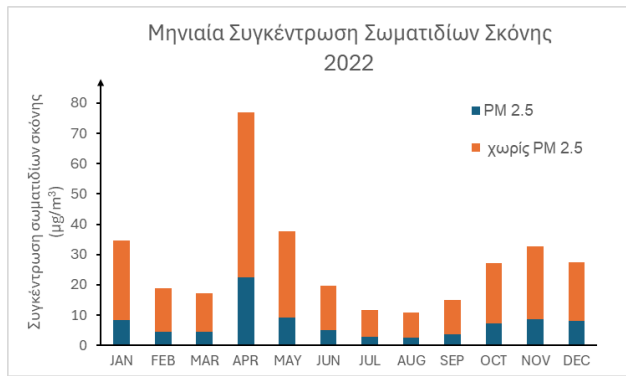
## Μηνιαία Διαγράμματα 2020 και 2021



Τον Δεκέμβριο και τον Μάρτιο του 2020 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 50 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού έχουμε τη μικρότερη. Το 2020 γενικά παρατηρούμε σχετικά λίγη βροχόπτωση. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται τον Δεκέμβριο.

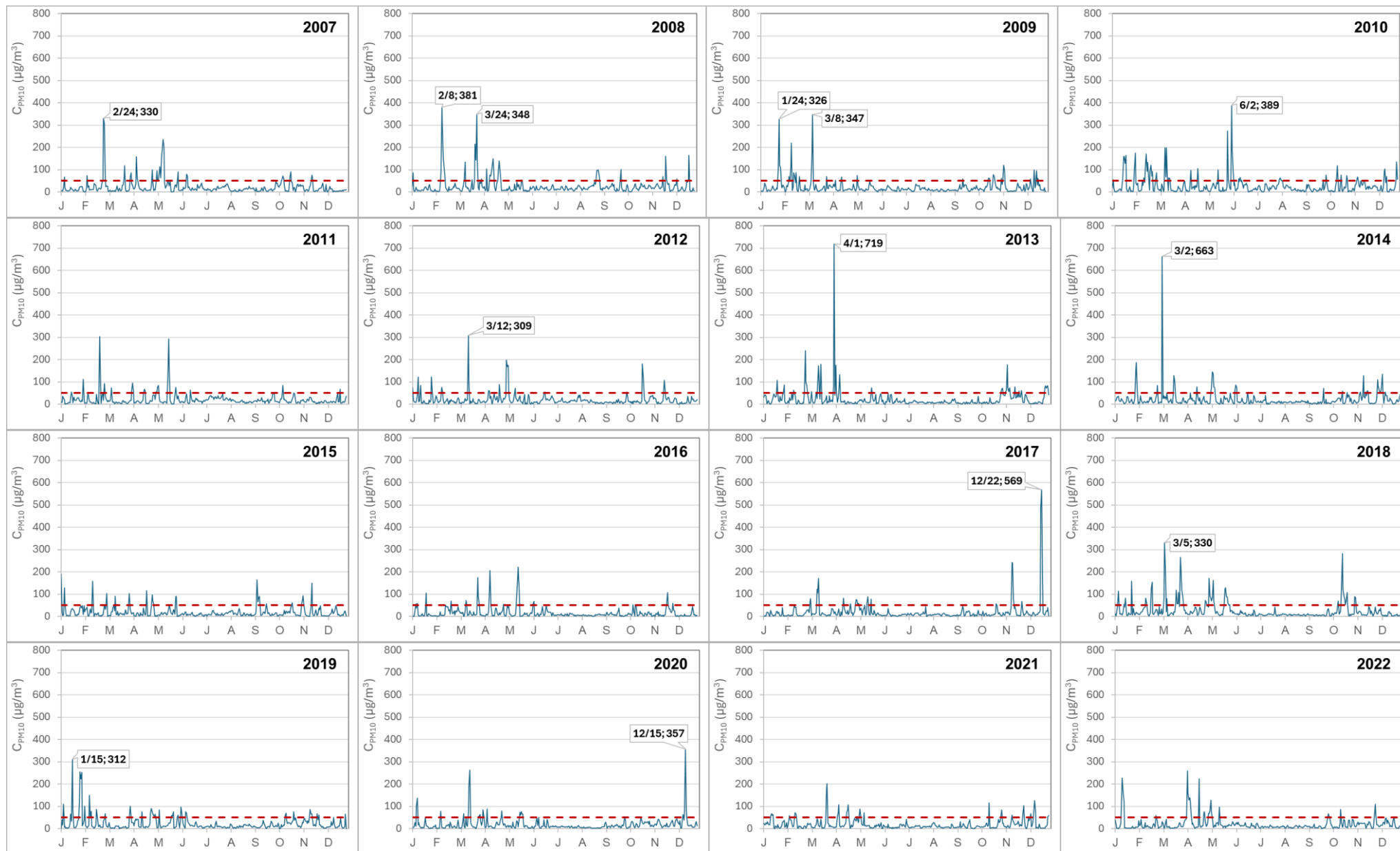
Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Φεβρουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο. Υπάρχουν πολλές απότομες αλλαγές στην ταχύτητα του ανέμου. Τον Απρίλιο και τον Νοέμβριο του 2021 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 42 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού έχουμε τη μικρότερη. Η συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης το 2021 είναι σχετικά μικρή. Το 2021 γενικά παρατηρούμε σχετικά λίγη βροχόπτωση. Το καλοκαίρι, μέσα ανοιξιάς και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται τον Δεκέμβριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Αυγούστο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Ιανουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο.

## Μηνιαία Διαγράμματα 2022 και 2023



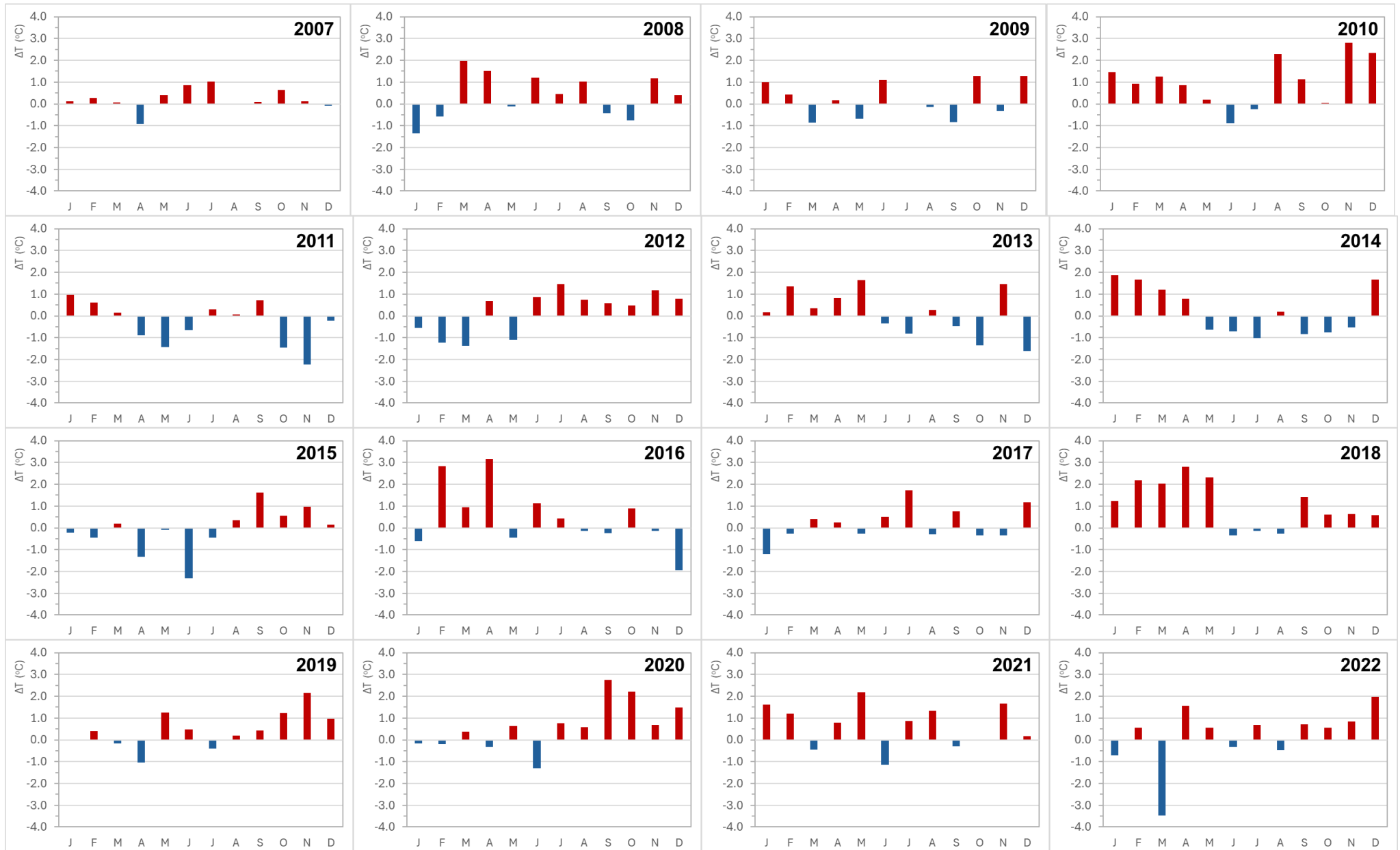
Τον Απρίλιο του 2022 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 75 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα στα μέσα του καλοκαιριού έχουμε τη μικρότερη. Το 2022 γενικά παρατηρούμε σχετικά λίγη βροχόπτωση. Το καλοκαίρι, μέσα ανοιξής και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται τον Ιανουάριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Ιανουάριο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο. Τον Μάιο του 2023 παρατηρούμε τη μεγαλύτερη συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης PM<sub>10</sub> και PM<sub>2.5</sub>, με τη συνολική συγκέντρωση να φτάνει περίπου στα 60 µg/m<sup>3</sup>. Αντίθετα τον χειμώνα και μέσα καλοκαιριού έχουμε τη μικρότερη. Το 2023 γενικά παρατηρούμε σχετικά αρκετή βροχόπτωση. Το καλοκαίρι και αρχές φθινοπώρου είχαμε ελάχιστη βροχή. Αντίθετα τον χειμώνα είχαμε πολλή βροχόπτωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται τον Ιανουάριο. Όσον αφορά τη θερμοκρασία, παρατηρούμε αύξηση και μείωση με τη ψηλότερη τιμή να βρίσκεται στον Ιούλιο. Η ταχύτητα του ανέμου αλλάζει συνεχώς, με τη ψηλότερη τιμή στον Μάρτιο και τη χαμηλότερη τιμή στον Οκτώβριο.

Ημερήσια Συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης ανά έτος από τη χρονιά 2007 μέχρι τη χρονιά 2022. Στα διαγράμματα έχουν σημειωθεί οι ημέρες με συγκέντρωση σωματιδίων σκόνης  $PM_{10}$  πάνω από  $300 \mu\text{g}/\text{m}^3$





Διαφορά μηνιαίας θερμοκρασίας από την αντίστοιχη μηνιαία κανονική θερμοκρασία (1990-2020) για τις χρονιές 2007-2022



Ημερήσιος μέσος όρος της βροχόπτωσης ανά έτος τη χρονιά 2007 μέχρι τη χρονιά 2022 σε mm

