



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

**Δημιουργία κι αξιολόγηση πληροφοριακής και διαδραστικής ιστοσελίδας
για την αξιοποίηση δεδομένων της Ποιότητας του Αέρα και χρήση
λογισμικού GIS**

Γεώργιος Θελούρας

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Επιβλέπων
Διονύσιος Βαβουγιός**



UNIVERSITY OF THESSALY
SCHOOL OF SCIENCE
INFORMATICS AND COMPUTATIONAL BIOMEDICINE

**Creation and evaluation of an informative and interactive web site for the
utilization of Air Quality data and the use of GIS software**

Georgios Thelouras

Master Thesis

Supervisor
Dionysios Vavouyios

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΚΑΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΒΙΟΙΑΤΡΙΚΗ

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ «ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΗΝ
ΑΣΦΑΛΕΙΑ, ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΜΕΓΑΛΟΥ ΟΓΚΟΥ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ»

Δημιουργία κι αξιολόγηση πληροφοριακής και διαδραστικής
ΤΙΤΛΟΣ ιστοσελίδας για την αξιοποίηση δεδομένων της Ποιότητας του
Αέρα και χρήση λογισμικού GIS

ΛΑΜΙΑ, 2021

Συγγραφέας: Γεώργιος Θελούρας (ΑΜΦ 00625)
Επιβλέπων Καθηγητής: Διονύσιος Βαβουγιός
Επιστημονικός Σύμβουλος: Αρχιμ. Δωρόθεος-Ευάγγελος Αγγέλης

Τριμελής Επιτροπή Καθηγητών

1. Διονύσιος Βαβουγιός
2. Γεώργιος Σταμούλης
3. Αντώνιος Δαδαλιάρης

«Υπεύθυνη Δήλωση μη λογοκλοπής και ανάληψης προσωπικής ευθύνης»

«Με πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικών δικαιωμάτων και γνωρίζοντας τις συνέπειες της λογοκλοπής, δηλώνω υπεύθυνα και ενυπογράφως ότι η παρούσα εργασία με τίτλο Δημιουργία κι αξιολόγηση πληροφοριακής και διαδραστικής ιστοσελίδας για την αξιοποίηση δεδομένων της Ποιότητας του Αέρα και χρήση λογισμικού GIS αποτελεί προϊόν αυστηρά προσωπικής εργασίας και όλες οι πηγές από τις οποίες χρησιμοποίησα δεδομένα, ιδέες, φράσεις, προτάσεις ή λέξεις, είτε επακριβώς (όπως υπάρχουν στο πρωτότυπο ή μεταφρασμένες) είτε με παράφραση, έχουν δηλωθεί κατάλληλα και ευδιάκριτα στο κείμενο με την κατάλληλη παραπομπή και η σχετική αναφορά περιλαμβάνεται στο τμήμα των βιβλιογραφικών αναφορών με πλήρη περιγραφή. Αναλαμβάνω πλήρως, ατομικά και προσωπικά, όλες τις νομικές και διοικητικές συνέπειες που δύναται να προκύψουν στην περίπτωση κατά την οποία αποδειχθεί, διαχρονικά, ότι η εργασία αυτή ή τμήμα της δεν μου ανήκει διότι είναι προϊόν λογοκλοπής.»

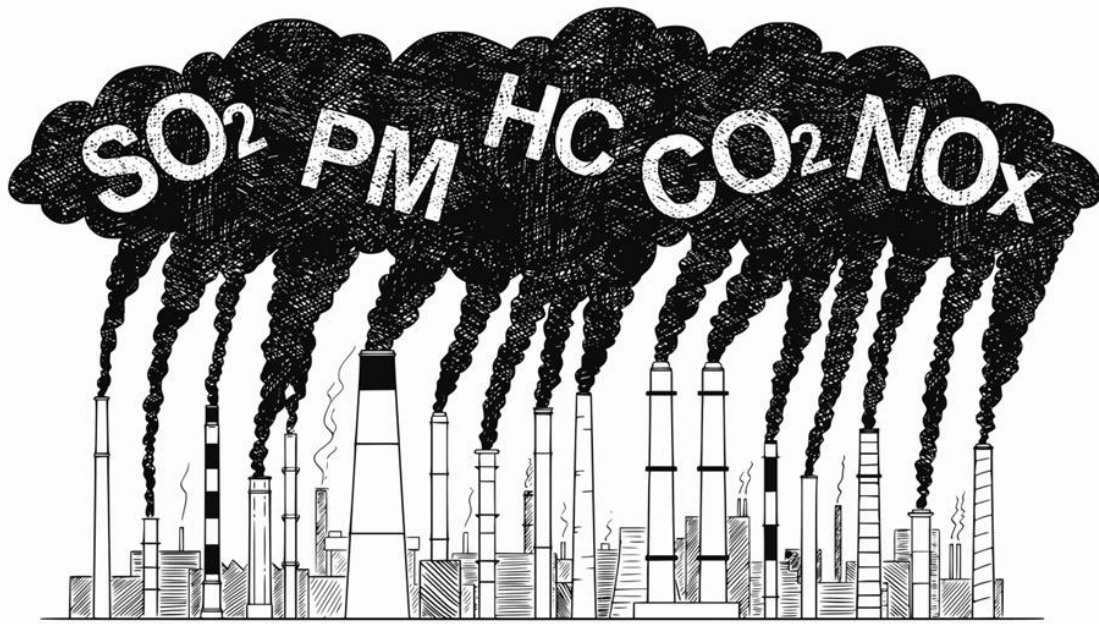
Ο ΔΗΛΩΝ

09/02/2021

Υπογραφή



Γεώργιος Θελούρας



Common air pollutants produced by industrial processes. Image Credit: Zdenek Sasek/Shutterstock.com

Ευχαριστίες

Οι νέες γνώσεις και οι γνωριμίες που έκανα κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, ανταποκρίθηκαν πλήρως στις εσωτερικές μου αναζητήσεις και τους στόχους που είχα θέσει αρχικά, όταν ξεκινούσε αυτό το πρόγραμμα σπουδών. Τώρα στο τέλος του, βρίσκω την ευκαιρία να γράψω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένεια μου κι όλους τους κοντινούς μου ανθρώπους που με στήριξαν κατά τη περίοδο του μεταπτυχιακού. Επίσης ευχαριστώ όλους τους καθηγητές μου στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας κι ιδιαίτερα για την ευκαιρία της συγγραφής της παρούσας εργασίας αλλά και για την υπομονή τους, τον Επιβλέπων Καθηγητή κ. Δ. Βαβουγιού και τον Επιστημονικό Σύμβουλο, π. Δ. Αγγέλη.

Λέξεις Κλειδιά

Ατμόσφαιρα, Ατμοσφαιρική Ρύπανση, Ποιότητα του Αέρα, Ευρωπαϊκή Νομοθεσία, Δείκτες Ποιότητας του Αέρα, Ανθρώπινη Υγεία, ΓΠΣ, Web Εφαρμογή, Ιστοσελίδα

Διεύθυνση ιστοσελίδας

<https://gthelouras.github.io/airquality/>

Συντομεύσεις και Ακρωνύμια

(ΕΕ) Ευρωπαϊκή Ένωση	(EU) European Union
(ΕΟΠ) Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος	(EEA) European Environmental Agency
(ΔΠΑ) Δείκτης Ποιότητας του Αέρα	(AQI) Air Quality Index
(ΔΑΡ) Δείκτης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	(API) Atmospheric Pollution Index
(ΓΠΣ) Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα	(GIS) Geographical Information System
(ΠΟΥ) Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας	(WHO) World Health Organization
(ΑΣ) Αιωρούμενα Σωματίδια	(PM) Particulate Matter
(ΕΡΑ) Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος ΗΠΑ	(EPA) Environmental Protection Agency
(ΟΗΕ) Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών	(UNO) United Nations Organization
(ΑΟΣ) Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα	(ABL) Atmospheric Boundary Layer

Χημικές Ονομασίες

Χημικός Τύπος	Χημική Ονομασία	Chemical Name
P	Φωσφόρος	Phosphorus
N	Άζωτο	Nitrogen
C	Άνθρακας	Carbon
H	Υδρογόνο	Hydrogen
O ₂	Οξυγόνο	Oxygen
Ar	Αργό	Argon
CO	Μονοξείδιο του Άνθρακα	Carbon Monoxide
CO ₂	Διοξείδιο του Άνθρακα	Carbon Dioxide
Cd	Κάδμιο	Cadmium
As	Αρσενικό	Arsenic
Ni	Νικέλιο	Nickel
Pb	Μόλυβδος	Lead
H ₂ O	Νερό	Water
H ₂ O ₂	Υπεροξείδιο του Υδρογόνου	Hydrogen peroxide
NH ₃	Αμμωνία	Ammonia
NO _x	Οξείδια του Αζώτου	Nitrogen Oxides
N ₂ O	Υποξείδιο του Αζώτου	Nitrous Oxide
NO	Μονοξείδιο του Αζώτου	Nitrogen Monoxide
NO ₂	Διοξείδιο του Αζώτου	Nitrogen Dioxide
SO ₂	Διοξείδιο του Θείου	Sulfur ή Sulphur Dioxide
H ₂ SO ₄	Θεικό Οξύ	Sulfuric Acid
H ₂ S	Υδρόθειο	Hydrogen sulfide
O ₃	Όζον	Ozone
C _x H _y	Υδρογονάνθρακες	Hydrocarbons
CH ₄	Μεθάνιο	Methane
C ₆ H ₆	Βενζόλιο	Benzene
BaP	Βενζο[α]πυρένιο	Benzo[a]pyrene

Abstract

This coursework was done for the 3rd semester of the postgraduate programme of studies in Informatics and Computational Biomedicine, at University of Thessaly. It consists of the present thesis and the side-work of the construction of a website, which can be visited at the following address: <https://gthelouras.github.io/airquality/>

This dissertation presents the essential scientific background related to the atmosphere, the air, the atmospheric pollution and the associated air pollutants, furthermore the health problems caused by those atmospheric pollutants. First part also includes information about Air Quality Index (AQI), the way it is calculated and the related European and National Legislation associated to the atmospheric pollution.

Part B, presents various sources of atmospheric pollution data, in Greece, the EU and globally. Then, it presents the use of free public data and demonstrates the use of software QGIS 3.16 and R Studio 3.5.3, in selected examples for research on the atmospheric pollution. The computer programs used are both licensed freeware. These 2 software programs are used extensively in academic and in research institutes. In Part B, it is demonstrated how the “XYZ tile” QGIS module along with “qgis2web” plugin are used, in order to publish a web map. In R Studio, the required script is presented in order to have the latest 48-h atmospheric pollution data from all the monitoring stations in Greece, easily and always available at the R environment. From the above work, it was also noticed that a particular station (Thrakomakedones at 550 m) exhibited the biggest concentrations of Ozone amongst the 4 under examination, in period 2016-2019. Also, a graph was made for all the pollutants measured in Greece between 30/01/21-01/02/21 showing that Ozone, PM₁₀ PM_{2.5} and NO₂ were the dominant pollutants in the Greek air, in that specific order, for that particular time period.

Part C, presents the variety of options that someone has, in order to create a web-page in terms of complexity and characteristics. It is aimed for those interested in web development. The webpage will contain the web apps created with ArcGIS online. Part C, also describes in very short the process for the construction of the home page in Html, making a Git Hub repository and publishing a git hub static page.

From the above research work, it was well appreciated that atmospheric pollution is a global problem which has not been tackled as it should. While EU Policies aim for better quality of Air and a better health level for the Europeans, still the dynamic global trait of air pollution along with numerous social, economic and technological parameters as well as the minimum public awareness on this issue makes it difficult for taking drastic and immediate measures against atmospheric pollution and for the protection of Public Health.

Περιεχόμενα

I. Εισαγωγή	17
II. Δομή της εργασίας	20
A' Μέρος.....	21
Φυσικό Περιβάλλον.....	21
Ατμόσφαιρα.....	21
Στρώματα της Ατμόσφαιρας.	22
Τροπόσφαιρα.....	23
Στρατόσφαιρα	24
Μεσόσφαιρα.....	25
Θερμόσφαιρα	25
Εξώσφαιρα	26
Πλανητική Κίνηση	26
Χαρακτηριστικά της Ατμόσφαιρας.....	27
Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία.....	28
Άνεμοι.....	29
Ιδιότητες της Ατμόσφαιρας.....	34
Βιογεωχημικοί Κύκλοι	38
Σύνθεση του Ατμοσφαιρικού Αέρα.....	39
Υδρατμοί.....	41
Ανθρωπόκαινος Περίοδος.....	44
Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	45
Ο Κύκλος της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	50
Πηγές Ρύπανσης	51
Μεταφορά / Διασπορά	53
Διαφυγή ρύπων.....	53

Εναπόθεση ρύπων.....	54
Κύριοι Ρυπαντές και Επιπτώσεις στην Υγεία	55
Μονοξείδιο του Άνθρακα	55
Όζον	56
Οξείδια του Αζώτου.....	56
Διοξείδιο του Θείου	58
Αιωρούμενα Σωματίδια	59
Υδρογονάνθρακες.....	63
Βαρέα Μέταλλα.....	64
Κλίμακες της Ρύπανσης.....	65
Χωρική.....	65
Εκτάσεως.....	67
Χρονική.....	67
Δευτερογενείς Επιδράσεις.....	69
Αστικό Νέφος.....	69
Φαινόμενο Θερμοκηπίου	69
Όξινη Βροχή.....	71
Τρύπα του όζοντος.....	72
Επίδραση Μετεωρολογικών Συνθηκών στους Ρύπους	73
Τοπικοί Άνεμοι και Ατμοσφαιρική Ρύπανση.....	75
Ταχύτητα ανέμων και συγκέντρωση ρύπων	76
Άπνοια	77
Μικροαστικό Περιβάλλον.....	77
Αστική Θερμνησίδα.....	77
Δείκτες Ποιότητας του Αέρα	79
AQI: Επίπεδα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης	79

Μέθοδος Mayer	80
Ευρωπαϊκός Δείκτης Ποιότητας του Αέρα	81
Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Ελλάδα	84
AQI-USEPA (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής)	86
Πολιτική	89
Ευρωπαϊκή Νομοθεσία	91
Εθνική Νομοθεσία	92
Νομοθεσία για την Ατμοσφαιρική Ρύπανση	92
Οριακές Τιμές	97
Οριακές Τιμές ΕΕ και Κατευθυντήριες Οδηγίες ΠΟΥ	98
Β' Μέρος	99
Πηγές δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης	99
Ελλάδα	99
Τρόπος ονοματολογίας αρχείων από το ΕΔΠΑΡ	100
Ευρώπη	103
ΕΟΠ - AirBase	103
EU Data Portal & Open Data Portal	103
European Air Quality Portal	104
Eionet	104
Copernicus	104
EMEP	105
ECCAD	105
Η.Π.Α.	106
EOSDIS (NASA)	106
EPA	107
Λοιπές πηγές	107

WAQI	107
Σταθμοί μετρήσεων από Ιδιώτες	108
Κυριότεροι τύποι αρχείων με δεδομένα	108
Η Χρήση του QGIS στον τομέα της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	110
QGIS: Open Weather και WAQI για δημιουργία Real-time Tile layers.....	110
QGIS: ΥΠΕΝ WMS/WMTS και WFS.....	118
QGIS: Εισαγωγή csv.....	121
Η χρήση του R Studio με δεδομένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης	133
Αυτόματη αποθήκευση όλων των δεδομένων από την Ευρωπαϊκή Βάση	138
Γ' Μέρος	141
Διάκριση Ιστοσελίδων	141
Στατική Ιστοσελίδα	141
Δυναμική Ιστοσελίδα.....	142
Εφαρμογές για Ιστοσελίδες.....	145
Blogger.....	146
WordPress.com.....	146
Πλατφόρμες Λογισμικού κατασκευής ιστοσελίδων.....	147
WordPress.org	147
Joomla!.....	148
Wix.....	148
Drupal	148
Τα στάδια της κατασκευής της ιστοσελίδας	149
Ειδικά Θέματα στην εξέλιξη της ιστοσελίδας.....	151
Δημιουργία της Ιστοσελίδας	152
Η δημοσίευση της ιστοσελίδας στο Git Hub	163
Αξιολόγηση της ιστοσελίδας.....	164

Βιβλιογραφία.....	176
-------------------	-----

Λίστα εικόνων

Εικόνα 1 Μεταβολή Θερμοκρασίας στην Ατμόσφαιρα.....	22
Εικόνα 2 Περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο.....	26
Εικόνα 3 Polar, Ferrel, Hadley Cells.....	30
Εικόνα 4 Κατευθύνσεις μόνιμων γεωστροφικών ανέμων.....	31
Εικόνα 5 Θαλάσσια Αύρα.....	32
Εικόνα 6 Απόγεια Αύρα.....	33
Εικόνα 7 Αύρα Βουνών.....	33
Εικόνα 8 Αύρα Κοιλάδων.....	34
Εικόνα 9 Μεταβολή της πίεσης και της πυκνότητας καθ' ύψος μέχρι τα 500 km. ...	35
Εικόνα 10 Ατμοσφαιρική πίεση και ισοβαρείς καμπύλες	36
Εικόνα 11 Σύνθεση του Ατμοσφαιρικού Αέρα	40
Εικόνα 12 Κατανομή Πρωτογενών Αέριων Ρύπων (Ζάνη, 2014)	49
Εικόνα 13 Ο Κύκλος της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (Μελάς, 2007).....	50
Εικόνα 14 Πηγές της Ατμοσφαιρική Ρύπανσης.....	52
Εικόνα 15 Οι επιπτώσεις στην υγεία από τα NOx.....	58
Εικόνα 16 Μεγέθη των PM _{2.5} & PM ₁₀	60
Εικόνα 17 Χαρακτηριστικά μεγέθη (Ζιώμας,2007).....	61
Εικόνα 18 Κατανομή μεγεθών Σωματιδίων (Γεντεκάκης, 1999).....	62
Εικόνα 19 Χωρική και Χρονική Κλίμακα Ρύπων στην Ατμόσφαιρα	68
Εικόνα 20 Χρόνοι παραμονής και στρώματα της Ατμόσφαιρας.....	68
Εικόνα 21 Αέρια Θερμοκηπίου (1975-2019)	70
Εικόνα 22 Αέρια Θερμοκηπίου στην ΕΕ (1990-2019-2035)	71
Εικόνα 23 Τρύπα του Όζοντος (Max_Σεπτέμβριος 2006)	73

Εικόνα 24 Επίδραση της ταχύτητας ανέμου στην αραίωση των ρύπων (Μελάς)	75
Εικόνα 25 Mayer Μέθοδος.....	80
Εικόνα 26 EAQI.....	82
Εικόνα 27 European Air Quality Index Notes.....	83
Εικόνα 28 Δελτίο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (18/12/20).....	85
Εικόνα 29 US EPA AQI Values.....	86
Εικόνα 30 Όρια ρύπων στις ΗΠΑ	87
Εικόνα 31 Πίνακας Υπολογισμού AQI (Μέθοδος USEPA).....	88
Εικόνα 32 Δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών % των τιμών 2005	93
Εικόνα 33 Αποκλίσεις Οριακών Τιμών μεταξύ ΕΕ και ΠΟΥ	98
Εικόνα 34 Επεξεργασία στοιχείων YPIEN	99
Εικόνα 35 mapsportal.....	101
Εικόνα 36 Χάρτης Σταθμών Μετρήσεων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	102
Εικόνα 37 EOSDIS Worldview	106
Εικόνα 38 Παγκόσμιος Χάρτης με τιμές AQI.....	107
Εικόνα 39 QGIS - Open Street Map Layer.....	110
Εικόνα 40 QGIS - World Air Quality Index Layer	112
Εικόνα 41 Open Weather Map API.....	112
Εικόνα 42 QGIS συνδυασμένα επίπεδα	113
Εικόνα 43 Νέφωση και Μετρήσεις AQI.....	114
Εικόνα 44 Νέφωση, υετός και μετρήσεις AQI	114
Εικόνα 45 Χρήση του πρόσθετου qgis2web.....	115
Εικόνα 46 Toner Map Layer - web map.....	115
Εικόνα 47 Toner Map Layer - web map options.....	116
Εικόνα 48 ESRI Topo layer - web map options.....	117
Εικόνα 49 YPIEN WMS & WFS Services.....	118

Εικόνα 50 Layers QGIS από WMS ΥΠΕΝ	118
Εικόνα 51 ΑΣ10 Μέση ετήσια τιμή στην Ελλάδα	119
Εικόνα 52 ΑΣ2.5 Μέση Ετήσια Τιμή στην Ελλάδα.....	120
Εικόνα 53 Άρθρο της ΕΕ για τη Ποιότητα του Αέρα.....	121
Εικόνα 54 Μέγιστες τιμές όζοντος Αγίας Παρασκευής	122
Εικόνα 55 Μέγιστες τιμές όζοντος Αθηνάς	123
Εικόνα 56 Μέγιστες τιμές όζοντος Γεωπονική	124
Εικόνα 57 Μέγιστες τιμές όζοντος Θρακομακεδόνων.....	125
Εικόνα 58 Ιστόγραμμα μέγιστων τιμών και των 4 σταθμών	126
Εικόνα 59 Περιγραφική Στατιστική Μέγιστων Τιμών Όζοντος.....	127
Εικόνα 60 QGIS Χάρτης Αθήνας με δρόμους και heat map πληθυσμού.....	128
Εικόνα 61 contours 200m και οι τοποθεσίες των 4 σταθμών	129
Εικόνα 62 Εισαγωγή csv data layer - no geometry	130
Εικόνα 63 DataPlotly plugin.....	130
Εικόνα 64 Data Plotly Graphics menu	131
Εικόνα 65 QGIS Data O3 - Θρακομακεδόνες	132
Εικόνα 66 R Studio. Το Περιβάλλον με τα δεδομένα	135
Εικόνα 67 R plot τιμές όζοντος τελευταίες 48 ώρες όλων των σταθμών.....	135
Εικόνα 68 R plot Τιμές Όζοντος ανά σταθμό μέτρησης 29/01/21 – 31/01/21	136
Εικόνα 69 Σταθμοί μέτρησης O ₃ στην Ελλάδα (29/01/21-31/01/21)	137
Εικόνα 70 EU AirBase αρχεία csv	139
Εικόνα 71 Όλοι οι ρύποι στην Ελλάδα από 30/01/21 έως 01/02/21	140
Εικόνα 72 Στατικές Ιστοσελίδες	141
Εικόνα 73 Δυναμικές Ιστοσελίδες	142
Εικόνα 74 Scripting Δυναμικών Ιστοσελίδων.....	143
Εικόνα 75 Αρχική Σελίδα	157

Εικόνα 76 Πηγές Δεδομένων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.....	158
Εικόνα 77 QGIS με χρήση OGC.....	158
Εικόνα 78 QGIS και χρήση NetCDF-4	159
Εικόνα 79 ArcGIS - Διοξείδιο του Θείου	160
Εικόνα 80 ArcGIS - Αιωρούμενα Σωματίδια	161
Εικόνα 81 ArcGIS - ΔΠΑ.....	162
Εικόνα 82 Git Hub.....	163
Εικόνα 83 Η σισύφεια «περιπέτεια» της οικονομικής ανάπτυξης (Μαθιουδάκης κα) ...	174

Λίστα Πινάκων

Πίνακας 1 Σταθερές Ζώνες Ανέμων στα 2 ημισφαίρια	30
Πίνακας 2 Συμβατικοί και Μη-Συμβατικοί Ρύποι	48
Πίνακας 3 Παγκόσμια Κλίμακα και Ρύποι	66
Πίνακας 4 Διάκριση εκτάσεως ρύπων	67
Πίνακας 5 Χρόνοι παραμονής ρυπαντών (Ζιώμας)	67
Πίνακας 6 Επίδραση του Καιρού στη ρύπανση.....	74
Πίνακας 7 Ταχύτητα ανέμου και συγκέντρωση ρύπου.....	76
Πίνακας 8 Κυριότερη Ευρωπαϊκή Νομοθεσία	92
Πίνακας 9 Κύρια Εθνική Νομοθεσία	94
Πίνακας 10 Ανώτερα και Κατώτερα όρια των Ρύπων	96
Πίνακας 11 Οριακές Τιμές Ρύπων (Συνοπτικά)	97
Πίνακας 12 Κύριες επεκτάσεις αρχείων δεδομένων	109
Πίνακας 13 URL+ token WAQI	111
Πίνακας 14 URL + appid OWM.....	113
Πίνακας 15 Γεωγραφικές συντεταγμένες των 4 σταθμών	127
Πίνακας 16 Αρχεία δεδομένων ρυπαντών 48ώρου στην Ελλάδα.....	134
Πίνακας 17 Scripting Languages για Δυναμικές Ιστοσελίδες	144
Πίνακας 18 Κύριες ενημερώσεις αλγόριθμων της Google.....	171

I. Εισαγωγή

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ζωτικής σημασίας πολύπλοκο περιβαλλοντικό και κοινωνικό πρόβλημα καθώς επιδρά άμεσα κι έμμεσα στη πολύτιμη υγεία των ανθρώπων κι όλων των ζώντων οργανισμών του πλανήτη.

Περιβαλλοντικά ζητήματα, όπως αυτά της Κλιματικής Αλλαγής, του Φαινομένου του Θερμοκηπίου, της Τρύπας του Όζοντος κι αυτό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης του αέρα, συνδέονται όλα μεταξύ τους, έχουν ως συνέπεια τις τροποποιήσεις του φυσικού περιβάλλοντος και συνεπιδρούν στη δημιουργία ή/και την επιδείνωση των προβλημάτων της υγείας των ανθρώπων.

«Για τις επιπτώσεις της κακής ποιότητας του αέρα είναι ιδιαίτερα δύσκολος ο προσδιορισμός των σχέσεων μεταξύ έκθεσης - αποτελέσματος, καθώς η ατομική έκθεση του πληθυσμού σε ατμοσφαιρικούς ρύπους διαφοροποιείται σημαντικά από τα απόλυτα επίπεδα ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων οι οποίες καταγράφονται. Οι επιδημιολογικές μελέτες εκτιμούν ότι ακόμη και χαμηλές συγκεντρώσεις ρυπαντών όπως αυτές που συνηθίζονται σε αστικό περιβάλλον, έχουν επιπτώσεις στην υγεία. Πάραυτα, υστερούν για την ίδια διαπίστωση οι τοξικολογικές μελέτες με τον ακριβή προσδιορισμό των μηχανισμών πρόκλησης των επιπτώσεων στην υγεία.» (Maynard, 2009)

«Υπάρχουν ενδείξεις ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση - που αποτελεί γνωστό παράγοντα κινδύνου για πνευμονοπάθεια, καρκίνο, έμφραγμα, εγκεφαλικό κ.α. - μπορεί να αυξάνει τον κίνδυνο επίσης για νευροεκφυλιστικές παθήσεις, όπως την άνοια και το Alzheimer.» (Peters R, 2019)

Η ρύπανση του αέρα επιδρά και στη χλωρίδα και τη πανίδα των οικοσυστημάτων, έχοντας σοβαρότατες συνέπειες στη βιωσιμότητα και τη βιοποικιλότητα. Επίσης, επιδρώντας στα αγροτικά και κτηνοτροφικά προϊόντα σχετίζεται και με την διατροφή των ανθρώπων.

«Ακόμη και οι δευτερογενείς επιδράσεις της, είναι εμφανή στα έργα που έχουν κατασκευαστεί από τους ανθρώπους, όπως κτίρια, αγάλματα και μνημεία.» (Dolske, 1995)

Η ατμοσφαιρική ρύπανση διακρίνεται αναλόγως με τις πηγές ρύπανσης, στις Φυσικές (πχ ηφαίστεια, πυρκαγιές κλπ.) και στις Ανθρωπογενείς. Καθημερινά και εποχικά παρατηρούνται φαινόμενα και των δυο ειδών ρύπανσης της τοπικής ατμόσφαιρας, π.χ. από τις καμινάδες των τζακιών τους χειμώνες κι από τη μεταφορά της Αφρικάνικης σκόνης, τα καλοκαίρια.

«Η γιγάντωση του προβλήματος της ρύπανσης του αέρα έχει τις αιτίες του στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες, με κυριότερες πηγές ρύπανσης, τα καυσαέρια από τα οχήματα στις μεταφορές και τις σταθερές εκπομπές ρύπων από τη παραγωγή ενέργειας και τις λοιπές βιομηχανίες.» (WHO, 2021)

«Κάθε χρόνο, στην Ευρώπη, πεθαίνουν περίπου 400000 άνθρωποι πρόωρα εξαιτίας των υπέρμετρων συγκεντρώσεων ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως των Αιωρούμενων Σωματιδίων, του Διοξειδίου του Αζώτου και του Όζοντος. Εδώ και 30 χρόνια περίπου, υπάρχει στην ΕΕ εν ισχύ νομοθεσία για τον καθαρό αέρα, η οποία θεσπίζει τα όρια στις συγκεντρώσεις των ρύπων στην ατμόσφαιρα. Πάραυτα, η κακή ποιότητα του αέρα παραμένει σύνθηδες φαινόμενο στα περισσότερα Κράτη-Μέλη της ΕΕ και σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις.» (ΕΕΑ, 2018)

«Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία μέσω του Ευρωκοινοβουλίου και του Συμβουλίου, κυρίως μετά από προτάσεις του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (ΕΕΑ), θέτει τα νομοθετήματα προς ψήφιση από την Ολομέλεια του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και τα 28 Κράτη – Μέλη.

Με τα νομοθετήματα αυτά να γίνονται συνεχώς πιο αυστηρά σε ότι αφορά τις συγκεντρώσεις των ουσιών – ρυπαντών του αέρα, επηρεάζεται μεταξύ άλλων, η Αγροτική Πολιτική (Common Agriculture Policy) και οι Κλάδοι Βιομηχανιών (Βιομηχανίες Οχημάτων, Παραγωγή Ενέργειας, Χημικές Βιομηχανίες κλπ.) κι άρα, κοινωνικοπολιτικά οι χώρες – μέλη αλλά και η παγκόσμια αγορά.

Ο οικονομικός αντίκτυπος που σχετίζεται με τη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα είναι τεράστιος με αναλογισμό της επιδιόρθωσης της ζημιάς που έχει ήδη γίνει αλλά και των κοινωνικοπολιτικών αλλαγών από τις αλλαγές στις τεχνολογίες, λόγω των μακροπρόθεσμων πολιτικών της ΕΕ.

«Τεράστια είναι και τα κόστη που σχετίζονται με τη περίθαλψη και φροντίδα των ασθενών από τη κακή ποιότητα του αέρα, στον τομέα της Υγείας και της Κρατικής Κοινωνικής Πρόνοιας.

Εδώ κι αρκετά χρόνια η ΕΕ προσπαθεί να εκτιμήσει το κέρδος που θα έχουν τα Κράτη-Μέλη κι ιδιαίτερα επί του παρόντος με την εφαρμογή της Πολιτικής και Στρατηγικής για Καθαρό Αέρα.» (Gephart, 2006) (Mike Holland, EMRC, 2014)

Μεταξύ άλλων ανεπτυγμένων χωρών και σε χώρες της Ευρώπης τα τελευταία χρόνια κι ιδιαίτερα με την ανάπτυξη των τηλεπικοινωνιών, του Internet of Things (IoT) και τη χρήση ειδικών σταθμών μετρήσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, εξελίσσονται συστήματα για τη δημιουργία «έξυπνων πόλεων».

«Τέτοια συστήματα έχουν στόχο τη συλλογή δεδομένων και την επεξεργασία τους, ώστε οι Αρχές να λάβουν τα κατάλληλα πολεοδομικά μέτρα και να θεσπίσουν τους απαραίτητους ρυθμιστικούς κανονισμούς, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα μέσα στις πόλεις.» (Zhao, 2020) (Nichols, 2018)

«Μέχρι σήμερα, γνωρίζαμε τρεις βιομηχανικές επαναστάσεις, την 1η Βιομηχανική επανάσταση που άρχισε στα 1760-1770 κι αφορούσε την εκβιομηχάνιση της παραγωγής, όπου ξεκίνησε στη Μεγάλη Βρετανία και στη συνέχεια επεκτάθηκε στην Δυτική Ευρώπη.

Τη 2^η Βιομηχανική επανάσταση, που ξεκίνησε μετά το 1870, με τη μαζική παραγωγή και τη χρήση του ηλεκτρισμού στην παραγωγική διαδικασία και τέλος, την 3^η Βιομηχανική Επανάσταση, που εμφανίστηκε μετά το 1970 και χαρακτηρίστηκε από την αυτοματοποίηση της παραγωγής και τη χρήση των Ηλεκτρονικών Υπολογιστών.

Σήμερα, η ανθρωπότητα βρίσκεται στο κατώφλι μιας νέας βιομηχανικής επανάστασης, που χαρακτηρίζεται από την ευφυή εκμάθηση/αυτό-εκπαίδευση των ίδιων των Μηχανών (Machine Learning), την επιστήμη των Δεδομένων (Data Science) και την Τεχνητή Νοημοσύνη (Artificial Intelligence) που συνδυαστικά δημιουργούν προκλήσεις και ευκαιρίες.» (Παπαδόπουλου, 2019)

Αν και στη 4^η Βιομηχανική επανάσταση και εποχή της ψηφιακής πληροφόρησης δεν αντιμετωπιστεί η κατάσταση του σοβαρού περιβαλλοντικού και κοινωνικού προβλήματος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που ξεκίνησε από τη 1^η Βιομηχανική επανάσταση κι επιδεινώθηκε τον τελευταίο αιώνα, τότε η αδιαμφισβήτητη επικράτηση του ανθρώπου στα οικοσυστήματα κι η τεχνολογική του εξέλιξη θα είναι μια πύρρειος νίκη γιατί θα έχει αποκλίνει από την αειφορική ανάπτυξη που αναζητά και θα είναι στο έλεος της δυσαρμονίας που έχει δημιουργήσει για την ανθρώπινη υγεία στο φυσικό περιβάλλον.

II. Δομή της εργασίας

Η παρούσα διατριβή γίνεται στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών ‘Πληροφορικής και Υπολογιστικής Βιοιατρικής’ του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, με κατεύθυνση “Πληροφορική με εφαρμογές στην ασφάλεια, διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων και προσομοίωση.

Ο σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει το θέμα της ποιότητας του αέρα και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την αξιοποίηση δεδομένων από τη χρήση GIS κι έχει ως παράλληλο στόχο τη δημιουργία μιας πληροφοριακής και διαδραστικής ιστοσελίδας. Ως εκ τούτου, εμπεριέχει και συνδυάζει θέματα από επιστημονικά πεδία όπως είναι το περιβάλλον και η πληροφορική.

Το πρώτο μέρος της εργασίας αποτελεί το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την ατμόσφαιρα και τον αέρα, την ατμοσφαιρική ρύπανση και τις επιπτώσεις στην υγεία από τους κυριότερους ατμοσφαιρικούς ρυπαντές. Επίσης, παρουσιάζονται οι παράγοντες από τα μετεωρολογικά φαινόμενα που επηρεάζουν τη διασπορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επίσης γίνεται αναφορά στους Δείκτες Ποιότητας του Αέρα, που χρησιμοποιούνται και πως αυτοί υπολογίζονται, αλλά και τη σχετική Ευρωπαϊκή και Εθνική νομοθεσία.

Το δεύτερο μέρος, αποτελεί το ερευνητικό μέρος της εργασίας. Σε αυτό το κεφάλαιο παρουσιάζονται οι κυριότερες πηγές δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης κι ακολούθως παρουσιάζεται η εργασία αξιοποίησης δημοσίων δεδομένων με τη χρήση των ελεύθερων λογισμικών QGIS και R Studio. Τα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν προέρχονται από το ΕΔΠΑΡ (ΥΠΕΝ) και την Ευρωπαϊκή Βάση Δεδομένων AirBase.

Στο τρίτο μέρος της, περιγράφονται θέματα που αφορούν γενικά τις ιστοσελίδες του διαδικτύου. Σε αυτό το κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζονται οι κυριότερες και δημοφιλέστερες διαθέσιμες επιλογές που υπάρχουν σήμερα για τη κατασκευή μιας ιστοσελίδας αλλά και η διαδικασία της κατασκευής της με html, τα ειδικά θέματα επί της ανάπτυξης της ιστοσελίδας κι επιπρόσθετα κι εν συντομία, η χρήση του Git Hub για τη δημοσίευση της.

Α' Μέρος

Φυσικό Περιβάλλον

«Ως ατμόσφαιρα νοείται ο αέρας που περιβάλλει τη Γη και συμπεριστρέφεται με αυτή χάρις στο πεδίο της βαρύτητάς της. Η λιθόσφαιρα είναι ο στερεός φλοιός της Γης. Η υδρόσφαιρα ορίζεται από το σύνολο του νερού σε όλες τις φυσικές καταστάσεις. Τέλος, η βιόσφαιρα περιλαμβάνει τα φυτά και τα ζώα και τους οργανισμούς και μικροοργανισμούς που αναπτύσσονται στο έδαφος, τα νερά και τον αέρα. Η ατμόσφαιρα, η λιθόσφαιρα, η υδρόσφαιρα και η βιόσφαιρα αποτελούν μαζί, το Φυσικό Περιβάλλον.» (Παπαμανώλης, 2015)

Ατμόσφαιρα

«Η ατμόσφαιρα θεωρείται ως το «αεριώδες κέλυφος» της Γης, καθόσον το 99% της ατμοσφαιρικής μάζας βρίσκεται σε ένα στρώμα που εκτείνεται μέχρι τα 35 km. Ενώ, το κατώτερο όριο της ατμόσφαιρας ορίζεται από την επιφάνεια του πλανήτη, το ανώτερο της δεν καθορίζεται επακριβώς.

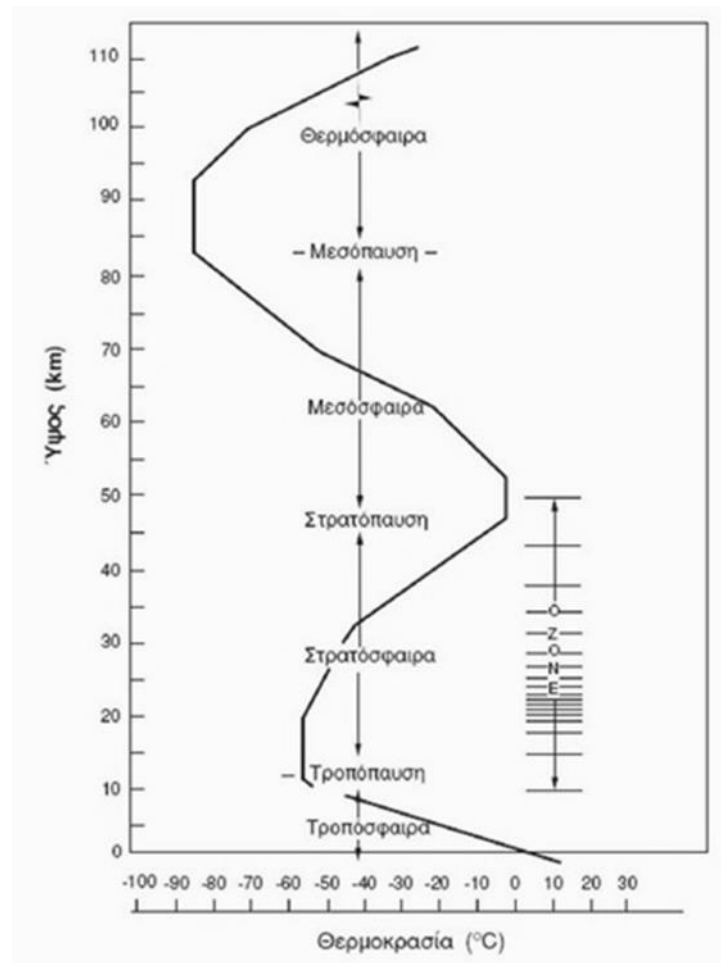
Παρά την ταχεία μείωση της ατμοσφαιρικής μάζας με το ύψος, ώστε το 99,9 % αυτής, να βρίσκεται κάτω των 100 km, αέρια συστατικά σε ουδέτερη και ιονισμένη μορφή, απαντώνται σε πολύ μεγαλύτερα ύψη, π.χ., αρκετών εκατοντάδων χιλιομέτρων.» (Χαλδούπης, 2015)

«Η ατμόσφαιρα αποτελείται από μείγμα αερίων σε διάφορες συγκεντρώσεις, η σύνθεσή των οποίων από την επιφάνεια της θάλασσας και μέχρι το ύψος που μένει αμετάβλητη ονομάζεται ομοιόσφαιρα, ενώ σε μεγαλύτερα ύψη όπου η σύσταση του αέρα είναι ανομοιομορφη και χωρίς σταθερό μοριακό βάρος, ονομάζεται Ετερόσφαιρα.» (Μελάς, 2000)

Στρώματα της Ατμόσφαιρας.

«Η ατμόσφαιρα μπορεί να χωριστεί με βάση τη μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος, σε πέντε βασικές περιοχές, που είναι η τροπόσφαιρα, η στρατόσφαιρα, η μεσόσφαιρα, η θερμόσφαιρα και η εξώσφαιρα.

Η εικόνα 1, δείχνει τη κατακόρυφη δομή της ατμόσφαιρας σε σχέση με τη μεταβολή της θερμοκρασίας, μέχρι το ύψος των 110 km.» (ΑΠΘ-Μετεωρολογία, 2021)



Εικόνα 1 Μεταβολή Θερμοκρασίας στην Ατμόσφαιρα

Σε αυτό το διάγραμμα φαίνεται πως η θερμοκρασία στη Τροπόσφαιρα και τη Μεσόσφαιρα ελαττώνεται, ενώ στα υπόλοιπα στρώματα, αυξάνεται. Επίσης, διακρίνονται τα μεταβατικά στρώματα των παύσεων μεταξύ των στρωμάτων. «Λόγω της ατμοσφαιρικής μεταβλητότητας, είναι προφανές ότι το υψομετρικό επίπεδο που αντιστοιχεί στην παύση, συνήθως δεν αφορά ένα ακριβές ύψος, αλλά μάλλον ένα εύρος υψών που μπορεί, στην περίπτωση π.χ., της θερμόσφαιρας, να αντιπροσωπεύει ακόμη και αρκετές δεκάδες χιλιόμετρα.» (Χαλδούπης, 2015)

Τροπόσφαιρα

Η Τροπόσφαιρα είναι η περιοχή της ατμόσφαιρας που εκτείνεται από το έδαφος μέχρι το ύψος των 12 ± 4 km, δηλ. αποτελεί το κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας κι αυτό που έρχεται σε επαφή με τη λιθόσφαιρα, τη βιόσφαιρα και την υδρόσφαιρα.

«Το ύψος του ατμοσφαιρικού αυτού στρώματος εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος κι από την εποχή του έτους. Συγκεκριμένα, η τροπόσφαιρα εκτείνεται μέχρι το ύψος των 7-8 km πάνω από τις πολικές περιοχές, 11- 12 km πάνω από τις εύκρατες περιοχές και 16 - 17 km πάνω από τις ισημερινές περιοχές.

Η άνω οριακή περιοχή της τροπόσφαιρας ονομάζεται Τροπόπαυση. Αυτή αποτελεί περισσότερο μια μεταβατική ζώνη ανάμεσα στην τροπόσφαιρα και στην αμέσως υπερκείμενη στρατόσφαιρα, παρά ένα συγκεκριμένο διαχωριστικό όριο.

Η τροπόπαυση ως περιοχή έχει μια ασυνεχή επιφάνεια και παρουσιάζει μια κλίση από τον Ισημερινό προς τους πόλους. Στη διάρκεια του έτους, παρουσιάζεται μια ασυνέχεια στην περιοχή με γ. πλάτος $30^\circ - 40^\circ$ κι εξαιτίας αυτής της διακοπής, τη διακρίνουμε σε τροπική και πολική τροπόπαυση.» (ΑΠΘ-Γεωλογία, 2021)

Χαρακτηριστικά της Τροπόσφαιρας

«Το Ατμοσφαιρικό Οριακό Στρώμα (ΑΟΣ) είναι το κατώτερο τμήμα της τροπόσφαιρας, το οποίο συνορεύει με την επιφάνεια του πλανήτη της Γης και το οποίο επηρεάζεται ευθέως από την κατάσταση της επιφάνειας μέσω των τυρβωδών ροών ορμής, θερμότητας και υγρασίας. Εκτείνεται συνήθως από την επιφάνεια της Γης, μέχρι τα 1-2 km ύψος.» (Ζάνη, 2014)

«Η τροπόσφαιρα, χαρακτηρίζεται κυρίως από:

- μια ομοιόμορφη περίπου ελάττωση της θερμοκρασίας του αέρα με το ύψος. Η ελάττωση αυτή είναι κατά μέσο όρο ίση με $-6,5$ °C/km ή $-0,65$ °C/100 m, κι ονομάζεται Κατακόρυφη Θερμοβαθμίδα¹,
- μια αύξηση της ταχύτητας του ανέμου καθ' ύψος (λόγω της μείωσης της επίδρασης της τριβής των επιφανειών με το ύψος) μέχρις ενός ορισμένου ορίου, με μέγιστη ταχύτητα που σημειώνεται, κατά προσέγγιση, στα ανώτερα όρια της τροπόσφαιρας,

¹ Κάτ. Θερμοβαθμίδα ονομάζεται η καθ' ύψος αναλογική ελάττωση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας

- σημαντική περιεκτικότητα σε υδρατμούς, ιδιαίτερα στα κατώτερα στρώματα της,
- αξιόλογες κατακόρυφες κινήσεις του αέρα και
- συνεχή εναλλαγή ατμοσφαιρικών φαινομένων, που συνιστούν στο σύνολο τους, τον καιρό.

Οι αλλαγές του καιρού και το σύνολο των μετεωρολογικών φαινομένων καθώς κι όλες σχεδόν οι ατμοσφαιρικές διαταράξεις, πραγματοποιούνται μέσα στην τροπόσφαιρα.» (Πέννας, 2021)

«Στην τροπόσφαιρα βρίσκονται αναρίθμητοι κόκκοι σκόνης διαφορετικής προέλευσης (ηφαιστειών, ερήμων, ακτών κ.λπ.). Η τροπόσφαιρα, είναι η περιοχή της ατμόσφαιρας όπου λαμβάνουν χώρα εξατμίσεις, υγροποιήσεις και κατακρημνίσεις και αναπτύσσονται τα συνοπτικά συστήματα καιρού. Το κόκκινο χρώμα του ουρανού, κατά την ανατολή και τη δύση του Ήλιου οφείλεται στους κόκκους αυτούς. Επίσης, τα σωματίδια αυτά, αποτελούν και τους πυρήνες γύρω από τους οποίους συγκεντρώνονται οι υδρατμοί και σχηματίζουν τα νέφη.» (Χαλδούπης, 2015)

Στρατόσφαιρα

Πάνω από την τροπόσφαιρα βρίσκεται η στρατόσφαιρα, που εκτείνεται από την κορυφή της τροπόσφαιρας, την τροπόπαυση, ως τα 50 km ύψος περίπου από την επιφάνεια. Η θερμοκρασία αυξάνει σε αυτή τη στρώση κι είναι εδώ που βρίσκουμε το στρώμα του όζοντος (O₃) κυρίως στα 19 – 35 km, που είναι πολύ σημαντικό για την προστασία της επιφάνειας του πλανήτη και της ζωής, από τις επικίνδυνες ακτινοβολίες μικρού μήκους κύματος.

«Το όζον στη στρατόσφαιρα είναι ζωτικής σημασίας για τη ζωή στη Γη. Ωστόσο, είναι χημικά ασταθές και είναι πολύ ευαίσθητο σε καταλυτική καταστροφή από έναν μακρύ κατάλογο χημικών ουσιών, συμπεριλαμβανομένων των NO_x, HO_x, ClO_x και μεταλλικών οξειδίων. Στην στρατόσφαιρα, αυτοί οι καταλύτες μπορούν να είναι πολύ δραστικοί στην καταστροφή του όζοντος, ακόμη κι όταν υπάρχουν σε ένα μόνο μέρος του καταλύτη ανά 10000 όζοντος.» (Johnston, 2009)

«Στη στρατόσφαιρα συναντούμε ίχνη υγρασίας με αποτέλεσμα να μην έχουμε νεφώσεις, εκτός από ορισμένες περιπτώσεις στη περιοχή των τροπικών όπου μεγάλες καταιγίδες εκτείνονται σε μεγάλο ύψος και οι κορυφές τους να φτάνουν στη στρατόσφαιρα. Περιστασιακά συναντούμε νέφη παγοκρυστάλλων στα ανώτερα γεωγραφικά πλάτη (στις πολικές περιοχές) στην κατώτερη στρατόσφαιρα κατά την ψυχρή περίοδο που

δημιουργούνται λόγω των εξαιρετικά χαμηλών θερμοκρασιών (χαμηλότερες από $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$). Τα σύννεφα αυτά έχουν έντονα ιριδίζοντα χρώματα και ονομάζονται μαργαρώδη νέφη.» (Ζάνη, 2014)

«Στην στρατόσφαιρα βρίσκεται επίσης το στρώμα του Junge, που είναι ένα στρώμα αποτελούμενο από θειούχα αιωρούμενα σωματίδια και βρίσκεται σε ύψος 18 - 25 km περίπου. Για αυτό το λόγο μεγάλες ηφαιστειακές εκρήξεις που εισάγουν αέρια στην στρατόσφαιρα, μεταβάλλοντας την ισορροπία ακτινοβολίας της στρατόσφαιρας, μπορούν να επιδράσουν στο κλίμα της Γης, για αρκετά χρόνια.» (Albany.edu, 2021)

Μεσόσφαιρα

«Η μεσόσφαιρα είναι η περιοχή μεταξύ της στρατόπαυσης και της μεσόπαυσης, όπου η θερμοκρασία ελαττώνεται με το ύψος, $dT / dz < 0$, μέχρι ένα ελάχιστο, στα 85 ± 5 km. Η θερμοκρασία της μεσόπαυσης, περί τους $-93 \pm 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, αποτελεί τη χαμηλότερη θερμοκρασία στο σύστημα Γης - ατμόσφαιρας.

Λόγω των διεργασιών οξειδωσης και της απορρόφησης υπεριώδους ακτινοβολίας η οποία οδηγεί στη διάσπαση πολυατομικών μορίων, η μεσόσφαιρα είναι φωτοχημικά πολύ πιο σύνθετη σε σχέση με τις δύο άλλες κατώτερες περιοχές.» (Χαλδούπης, 2015)

Οι επιστήμονες της φυσικής της ατμόσφαιρας, υποπεύονται ότι η μεσόπαυση είναι πολύ ευαίσθητη στην αλλαγή του κλίματος. Οι επιπτώσεις στο εύρος της θερμοκρασίας λόγω της κλιματικής αλλαγής υπερθερμαίνουν την τροπόσφαιρα κι αυτό πιστεύεται ότι προκαλεί περαιτέρω ψύξη στη μεσόσφαιρα. (antarctica.gov.au)

Θερμόσφαιρα

«Η θερμόσφαιρα ορίζεται ως η περιοχή από τη μεσόπαυση μέχρι το ύψος των 400 - 500 km. Σε αυτή τη ζώνη, τα ατμοσφαιρικά αέρια είναι αραιότερα από εκείνα της μεσόσφαιρας, ωστόσο επειδή απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία, αυξάνεται η θερμοκρασία. Σε μέση ηλιακή δραστηριότητα η θερμοκρασία της θερμόσφαιρας φτάνει τους $700\text{ }^{\circ}\text{C}$, ενώ σε ισχυρή ηλιακή δραστηριότητα προσεγγίζει τους $1700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό της θερμόσφαιρας, είναι οι μεγάλες μεταβολές της θερμοκρασίας ανάλογα με το πλάτος, την ώρα της ημέρας και τις ηλιακές δραστηριότητες. Η θερμόπαυση είναι η μεταβατική περιοχή ανάμεσα στη θερμόσφαιρα και την εξώσφαιρα.» (Δαλέζιος, 2015)

Εξώσφαιρα

«Η εξώσφαιρα είναι η ανώτερη και τελευταία περιοχή της ατμόσφαιρας, βρίσκεται πάνω από την θερμοσφαιρα κι ως στρώμα ξεκινά μετά τη θερμοπαυση κι επεκτείνεται μέχρι τη βαθμιαία ανάμιξη της στο κοσμικό διάστημα.

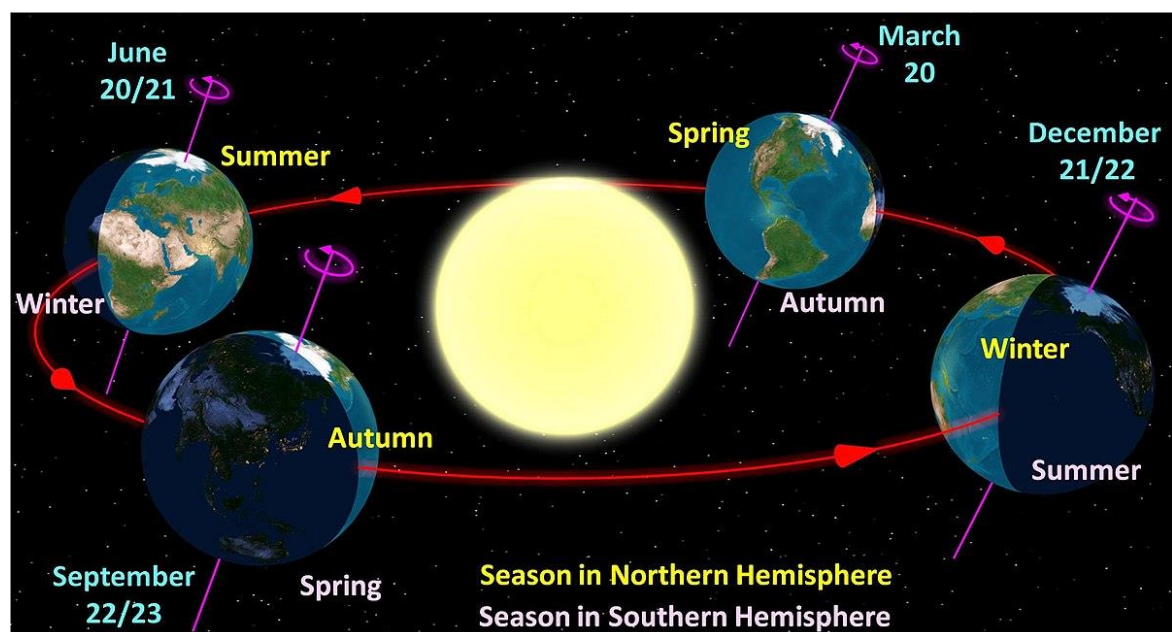
Αρχίζει συνήθως από τα 800 km ύψος (αν και το όριο κυμαίνεται μεταξύ 500 km και 1000 km, αναλόγως με την ηλιακή δραστηριότητα), και φθάνει σε μέγιστο ύψος (> 10000 km) της ατμόσφαιρας εκεί όπου η βαρύτητα της Γης, δεν μπορεί πλέον να συγκρατήσει τα τελευταία μόρια των αερίων της ατμόσφαιρας.» (Wikipedia Exosphere, 2021)

Πλανητική Κίνηση

«Η Γη, περιστρέφεται πλήρως γύρω από το μητρικό της άστρο, τον Ήλιο, σε ελλειπτική τροχιά με διάρκεια λίγο περισσότερη των 365 ημερών (1 έτος). Ταυτόχρονα περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό της με πλήρη περιστροφή σε 24 ώρες (1 ημέρα).

Η μέση απόσταση Γης – Ηλίου, είναι 150 εκατομμύρια km με ελάχιστη απόσταση τα 147 εκατομμύρια km στο περιήλιο τον Ιανουάριο και τα 152 εκατομμύρια km στο αφήλιο τον Ιούλιο.

Από το ποσό της ηλιακής ενέργειας που δέχεται η επιφάνεια της Γης διαμορφώνονται οι εποχές στον πλανήτη. Το ποσό, εξαρτάται κυρίως από τη γωνία πρόσπτωσης του ηλιακού φωτός κι από τη διάρκεια της ημέρας σε κάθε γεωγραφικό πλάτος.



Εικόνα 2 Περιστροφή της Γης γύρω από τον Ήλιο

Η ηλιακή ενέργεια που προσπίπτει κάθετα στην επιφάνεια της Γης προσδίδει αρκετά μεγαλύτερη ενέργεια από την αντίστοιχη υπό γωνία, καθώς το ίδιο ποσό ενέργειας κατανέμεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια. Επιπλέον, όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία πρόσπτωσης, τόσο μεγαλύτερη η απορρόφηση και σκέδαση της, καθώς διατρέχει μεγαλύτερα ατμοσφαιρικά στρώματα. Συνεπώς, ο Ήλιος κοντά στον ορίζοντα μίας περιοχής, προσφέρει σημαντικά μικρότερα ποσά ενέργειας σε σχέση με τα αντίστοιχα σε μεγάλα ύψη.

Η διάρκεια της ημέρας αποτελεί έναν εξίσου σημαντικό παράγοντα προσφοράς ενέργειας προς την επιφάνεια. Όσο μεγαλύτερη είναι η διάρκεια της ημέρας, τόσο μεγαλύτερη η προσφορά θερμότητας από τον Ήλιο. Επίσης, κατά τη θερινή περίοδο ο Ήλιος βρίσκεται στην υψηλότερη θέση του στον ουρανό κάθε περιοχής. Αυτό οφείλεται στην κλίση του πλανήτη κατά $23,4^\circ$ καθώς περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο.» (Κουτρής, 2021)

Χαρακτηριστικά της Ατμόσφαιρας

«Σε αντίθεση με τον Ήλιο, η ατμόσφαιρα της Γης είναι πολύ φτωχή σε ευγενή αέρια (ήλιο, νέο, αργό, ξένο και κρυπτό), όπως και υδρογόνο, τα οποία αποτελούν τα πολυπληθέστερα στοιχεία στο Ηλιακό Σύστημα. Αυτό υποδεικνύει ότι η Γη δεν είχε αρχικά ατμόσφαιρα ή ότι η αρχική της ατμόσφαιρα ήταν διαφορετική.» (Χαλδούπης, 2015)

Η ατμόσφαιρα αποτελεί ένα πολύπλοκο φυσικό μέσο όπου σε αυτό διαδίδονται οι ακτινοβολίες και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα - το φως, καθώς κι ο ήχος. Η στρωμάτωση της ατμόσφαιρας σε περιοχές με βάση τη μεταβολή της θερμοκρασίας, τα διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά αυτών των περιοχών, όπως η θερμοκρασία, η πίεση κι η υγρασία, τα ιόντα και η ύπαρξη άλλων μορίων κλπ. προκαλούν σειρά από διάφορα οπτικά, ακουστικά και ηλεκτρικά φαινόμενα τα οποία δύναται να παρατηρήσει ο άνθρωπος π.χ. το Πολικό Σέλας.

Κυριότερα όμως, στην ύπαρξη της ατμόσφαιρας οφείλεται η ύπαρξη της ζωής αφού λόγω αυτής και των ιδιοτήτων της π.χ. του φαινομένου του θερμοκηπίου οφείλεται η μείωση της διαφοράς των ακραίων θερμοκρασιών που θα υπήρχαν μεταξύ ημέρας και νύχτας, ενώ χωρίς αυτή ο πλανήτης θα ήταν χωρίς τον μπλε ουρανό που βλέπουμε, όντας αφιλόξενος για τη ζωή όπως τη γνωρίζουμε σήμερα. Η κίνηση των αερίων μαζών εντός της ατμόσφαιρας ονομάζεται «ατμοσφαιρική κυκλοφορία» και πηγάζει από τη διαφορετική θέρμανση του ισημερινού και των πόλων.

Η περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονα της επηρεάζει την ατμοσφαιρική κυκλοφορία, ενώ πλήθος ενεργειακών μεταβολών λαμβάνει χώρα εντός της ατμόσφαιρας του πλανήτη.» (Θοδωρής Μ. Γιάνναρος, 2020)

Επομένως, η ατμόσφαιρα μπορεί να θεωρηθεί ως ένα μέσο όπου συμβαίνουν ποικίλες θερμοδυναμικές και μηχανικές διεργασίες, οι οποίες οδηγούν στη εκδήλωση διαφόρων φαινομένων.

Ατμοσφαιρική Κυκλοφορία

Ο όρος «γενική κυκλοφορία» της ατμόσφαιρας χρησιμοποιείται συνήθως όταν αναφερόμαστε στο πολυσύνθετο σύστημα των πλανητικών ανέμων και ιδιαίτερα στις κινήσεις αυτών, μέσα στην Τροπόσφαιρα και την κατώτατη Στρατόσφαιρα.

«Σε κάθε τέτοια μετακίνηση, ο αέρας, εκτός του ότι μεταφέρει μεγάλες ποσότητες θερμότητας, υγρασίας και ορμής, παράγει επίσης κι άλλες μορφές ενέργειας. Κι αυτό γιατί, οι παραγόμενοι άνεμοι αποτελούν συνέπεια της άνισης κατανομής της ηλιακής ενέργειας (θερμότητας) στην επιφάνεια της Γης κι ακολούθως, υπάρχει η μετατροπή της ενέργειας αυτής από τη μία μορφή ενέργειας σε μια άλλη (θερμική, γεωδυναμική, κινητική, ηλεκτρική κ.α.).

Η δύναμη που απαιτείται για την μετακίνηση των τεράστιων ατμοσφαιρικών μαζών παρέχεται από τις μεγάλες ενεργειακές αντιθέσεις μεταξύ των τροπικών και πολικών περιοχών. Η ατμοσφαιρική κυκλοφορία περιγράφει την κίνηση σε πλανητική κλίμακα του αέρα και μαζί με την αντίστοιχη κυκλοφορία του νερού των ωκεανών, αποτελούν τον βασικό τρόπο ανακατανομής της ηλιακής θερμικής ενέργειας στην επιφάνεια της Γης.

Η ίδια η ύπαρξη και τα χαρακτηριστικά του κλίματος της Γης είναι άμεση συνέπεια της έκθεσής της στο ηλιακό φως και των νόμων της θερμοδυναμικής. Η Γη θα μπορούσε να παρομοιαστεί με μια μεγάλη μηχανή που τροφοδοτείται με ενέργεια από τον Ήλιο.

Αυτή η ενέργεια θέτει σε λειτουργία τις αέριες μάζες της ατμόσφαιρας που διανέμουν την ενέργεια από την τροπική ζώνη (περιοχή με ιδιαίτερα αυξημένη εισροή ηλιακής ενέργειας) προς τους πόλους, που παρουσιάζουν έλλειμμα ηλιακής ενέργειας.» (Κουτρής, 2021)

Άνεμοι

«Ως άνεμο ονομάζουμε το οριζόντιο ρεύμα αέρα κοντά στο έδαφος, που κινείται από μια περιοχή υψηλών πιέσεων, προς μια άλλη χαμηλών πιέσεων τείνοντας να εξισορροπήσει τις πιέσεις στις δυο περιοχές.

Όσο ισχυρότερη είναι η βαροβαθμίδα, τόσο ισχυρότερος θα είναι και ο άνεμος τον οποίο ορίζουμε από τη Διεύθυνση (δηλ. το σημείο του Ορίζοντα από το οποίο πνέει ο άνεμος εκφραζόμενος σε μοίρες με αρχή τον μαγνητικό Βορρά) αλλά και τη Ένταση του, όπου εκφράζεται με τις μονάδες ταχύτητας ανέμου.

«Οι κινήσεις των ανέμων ρυθμίζονται από τις εξής δυνάμεις:

- Η δύναμη της βαροβαθμίδας
- Η δύναμη Coriolis ή εκτρεπτική δύναμη
- Η δύναμη της τριβής
- Η φυγόκεντρη δύναμη
- Η δύναμη της βαρύτητας

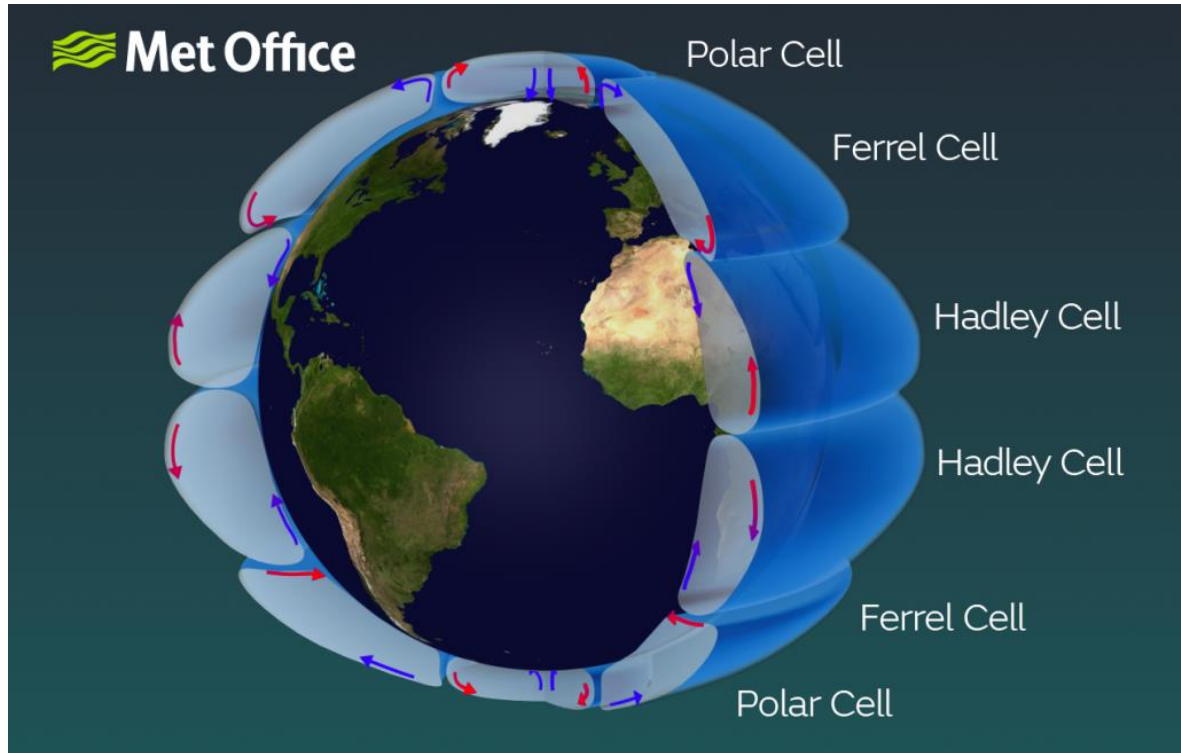
Είδη Ανέμων

Οι άνεμοι διακρίνονται στις κατηγορίες πλανητικών ανέμων και τοπικών/ημερήσιων ανέμων. Μεταξύ αυτών κι οι αεροχείμαροι (jet streams). Γεωστροφικός χαρακτηρίζεται ο άνεμος που είναι απαλλαγμένος από τη δύναμη της τριβής. Αυτό μπορεί να συμβεί σε μεγάλο ύψος, στην ελεύθερη ατμόσφαιρα, όπου το ανάγλυφο παύει να επιδρά στην κίνηση της αέρας μάζας. Άνεμος βαροβαθμίδας ονομάζεται ο άνεμος που προκαλείται από τη δύναμη βαροβαθμίδας.» (Δαλέζιος, 2015)

Άνεμοι μεγάλης κλίμακας ή πλανητικοί άνεμοι

«Σε παγκόσμιο επίπεδο, οι διαφορές της θερμοκρασίας και συνεπώς και της βαρομετρικής πίεσης, δημιουργούν τους ανέμους μεγάλης κλίμακας. Καθώς οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν κάθετα στον ισημερινό και πλάγια στους πόλους, δημιουργείται μια θερμοκρασιακή διαφορά ανάμεσα στο θερμό ισημερινό και τους παγωμένους πόλους, με συνέπεια ο θερμός αέρας να ανέρχεται στον ισημερινό (δημιουργώντας χαμηλή πίεση στην επιφάνεια) και να κατέρχεται στους πόλους (δημιουργώντας υψηλή πίεση στην επιφάνεια). Αυτή η διαφορά πίεσης έχει ως αποτέλεσμα τη παγκόσμια κυκλοφορία των ανέμων.

Λόγω της περιστροφικής κίνησης της Γης αναπτύσσεται μια εκτρεπτική δύναμη γνωστή ως Coriolis που στρέφει αυτά τα ρεύματα αέρα, δημιουργώντας 3 σταθερές ζώνες ανέμου: Τους αληγείς, τους επικρατούντες δυτικούς και τους πολικούς ανέμους, οι οποίοι κυκλώνουν τον πλανήτη και πνέουν αντίστοιχα σε 3 κύτταρα σε κάθε ημισφαίριο: Το κύτταρο Hadley, το κύτταρο Ferrel και το πολικό κύτταρο.» (Ecoweather, 2021) όπως δείχνει κι η εικόνα 3.



Εικόνα 3 Polar, Ferrel, Hadley Cells

«Ο αέρας που βρίσκεται στον Ισημερινό, παρακολουθώντας την περιστροφή της Γης, κινείται με την ίδια μεγάλη ταχύτητά της, δηλαδή περίπου με 1674 km/h.

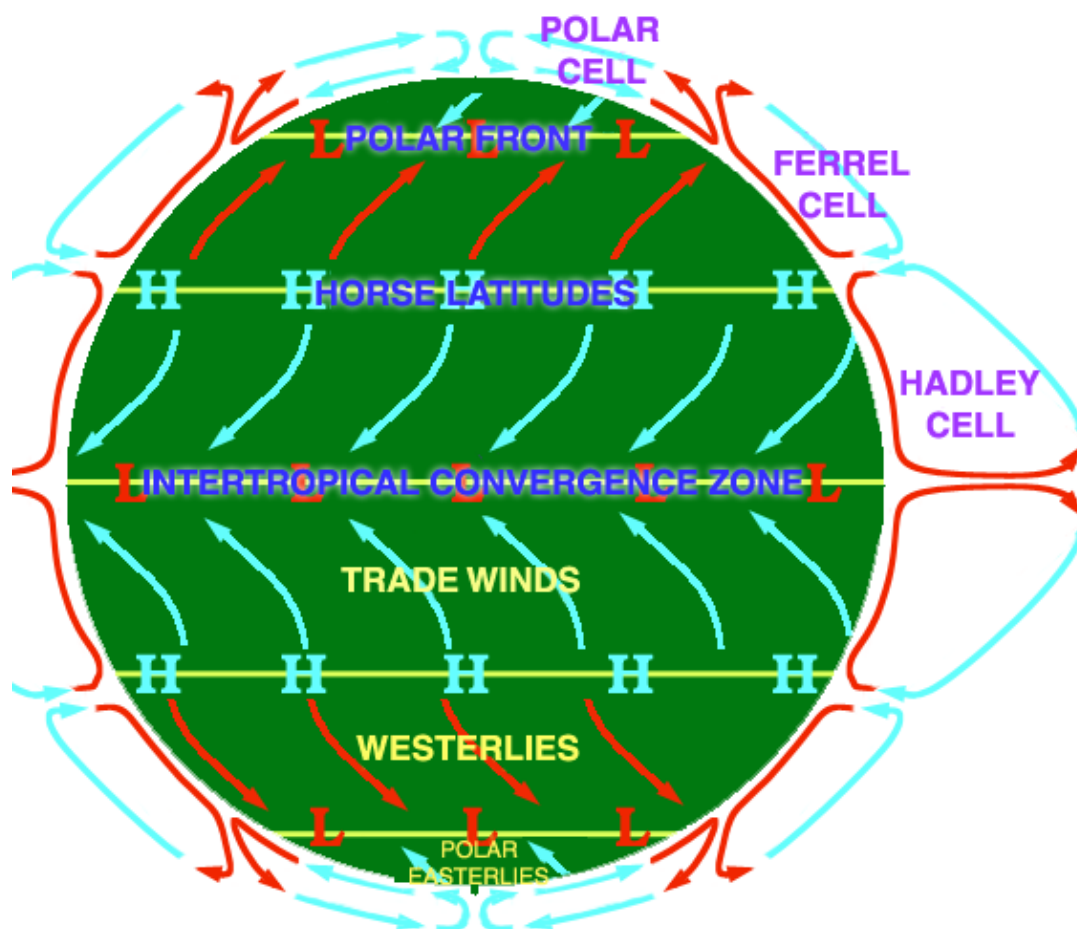
Όσο πλησιάζουμε τους πόλους η ταχύτητα περιστροφής μειώνεται και ακριβώς πάνω από αυτούς μηδενίζεται. Έτσι, οι πραγματικές κατευθύνσεις των μόνιμων πλανητικών ανέμων (ή ανέμων γενικής κυκλοφορίας), κοντά στην επιφάνεια της Γης διαμορφώνονται ως εξής:

	ΒΟΡΕΙΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ	ΝΟΤΙΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ
Αληγείς άνεμοι	ΒΑ αντί για Β	ΝΑ αντί για Ν
Ενδιάμεσοι άνεμοι	ΝΔ αντί για Ν	ΒΔ αντί για Β
Πολικοί άνεμοι	ΒΑ αντί για Β	ΝΑ αντί για Ν

Πίνακας 1 Σταθερές Ζώνες Ανέμων στα 2 ημισφαίρια

Οι επικρατούντες δυτικοί άνεμοι που περιβάλλουν τη Γη, ανάμεσα στον 30° και τον 60° παράλληλο, είναι οι σφοδρότεροι απ' όλους τους μόνιμους ανέμους ακόμη και στο ύψος του εδάφους.

Οι πολικοί ανατολικοί άνεμοι αρχίζουν σαν μάζες από βαρύ, παγωμένο αέρα που απλώνονται και κινούνται προς τον Ισημερινό.



Εικόνα 4 Κατευθύνσεις μόνιμων γεωστροφικών ανέμων

Ο ευμετάβλητος καιρός της βόρειας εύκρατης ζώνης οφείλεται κυρίως στην κυματοειδή γραμμή όπου συναντιόνται οι πολικοί ανατολικοί και οι επικρατούντες δυτικοί άνεμοι.

Η σύγκρουση των δύο ρευμάτων με διαφορετικές θερμοκρασίες και υγρασίες δημιουργεί μία ημι-μόνιμη κατάσταση ατμοσφαιρικής αστάθειας και διαταραχής.

Έτσι δημιουργούνται συστήματα ανέμων τα οποία, αντίθετα από τη γενική κυκλοφορία, τα συστήματα αυτά αναπτύσσονται και υποχωρούν, γεννιούνται και πεθαίνουν

(επεισοδιακά). Οι μετεωρολόγοι τα ονομάζουν κυκλώνες και αντικυκλώνες και κινούνται από τα δυτικά προς τα ανατολικά.» (ΣΕΟΒ, 2021).

Οι κυκλώνες συνδυάζονται με συστήματα Χαμηλού βαρομετρικού (Low) ή ύφεσης και συνήθως κακοκαιρία. Μια ύφεση σχηματίζεται στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη όταν μια θερμή και μια ψυχρή αέρια μάζα συναντώνται. Αντίθετα, οι αντικυκλώνες συνδυάζονται με συστήματα βαρομετρικού υψηλού (High) και συνήθως καλό καιρό. Διακρίνονται σε θερμούς, ψυχρούς, μόνιμους, εποχικούς και κινητούς.

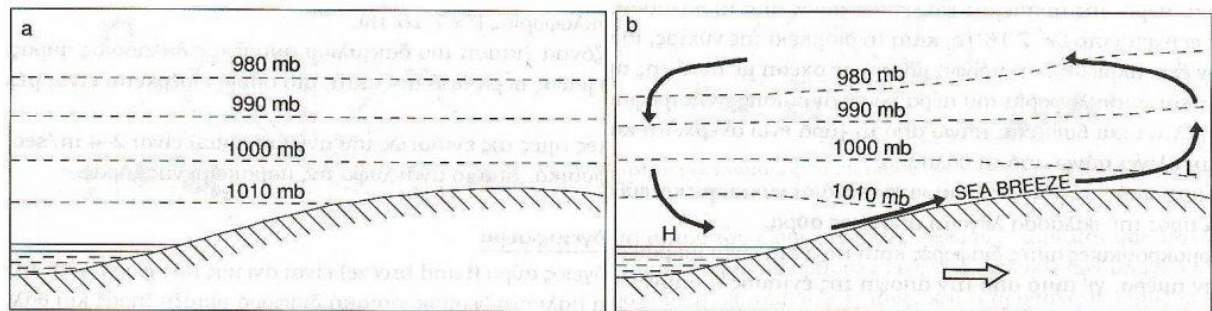
Ημερήσιοι άνεμοι

«Ημερήσιοι, ονομάζονται οι άνεμοι που δημιουργούνται στη διάρκεια του 24ώρου, λόγω της διαφοράς θερμοκρασίας, τόσο την ημέρα όσο και τη νύχτα, μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Τέτοιοι είναι η θαλάσσια και η απόγεια αύρα.» (Δαλέζιος, 2015)

Θαλάσσια αύρα

Η στεριά κερδίζει και χάνει θερμότητα πιο γρήγορα απ' ό τι η θάλασσα.

Την ημέρα θερμαίνεται γρηγορότερα από τη θάλασσα, δημιουργούνται ανοδικά ρεύματα, ο αέρας υψώνεται και βαρύτερα, ψυχρότερα ρεύματα αέρα από τη θάλασσα έρχονται να καταλάβουν τη θέση του αέρα που υψώθηκε, δημιουργώντας έτσι, τη θαλάσσια αύρα.

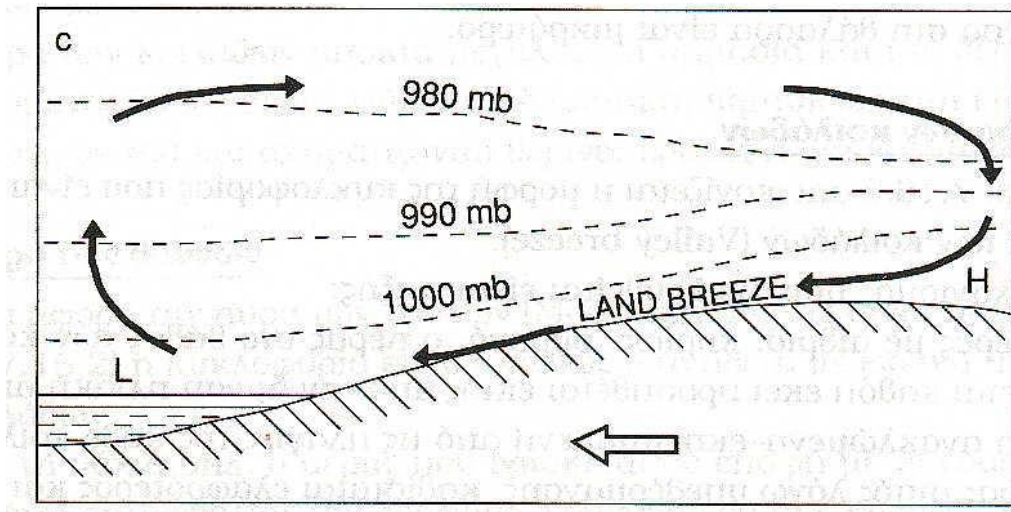


Εικόνα 5 Θαλάσσια Αύρα

Απόγεια αύρα

Τη νύχτα, η στεριά ψύχεται γρηγορότερα από τη θάλασσα. Ανοδικά ρεύματα δημιουργούνται πάνω από τη θάλασσα και ψυχρός, κρύος αέρας πνέει από τη στεριά προς τη θάλασσα, δημιουργώντας έτσι την απόγεια αύρα.

Η ένταση της απόγειας αύρας είναι μικρότερη από αυτή της θαλάσσιας, διότι οι θερμομετρικές διαφορές είναι μικρότερες τη νύκτα από ότι την ημέρα.



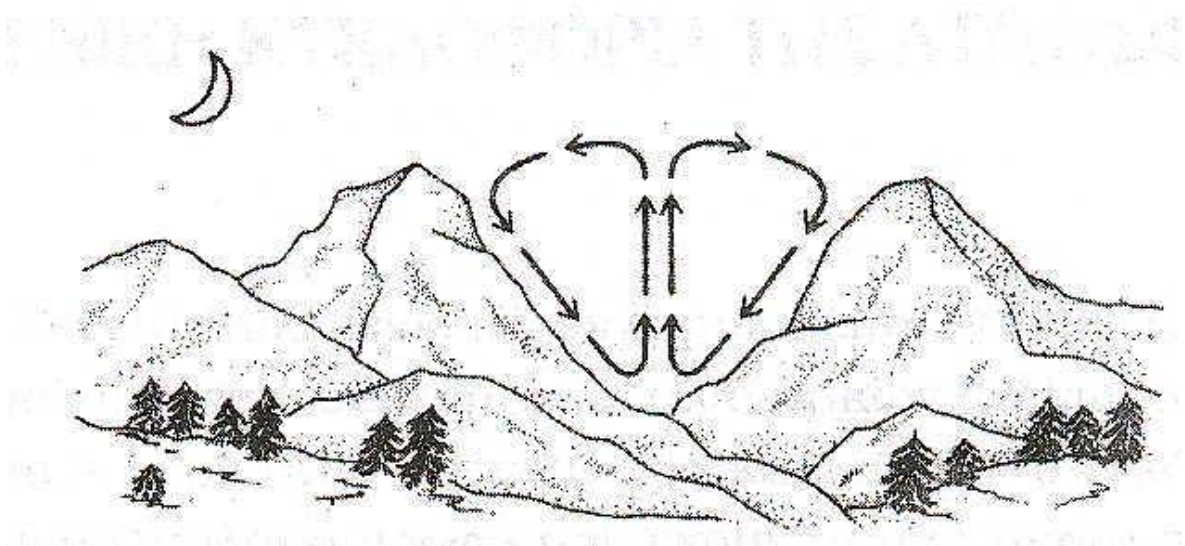
Εικόνα 6 Απόγεια Αύρα

Τοπικοί Άνεμοι

«Από διαφορές πιέσεων που οφείλονται σε μόνιμα ή κινητά κέντρα χαμηλών και υψηλών πιέσεων, δημιουργούνται άνεμοι τους οποίους τους ονομάζουμε τοπικούς.» (Αθανασιάδου, 2021)

Αύρα Βουνών

Μετά το ηλιοβασίλεμα, τη νύκτα, οι βραχώδεις βουνοπλαγιές χάνουν θερμότητα περισσότερο απ' ότι οι κοιλάδες.

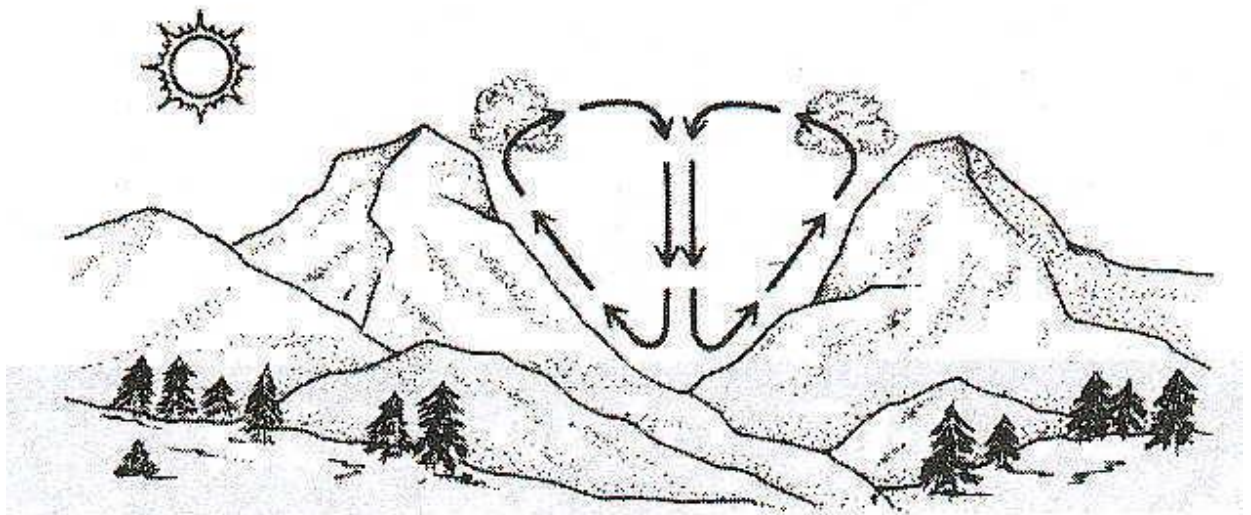


Εικόνα 7 Αύρα Βουνών

Θερμότερα ανοδικά ρεύματα από τις κοιλάδες κάνουν το ψυχρότερο και βαρύτερο, αέρα να κατεβαίνει από τις πλαγιές του βουνού προς στις κοιλάδες, δημιουργώντας έτσι την αύρα του βουνού.

Αύρα Κοιλάδων

Μια άλλη μορφή της κυκλοφορίας του αέρα είναι γνωστή ως «αύρα των κοιλάδων». Την ημέρα, οι βραχώδεις βουνοπλαγιές θερμαίνονται πιο γρήγορα απ' ό,τι οι κοιλάδες.



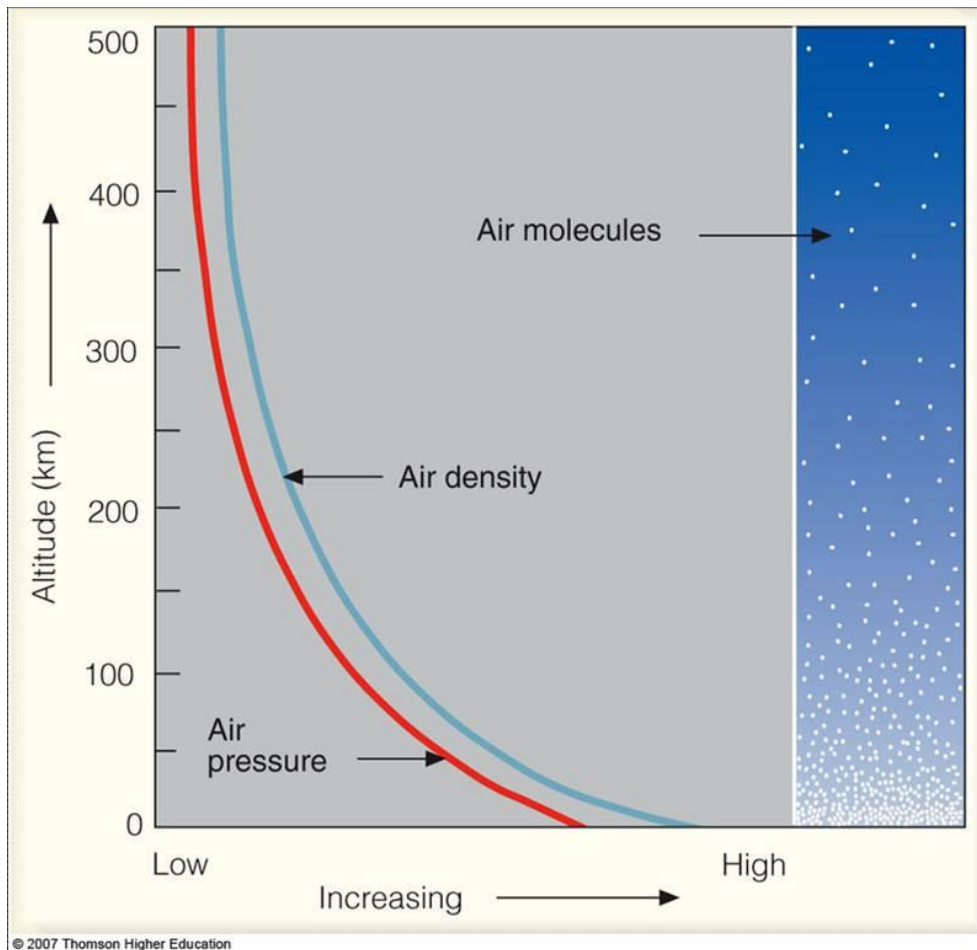
Εικόνα 8 Αύρα Κοιλάδων

Ο αέρας που θερμαίνεται εξυψώνεται και τη θέση των αέριων αυτών όγκων προσπαθούν να καταλαμβάνουν τα νέα ανοδικά ρεύματα που δημιουργούνται από τις κοιλάδες και ρέουν προς τις βουνοπλαγιές, δημιουργώντας έτσι την αύρα της κοιλάδας. (ΣΕΟΒ, 2021)

Ιδιότητες της Ατμόσφαιρας

Ατμοσφαιρική Πυκνότητα

Στην εικόνα 9 κάτω, απεικονίζεται η μεταβολή της πυκνότητας του αέρα από το ύψος μηδέν, μέχρι τα πρώτα 500 km. Η τιμή της πυκνότητας (ρ) του αέρα, σε ύψος μηδέν και υπό κανονικές συνθήκες, εκτιμάται σε $\rho = 1,293 \text{ kg/m}^3$



Εικόνα 9 Μεταβολή της πίεσης και της πυκνότητας καθ' ύψος μέχρι τα 500 km.

«Το μαθηματικό πρότυπο που ισχύει για την ως άνω μεταβολή είναι:

$$\rho_z = \rho_0 \exp(-gz/RT)$$

Σχέση 1

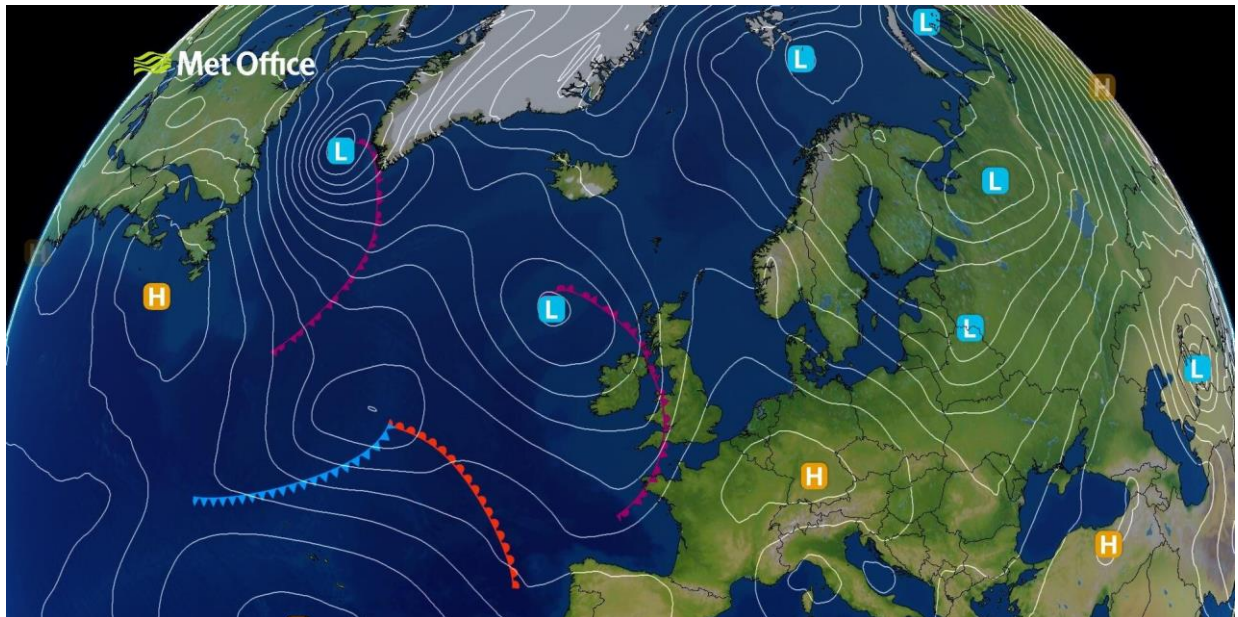
όπου R η ειδική σταθερά του αέρα και T η μέση θερμοκρασία του αέρα του θεωρούμενου ατμοσφαιρικού στρώματος πάχους z.

Η εκθετικής μορφής αυτή συνάρτηση δηλώνει ότι ο ρυθμός ελάττωσης της πυκνότητας του αέρα με το ύψος είναι σημαντικός, έτσι σε ύψος 3 km είναι $\rho = 0,909 \text{ kg/m}^3$, σε ύψος 5 km είναι $\rho = 0,736 \text{ kg/m}^3$, σε ύψος 10 km είναι $\rho = 0,413 \text{ kg/m}^3$ και εντέλει στα 100 km είναι $\rho = 10^{-9} \text{ kg/m}^3$.» (ΑΠΘ-Μετεωρολογία, 2021)

Ατμοσφαιρική Πίεση

«Η ατμόσφαιρα ως μείγμα αερίων δεν έχει μεγάλη πυκνότητα ($1,293 \text{ kg/m}^3$), έχει όμως βάρος που ασκεί πίεση σε ότι περιβάλλεται από κάτω. Η πίεση αυτή ονομάζεται

ατμοσφαιρική και είναι η ασκούμενη πίεση στην επιφάνεια της Γης, όπως αυτή καθορίζεται από το βάρος του αέρα και από την ατμοσφαιρική κυκλοφορία.



Εικόνα 10 Ατμοσφαιρική πίεση και ισοβαρείς καμπύλες

«Βαροβαθμίδα², είναι η διαφορά πίεσης μεταξύ σημείων που βρίσκονται στην ίδια κάθετο δύο διαδοχικών ισοβαρών, σε απόσταση ίση με τη μονάδα.» (Αθανασιάδου, 2021) Όταν η βαροβαθμίδα μεταξύ δύο παρακείμενων τόπων έχει τιμή ίση προς το μηδέν, τότε μεταξύ των δύο αυτών τόπων επικρατεί άπνοια και άνεμοι δεν παρατηρούνται.

«Στην επιφάνεια της Γης η ατμοσφαιρική πίεση³ ισούται κατά μέσον όρο με το βάρος στήλης ύδατος ύψους 10,33 m περίπου ή με το βάρος στήλης υδραργύρου (Hg) ύψους 760 mm δηλ. 760 Torr. Επίσης, 1 atm = 1,01325 bar = 101,325 kPa = 14,6959 psi. Οι μετρήσεις δείχνουν ότι η ατμοσφαιρική πίεση (P) ελαττώνεται με το ύψος με μαθηματικό πρότυπο, παρόμοια με αυτό της ατμοσφαιρικής πυκνότητας:

$$P_z = P_0 \exp(-g z/RT)$$

Σχέση 2

όπου P_z η πίεση σε κάποιο ύψος z και P_0 η πίεση σε ύψος μηδέν.

Για τους υπόλοιπους συμβολισμούς ισχύουν τα ίδια με τη σχέση 1. Έτσι αν η πίεση $P_0=1000$ hPa τότε στα 17 km ύψος γίνεται 100 hPa» (ΑΠΘ-Μετεωρολογία, 2021)

² Διευκρίνιση: Κατακόρυφη βαροβαθμίδα ονομάζεται η τάση της ατμοσφαιρικής πίεσης να ελαττώνεται καθώς αυξάνεται το υψόμετρο

³ Η αλλιώς γνωστή ως «Βαρομετρική πίεση»

Μάζα της Ατμόσφαιρας

«Η συνολική μάζα της ατμόσφαιρας M μπορεί να εκτιμηθεί ως εξής: Θεωρώντας τη Γη σφαιρική, χωρίς εξάρσεις, με ακτίνα $R = 6360 \text{ km}$ και επιφανειακή ατμοσφαιρική πίεση $P = 1000 \text{ hPa} = 10^5 \text{ N/m}^2$ (τυπική τιμή), η εξίσωση ορισμού της πίεσης δίνει:

$$P = F/S = Mg/4\pi R^2$$

Σχέση 3

$$\text{και } M = 4\pi(6360 \times 10^3)^2 / 9,81 \times 10^5 = 5,18 \times 10^{18} \text{ kg}$$

Η τιμή αυτή είναι τυπική κι αξίζει να σημειωθεί ότι η συνολική μάζα των ωκεανών εκτιμάται σε $1,35 \times 10^{21} \text{ kg}$ ενώ η συνολική μάζα της Γης εκτιμάται σε $5,98 \times 10^{24} \text{ kg}$.

Από τη Σχ.3 προκύπτει ότι η ατμοσφαιρική μάζα M_a που περιέχεται μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους (πίεση P) και μιας ισοβαρικής επιφάνειας (πίεση P_z και ύψος z) θα δίδεται από τη σχέση:

$$M_a = \frac{(P - P_z)}{P} \cdot M$$

Σχέση 4

Ως γνωστόν η ατμοσφαιρική πίεση σε ύψος $z = 30 \text{ km}$ είναι περίπου 10 hPa ενώ η τυπική τιμή της επιφανειακής ατμοσφαιρικής πίεσης είναι 1000 hPa .

Έτσι η σχέση (4) , για το ατμοσφαιρικό στρώμα των πρώτων 30 km δίνει:

$$M_a = (990/1000) \cdot M = 0.99 M = 99\% M$$

Σχέση 5

Αφού λοιπόν στα πρώτα 30 km περιλαμβάνεται το 99% της ολικής ατμοσφαιρικής μάζας M , σημαίνει ότι η ατμόσφαιρα εκτείνεται , ουσιαστικά, καθ' ύψος μέχρι τα πρώτα 30 έως 50 km . Πάνω από τα 50 km δεν υπάρχει κενό όμως η ατμόσφαιρα εκεί είναι πολύ-πολύ αραιή.

Με βάση τη σχέση 4, προκύπτει ότι η ατμοσφαιρική μάζα μέχρι το ύψος των 5 km ($P=550 \text{ hPa}$) αντιπροσωπεύει το 45% της συνολικής ατμοσφαιρικής μάζας.

Ομοίως, μέχρι το ύψος των 10 km ($P=270 \text{ hPa}$) το ποσοστό είναι 73% . Συνεπώς η ατμοσφαιρική μάζα δεν κατανέμεται ομοιόμορφα με το ύψος.» (Κουτρής, 2021) (ΑΠΘ-Μετεωρολογία, 2021)

Βιογεωχημικοί Κύκλοι

«Στη Γη λειτουργεί ένα σύστημα, στο οποίο διάφορα χημικά στοιχεία υπόκεινται σε μετασχηματισμούς σε μια διαδικασία ανακύκλωσης αυτών των στοιχείων στο φυσικό περιβάλλον.

Το σύστημα της Γης αποτελείται από ένα σύμπλεγμα των ατόμων των 92 φυσικών στοιχείων. Η προσθήκη υλικού από το διάστημα, όπως οι μετεωρίτες, καθώς κι η διαφυγή αερίων στο διάστημα είναι γενικά μικρότερης σημασίας οπότε η βασική σύνθεση του συστήματος της Γης διατηρήθηκε σχεδόν από τη γένεσή της. Τα άτομα, με την μορφή των διαφόρων μορίων, μετακινούνται συνεχώς ανάμεσα στις διαφορετικές δεξαμενές του συστήματος της Γης.» (Κουτρής, 2021)

«Ο όρος βιογεωχημικοί κύκλοι χρησιμοποιείται για να δηλώσει την ροή των στοιχείων μεταξύ των δεξαμενών της Γης, ήτοι τη Λιθόσφαιρα, τη Βιόσφαιρα, την Υδρόσφαιρα και την Ατμόσφαιρα, επισημαίνοντας την κυκλική φύση της ροής σε ένα κλειστό σύστημα.

Η ύλη που υπάρχει διαθέσιμη στη βιόσφαιρα είναι περιορισμένη. Ενώσεις και στοιχεία όπως:

- το νερό (H_2O),
- το οξυγόνο (O_2),
- ο άνθρακας (C),
- το άζωτο (N_2),
- το θείο (S) κι
- ο φώσφορος (P)

κυκλοφορούν προκειμένου να γίνονται εκ νέου διαθέσιμα και πραγματοποιούν βιογεωχημικούς κύκλους.

Στους βιογεωχημικούς κύκλους υπάρχουν διαδρομές όπου μπορεί ένα χημικό στοιχείο ή μόριο να ταξιδεύει τόσο στα έμβια όσο και στα άβια στρώματα της Γης ή ακόμη και να συσσωρεύεται ή να διατηρείται μακροχρόνια σε 'δεξαμενές', όπως π.χ. μια λίμνη για το νερό, αλλά και μέσω φυσικοχημικών διεργασιών και βιογεωλογικών μετασχηματισμών υπόκειται σε έναν αριθμό διαδικασιών που προσδιορίζουν τον διαμερισμό του χημικού στοιχείου ή μορίου, ποιοτικά και ποσοτικά, στο φυσικό περιβάλλον.

«Το νερό, για παράδειγμα, ανακυκλώνεται αέναα διαμέσου του κύκλου του νερού. Υπόκειται σε εξάτμιση, συμπύκνωση και υετό, επιστρέφοντας στη Γη καθαρό και φρέσκο. Στοιχεία, χημικές ενώσεις και άλλες μορφές της ύλης περνούν από τον ένα οργανισμό στον άλλο κι από το ένα μέρος της βιόσφαιρας στο άλλο, διαμέσου των βιογεωχημικών κύκλων.» (Βικιπαίδεια Βιογεωχημικός κύκλος, 2020)

«Οι κύκλοι μπορούν να χωριστούν σε δύο ομάδες, με βάση το που εντοπίζεται η δεξαμενή αποθήκευσης τους:

- Αέριοι κύκλοι (π.χ. C, O, H):

Η δεξαμενή αποθήκευσης τους είναι η ατμόσφαιρα και τα θρεπτικά μετακινούνται από και προς τη βιόσφαιρα σε αέρια μορφή.

- Ιζηματογενείς κύκλοι (π.χ. P,S):

Η δεξαμενή αποθήκευσης τους είναι ο φλοιός της Γης και τα θρεπτικά εισέρχονται στη βιόσφαιρα από τα πετρώματα που αποσαθρώνονται και εξέρχονται ως ιζήματα.

Στους αέριους κύκλους, η ανταλλαγή των θρεπτικών ανάμεσα στα αβιοτικά και βιοτικά στοιχεία του οικοσυστήματος είναι πιο πλήρης, ενώ οι ιζηματογενείς παρουσιάζουν μεγαλύτερη ευαισθησία σε ανθρώπινες παρεμβάσεις.» (Καρρής, 2020)

Σύνθεση του Ατμοσφαιρικού Αέρα

Από χημικές αναλύσεις έχει διαπιστωθεί πως τα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας αποτελούνται από τον ξηρό αέρα, τον νερό (που υπάρχει σε όλες τις φάσεις αναλόγως της θερμοκρασίας και του υψομέτρου) και των αιωρημάτων.

Ως ξηρός καθαρός ατμοσφαιρικός αέρας νοείται ο ατμοσφαιρικός αέρας που είναι απαλλαγμένος από υδρατμούς και πάσης φύσης κονιορτούς και αερολύματα.

Ο ξηρός αέρας αποτελείται από το ατμοσφαιρικό άζωτο σε ποσοστό 78,08 % κ.ο. και το ατμοσφαιρικό οξυγόνο σε ποσοστό 20,95 % κ.ο. Τα δύο αυτά βασικά συστατικά του αέρα καταλαμβάνουν περίπου το 99% του όγκου, ενώ όλα τα υπόλοιπα μαζί, παρουσιάζουν αναλογίες μικρότερες του 1 % κ.ο.

Αέρια	Σύμβολα	Περιεκτικότητα		Πυκνότητα σε g/m ³	Μοριακό βάρος	Κρίσιμη θερμοκρ.
		Κατ' όγκο	Κατά βάρος			
Άζωτο	N	78.08	75.51	1250	28,016	-147.2
Οξυγόνο	O	20.95	23.14	1429	32.000	-118.9
Αργό	Ar	0.93	1.3	1786	39.944	-122.0
Διοξ. άνθρακος	CO ₂	0.03	~0.5	1977	44.010	31.0
Νέο	Ne	(18.18)×10 ⁻⁴	120×10 ⁻⁵	900	20.183	-228.0
Ήλιο	He	(5.24)×10 ⁻⁴	8.10 ⁻⁵	178	4.003	-258.0
Μεθάνιο	CH ₄	~2.2×10 ⁻⁴	—	717	16.04	—
Κρυπτό	Kr	(1.14)×10 ⁻⁴	29.10 ⁻⁵	3736	83.7	-63.0
Οξειδ. Αζώτου	N ₂ O	(0.5±0.1)×10 ⁻⁴	—	1978	44.016	—
Υδρογόνο	H ₂	~0.5×10 ⁻⁴	0.35×10 ⁻⁵	90	2.016	-239.0
Ξένο	Xe	(0.087)×10 ⁻⁴	3.6×10 ⁻⁵	5891	131.3	16.6
Όζο	O ₃	(0-0.07)×10 ⁻⁴ έως (1-3)×10 ⁻⁴	~0.17×10 ⁻⁵	2140	48.0	5.0

Εικόνα 11 Σύνθεση του Ατμοσφαιρικού Αέρα

Στην *εικόνα 11*, επάνω, δίνεται η σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα.

Από τα παραπάνω, διακρίνουμε τέσσερις κατηγορίες συστατικών του ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα με βάση τη συγκέντρωσή τους:

- α) τα 2 βασικά αέρια, Άζωτο και Οξυγόνο (~ 99,031 %),**
- β) τα λιγότερο κύρια συστατικά Αργό και Διοξείδιο του Άνθρακα,**
- γ) τα ευγενή αέρια Νέο, Κρυπτό, Ήλιο και Ξένο, και**
- δ) τα ιχνοσυστατικά ή στοιχεία με πολύ μικρές συγκεντρώσεις.**

Σ' αυτά της δ' κατηγορίας, αναφέρονται επιπρόσθετα και τα εξής: τα οξείδια του Αζώτου (NO, N₂O₄, N₂O₅, NO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H₂O₂), η αμμωνία (NH₃), το Νιτρικό οξύ (HNO₃), το θειώδες οξύ (H₂SO₄), το Ραδόνιο (Rn) και το Ιώδιο (J).

Στην ομοιόσφαιρα, η μοριακή διάχυση είναι ιδιαίτερα ασθενής αλλά ιδιαίτερα κοντά στην επιφάνεια της Γης, για τα δύο βασικά συστατικά του αέρα, επικρατεί ισορροπία ανάμεσα στις διεργασίες παραγωγής και καταστροφής του αζώτου και του οξυγόνου.

Το άζωτο απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα κυρίως μέσω βιολογικών διεργασιών που περιλαμβάνουν βακτήρια του εδάφους. Στην απομάκρυνση του αζώτου συμμετέχουν επίσης οι μικροοργανισμοί του φυτοπλαγκτόν. Η επιστροφή του αζώτου στην ατμόσφαιρα λαμβάνει χώρα κύρια μέσα από την αποσύνθεση της βιομάζας, φυτικής ή/και ζωική προέλευσης.

Στον αντίποδα, το οξυγόνο απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα είτε μέσω της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, είτε μέσω της αντίδρασης του με άλλα χημικά στοιχεία και εμφανίζει ιδιαίτερες διαδρομές και στην υδρόσφαιρα και την λιθόσφαιρα.

«Στον κύκλο του Οξυγόνου όμως οι κυριότερες διεργασίες συντελούνται μεταξύ της ατμόσφαιρας και της βιόσφαιρας όπου η φωτοσύνθεση οδηγεί στην παραγωγή του O₂ και η αναπνοή των φυτών οδηγεί στην κατανάλωσή του. Έτσι, αποτελεί ουσιαστικά την αντίστροφη εικόνα του κύκλου του άνθρακα, αφού οι κινήσεις του ενός στοιχείου γίνονται αντίθετα από τις κινήσεις του άλλου.» (Ζάνη, 2014).

Υδρατμοί

Από τα μεταβλητά αέρια, οι υδρατμοί παρουσιάζουν τις σημαντικότερες μεταβολές στη συγκέντρωσή τους, τόσο χωρικά, όσο και χρονικά. Κοντά στην επιφάνεια των θερμών και υγρών τροπικών περιοχών οι υδρατμοί καταλαμβάνουν έως και το 4 % v/v του αέρα, ενώ πάνω από τις ψυχρές και ξηρές πολικές περιοχές το ποσοστό αυτό πέφτει δραματικά.

Τα μόρια των υδρατμών είναι τυπικά μη-ορατά και γίνονται ορατά πλέον των μετασχηματισμών τους σε μεγαλύτερα σωματίδια υγρής ή στερεής φάσης, όπως τα υδροσταγονίδια ή οι παγοκρύσταλλοι. Όταν το βάρος αυτών των σωματιδίων είναι αρκετά ικανό, αυτά θα πέσουν στην επιφάνεια υπό την μορφή της βροχής ή του χιονιού, γενικά υδροαποβλημάτων⁴.

«Η μεταβολή των υδρατμών από την αέρια φάση στην υγρή ονομάζεται συμπύκνωση, ενώ η ανάποδη πορεία (από υγρή στην αέρια φάση) ονομάζεται εξάτμιση. Η κατακρήμνιση βροχής ή χιονιού στην επιφάνεια είναι γνωστή με τον όρο νετός.» (Θοδωρής Μ. Γιάνναρος, 2020)

⁴ Υδατώδη Ατμοσφαιρικά Αποβλήματα

«Η παρουσία των υδρατμών στην κατώτερη ατμόσφαιρα είναι σχεδόν καθολική. Είναι η μοναδική ουσία η οποία στις συνήθεις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας που επικρατούν κοντά στην επιφάνεια του πλανήτη μας εμφανίζεται και με τις τρεις φάσεις: υγρή, αέρια και στερεά.

Η παρουσία των υδρατμών στην ατμόσφαιρα της Γης είναι εξαιρετικά σπουδαία. Όχι μόνο συμμετέχουν στο σχηματισμό του νετού, αλλά απελευθερώνουν τεράστια ποσά θερμότητας κατά τη διάρκεια των μεταβολών φάσης. Η θερμότητα που απελευθερώνεται όταν οι υδρατμοί αλλάζουν φάση (από αέρια σε υγρή ή/και στερεά) ονομάζεται λανθάνουσα.

Η λανθάνουσα θερμότητα αποτελεί σημαντική πηγή ενέργειας για τα διάφορα μετεωρολογικά φαινόμενα και ιδιαίτερα για το σχηματισμό καταιγίδων και τυφώνων. Επιπρόσθετα, οι υδρατμοί αποτελούν εν δυνάμει αέριο του θερμοκηπίου, καθώς απορροφούν ένα σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας (υπέρυθρη) που εκπέμπει η Γη. Συνεπώς, οι υδρατμοί παίζουν σημαντικό ρόλο στο ενεργειακό ισοζύγιο του πλανήτη μας.» (Θοδωρής Μ. Γιάνναρος, 2020)

Υδρολογικός Κύκλος

Το νερό αποτελεί ένα από τα πλέον δυναμικά συστατικά της ατμόσφαιρας, γιατί είναι η μόνη ουσία η οποία εκδηλώνεται και στις τρεις φάσεις την ίδια στιγμή και η φάση που εκδηλώνεται είναι συνάρτηση της ταχύτητας κίνησης των μορίων, δηλαδή της ενέργειας που περικλείουν τα μόρια του ύδατος.

Το νερό της υδρόσφαιρας, στην υγρή του κατάσταση, λόγω της θέρμανσης και των ανέμων εξατμίζεται κι οι υδρατμοί αυτοί δημιουργούν τα σύννεφα. Η διαπνοή των φυτών και η εξάτμιση στη ξηρά αποδίδουν κι αυτές ως εξατμισοδιαπνοή, υδρατμούς στην ατμόσφαιρα, όπως επίσης κι η εξάχνωση του χιονιού και των πάγων όπου η μετατροπή των μορίων νερού γίνεται από τη στερεή στην αέρια μορφή χωρίς να περάσει ενδιάμεσα από την υγρή μορφή.

Μέσω της συμπύκνωσης, οι υδρατμοί από τα σύννεφα, υγροποιούνται και πέφτουν ως υδατώδη αποβλήματα εμπλουτίζοντας έτσι τις δεξαμενές της Γης ως επιφανειακά νερά και νερά στο υπέδαφος. Επίσης, έχουμε και τη μετατροπή τους από την υγρή φάση στη στερεή τους μορφή, όπως το χαλάζι και το χιόνι.

«Κάθε πρώτο λεπτό της ώρας σχεδόν 10⁹ τόνοι νερού διοχετεύονται στην ατμόσφαιρα με τη διαδικασία της εξάτμισης από τους ωκεανούς. Το νερό διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο για τη διαμόρφωση της μορφολογίας της Γης, της κατανομής της βλάστησης και των ζώων.

Ένα μόριο ύδατος ακολουθεί μια πορεία η οποία συνοψίζει την εξάτμιση, τη συμπύκνωση, τη βροχόπτωση, την απορροή και την κατείσδυση, πορεία που είναι γνωστή ως Υδρολογικός Κύκλος.» (Μπαλαφούτης, 2021)

Η Υγρασία του Αέρα

Η ατμοσφαιρική υγρασία παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις μεταβαλλόμενη από 0,2% στα ξηρά και στα ψυχρά κλίματα, μέχρι 4-5% στους υγρούς τροπικούς.

Η υγρασία του αέρα σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία και για αυτό μεταβάλλεται και κατά τη διάρκεια της ημέρας αλλά παρουσιάζει επίσης πολλές διακυμάνσεις ανάλογα με τη γεωγραφία (στεριά, ωκεανός), το υψόμετρο (πεδιάδα, βουνό), την εποχή (χειμώνας, καλοκαίρι) αλλά και μεταβολές από τα ρεύματα ανέμων – ο θερμός αέρας συγκρατεί περισσότερους υδρατμούς από τον ψυχρό αέρα.

Την υγρασία του αέρα, τη μετράμε χρησιμοποιώντας τα υγρομετρικά μεγέθη, μεταξύ αυτών είναι η απόλυτη υγρασία που δεν εξαρτάται από τη θερμοκρασία και είναι απόλυτο μέγεθος και τη σχετική υγρασία που εξαρτάται κι από τη θερμοκρασία του αέρα.

Σχετική υγρασία (RH)

«Η σχετική υγρασία (Relative Humidity) του αέρα χαρακτηρίζει το λόγο των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σε μια δεδομένη τιμή θερμοκρασίας και πίεσης σε σχέση με την μέγιστη ποσότητα των υδρατμών την οποία ο αέρας είναι ικανός να κρατήσει στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

Η σχετική υγρασία εκφράζεται επί τοις %. Έτσι υφίσταται ο τύπος:

$$\Sigma_v = B'/B \times 100$$

Σχέση 6

Όπου B': ποσότητα υπαρχόντων υδρατμών και B: ποσότητα που καθιστά τον αέρα κεκορεσμένο ή μέγιστη τάση υδρατμών. Ο κεκορεσμένος αέρας έχει σχετική υγρασία 100%, ενώ ο τελείως ξηρός αέρας έχει υγρασία 0%.» (Wikipedia Υγρασία Ατμόσφαιρας, 2020)

«Μια μεταβολή στη σχετική υγρασία του ατμοσφαιρικού αέρα μπορεί να προκληθεί με ένα από τους δυο παρακάτω τύπους:

α) Αν υπάρχει μια ελεύθερη επιφάνεια νερού, η υγρασία μπορεί να αυξηθεί με την εξάτμιση. Αυτή η διεργασία είναι βαθμιαία και προϋποθέτει τη διάχυση των υδρατμών μέσα στην ατμόσφαιρα.

β) Όταν αυξάνει η θερμοκρασία του αέρα, παράλληλα αυξάνει και η ικανότητα του να συγκρατεί περισσότερη υγρασία. Σε μια τέτοια περίπτωση εφόσον δεν προστίθενται καινούρια ποσά υδρατμών η σχετική υγρασία θα ελαττωθεί, αντίθετα με τη μείωση της θερμοκρασίας η σχετική υγρασία αυξάνεται γιατί μειώνεται η ικανότητα κατακράτησης υδρατμών από τον αέρα.» (Wikipedia Υγρασία Ατμόσφαιρας, 2020) (Βραχόπουλος, 2020)

Ανθρωπόκαινος Περίοδος

Γεωλογικά διανύουμε την Εποχή του Ολοκαίνου⁵ - μια μεσοπαγετώδη περίοδο που ξεκίνησε με το τέλος της πλειστοκαίνου εποχής και άρχισε πριν από 11.500 χρόνια, δηλ. μετά το τέλος της τελευταίας έξαρσης των παγετώνων (πριν από 18.000 έτη).

Από το τέλος του 19^{ου} αιώνα – με τη 1^η Βιομηχανική Επανάσταση - αρχίζει η άνοδος της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, η οποία με διακυμάνσεις συνεχίζεται μέχρι τις ημέρες μας.

Ο μέσος ρυθμός θέρμανσης της ατμόσφαιρας του πλανήτη κατά τον 20^ό αιώνα ήταν 0,7 °C ανά 100 χρόνια (IPCC, 2007).

Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη έχει αποδοθεί στις αλλαγές στη σύσταση της ατμόσφαιρας που έχουν εμπελιέθει από την ανθρώπινη δραστηριότητα κι έχει επικρατήσει να λέγεται ανθρωπογενής συνιστώσα της κλιματικής αλλαγής ή απλά ανθρωπογενής υπερθέρμανση του πλανήτη.

«Η τελευταία αυτή περίοδος εύστοχα χαρακτηρίστηκε από τον καθηγητή Paul Crutzen⁶ (03/12/1933 - 28/01/2021) ως Ανθρωπόκαινος περίοδος.» (Τράπεζα της Ελλάδος, 2011)

⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/Holocene>

⁶ Ολλανδός χημικός της ατμόσφαιρας, κάτοχος Βραβείου Νόμπελ Χημείας από το 1995.

Ατμοσφαιρική Ρύπανση

«Ατμοσφαιρική ρύπανση ονομάζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ρύπων, δηλαδή κάθε είδους ουσιών, θορύβου ή ακτινοβολίας σε ποσότητα, συγκέντρωση ή διάρκεια τέτοια ώστε να είναι δυνατόν να προκληθούν αρνητικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία, στους ζωντανούς οργανισμούς και στα οικοσυστήματα.

Ως ατμοσφαιρικό ρύπο ονομάζουμε τη κάθε ουσία που μπορεί να διοχετεύεται αμέσως ή εμμέσως από τον άνθρωπο στον αέρα του περιβάλλοντος και ενδέχεται να έχει επιβλαβείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία ή/και στο περιβάλλον στο σύνολό του.» (Μελάς, 2007)

«Η ατμοσφαιρική ρύπανση χωρίζεται στις φυσικές πηγές και τις ανθρωπογενείς πηγές. Ορισμένες εκπομπές ρύπων από τη φύση είναι μεγαλύτερες από ότι αυτών που προέρχονται από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες επειδή όμως η διασπορά των φυσικών πηγών εκπομπών ρύπων στη παγκόσμια κλίμακα προσφέρει γρηγορότερη και καλύτερη ανάμιξη με τον καθαρό αέρα, στις περισσότερες των περιπτώσεων, αυτές δεν οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία.

Στον αντίποδα, έχουμε τις ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων που ευθύνονται για τα τεράστια περιβαλλοντικά προβλήματα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης κι αυτό γίνεται διότι οι τεχνητές εκπομπές ρύπων συγκεντρώνονται κυρίως στο αστικό και βιομηχανικό τύπο περιβάλλοντος με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις των ρύπων να είναι και μεγαλύτερες από τα επιτρεπτά όρια και κοντά στη πηγή εκπομπών και τον πληθυσμό και με χειρότερες δυνατότητες ανάμιξης αυτών με τον καθαρό αέρα.» (Μελάς, 2007)

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι διακρίνονται επίσης στους αέριους και τους σωματιδιακούς ρύπους, όπου αντίστοιχα, αυτοί βρίσκονται στην αέρια φάση (με τη μορφή αερίων ή ατμών), ή στη στερεή κατάσταση (με τη μορφή αιωρούμενων σωματιδίων ή σταγονιδίων).

Κυριότερες πηγές ρύπων αποτελούν οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, τα μέσα μεταφοράς και οι βιομηχανικές εγκαταστάσεις. Τα αιωρούμενα σωματίδια προέρχονται κυρίως από τη βιομηχανική καύση, την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές.

«Οι κυριότεροι ρύποι παρουσιάζονται, κάτω:

1. **Οξείδια του θείου (SO_x)**, ως ενώσεις αφορούν εκείνες που στο μόριο τους φέρουν άτομα 2 μόνο στοιχείων, του Θείου και του Οξυγόνου. Ως όρος SO_x συνήθως δηλώνει το άθροισμα του διοξειδίου και του τριοξειδίου του θείου. Οι ενώσεις αυτές είναι γνωστές για την επιβλαβή επίδραση τους στην ανθρώπινη υγεία. Οι μεγαλύτερες εκπομπές οξειδίων του θείου στις περισσότερες χώρες προέρχονται από τις μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και συμβάλλουν στη δημιουργία των όξινων αποθέσεων.
2. **Οξείδια του αζώτου (NO_x)**, αποτελεί το άθροισμα του μονοξειδίου και του διοξειδίου του αζώτου και σε σύγκριση με τα SO_x, τα NO_x θεωρούνται ένας μικρότερος αλλά σημαντικός συντελεστής όξινων αποθέσεων. Επίσης, θεωρείται πως η υπέρμετρη συγκέντρωση των NO_x ιδιαίτερα από τις οδικές μεταφορές επιδρούν βλαπτικά και στην ανθρώπινη υγεία.
3. **Μεθάνιο (CH₄)**. Το μεθάνιο είναι από τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου. Από το 1750 η συγκέντρωση του έχει αυξηθεί κατά 150%.⁷ Οι κύριες πηγές εκπομπής του μεθανίου είναι η εξόρυξη και η διανομή υδρογονανθράκων και γαιανθράκων, η γεωργία (ορυζώνες), οι χωματερές και υγρότοποι καθώς και η κτηνοτροφία (εντερικές ζυμώσεις και απόβλητα).» (Τσιλιγκιρίδης, 2015)
4. **«Μη μεθανικές πτητικές οργανικές ενώσεις** Non Methane Volatile Organic Compounds (NMVOC). Η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει όλους τους υδρογονάνθρακες, πλην του μεθανίου, και τους υδρογονάνθρακες εκείνους, των οποίων είτε όλα τα άτομα του υδρογόνου είτε μέρος αυτών έχουν αντικατασταθεί από άλλα άτομα, όπως θείο, άζωτο, οξυγόνο, αλογόνα, και οι οποίες κάτω από μέσες ατμοσφαιρικές συνθήκες είναι πτητικές (κεκορεσμένοι, ακόρεστοι, αρωματικοί, κυκλικοί, πολύκυκλικοί – τερπένια, αλδεΐδες, κετόνες, οξέα, οργανοχλωριομένες ενώσεις, κτλ.). Η κατηγορία αυτή έχει έντονο ενδιαφέρον λόγω της τοξικότητας αυτών των ενώσεων αλλά και του ρόλου που διαδραματίζει σαν πρόδρομος

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_methane

φωτοχημικών οξειδωτικών ενώσεων και αερίων θερμοκηπίου. Οι σημαντικότερες πηγές των NMVOC είναι οι οδικές μεταφορές και η χρήση χημικών - διαλυτών.

5. **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**. Το CO προέρχεται από την ατελή καύση οργανικών υλικών. Παράγεται, όταν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου, όταν το καύσιμο καίγεται δύσκολα (π.χ. λιγνίτης) ή όταν η καύση είναι πολύ γρήγορη (κινητήρες αυτοκινήτων) κι έτσι η κύρια πηγή παραγωγής CO είναι η οδική κυκλοφορία (και σχεδόν αποκλειστικά τα βενζινοκίνητα οχήματα). Όπως τα NOx και NMVOC, έτσι κι αυτό συμμετέχει στην αλυσίδα αντιδράσεων, που οδηγούν στο σχηματισμό όζοντος, αν και η συμμετοχή του είναι πολύ μικρότερη σε σχέση με τα 2 πρώτα.
6. **Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)**. Στο παρελθόν το CO₂ δεν χαρακτηριζόταν σαν ρύπος εξαιτίας της μη τοξικότητάς του – όμως αποτελεί το βασικό αέριο θερμοκηπίου. Η κύρια πηγή εκπομπής του είναι η καύση ανθρακούχων καυσίμων. Ως χημική ένωση το CO₂, έχει συνεχόμενη αύξηση των συγκεντρώσεων του, σε παγκόσμια επίπεδο, συμβάλλοντας στις σοβαρές αρνητικές επιδράσεις που συμβαίνουν στο γήινο κλίμα, κι έτσι σήμερα θεωρείται ως ατμοσφαιρικός ρύπος.» (Τσιλιγκιρίδης, 2015)
7. **«Υποξείδιο του αζώτου (N₂O)**. Αποτελεί κι αυτό ένα από τα αέρια του θερμοκηπίου. Εκπέμπεται κατά τη χρήση λιπασμάτων, την ατελή καύση, ορισμένες βιομηχανικές δραστηριότητες και κυρίως από τα βενζινοκίνητα οχήματα, που είναι εφοδιασμένα με τριοδικό καταλύτη.
8. **Αμμωνία (NH₃)**. Κύρια πηγή εκπομπής της αμμωνίας θεωρείται η κτηνοτροφία και η γεωργία. Η αμμωνία εκπέμπεται από τα ούρα των ζώων κι από την αποθήκευση και χρησιμοποίηση της κοπριάς τους σαν λίπασμα (βιολογική αποσύνθεση). Ακόμη, αμμωνία εκπέμπεται από την επεξεργασία λυμάτων. Ένα ποσοστό της ολικής συγκέντρωσης των εκπομπών αμμωνίας προέρχεται από τις βιομηχανικές διεργασίες, κυρίως εκείνες της παραγωγής αμμωνίας και λιπασμάτων. Επίσης, αμμωνία εκπέμπεται κατά την καύση υδρογονανθράκων, γαιανθράκων και βιομάζας.

9. **Διοξίνες.** Οι διοξίνες αποτελούν μια κατηγορία περίπου 75 χημικών ενώσεων που περιέχουν χλώριο αν και σε αυτή, κατατάσσονται και εκατοντάδες άλλες συγγενείς ουσίες όπως τα φουράνια και τα PCBs. Οι διοξίνες είναι ένα επικίνδυνο παραπροϊόν των διεργασιών όπου εμπλέκεται το χλώριο και προέρχεται από τη βιομηχανική παραγωγή του χλωρίου και των χλωριωμένων πλαστικών PVC ως την καύση των σκουπιδιών ή των αποβλήτων που περιέχουν χλωριωμένες ενώσεις όπου παράγονται σημαντικές ποσότητες διοξινών κι απειλούν το περιβάλλον και την υγεία. Οι βιοχημικές έρευνες έχουν δείξει πως οι διοξίνες δρουν ως ισχυρές περιβαλλοντικές ορμόνες που μπορούν να διαπεράσουν τη μεμβράνη των κυττάρων και να αλλάξουν τη δράση των γονιδίων που ρυθμίζουν τη διαδικασία της βιολογικής ανάπτυξης. Ακόμη και απειροελάχιστες συγκεντρώσεις διοξινών μπορούν να επηρεάσουν το ανοσοποιητικό και νευρικό σύστημα των οργανισμών. Αρκεί ένα τρισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου διοξίνης για να προκαλέσει καρκίνο και ένα μόλις δισεκατομμυριοστό του γραμμαρίου για να σκοτώσει πειραματόζωα.» (Τσιλιγκιρίδης, 2015)

Πέρα από την διάκριση της προέλευσης (ανθρωπογενής, φυσική) των ρύπων, μπορούν αυτοί επίσης να διακριθούν και σε συμβατικούς και μη-συμβατικούς, όπως δείχνει κι ο πίνακας 2.

«Η πρώτη κατηγορία αφορά όλες τις γνωστές ουσίες, τους τυπικούς ρυπαντές, αυτούς που αναφέρονται στη ξένη βιβλιογραφία ως criteria pollutants.

Συμβατικοί Ρύποι	Μη-Συμβατικοί Ρύποι
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	Βλαπτικούς Αέριους Ρύπους
Διοξείδιο του Θείου (SO ₂)	Τοξικούς Ρύπους
Οξειδία του Αζώτου (NO _x)	Βιολογικούς Ρύπους
Όζον (O ₃)	
Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)	
Υδρογονάνθρακες (HC) και παράγωγά	
Βαρέα μέταλλα	

Πίνακας 2 Συμβατικοί και Μη-Συμβατικοί Ρύποι

Η πλειοψηφία των υλικών που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα σε σημαντικές ποσότητες είναι σχετικά απλά μόρια αναφορικά με τη χημική τους σύσταση, όπως το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), το διοξείδιο του θείου (SO₂), τα οξειδία του αζώτου (NO, NO₂ και N₂O), το υδρόθειο (H₂S), η αμμωνία (NH₃), το υδροχλώριο (HCl), το υδροφθόριο (HF) κ.λπ., καθώς επίσης διάφοροι διαλύτες και υδρογονάνθρακες που

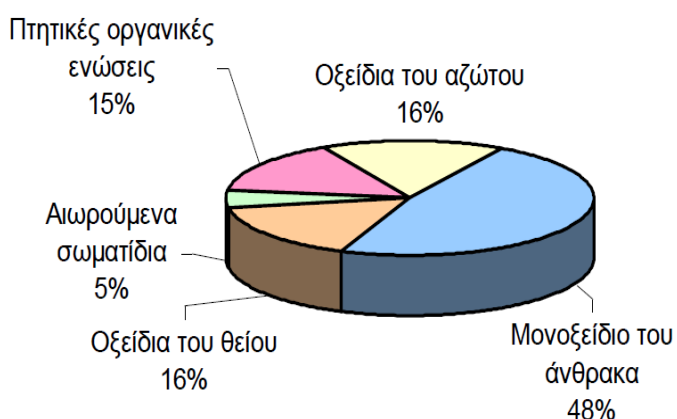
εξατμίζονται λόγω πτητικότητας, όπως αλκάνια, αλκένια και αρωματικοί υδρογονάνθρακες με σχετικά απλή δομή.

Επιπροσθέτως με αυτά τα υλικά, η ατμόσφαιρα δέχεται και άλλες εκπομπές, οι οποίες σχετίζονται άμεσα με την βιομηχανία και περιλαμβάνουν πιο πολύπλοκα μόρια, όπως πολυαρωματικούς υδρογονάνθρακες, διοξίνες κ.λπ., τα οποία συχνά αναφέρονται ως τοξικά αέρια (air toxic ή hazardous materials).

Η άλλη διάκριση των ρύπων είναι ανάλογα με τον τρόπο παραγωγής τους και μπορούν να χωριστούν στους πρωτογενείς και στους δευτερογενείς ρύπους. Οι πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται απευθείας από μία αναγνωρισμένη πηγή, π.χ. μια καμινάδα, έναν οδικό άξονα, μια 3-διάστατη πηγή κλπ, δηλαδή σχετίζονται άμεσα με τις ανθρώπινες δραστηριότητες (βιομηχανική δραστηριότητα, εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οδικές μεταφορές, θέρμανση κατοικιών κλπ), ενώ οι δευτερογενείς προέρχονται από διάφορες χημικές μεταβολές στα μόρια των ρύπων μέσω φωτοχημικών, ομογενών αλλά και ετερογενών αντιδράσεων.

Οι δευτερογενείς ρύποι διαδραματίζουν καταλυτικό ρόλο στο φαινόμενο του φωτοχημικού νέφους και της μειωμένης ορατότητας από αερολύματα, αλλά και για μια σειρά καταστροφών που μπορούν να προκαλέσουν στη χλωρίδα, τη πανίδα και τα υλικά.» (Γεντεκάκης, 2010)

«Μια κατανομή των κυριότερων πρωτογενών αέριων ρύπων που εκπέμπονται από ανθρωπογενείς πηγές στην ατμόσφαιρα, φαίνεται στην *εικόνα 12*, κάτω». (Ζάνη, 2014)



Εικόνα 12 Κατανομή Πρωτογενών Αέριων Ρύπων (Ζάνη, 2014)

«Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε έναν τόπο προσδιορίζεται από

1. τις συγκεντρώσεις με τις οποίες εμφανίζονται οι ρύποι στη σύστασή του και

- τις επιπτώσεις των ρύπων για τις συγκεντρώσεις στις οποίες εμφανίζονται.

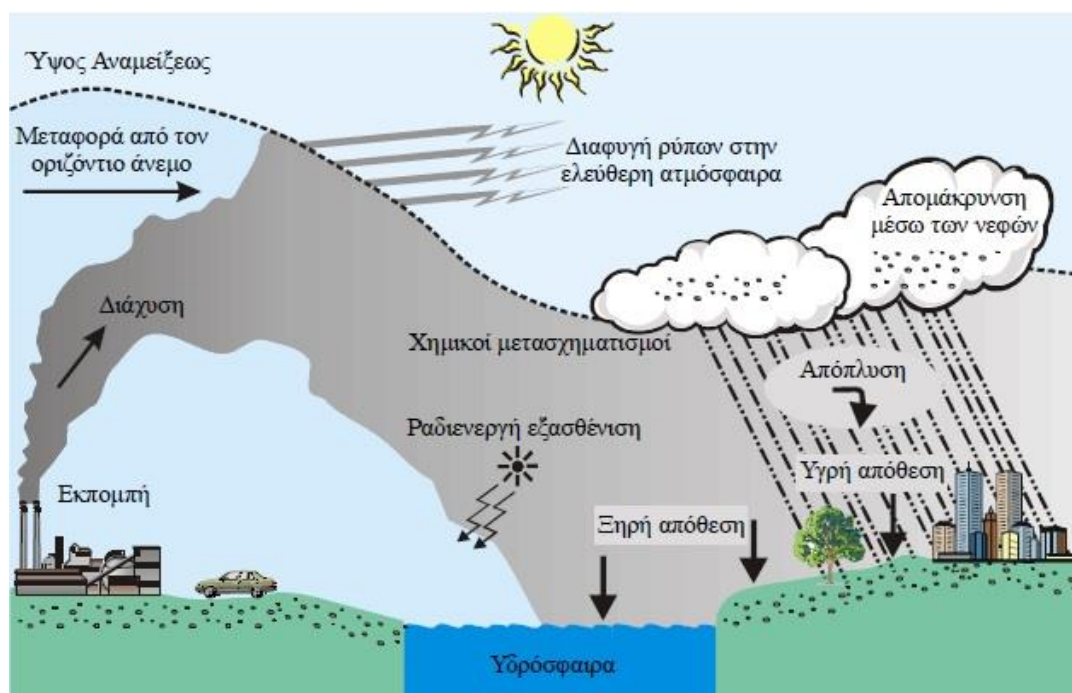
Οι συγκεντρώσεις των ρύπων με τη σειρά τους καθορίζονται από:

- τις πηγές ρύπανσης και ειδικότερα, τα είδη και τους συνολικούς όγκους εκπομπών ρύπων, τον τρόπο λειτουργίας (συνεχής, εποχιακή κλπ.) και τη θέση τους στο χώρο,
- τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες και ιδιαίτερα την ταχύτητα και διεύθυνση των ανέμων, την ευστάθεια της ατμόσφαιρας, την ηλιοφάνεια και τη βροχόπτωση,
- τα τοπογραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής, δηλαδή, τα φυσικά εμπόδια (βουνά, λόφοι, δένδρα κλπ.), τα τεχνητά εμπόδια (κτίρια, κατασκευές, διαμορφώσεις) και τα στερεομετρικά χαρακτηριστικά τους.

Ο προσδιορισμός αυτών των παραγόντων και των μεταξύ τους αλληλεπιδράσεων προφανώς δεν είναι εύκολος.» (Ζάνη, 2014)

Ο Κύκλος της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

«Μια ποικιλία διεργασιών ευθύνονται για την μεταφορά και τον μετασχηματισμό και την απόθεση των αέριων ρύπων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα. Ο Κύκλος της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης παρουσιάζεται στην εικόνα 13, κάτω:



Εικόνα 13 Ο Κύκλος της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (Μελάς, 2007)

Οι ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων που είναι υπεύθυνες για τα υψηλά επίπεδα ρύπανσης τα οποία επικρατούν κυρίως στο αστικό περιβάλλον δεν προκαλούνται συνήθως από ξαφνική αύξηση της εκπομπής των ρύπων αλλά οφείλονται σε επεισόδια ρύπανσης ταυτόχρονα υπό δυσμενών μετεωρολογικών συνθηκών που περιορίζουν σημαντικά την ικανότητα της ατμόσφαιρας να αραιώσει τους ρύπους.» (Μελάς, 2007)

«Το 1952 το Λονδίνο σε ένα τέτοιο επεισόδιο καλύπτεται από το Μεγάλο Νέφος (The Great Smog) όπου για τέσσερις μέρες, 4000 άνθρωποι θα χάσουν τη ζωή τους από αναπνευστικά προβλήματα στο σύντομο διάστημα αυτό και άλλοι 8000 άνθρωποι στις επόμενες εβδομάδες. Αυτές οι συνέπειες ήταν αποτέλεσμα του συνδυασμού της ρύπανσης με ιδιαίτερα δυσμενές μετεωρολογικές συνθήκες.» (Wikipedia Great Smog of London, 2021)

Πηγές Ρύπανσης

«Το μεγαλύτερο ποσοστό των παραγόμενων αέριων ρύπων προέρχεται από καθαρά φυσικές πηγές. Παρόλα αυτά, οι ανθρωπογενείς εκπομπές είναι κυρίως υπεύθυνες για τα μεγαλύτερα περιβαλλοντικά προβλήματα με την ανατροπή της φυσικής ισορροπίας και στην μεγάλη πυκνότητα των εκπομπών από ανθρωπογενείς εκπομπές που συγκεντρώνονται σε μικρές γεωγραφικές περιοχές, προκαλώντας την ένταση του φαινομένου της απόθεσης ρύπων στην ατμόσφαιρα με τις γνωστές συνέπειες.

Οι σημαντικότερες φυσικές πηγές ρύπων είναι:

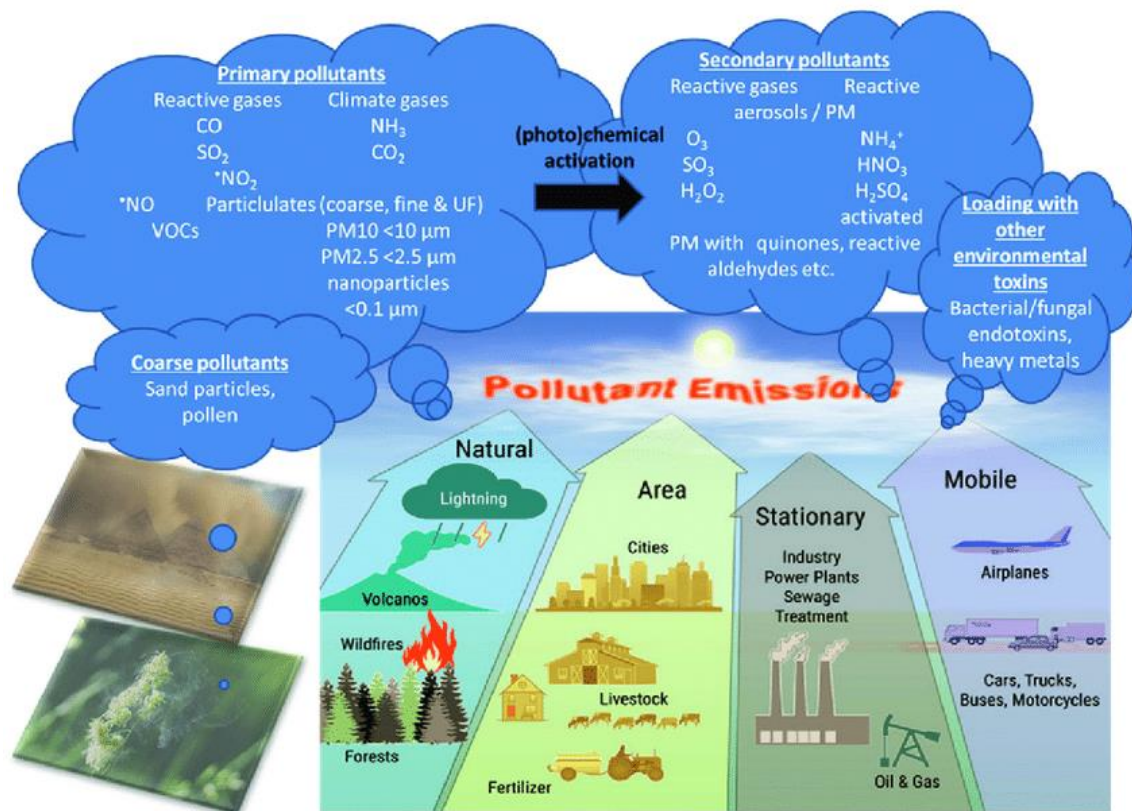
- Τα ηφαίστεια (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου, υδρόθειο και μεθάνιο)
- Οι πυρκαγιές δασών (κυρίως αιωρούμενα σωματίδια, μονοξείδιο και διοξείδιο του άνθρακα)
- Οι ωκεανοί και γενικότερα οι θαλάσσιες εκτάσεις (κυρίως χλωριούχο νάτριο και θειικά άλατα)
- Η βιολογική αποσύνθεση των φυτών και των ζώων (κυρίως υδρογονάνθρακες, αμμωνία και υδρόθειο)
- Η αποσάθρωση του εδάφους (αιωρούμενα σωματίδια)
- Τα φυτά και τα δέντρα (κυρίως υδρογονάνθρακες)

Οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης, μπορούν να ταξινομηθούν στις τοπικές, τις σημειακές και τις κινητές πηγές.

Οι ανθρωπογενείς πηγές ατμοσφαιρικών ρύπων είναι οι εξής:

- Παραγωγή και μεταφορά ενέργειας (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου, βενζόλιο κ.ά.)
- Κεντρική θέρμανση (διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου κ.ά.)
- Βιομηχανικές καύσεις (αιωρούμενα σωματίδια, διοξείδιο του θείου κ.ά.)
- Ρύπους από δραστηριότητες κτηνοτροφικές / γεωργικές (οξείδια του αζώτου κ.ά.)
- Εναπόθεση και αποτέφρωση στερεών αποβλήτων (μονοξείδιο του άνθρακα)
- Μεταφορές (μονοξείδιο του άνθρακα, υδρογονάνθρακες, οξείδια αζώτου, βενζόλιο κ.ά.)» (Ζάνη, 2014) (Μελάς, 2007)

Η εικόνα 14 κάτω παρουσιάζει συνοπτικά τις διακρίσεις των πηγών της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (φυσικών, γεωγραφικών περιοχών, σημειακών και κινητών πηγών).



Εικόνα 14 Πηγές της Ατμοσφαιρική Ρύπανσης

Η ατμοσφαιρική ρύπανση, εκτός από τις βλαβερές επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία, προσβάλλει όλα τα είδη της χλωρίδα και πανίδας και ακόμη, επιδρά στις εκτεθειμένες τεχνητές επιφάνειες, υλικά και κατασκευές. Ένα υποσύνολο των αρνητικών επιπτώσεων της

ατμοσφαιρικής ρύπανσης στο περιβάλλον αποτελούν οι λεγόμενες Δευτερογενείς Επιπτώσεις, οι οποίες αναφέρονται στις παρακάτω σελίδες.

Μεταφορά / Διασπορά

«Η μεταφορά των αερίων ρύπων και ο μετασχηματισμός αυτών που εκλύονται στην ατμόσφαιρα είναι αποτέλεσμα πολυπαραμετρικών ατμοσφαιρικών διεργασιών.

Με τον όρο *μεταφορά* εννοείται ο μηχανισμός με τον οποίο από μια πηγή μεταφέρεται η ρύπανση σε ένα αποδέκτη με κύριο μέσο μεταφοράς, τον άνεμο.

Με τον όρο *διάχυση*, εννοείται ο μηχανισμός όπου ο ρυπασμένος θύσανος που εκπέμπεται από την καμινάδα εξαπλώνεται καθώς μεταφέρεται με τον άνεμο, με συνέπεια τη μείωση της αρχικής πυκνότητας του καθώς απομακρύνεται από την πηγή και πλησιάζει τον αποδέκτη. Το σύνολο αυτών των διαδικασιών ονομάζεται *διασπορά*.

Για παράδειγμα, από μια σημειακή πηγή όπως η καμινάδα βιομηχανικής μονάδας εκπέμπονται οι ρύποι με ταχύτητα από κάποιο ύψος (ενεργό ύψος) καμινάδας διαμέτρου d , όμως κατά τη διάρκεια της μεταφοράς, ο ρυπασμένος θύσανος δεν παραμένει κυλινδρικού σχήματος της ίδιας διαμέτρου με την καμινάδα, αλλά εξαιτίας της τύρβης και των στροβίλων αναμειγνύεται στο τρισδιάστατο χώρο με τον περιβάλλοντα αέρα.

Αντίστοιχα με τον όρο μετασχηματισμό του ρύπου ορίζεται η *παραγωγή* (ή καταστροφή) ενός δεδομένου στοιχείου διαμέσου φυσικών (π.χ. ξηρή και υγρή εναπόθεση) και χημικών (π.χ. χημικές αντιδράσεις) διαδικασιών.» (Ζάνη, 2014) (Γεντεκάκης, 2010)

«Η ατμόσφαιρα θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένα τεράστιο χημικό αντιδραστήρα όπου οι ρύποι αντιδρούν μεταξύ τους ή/και με άλλα ενεργά ατμοσφαιρικά συστατικά (υγρά, αέρια και στερεά) της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα τη παραγωγή ενός καινούργιου αριθμού ουσιών που είτε είναι δευτερογενής ρύποι είτε είναι άλλες ουσίες που δεν είναι ρύποι.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα χημικών μετασχηματισμών αποτελούν οι χημικές αντιδράσεις οξειδωσης, οι φωτοχημικές αντιδράσεις φωτόλυσης κάποιων στοιχείων, καθώς και οι ετερογενείς αντιδράσεις πάνω σε νεφοσταγονίδια και αιωρούμενα σωματίδια.» (Δαλέζιος, 2015)

Διαφυγή ρύπων

«Η διασπορά των ρύπων στην ατμόσφαιρα περιλαμβάνει κι ένα μέρος των παραγόμενων ρύπων το οποίο όμως διαφεύγει από το στρώμα ανάμιξης προς την ελεύθερη ατμόσφαιρα.

Αυτό γίνεται σε ρύπους με μεγάλη διάρκεια ζωής όταν η απουσία αναταρακτικών κινήσεων στην ελεύθερη ατμόσφαιρα έχει σαν αποτέλεσμα η διάχυση και η κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων να γίνεται με πολύ βραδύτερους ρυθμούς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να ενεργοποιούνται αντίστοιχα οι μεγαλύτεροι χωροχρονικοί ατμοσφαιρικοί μηχανισμοί που επηρεάζουν ευρύτερες περιοχές της Γης.» (ΑΠΘ-Φυσικής, 2021)

Εναπόθεση ρύπων

«Η διαδικασία της ‘απομάκρυνσης’ των ρύπων από την ατμόσφαιρα είναι ένα σύνολο φυσικών διεργασιών που ονομάζουμε γενικά ως εναπόθεση και περιλαμβάνει τους εξής τύπους:

- Την υγρή εναπόθεση: Όπου συμβαίνει όταν υετός κι άλλα υδραποβλήματα σαρώνουν τους ρύπους δημιουργώντας μια διεργασία απόπλυσης ή ακόμη κι αν σε προηγούμενο στάδιο οι ρύποι προσλαμβάνονται από νεφοσταγονίδια τα οποία αργότερα θα πέσουν ως σταγόνες βροχής
- Την ξηρή εναπόθεση: Όπου μικρά σωματίδια και αέριες ενώσεις ακολουθούν αδρανώς τις κινήσεις του αέρα όταν έρθουν σε επαφή από μια υποκείμενη επιφάνεια επικολλούνται σε αυτή.
- Τη καθίζηση: όπου η βαρύτητα των σχετικά μεγάλων και βαρέων σωματιδίων προκαλεί την πτώση τους προς τις κείμενες επιφάνειες.» (Ζάνη, 2014) (Μελάς, 2007)

«Ο κύκλος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι αρκετά περίπλοκος ακόμη κι αν δεν συνυπολογιστούν οι επιδράσεις από άλλες παραμέτρους όπως πχ από τη Κλιματική Αλλαγή. Τα τελευταία χρόνια, οι άνθρωποι έχουν συνειδητοποιήσει περισσότερο τους κινδύνους της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και τα μέτρα που λαμβάνονται για την προστασία της υγείας τους για την αντιμετώπιση της νοσηρότητας και της θνησιμότητας από την ατμοσφαιρική ρύπανση. Παρά τα μέτρα και τις τεχνολογίες, οι αυξανόμενες θερμοκρασίες λόγω της κλιματικής αλλαγής έχουν αναιρέσει μεγάλο μέρος αυτού του αποτελέσματος.

Τα μοντέλα κλιματικής αλλαγής προβλέπουν ότι καθώς οι θερμοκρασίες συνεχίζουν να αυξάνονται και τα κύματα θερμότητας (καύσωνες) συμβαίνουν συχνότερα, τόσο θα συνεχίσει και η αύξηση στις θνησιμότητες που σχετίζονται με το O₃ όσο και τα PM_{2.5}.» (Davis Instruments, 2020)

Κύριοι Ρυπαντές και Επιπτώσεις στην Υγεία

Μονοξείδιο του Άνθρακα

«Το Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) είναι ανόργανο διατομικό αέριο και στις Κ.Σ. είναι άοσμο, άχρωμο, άγευστο, ελαφρύτερο του αέρα και ελάχιστα διαλυτό στο νερό. Το CO προκαλεί δηλητηρίαση και στην ατμόσφαιρα οξειδώνεται από την ελεύθερη ρίζα του OH σε CO₂ έχοντας χρόνο ζωής 2-4 μήνες. Πέρα από τη τοξικότητα του θεωρείται πρόδρομος ένωση αερίου θερμοκηπίου και έχει εξαιρετικά σημαντικό ρόλο στη χημεία του τροποσφαιρικού όζοντος.

Τα συμπτώματα της δηλητηρίασης από το μονοξείδιο του άνθρακα μπορούν να παρατηρηθούν σε οδηγούς εν ώρα κυκλοφοριακής συμφόρησης. Τέτοια είναι μεταξύ άλλων ο πονοκέφαλος, η ζάλη, η υπνηλία και η ναυτία. Σε περιπτώσεις μεγαλύτερου βαθμού έκθεσης εσκεμμένα ή όχι, μπορεί να προκληθεί εμετός, λιποθυμία, κόμα ή ακόμη και θάνατος, ανάλογα με τον βαθμό έλλειψης οξυγόνου.

Από τη δηλητηρίαση μπορεί να επηρεαστεί μέχρι και να καταρρεύσει το Κεντρικό Νευρικό Σύστημα όπου

- Μέτρια έκθεση επιδρά στην υγεία προκαλώντας την αδυναμία προσοχής και συγκέντρωσης (π.χ. μάθηση) καθώς και τη πραγματοποίηση σύνθετων νευρολογικών δραστηριοτήτων (π.χ. οδήγηση)
- Υψηλού βαθμού έκθεση μπορεί να προκαλέσει μέχρι και τη διακοπή της αναπνοής και να επιφέρει τον θάνατο

Τα μέρη του σώματος που επηρεάζονται περισσότερο είναι εκείνα που εξαρτώνται από τη σταθερή παροχή οξυγόνου: ο εγκέφαλος, η καρδιά και το αναπτυσσόμενο έμβρυο στις εγκύους γυναίκες. Οι άνθρωποι που είναι εγγενώς ευάλωτοι στην δηλητηρίαση από μονοξείδιο του άνθρακα είναι εκείνοι με καρδιακές και πνευμονικές δυσλειτουργίες, όπως οι ηλικιωμένοι που υποφέρουν συνήθως από κάποιου βαθμού στένωση αρτηριών. Άλλες ευπαθείς ομάδες είναι τα έμβρυα και τα νήπια, που βρίσκονται σε κρίσιμο στάδιο ανάπτυξης του εγκεφάλου και του νευρικού συστήματος. Άτομα με χρόνια βρογχίτιδα και εμφύσημά, που αναπνέουν συχνότερα και με δυσκολία για να αντισταθμίσουν το μειωμένο οξυγόνο του αίματος καθώς και άλλοι με διάφορες δυσλειτουργίες στο αίμα, όπως η αναιμία.» (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021)

Όζον

Το όζον είναι ένα φυσικό συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα όντας δευτερεύον συστατικό πάραυτα διαδραματίζει σημαντικό ρόλο σε ατμοσφαιρικές διαδικασίες. Το όζον που βρίσκεται στην στρατόσφαιρα συχνά αποκαλείται «καλό όζον», επειδή μας προστατεύει απορροφώντας την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία. Εντούτοις, η απευθείας έκθεση στο όζον είναι επικίνδυνη και το «κακό όζον» που βρίσκεται στην τροπόσφαιρα και κοντά στην επιφάνεια όπου ζουν οι άνθρωποι, έχει επικίνδυνες επιπτώσεις τόσο για την ανθρώπινη υγεία, όσο και για τις αγροτικές καλλιέργειες, τη δασική βλάστηση και τα υλικά.

Το όζον στον ατμοσφαιρικό αέρα δημιουργείται από τις χημικές αντιδράσεις που προκύπτουν από τα οξειδία του αζώτου (NO_x) και τις οργανικές πτητικές ενώσεις (VOCs), ενώ και το μονοξείδιο του άνθρακα συμμετέχει στη σχετική διαδικασία, όπου αποφασιστικής σημασίας είναι η συμβολή της ηλιακής ακτινοβολίας (καταλυτική επίδραση) γι' αυτό και οι συγκεντρώσεις του όζοντος δύνανται να είναι μεγαλύτερες στις ζεστές ηλιόλουστες ημέρες.

«Στη σημερινή εποχή οι συγκεντρώσεις όζοντος είναι κατά πολύ υψηλότερες σε σύγκριση με τις συγκεντρώσεις πριν 100 χρόνια, λόγω των εκπομπών NO_x και VOC (πρόδρομων ή πρωτογενών ρύπων) από την οδική κυκλοφορία, τη βιομηχανία κι άλλες πηγές. Επιστημονική έρευνα έχει αποδείξει ότι το όζον, (και υπό συνθήκες οι ρύποι NO_x και VOC) μπορούν να μεταφέρονται εκατοντάδες ή ακόμη και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά.

Το όζον σε μεγάλες συγκεντρώσεις προκαλεί ερεθισμό στην αναπνευστική οδό, διαταραχή της αναπνευστικής λειτουργίας, αίσθημα ξηρότητας στο λαιμό, πόνο στο στήθος, βήχα, άσθμα, φλεγμονή στους πνεύμονες, πιθανή επιδεκτικότητα σε μολύνσεις του αναπνευστικού και ερεθισμό των οφθαλμών.» (ΥΠΕΝ, 2019) (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021)

Οξείδια του Αζώτου

«Με τον όρο NO_x αναφερόμαστε στο άθροισμα των συγκεντρώσεων NO και NO₂ καθώς η αλληλομετατροπή ανάμεσα στο NO και NO₂ γίνεται συνήθως σε μερικά λεπτά. Το NO είναι πρωτογενής ρύπος ενώ το NO₂ κυρίως δευτερογενής ρύπος που προέρχεται από την αντίδραση του NO με το O₃. Το NO₂ σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι υπεύθυνο για την καφέ όψη του αστικού ουρανού.

Πέρα από τα οξείδια του αζώτου NO και NO₂ υπάρχουν κι άλλες σημαντικές ενώσεις του αζώτου στην ατμόσφαιρα όπως είναι το Υποξείδιο (N₂O), το νιτρικό οξύ (HNO₃), η αμμωνία (NH₃) και τα διάφορα νιτρικά (NO₃⁻), νιτρώδη (NO₂⁻) και αμμωνιακά άλατα (NH₄⁺) με τις πιο γνωστές από αυτές ενώσεις, να περιλαμβάνουν το NO₃ (νιτρικό τριοξείδιο), το N₂O (νιτρώδες οξείδιο), το N₂O₄ (τετροξείδιο του διαζώτου) και το N₂O₅ (πεντοξείδιο του διαζώτου).

Το μονοξείδιο του αζώτου με διάφορες χημικές αντιδράσεις που ενισχύονται με την παρουσία της ηλιακής ακτινοβολίας και του όζοντος, μετατρέπεται σε διοξείδιο του αζώτου (NO₂) επιπρόσθετα και τα δύο οξείδια του αζώτου εμπλέκονται και ενεργοποιούν τον φωτοχημικό κύκλο αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και το σχηματισμό έτσι της φωτοχημικής ρύπανσης και παίζουν καθοριστικό ρόλο στον έλεγχο του τροποσφαιρικού όζοντος. Επίσης το νιτρώδες οξείδιο είναι ένα αέριο θερμοκηπίου και επιπλέον καταστρέφει το στρώμα του όζοντος. Το N₂O₄ είναι πολύ ασταθές αέριο, το οποίο συνήθως παρουσιάζεται σε σημαντικές ποσότητες τη νύχτα (διαλύεται με την ηλιακή ακτινοβολία).

Εισπνοή του νιτρικού οξειδίου ή μονοξείδιο του αζώτου (NO) και το νιτρικού διοξειδίου ή διοξείδιο του αζώτου (NO₂), στη μορφή καθαρών αερίων επιφέρει ακαριαίο θάνατο. Το NO₂ είναι αέριο με καφέ χρώμα, διαλυτό στο νερό, ισχυρό οξειδωτικό, με οξεία ερεθιστική οσμή και σε υψηλές συγκεντρώσεις προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα, ιδιαίτερα σε άτομα που υποφέρουν από άσθμα και σε παιδιά. Στους ασθματικούς προκαλεί δυσκολία στην αναπνοή. Συνδράμει επίσης στη δημιουργία του όζοντος στην τροπόσφαιρα και της όξινης βροχής, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά τη βλάστηση.» (Ζάνη, 2014)

«Το διοξείδιο του αζώτου, το πιο τοξικό οξείδιο του αζώτου, ερεθίζει τους πνεύμονες προκαλώντας βλάβη στα ευαίσθητα κύτταρα που τους περιβάλλουν. Σε αντίθεση με ουσίες που προσβάλλουν κυρίως το ανώτερο αναπνευστικό (όπως η αμμωνία), με βασικό χαρακτηριστικό της παρουσίας τους την πρόκληση βήχα και βλεννώδους συμφόρησης, το διοξείδιο του αζώτου προκαλεί ιδιαίτερα συμπτώματα μόνο όταν συναντάται σε υψηλές συγκεντρώσεις που εμφανίζεται περίπου 5 - 72 ώρες αργότερα, όταν είναι σε εξέλιξη η φλεγμονή που μπορεί να οδηγήσει σε πνευματικό οίδημα ακόμη και στο θάνατο. Οι συγκεντρώσεις στον περιβάλλοντα αέρα εξαιρετικά σπάνια φτάνουν σε εκείνα τα όρια ώστε να προκληθούν τέτοια ακραία αποτελέσματα, όμως η έκθεση σε τέτοιες τιμές πραγματοποιείται σε μερικά επαγγέλματα. Οι αγρότες για παράδειγμα εκτίθενται στα επίπεδα που υπάρχουν στα σιλό του σιταριού (silo fillers' disease).» (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021)

Ενδεικτικές επιπτώσεις στην υγεία λόγω του διοξειδίου του αζώτου	Συγκέντρωση (ppm)
Αύξηση της αντίστασης εναέριων οδών στην χρόνια βρογχίτιδα	1.6 (έκθεση 3 λεπτών)
Συμπτώματα σε ασθματικούς (ρινική απαλλαγή, πονοκέφαλοι, ζαλάδες, δυσκολία στην αναπνοή)	0.5 (έκθεση 2 ωρών)
Λοιμώξεις σε μικρά παιδιά	0.15 - 0.30 (συχνή έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις)

Εικόνα 15 Οι επιπτώσεις στην υγεία από τα NOx

Διοξείδιο του Θείου

«Το Διοξείδιο του Θείου αποτελεί έναν σημαντικό ατμοσφαιρικό ρύπο που προέρχεται τόσο από ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως είναι οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, οι χημικές βιομηχανίες, τα διυλιστήρια πετρελαίου, η καύση ορυκτών καυσίμων στα οχήματα και τις κεντρικές θερμάνσεις κλπ., όσο κι από φυσικές πηγές όπως είναι οι θερμές πηγές, τα ηφαίστεια μεταξύ άλλων.

Στην ατμόσφαιρα, το SO₂ αντιδρά για να σχηματίσει SO₃ που εμφανίζει έντονη δραστηριότητα με υδρατμούς σχηματίζοντας ομίχλη θειικού οξέος φαινόμενο που απαντάται στην πρόβλημα ρύπανσης από όξινη βροχή. Άλλες ενώσεις του θείου στην ατμόσφαιρα είναι το καρβονυλοσουλφίδιο (OCS), ο διθειάνθρακας (CS₂), το διμέθυλοσουλφίδιο (CH₃)₂S, το υδρόθειο (H₂S) και τα θειικά άλατα.

Το Διοξείδιο του Θείου είναι άχρωμο αέριο, άοσμο σε χαμηλές συγκεντρώσεις αλλά με έντονη ερεθιστική μυρωδιά σε πολύ ψηλές συγκεντρώσεις. Η μακροχρόνια έκθεση στο διοξείδιο του θείου μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα, να τροποποιήσει τον αμυντικό μηχανισμό των πνευμόνων και να επιδεινώσει τυχόν υπάρχουσες καρδιαγγειακές παθήσεις. Άτομα με καρδιαγγειακές, χρόνιες πνευμονολογικές παθήσεις καθώς και μικρά παιδιά και ηλικιωμένοι είναι ιδιαίτερα ευπαθή σε τέτοιες συνθήκες.

Υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του θείου στην ατμόσφαιρα συμβάλλουν επίσης, στη μείωση της ορατότητας, στην αύξηση της οξύτητας των λιμνών και των ποταμών και προκαλούν αλλοιώσεις στη βλάστηση και στα μέταλλα.» (Ζάνη, 2014) (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021)

Αιωρούμενα Σωματίδια

«Από τους πλέον σημαντικότερους ατμοσφαιρικούς ρύπους λόγω της επικινδυνότητας που εμφανίζουν κυρίως για την ανθρώπινη υγεία είναι τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter).

Με τον όρο αυτό (PM) νοούνται όλα τα στερεά και υγρά σωματίδια που είναι αιωρούμενα στον αέρα, εκτός από τους υδρατμούς και η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει σωματίδια διαφορετικής χημικής σύστασης και μεγάλου εύρους μεγεθών που εκφράζεται με την θεωρητική διάμετρο τους, η οποία κυμαίνεται στην περιοχή 10^{-3} μm έως 10^2 μm .

Η παραγωγή τους είναι αποτέλεσμα τόσο φυσικών όσο και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Οι κυριότερες πηγές εκπομπής αιωρούμενων σωματιδίων είναι οι διάφορες βιομηχανικές δραστηριότητες, τα αυτοκίνητα, οι πυρκαγιές, τα καψαλίσματα χωραφιών και άλλες γεωργικές δραστηριότητες, οι κατασκευές, η επαναιώρηση σκόνης λόγω ισχυρών ανέμων κλπ. Οι κυριότερες μορφές σωματιδιακών ρύπων είναι η σκόνη από την αποσάθρωση του εδάφους, η ιπτάμενη τέφρα, ο καπνός κ.ά.» (Μελάς, 2000)

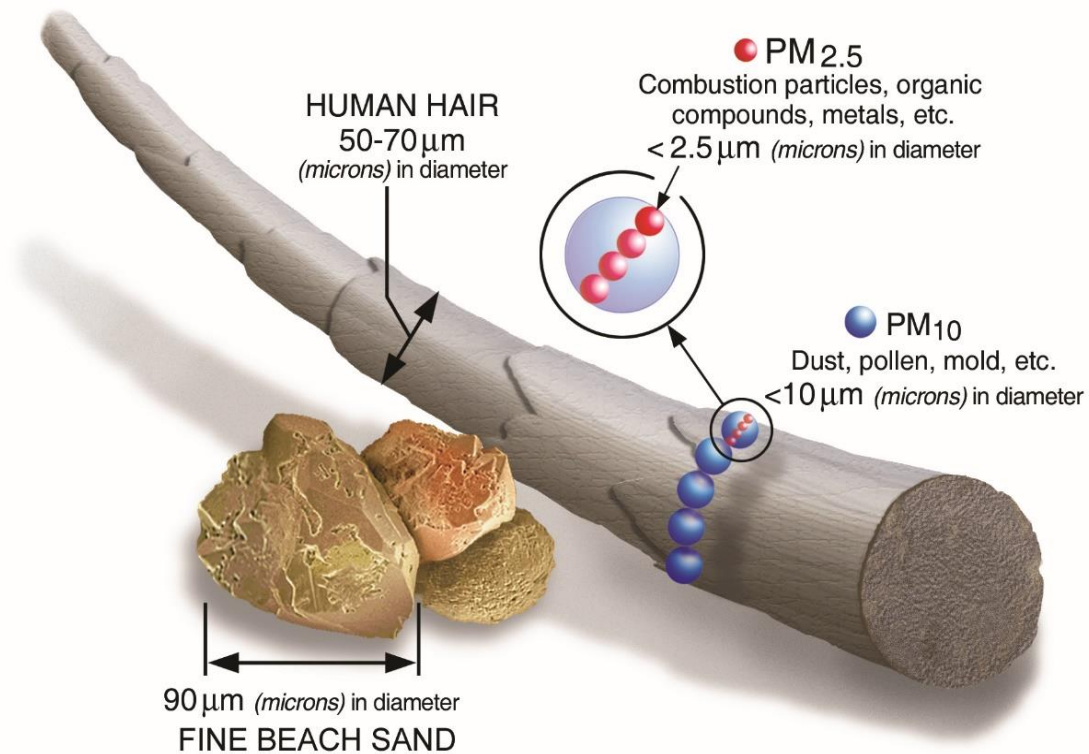
Τα αιωρούμενα σωματίδια παρουσιάζουν ανομοιογένεια στη μορφή, μέγεθος και χημική σύσταση αλλά γενικά είναι μικρά τεμάχια ύλης σε στερεή ή υγρή φάση, που μπορούν να αιωρούνται στην ατμόσφαιρα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ο χρόνος ζωής των σωματιδίων είναι αντιστρόφως ανάλογος με το μέγεθός τους. Οπότε τα μεγάλα σωματίδια έχουν χρόνο ζωής μερικές ώρες ενώ τα μικρά σωματίδια μερικές ημέρες.

«Η επικινδυνότητά αυτών των ρυπαντών οφείλεται στο γεγονός ότι επηρεάζουν την αναπνοή και προκαλούν ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα, στους πνεύμονες και στην καρδιά. Τα παιδιά, τα άτομα που πάσχουν από άσθμα ή έχουν καρδιολογικά προβλήματα και οι ηλικιωμένοι, είναι ομάδες πληθυσμού ιδιαίτερα ευαίσθητες στην έκθεση σε υψηλές συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Όσο πιο μικρά είναι τα σωματίδια τόσο πιο επικίνδυνα είναι, καθώς αυξάνει η πιθανότητα εισχώρησης τους στην αναπνευστική περιοχή των πνευμόνων, όπου εναποτίθενται κυρίως στις κυψελίδες των πνευμόνων και με την πάροδο του χρόνου επιφέρουν σοβαρές βλάβες στην υγεία των ανθρώπων. Ορισμένα σωματίδια μπορεί ακόμη και να εισέλθουν στην κυκλοφορία του αίματος.» (EPA, 2021)

Από αυτά, σωματίδια διαμέτρου μικρότερης των 2,5 μικρομέτρων, επίσης γνωστά ως λεπτά σωματίδια ή $\text{PM}_{2.5}$, αποτελούν τον μεγαλύτερο κίνδυνο για την υγεία. Τέτοια

προβληματικά για τους πνεύμονες είναι τα σωματίδια με διάμετρο 0,1-1 μm . Η επικινδυνότητά τους εξαρτάται επίσης από τη χημική τους σύσταση.» (EPA, 2021)



Εικόνα 16 Μεγέθη των PM_{2.5} & PM₁₀

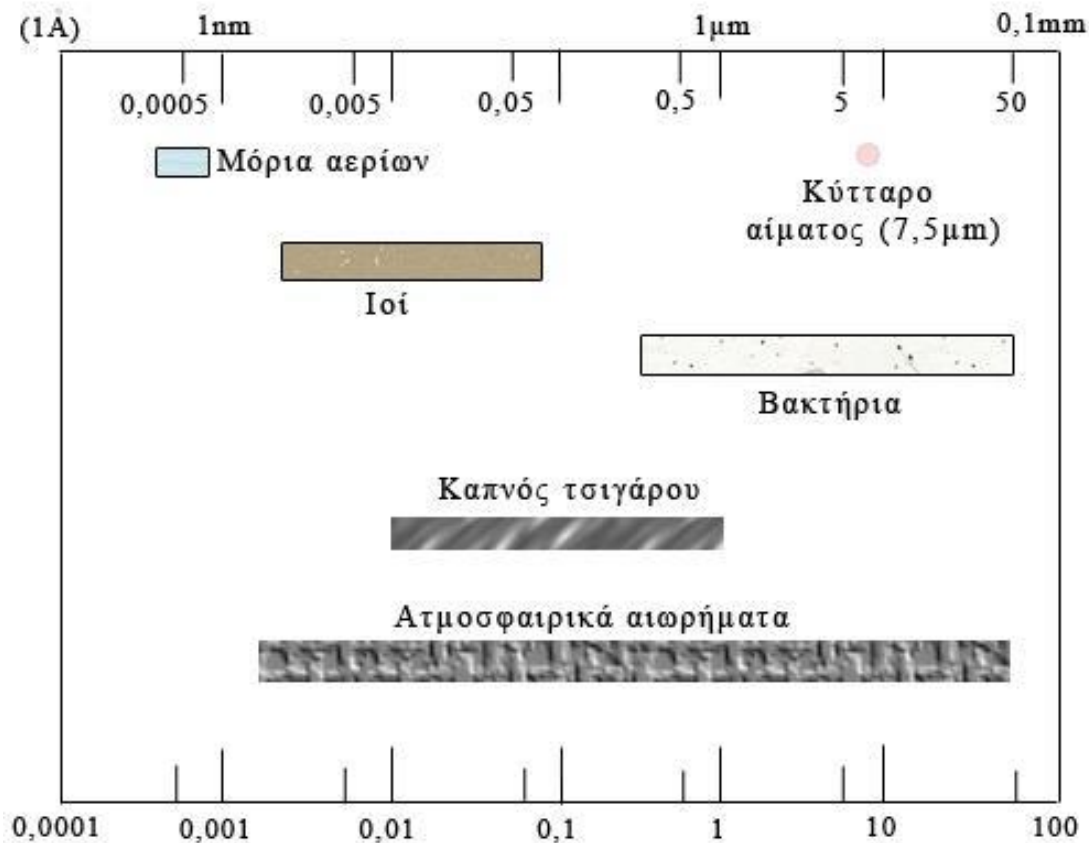
«Αναλόγως με το μέγεθός τους έχουμε την εξής ταξινόμηση των ΑΣ:

- Αitken σωματίδια 0,001 – 0,1 μm
- λεπτά σωματίδια 0,1 – 1 μm
- γιγαντιαία ή χονδρόκοκκα σωματίδια > 1 μm
- σωματίδια καπνού 1-1000 μm
- σκόνη μικρής διαμέτρου <100 μm
- σκόνη μεγάλης διαμέτρου >100 μm
- νεφοσταγονίδια 1-100 μm
- σταγόνες βροχής > 100 μm » (Ζάνη, 2014)

«Πιο προβληματικός είναι κι ο χαρακτηρισμός των ΑΣ αφού για την πλήρη περιγραφή τους δεν επαρκεί μόνο η συγκέντρωσή τους αλλά απαιτούνται επίσης πληροφορίες για την κατανομή του μεγέθους τους αλλά και την χημική τους σύσταση. Όσον αφορά τη

συγκέντρωση των σωματιδίων, αυτή αντιπροσωπεύεται από τον αριθμό σωματιδίων ανά μονάδα όγκου αέρα αλλά συνήθως μετρείται σαν η μάζα των σωματιδίων ανά μονάδα όγκου αέρα στις ειδικές εφαρμογές μέτρησης αυτών.

Στην εικόνα 17, κάτω φαίνεται μια σύγκριση των μεγεθών» (Ζιώμας, 2007)

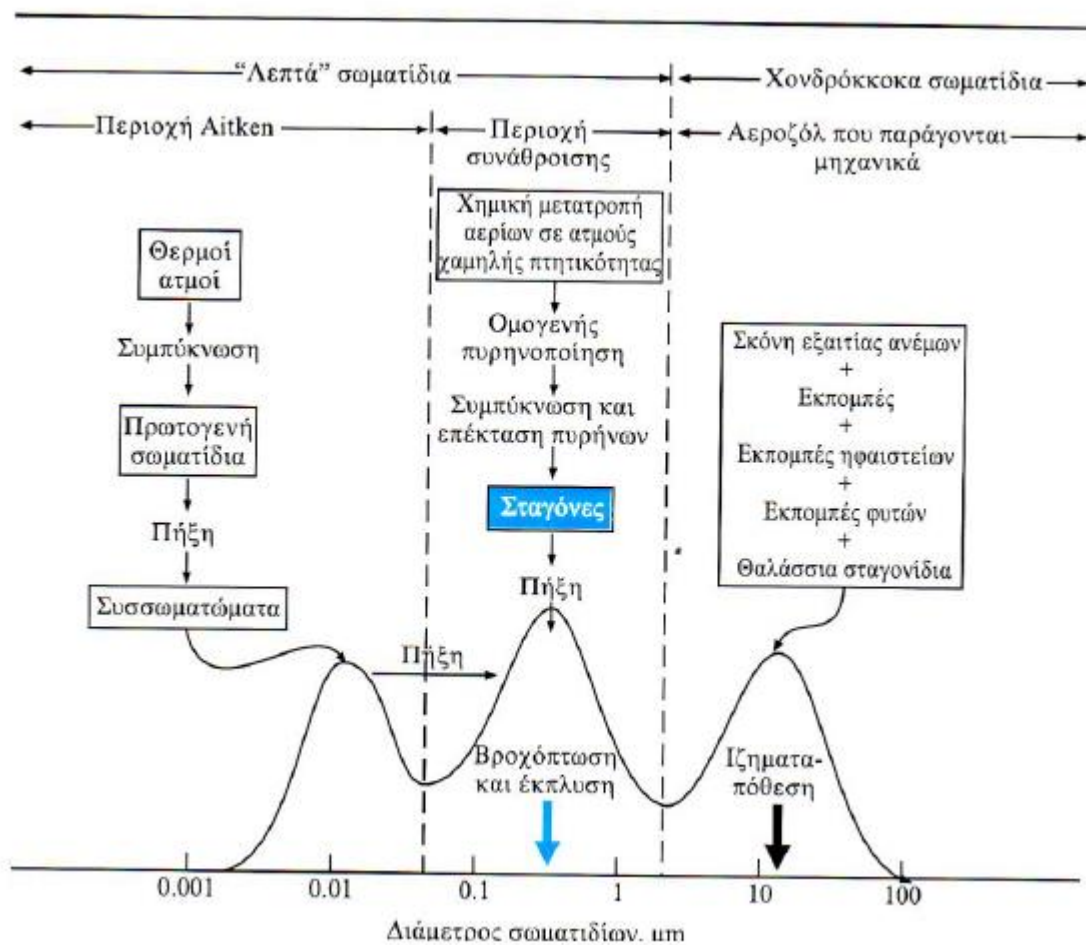


Εικόνα 17 Χαρακτηριστικά μεγέθη (Ζιώμας,2007)

«Οι επιπτώσεις στην υγεία λόγω των αιωρούμενων σωματιδίων περιλαμβάνουν επιδείνωση της βρογχίτιδας σε ενήλικες και παιδιά με προϋπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα, μικρές αλλά σημαντικές αλλαγές στη λειτουργία των πνευμόνων σε μικρά παιδιά αλλά μπορεί να φτάσουν ακόμη και σε αιφνίδιο θάνατο σε ηλικιωμένους με προϋπάρχοντα προβλήματα στην καρδιά και στους πνεύμονες, αν τα όρια συγκέντρωσης είναι πολύ υψηλά. Προβλήματα μπορεί να εμφανιστούν σε ασθματικούς και σε ανθρώπους με αλλεργίες ειδικά στα θευκά σωματίδια.

Στα σημερινά επίπεδα συγκέντρωσης αιωρούμενων σωματιδίων, η ποικιλία και η συχνότητα των συμπτωμάτων (βραχυπρόθεσμα αποτελέσματα) αυξάνουν με την αύξηση των αιωρούμενων σωματιδίων. Μακροπρόθεσμα, η έκθεση στα αιωρούμενα σωματίδια μπορεί να

προκαλέσει ζημιά στους πνευμονικούς ιστούς οδηγώντας σε χρόνια αναπνευστική πάθηση (ΧΑΠ), καρκίνο, πρόωρη ασθένεια και θάνατο.



Εικόνα 18 Κατανομή μεγεθών Σωματιδίων (Γεντεκάκης, 1999)

Τα παιδιά που ζουν σε περιοχές με υψηλότερες συγκεντρώσεις αιωρούμενων σωματιδίων εμφανίζουν συχνότερα κρυολογήματα, βήχα και άλλα συμπτώματα που δεν εμφανίζουν παιδιά που ζουν σε περιοχές με μικρότερη ρύπανση.

Αιωρούμενα σωματίδια από βιομηχανικές πηγές, κυρίως κοντά σε χυτήρια, συνεισφέρουν στον υψηλό ρυθμό εμφάνισης καρκίνου του πνεύμονα. Τα συμπτώματα χρόνιας πνευμονικής πάθησης συσχετίζονται με τα επίπεδα των αιωρούμενων σωματιδίων ενώ οι συχνότητες των θανάτων σχετίζονται με την ρύπανση από θειικά και αιωρούμενα σωματίδια.» (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021)

Υδρογονάνθρακες

«Ένα μεγάλο μέρος της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οφείλεται στα καυσαέρια, δηλαδή τα αέρια τα οποία εκπέμπονται κατά την καύση⁸ του πετρελαίου, της βενζίνης ή του φυσικού αερίου. Το πετρέλαιο, η βενζίνη και το φυσικό αέριο είναι η κύρια πηγή παραγωγής υδρογονανθράκων.

Οι υδρογονάνθρακες είναι οργανικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο στο μόριο τους. Σε αριθμό είναι εκατομμύρια καθώς αυτές εξαρτώνται από τον αριθμό των ατόμων άνθρακα που έχουν (π.χ. 1 - 4 άτομα άνθρακα είναι αέρια, ενώσεις με 5 - 6 άτομα άνθρακα είναι υγρά, ενώ από 7 άτομα και πάνω είναι στερεά) αλλά μπορούν να περιέχουν στο μόριο τους και άλλα στοιχεία (θείο, άζωτο, αλογόνα) ή ομάδες στοιχείων (ρίζες), ή ακόμα και άτομα οξυγόνου. Βασική ταξινόμηση γίνεται μέσω της ανθρακικής αλυσίδας (κυκλικοί, άκυκλοι) και του τρόπου σύνδεσης των ατόμων του άνθρακα (κορεσμένοι, ακόρεστοι).

Η πιο επικίνδυνη τοξική πτητική οργανική ένωση στην ατμόσφαιρα είναι το βενζόλιο, η οποία αποτελεί ένα από τα δευτερεύοντα συστατικά της βενζίνης. Οι κύριες κατηγορίες οργανικών ενώσεων είναι τα αλκάνια, τα αλκένια, τα αλκίνια, τα αλκαδιένια, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες, οι αλδεΐδες, οι κετόνες και οι αλογονούχες ενώσεις όπως τα CFCs⁹ κι από τους οξυγονωμένους υδρογονάνθρακες οι δύο κατηγορίες που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον στην ατμοσφαιρική ρύπανση, είναι οι αλδεΐδες και οι κετόνες.

Οι υδρογονάνθρακες θεωρούνται σημαντικοί πρωτογενείς ρύποι της ατμόσφαιρας γιατί ένας αριθμός από αυτές συμβάλλει στο σχηματισμό των φωτοχημικών οξειδωτικών (τοξικές και οξειδωτικές χημικές ενώσεις που δημιουργούνται κατά το φωτοχημικό νέφος) καθώς κι οι άκαυστοι υδρογονάνθρακες συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

. Οι κύριες πηγές βενζολίου είναι τα πρατήρια βενζίνης, τα αυτοκίνητα διανομής της βενζίνης, καθώς επίσης και όλες οι μηχανές εσωτερικής καύσης που χρησιμοποιούν βενζίνη. Το βενζόλιο σαν αυτούσια ένωση μπορεί να προκαλέσει χρόνιες παθήσεις όπως καρκίνο, αταξία στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ζημιές στη λειτουργία του ήπατος και των νεφρών, ανωμαλίες στην αναπαραγωγή και προβληματικές γεννήσεις.» (Ζάνη, 2014)

⁸ Καύση ονομάζεται η χημική αντίδραση ενός στοιχείου ή μιας χημικής ένωσης με το οξυγόνο, η οποία συνοδεύεται από παραγωγή θερμότητας και φωτός.

⁹ Οι φθοροχλωράνθρακες ως συντομία από τα αγγλικά Chlorofluorocarbons

Βαρέα Μέταλλα

«Τα βαρέα μέταλλα είναι μια κατηγορία ρυπαντών της ατμόσφαιρας λόγω της τοξικότητας αυτών, για την ανθρώπινη υγεία. Αυτά, επιδρούν βλαπτικά στην υγεία κυρίως μέσω της τροφικής αλυσίδας και λιγότερο με την εισπνοή. Ως βαρέα μέταλλα, ορίζονται εκείνα τα μέταλλα που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη ή ίση των 4,5 g/cm³.

Στην ατμόσφαιρα τα βαρέα μέταλλα υπάρχουν κυρίως στα στερεά σωματίδια είτε υπό στοιχειακή μορφή είτε υπό μορφή ενώσεων (οξειδίων, θεικών ή θειούχων) κι εκπέμπονται κατά τη διάρκεια καύσης, εξάτμισης ή εξάχνωσης των υλικών κι είναι αποτέλεσμα δραστηριοτήτων όπως η καύση των φυσικών καυσίμων από σταθερές πηγές και μεταφορικά μέσα, οι βιομηχανικές διαδικασίες εξαγωγής μετάλλων και η αποτέφρωση των απορριμμάτων.

Τα πιο επικίνδυνα από αυτά τα οποία ακόμα και σε ελάχιστες συγκεντρώσεις δρουν τοξικά για τους οργανισμούς, είναι ο μόλυβδος (Pb), το κάδμιο (Cd), ο υδράργυρος (Hg), το αρσενικό (As) και το νικέλιο (Ni) και σε αντίθεση με τις οργανικές τοξικές ουσίες δεν αποικοδομούνται αλλά παραμένουν στο περιβάλλον για μεγάλο χρονικό διάστημα και συσσωρεύονται.

Υψηλά ποσοστά μόλυβδου μπορούν να επηρεάσουν δυσμενώς την πνευματική ανάπτυξη και δραστηριότητα των ανθρώπων, τη λειτουργία των νεφρών και τη χημεία του αίματος. Τα νεαρά άτομα διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο εξαιτίας της μεγαλύτερης ευαισθησίας των νεανικών ιστών και οργάνων στο μόλυβδο.» (Ζάνη, 2014)

«Το αρσενικό επιδρά κυρίως στο ανώτερο αναπνευστικό και στο καρδιαγγειακό σύστημα και προκαλεί επίσης αύξηση της αρτηριακής πίεσεως και πιθανόν να προκαλεί καρκίνο στους πνεύμονες. Το κάδμιο επιδρά κυρίως στα νεφρά κι έχει χαρακτηριστεί ως καρκινογόνο. Το νικέλιο δεν θεωρείται καρκινογόνο αλλά πιθανώς να προκαλεί δερματικές παθήσεις. (ΥΠΕΝ, 2019)

Κλίμακες της Ρύπανσης

«Σε κάθε περίπτωση είναι πολύ σημαντικό στη μελέτη των αέριων ρύπων και των επιπτώσεων ο διαχωρισμός από την μία, την αέρια ρύπανση και τις επιπτώσεις της κι από την άλλη, την αποτιθέμενη ρύπανση με τις αντίστοιχες επιπτώσεις.

Ο λόγος για τον οποίο είναι τόσο σημαντικός αυτός ο διαχωρισμός είναι ότι η κλίμακα των δύο φαινομένων είναι πολύ διαφορετική. Οι άμεσες επιπτώσεις της αέριας ρύπανσης είναι περισσότερο τοπικό πρόβλημα και οι επιδράσεις είναι συνήθως μεγαλύτερες στις περιοχές κοντά στην πηγή της ρύπανσης (π.χ. φωτοχημικό νέφος των αστικών περιοχών). Από την άλλη πλευρά, η επίδραση της απόθεσης εξαπλώνεται σε πολλές εκατοντάδες ή χιλιάδες χιλιόμετρα (π.χ. όξινη βροχή).» (Μελάς, 2000)

«Οι επιπτώσεις από την ατμοσφαιρική ρύπανση είναι εμφανείς τόσο σε τοπική όσο και σε παγκόσμια κλίμακα και για αυτό διακρίνονται με χωρικές και χρονικές διαβαθμίσεις.» (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021)

Χωρική

Συνηθίζεται να δίνεται μια διαβάθμιση στο πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που αποτελείται από τα εξής πέντε διαφορετικά επίπεδα χωρικής κλίμακας:

1 -Τοπική Κλίμακα

Η τοπική κλίμακα αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση σε μια μικρή σχετικά περιοχή από μια ή και περισσότερες πηγές, π.χ. το CO που συγκεντρώνεται κατά μήκος αυτοκινητόδρομων από τις εκπομπές των αυτοκινήτων.

2 - Αστική κλίμακα

Στην περίπτωση αυτή, έχουμε ρύπανση από πρωτογενείς ρύπους και στη συνέχεια από δευτερογενείς ρύπους που σχηματίζονται μετά από μια σειρά χημικών αντιδράσεων και μετασχηματισμών των πρωτογενών ρύπων.

Π.χ. η αιθαλομίχλη.

3 -Περιφερειακή κλίμακα

Η περιφερειακή κλίμακα αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση σε μια πιο ευρεία περιοχή που ξεπερνά τα όρια μιας αστικής περιοχής και μιας πόλης. Στην περίπτωση αυτή, η ατμοσφαιρική ρύπανση εξελίσσεται με δυο τρόπους:

1. Μεταφορά και διασπορά των αστικών ρύπων σε ευρύτερη περιοχή και
2. Μεταφορά και διασπορά ρύπων που εμφανίζουν μικρή σχετικά χημική δραστικότητα σε όλο και μεγαλύτερες αποστάσεις.

Τέτοιοι ρύποι (πχ SO₂) μπορούν να «επιβιώνουν» για μεγάλα χρονικά διαστήματα, έτσι ώστε να μεταφέρονται με τις κινήσεις του ατμοσφαιρικού αέρα σε μεγάλες αποστάσεις.

4 -Διηπειρωτική κλίμακα

Η διηπειρωτική κλίμακα αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση σε μια περιοχή όπως για παράδειγμα η Ευρώπη. Εκφράζεται με τη μεταφορά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μιας χώρας σε άλλη γειτονική χώρα, κοκ, μέσω των κινήσεων αέριων μαζών της ατμόσφαιρας.

5 -Παγκόσμια κλίμακα

Η παγκόσμια κλίμακα αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση σε ολόκληρο τον κόσμο. Για παράδειγμα, μπορεί να αναφερθεί η έκλυση στην ατμόσφαιρα CFCs που είναι υπεύθυνα για το φαινόμενο της τρύπας του όζοντος.

Επίσης, στην ατμοσφαιρική ρύπανση παγκόσμιας κλίμακας θα μπορούσε να ενταχθεί και η ρύπανση που προκαλείται από τη δραστηριότητα ενός μεγάλου ηφαιστείου.

Ο παρακάτω πίνακας παρουσιάζει τις ακτίνες επιρροής που μπορεί να έχει η εκδήλωση φαινομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Φαινόμενο	Ακτίνα επιρροής (km)
Αστική ρύπανση	1 – 50
Περιφερειακή ρύπανση	50 – 1000
Όξινη βροχή και εναπόθεση	100 – 2000
Καταστροφή στρατοσφαιρικού όζοντος	1000 – 40000
Αύξηση αερίων θερμοκηπίου	1000 – 40000
Αερολύματα (αεροζόλ)	100 – 40000
Τροποσφαιρική και οξειδωση ρύπων	1 – 40000
Ανταλλαγή ρύπων μεταξύ τροπόσφαιρας – στρατόσφαιρας	0,1 – 100
Στρατοσφαιρική μεταφορά και οξειδωση ρύπων	1 – 40000

Πίνακας 3 Παγκόσμια Κλίμακα και Ρύποι

Έτσι εξηγούνται γεγονότα, όπως ο εντοπισμός εντομοκτόνων στην Ανταρκτική κι ο τετραμεθυλομόλυβδος στους πάγους της Γροιλανδίας από τα καυσαέρια αυτοκινήτων, μολονότι δεν υπήρχε ποτέ εκπομπή αυτών των ρύπων σε αυτές τις περιοχές.» (Γεντεκάκης, 2010)

Εκτάσεως

«Μια εναλλακτική διαβάθμιση είναι και η εξής:

Μικροκλίμακα	φαινόμενα που συμβαίνουν σε έκταση της τάξης των 0-100 m (πχ διασπορά των ρύπων του κλιβάνου θέρμανσης ενός σπιτιού).
Μεσοκλίμακα	φαινόμενα που εκτείνονται σε μια έκταση της τάξης των δεκάδων έως εκατοντάδων χιλιομέτρων.
Συνοπτική κλίμακα	φαινόμενα που καταλαμβάνουν εκτάσεις της τάξης των εκατοντάδων έως χιλιάδων χιλιομέτρων.
Παγκόσμια κλίμακα	φαινόμενα που διαδραματίζονται σε εκτάσεις που υπερβαίνουν τα 5×10^3 km.

Πίνακας 4 Διάκριση εκτάσεως ρύπων

Χρονική

Ο χρόνος ημιζωής ενός ρύπου είναι ο χρόνος που απαιτείται ώστε η συγκέντρωση του συγκεκριμένου ρύπου να μειωθεί στο μισό της αρχικής της τιμής. Αυτό εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως ο ίδιος ο ρύπος, οι μετεωρολογικές συνθήκες που επικρατούν, η χημική δράση του ρύπου, κλπ.

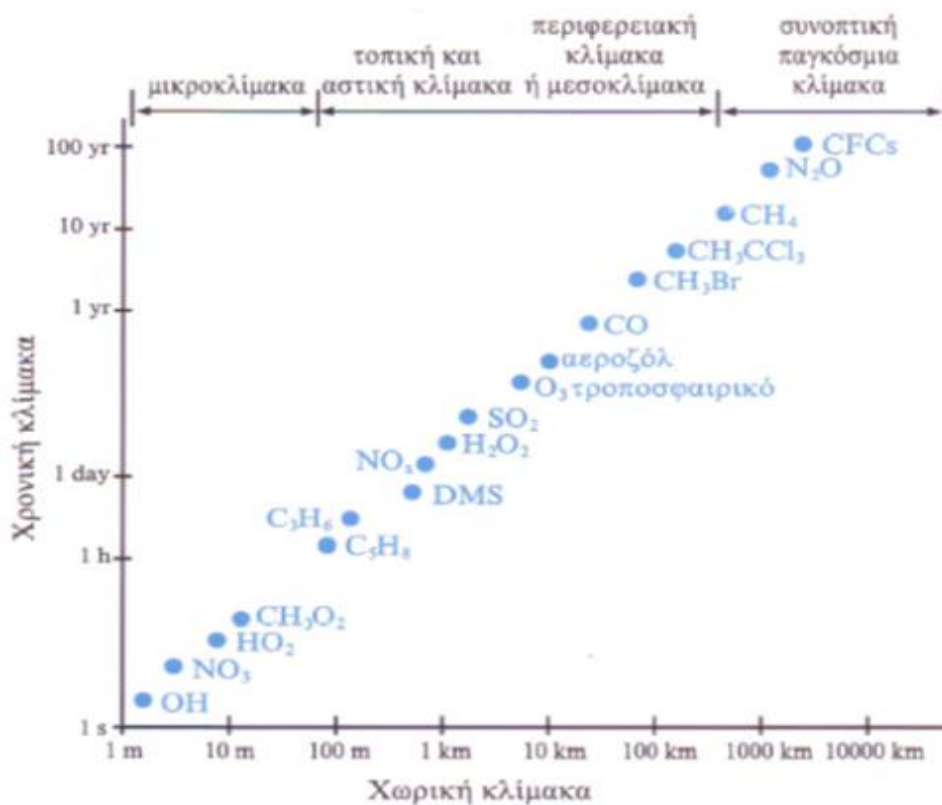
Ουσία	Χρόνος παραμονής	Ουσία	Χρόνος παραμονής
O ₃	0,4-90 ημέρες	SO ₄	3-5 ημέρες
NO	4-5 ημέρες	Hg	11-2080 ημέρες
NO ₂	2-8 ημέρες	CO	0.9-2.7 έτη
NO ₃	4-20 ημέρες	CCl ₄	1 έτος
NH ₄	7-19 ημέρες	CH ₄	1,5-2 έτη
H ₂ S	0,08-2 ημέρες	Freon	16 έτη
SO ₂	0,01-7 ημέρες	CO ₂	2-10 έτη

Πίνακας 5 Χρόνοι παραμονής ρυπαντών (Ζιώμας)

Όταν η διάρκεια ζωής ενός ρύπου στην ατμόσφαιρα είναι μερικές ημέρες, τότε η επίδρασή του στο περιβάλλον περιορίζεται κοντά στη περιοχή εκπομπής του.

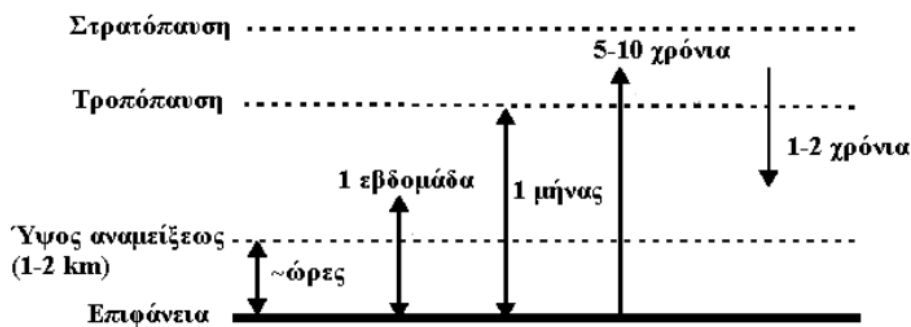
Όταν η διάρκεια ζωής είναι περισσότεροι μήνες, τότε η επίδρασή του περιορίζεται σε ένα ημισφαίριο ενώ, αν η διάρκεια «ζωής» είναι περισσότερα χρόνια, τότε ο ρύπος μεταφέρεται σε όλη την υδρόγειο.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση εμφανίζεται με σχετικά διαφορετικούς τρόπους (ένταση, χημικό περιεχόμενο, επιπτώσεις, κλπ.) σε αυτές τις κλίμακες.» (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021) Το διάγραμμα συσχέτισης του χρόνου ζωής διάφορων ατμοσφαιρικών χημικών ενώσεων με τις χωρικές κλίμακες που επηρεάζουν (πηγή: Ιωάννης Γεντεκάκης, 1999) φαίνεται στην εικόνα 19.



Εικόνα 19 Χωρική και Χρονική Κλίμακα Ρύπων στην Ατμόσφαιρα

«Υπάρχουν βέβαια και ρύποι των οποίων η συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα αντί να μειώνεται με το χρόνο, αυξάνει (όπως το CO₂), επειδή αυτές οι ουσίες έχουν μεγάλο χρόνο παραμονής στην ατμόσφαιρα και προλαβαίνουν να αναμειχθούν σε όλη την τροπόσφαιρα κι ακόμη να εισέλθουν στην στρατόσφαιρα. Ο ρυθμός εκπομπής αυτών των ενώσεων είναι μεγαλύτερος από την απόθεσή τους πράγμα το οποίο οδηγεί σε μία συσσώρευσή τους στην ατμόσφαιρα που αναμένεται να οδηγήσει στη Κλιματική Αλλαγή.» (Γεντεκάκης, 2010)



Εικόνα 20 Χρόνοι παραμονής και στρώματα της Ατμόσφαιρας

Χαρακτηριστικές χρονικές κλίμακες για την κατακόρυφη μεταφορά των ρύπων. Πηγή εικόνας: http://www.physics.upatras.gr/UploadedFiles/course_198_3956.pdf

Δευτερογενείς Επιδράσεις

Οι δευτερογενείς επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι φαινόμενα που προκύπτουν από τη συνδυασμένη δράση από διαφορετικούς αέριους ρύπους ή/και τη μεσολάβηση διαφόρων παραγόντων του φυσικού περιβάλλοντος όπως τις καιρικές συνθήκες, την ηλιακή ακτινοβολία, τους υδρατμούς, τους μύκητες και τα βακτήρια κλπ.

Τις σημαντικότερες δευτερογενείς επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αποτελούν οι δυο τύποι του φαινομένου του αστικού νέφους, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, η όξινη βροχή και η τρύπα του όζοντος.

Αστικό Νέφος

«Το νέφος παρουσιάζεται με δύο μορφές, την αιθαλομίχλη ή νέφος τύπου London και το φωτοχημικό νέφος ή νέφος τύπου Los Angeles.

Νέφος αιθαλομίχλης παρουσιάζεται στην ατμόσφαιρα όταν υπάρχει υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως διοξειδίου του θείου, μονοξείδιο του άνθρακα και αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία.

Φωτοχημικό νέφος σχηματίζεται όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια σε ένταση και διάρκεια, μικρή σχετικά υγρασία και υπέρμετρη συγκέντρωση συγκεκριμένων ενώσεων, όπως οξειδίων του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα, υδρογονανθράκων, και δευτερογενών προϊόντων τους.» (Wikipedia Smog, 2020)

Φαινόμενο Θερμοκηπίου

«Το φαινόμενο του Θερμοκηπίου είναι μια φυσική διαδικασία που θερμαίνει τον πλανήτη – χωρίς αυτό, το Ημερήσιο Εύρος Θερμοκρασίας θα ήταν πολύ μεγάλο. Σε αυτόν τον μηχανισμό, η ηλιακή ενέργεια περνάει μέσα από την ατμόσφαιρα θερμαίνοντας την και τα αέρια του θερμοκηπίου, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, δρουν σαν μια «κουβέρτα», παγιδεύοντας θερμότητα κοντά στην επιφάνεια της Γης, αυξάνοντας τη θερμοκρασία. Έτσι, ρυθμίζεται στο γενικό πλαίσιο, η πλανητική θερμοκρασία. Δυστυχώς, οι ανθρώπινες δραστηριότητες αυξάνουν την ποσότητα των αερίων θερμοκηπίου και παγιδεύουν περισσότερη θερμότητα, οδηγώντας έτσι τον πλανήτη στην υπερθέρμανση του.

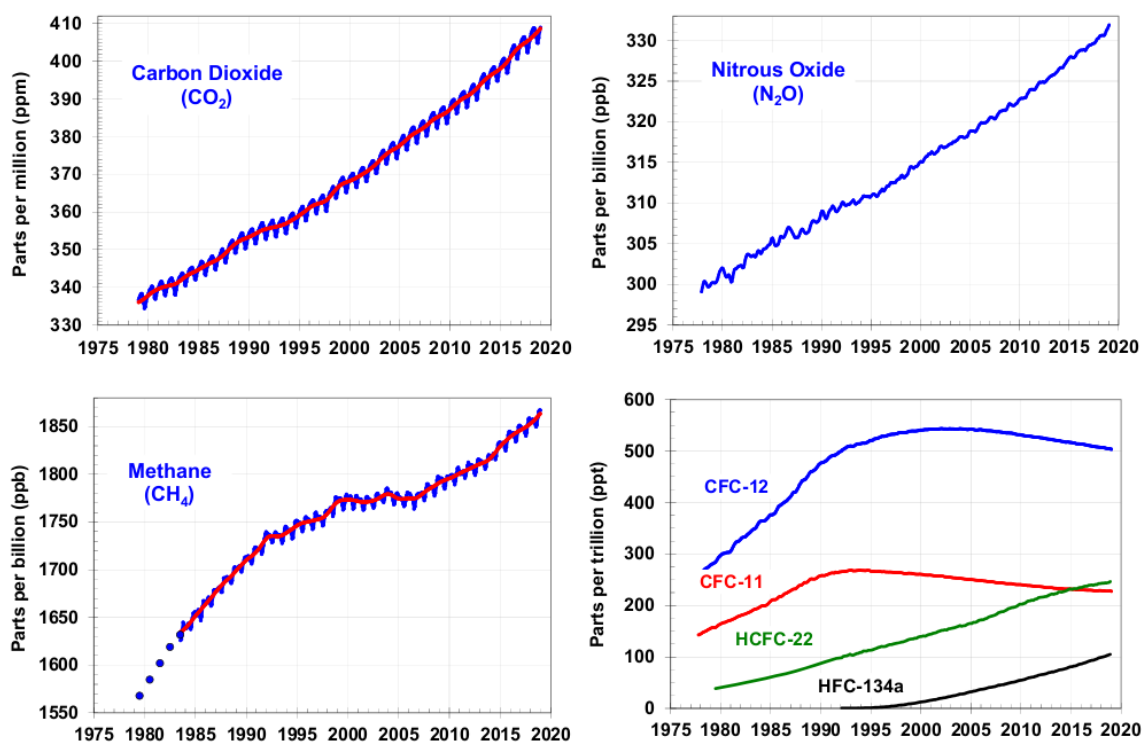
«Η ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξάνεται με την πάροδο του χρόνου και τα αέρια του θερμοκηπίου παραμένουν στην ατμόσφαιρα για μεγάλο χρονικό διάστημα.» (Κατσαφάδος, 2015)

Από την άλλη, το διοξείδιο του άνθρακα απορροφούν τα φυτά και οι ωκεανοί, όμως η ποσότητα του άνθρακα που απελευθερώνουν οι άνθρωποι έχει αυξηθεί σε τέτοιο βαθμό που πλέον δεν είναι διαχειρίσιμο με φυσικά μέσα.

Οι συνηθέστεροι τύποι αερίων θερμοκηπίου είναι:

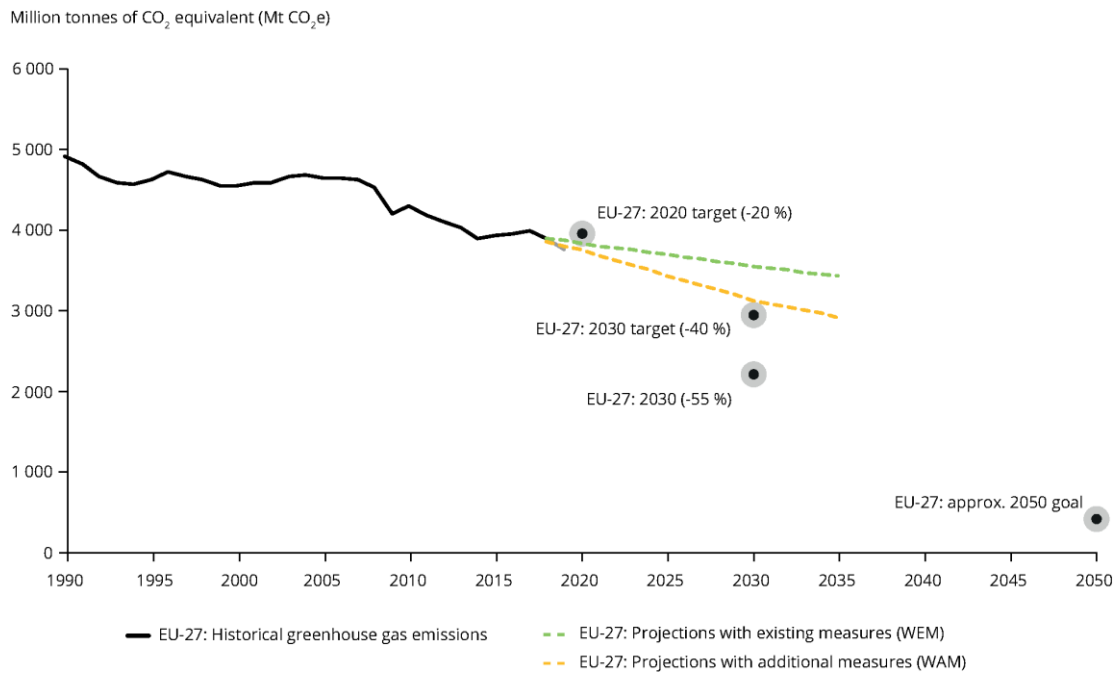
1. Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)
2. Μεθάνιο (CH₄)
3. Νιτρικό οξείδιο (N₂O)
4. CFC, HCFC, HFC (Freon)

Τα 4 διαγράμματα στην εικόνα κάτω δείχνουν αυτή την αυξητική τάση των κυριότερων αερίων θερμοκηπίου σε παγκόσμιο επίπεδο, από το 1975 έως το 2019.



Εικόνα 21 Αέρια Θερμοκηπίου (1975-2019)

«Οι εκπομπές αερίων θερμοκηπίου στην ΕΕ-27 μειώθηκαν κατά 24% μεταξύ 1990 και 2019, υπερβαίνοντας τον στόχο μείωσης κατά 20% από τα επίπεδα του 1990. Έως το 2030, οι προβλέψεις που βασίζονται σε τρέχοντα και προγραμματισμένα μέτρα της ΕΕ-27 δείχνουν εκπομπές μείωση κατά 36%, που είναι μια μάλλον συντηρητική προοπτική ελλείψει νέων μέτρων.» (EEA, 2018)



Εικόνα 22 Αέρια Θερμοκηπίου στην ΕΕ (1990-2019-2035)

Όξινη Βροχή

«Την όξινη βροχή προκαλούν το διοξείδιο του θείου (SO₂) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x) – οι οποίοι είναι και τυπικοί και πρωτογενής ρυπαντές καθώς και δευτερογενή προϊόντα αυτών. Μεταξύ άλλων και τα νιτρικά και θειικά οξέα τα οποία συνήθως προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές οδηγούν σε αυξημένη ατμοσφαιρική οξύτητα.

Με τον όρο όξινη βροχή ονομάζουμε όλες τις ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις (δηλ. η βροχή, το χιόνι, το χαλάζι) οι οποίες έχουν pH χαμηλότερο από το pH της κανονικής βροχής, δηλαδή οι κατακρημνίσεις αυτές είναι ακόμη πιο όξινες από την κανονική βροχή. Τις τελευταίες δεκαετίες όμως, η βροχή γίνεται όλο και πιο όξινη και το pH της κυμαίνεται από 3,5 - 4,5. Βροχή με pH 4,6 είναι 10 φορές πιο όξινη από βροχή με pH 5,6.

Η βροχή, στη φυσική της κατάσταση, είναι ελαφρά όξινη με pH που κυμαίνεται από 5,0 έως 5,6 κι αυτό οφείλεται κυρίως στο διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) της ατμόσφαιρας, το οποίο διαλύεται στο νερό της βροχής και σχηματίζει το ανθρακικό οξύ και σε μικρότερη έκταση, στην ύπαρξη χλωρίου στην ατμόσφαιρα, το οποίο προέρχεται από τη θάλασσα.

Η όξινη βροχή ή η εναπόθεση οξέος, περιλαμβάνει οποιαδήποτε μορφή καθίζησης με όξινα συστατικά που πέφτουν στο έδαφος από την ατμόσφαιρα σε υγρές ή ξηρές μορφές με σημαντικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις ιδιαίτερα στη βλάστηση, τις αγροτικές καλλιέργειες καθώς και τα υλικά.» (Γεντεκάκης, 2010) (Μελάς, 2000)

Τρύπα του όζοντος

«Η Τρύπα του όζοντος είναι ένα φαινόμενο στο οποίο έχει παρατηρηθεί ότι πάνω στο στρώμα του όζοντος που περιβάλλει τον πλανήτη και βρίσκεται στη Στρατόσφαιρα και συγκεκριμένα πάνω από το Νότιο Πόλο, έχει μειωθεί το πάχος του και βρίσκεται το λεπτότερο σημείο του - αυτή η περιοχή με το μικρότερο πάχος, ονομάζεται 'τρύπα του Όζοντος'.

Από το 1985 που παρατηρήθηκε για πρώτη φορά¹⁰, αποτελεί ένα πρόβλημα παγκόσμιας κλίμακας το οποίο απασχολεί τόσο την επιστημονική κοινότητα όσο και την κοινή γνώμη και τις κυβερνήσεις των κρατών διότι το στρατοσφαιρικό όζον με μέγιστη συγκέντρωση σε ύψη 19 - 35 km (οζονόσφαιρα) δρα ως φίλτρο στο υπεριώδες που προστατεύει από την επιβλαβή υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία.

Το όζον είναι αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου με 3 άτομα, O₃ κι ως ουσία προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα της ακτινοβολίας κι ως εκ τούτου η δημιουργία της τρύπας του όζοντος έχει αρνητικά αποτελέσματα καθώς αφήνει μέρος της ακτινοβολίας που κανονικά θα κράταγε κι άρα αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και συμβάλει αρνητικά στο λιώσιμο των πάγων.

Διακρίνονται 2 κατηγορίες του όζοντος στην ατμόσφαιρα, το στρατοσφαιρικό και το τροποσφαιρικό. Η μείωση του όζοντος στην στρατόσφαιρα θεωρείται πως δημιουργήθηκε από τη χρήση ανθρωπογενών χημικών στοιχείων όπως χλωροφθορανθράκων (CFC).

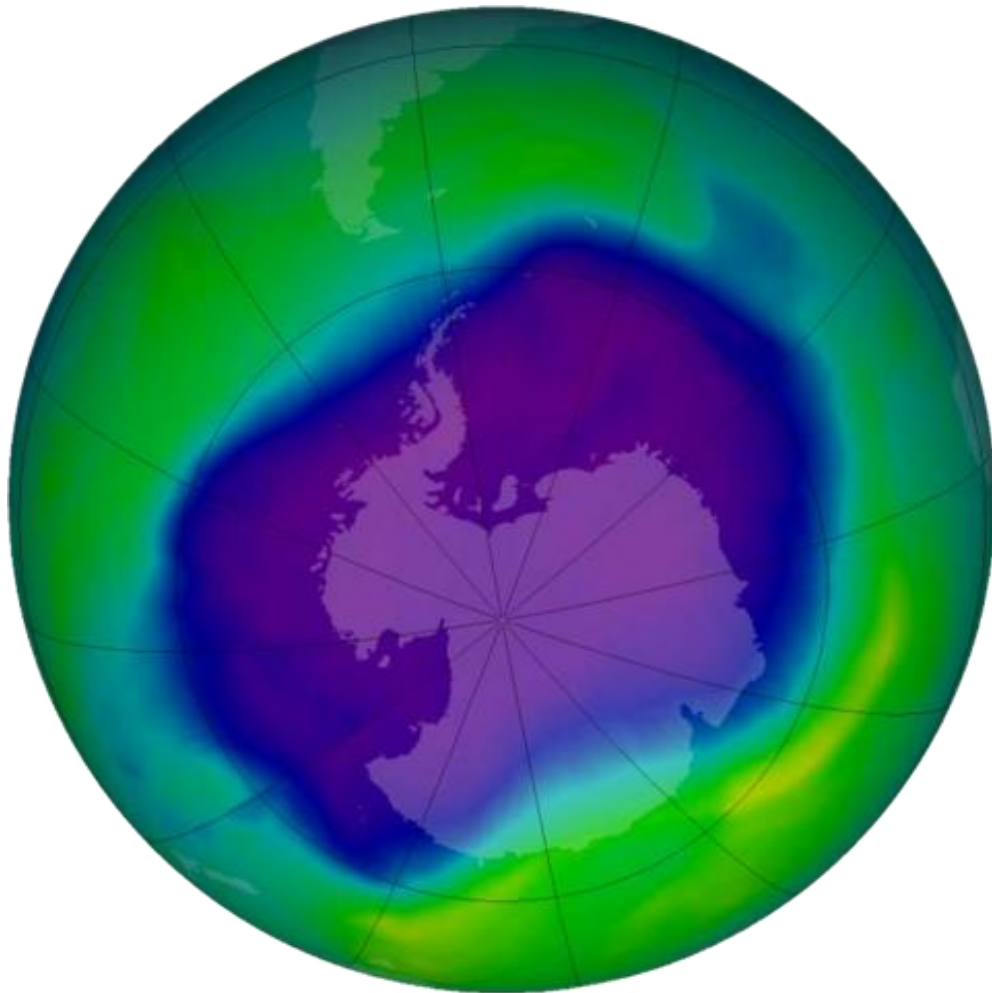
Ενώ το 90% του όζοντος βρίσκεται στη στρατόσφαιρα, το υπόλοιπο 10% βρίσκεται στο χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα (0 - 15 km.), όπου όμως εκεί δεν δρα προστατευτικά αλλά τοξικά και για αυτό είναι γνωστό ως το «κακό» όζον.

Το τροποσφαιρικό όζον όταν βρίσκεται χαμηλά στο έδαφος αποτελεί έναν ρύπο που συνδέεται με επεισόδια φωτοχημικού νέφους σε αστικά κέντρα και γύρω από αυτά και μπορεί να προκαλέσει ποικίλα προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία και το φυσικό περιβάλλον με την υπέρβαση κάποιων οριακών τιμών.

Πηγές εκπομπής των ρύπων που συντελούν στη δημιουργία του όζοντος είναι τα οχήματα, τα εργοστάσια, οι χωματερές, χημικά διαλυτικά και πολλές άλλες μικρές πηγές

¹⁰ Farman, J. C., Gardner, B. G. & Shanklin, J. D. Nature 315, 207–210 (1985).

όπως βενζινάδικα, αγροτικός εξοπλισμός κ.λπ. (ΥΠΕΝ, 2017).» (ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας, 2021)



Εικόνα 23 Τρύπα του Όζοντος (Max_Σεπτέμβριος 2006)

Επίδραση Μετεωρολογικών Συνθηκών στους Ρύπους

Οι μετεωρολογικές συνθήκες και η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Συνοπτικά παρουσιάζεται στον πίνακα κάτω:

<u>Υψηλές Θερμοκρασίες</u>	Οι υψηλές θερμοκρασίες επιδεινώνουν τα προβλήματα ποιότητας του αέρα. Κατά τη διάρκεια ενός κύματος θερμότητας, ο αέρας είναι συχνά σταθερός, χαμηλής έντασης, έτσι ο ρυπασμένος αέρας δεν διασκορπίζεται.
---------------------------------------	--

	<p>Το φως του ήλιου και οι υψηλές θερμοκρασίες ενθαρρύνουν επίσης τις χημικές αντιδράσεις στους ρύπους και αυξάνουν τον κίνδυνο πυρκαγιών αλλά και την εμφάνιση νέφους.</p>
<p><u>Χαμηλές Θερμοκρασίες</u></p>	<p>Οι ψυχρές θερμοκρασίες μπορούν επίσης να επιδεινώσουν την ατμοσφαιρική ρύπανση. Το χειμώνα και κυρίως τη νύχτα, οι αναστροφές θερμοκρασίας¹¹, όπου ένα θερμό στρώμα παγιδεύει ένα ψυχρότερο στρώμα κοντά στο έδαφος κι εγκλωβίζουν την ατμοσφαιρική ρύπανση.</p> <p>Ο κρύος αέρας μπορεί να κάνει την ατμοσφαιρική ρύπανση πιο ορατή.</p> <p>Επιπλέον, σε κρύο καιρό, οι άνθρωποι καίνε περισσότερα καύσιμα για να ζεστάνουν τα σπίτια τους κι άρα αυξάνει η εκπομπή των ρύπων.</p>
<p><u>Άνεμος</u></p>	<p>Η ταχύτητα του ανέμου, μαζί με τη θερμοκρασία, είναι οι ισχυρότεροι παράγοντες επιρροής της ρύπανσης σωματιδίων (σε αντίθεση με τη ρύπανση του όζοντος). Οι άνεμοι - υπό συνθήκες - είναι ικανοί να αραιώσουν και να διασκορπίσουν τους ρύπους συμβάλλοντας έτσι θετικά στη ποιότητα του αέρα. Ωστόσο οι άνεμοι αποτελούν κίνδυνο για πυρκαγιά ενώ μπορούν να τους μεταφέρουν σε μεγαλύτερες κλίμακες.</p>
<p><u>Βροχή και υγρασία</u></p>	<p>Ο υετός μπορεί να επιδράσει θετικά και να ξεπλύνει τα σωματίδια από τον αέρα και να καταστρέψει διαλυτούς ρύπους. Αναλόγως των παραμέτρων όμως, ακόμη κι αν οι ρύποι ξεπλένονται ή διασκορπίζονται, δεν εξαφανίζονται αλλά μετακινούνται κάπου αλλού.</p> <p>Μπορεί όμως να δημιουργηθεί όξινη βροχή ή ο υετός επιδράσει με τέτοιο τρόπο ώστε βλαβερές ουσίες να καταλήξουν στους πνεύμονες ή σε υδάτινα σώματα όπου θα επιδράσει στα υδρόβια φυτά και τα ζώα.</p>
<p><u>Ατμοσφαιρική πίεση</u></p>	<p>Τα συστήματα χαμηλής πίεσης φέρνουν υγρό και θυελλώδη καιρό. Η υψηλή πίεση έρχεται με στάσιμο αέρα και τη συγκέντρωση ρύπων σε μια περιοχή. (Davis Instruments, 2020)</p>

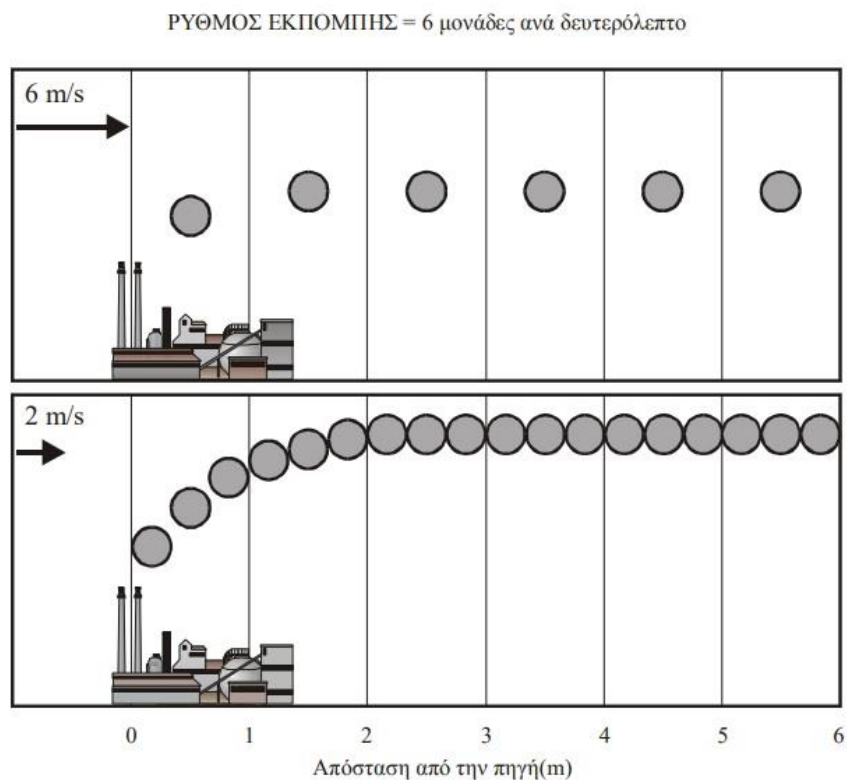
Πίνακας 6 Επίδραση του Καιρού στη ρύπανση

¹¹ “φαινόμενο κατά το οποίο η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται τοπικά με το ύψος αντί να μειώνεται, όπως κανονικά συμβαίνει.”

Τοπικοί Άνεμοι και Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση συνδέεται άμεσα με τις καιρικές συνθήκες και ιδιαίτερα όμως με τους ανέμους. Οι άνεμοι μπορούν να επιδράσουν τόσο αρνητικά όσο και θετικά στη διασπορά της ρύπανσης εφόσον η ταχύτητα του ανέμου είναι αντίστοιχα, χαμηλή (άπνοια) ή υψηλή (σταθερή και ριπές).

Η ταχύτητα του ανέμου προσδιορίζει σε μεγάλο βαθμό τον ρυθμό αραίωσης τους και το πόσο γρήγορα θα απομακρυνθούν οι ρύποι από το σημείο εκπομπής. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου προκαλεί μείωση της υπερύψωσης τόσο λόγω της μείωσης της κατακόρυφης ταχύτητας των αερολυμάτων όσο και λόγω της ταχύτερης ανάμιξης και εξισορρόπησης των χαρακτηριστικών των αερολυμάτων μ' αυτά των ρευμάτων του ατμοσφαιρικού αέρα.



Εικόνα 24 Επίδραση της ταχύτητας ανέμου στην αραίωση των ρύπων (Μελάς)

«Η επίδραση της ταχύτητας του ανέμου στην αραίωση των ρύπων φαίνεται με το παράδειγμα στην εικόνα 25, όπου ο ρυθμός εκπομπής της ρύπανσης είναι ίδιος στα δύο σχήματα (έξι «σφαίρες» το δευτερόλεπτο) κι αυτό που διαφέρει είναι η ταχύτητα του ανέμου. Στην πρώτη περίπτωση (ταχύτητα του ανέμου=6 m/s) η συγκέντρωση που προκύπτει είναι 1 μονάδα («σφαίρα») / m ενώ στη δεύτερη (ταχύτητα του ανέμου=2 m/s) είναι 3 μονάδες («σφαίρες») / m.» (Μελάς, 2007)

«Επίσης, την επίδραση του ανέμου στην μεταφορά των ατμοσφαιρικών ρύπων επηρεάζει και η διεύθυνση του ανέμου εφόσον αυτή καθορίζει την περιοχή προς την οποία θα κατευθυνθούν οι ρύποι.

Η διεύθυνση του ανέμου είναι καθοριστικής σημασίας ιδιαίτερα στην περίπτωση που η ρύπανση προέρχεται από σημειακές πηγές (π.χ. καμινάδες). Σε αυτή την περίπτωση τα επίπεδα ρύπανσης σε κάποια συγκεκριμένη περιοχή μπορεί να αλλάξουν δραστικά ακόμη και σε περίπτωση που η διεύθυνση του ανέμου μεταβληθεί με μόνο 10 μοίρες. Σε αυτά τα πλαίσια η μεταβλητότητα της διεύθυνσης του ανέμου έχει ευεργετικές συνέπειες γιατί διασκορπίζεται η ρύπανση σε μεγαλύτερη γεωγραφική περιοχή με αποτέλεσμα οι τοπικές συγκεντρώσεις να είναι χαμηλότερες.» (Μελάς, 2007)

Ταχύτητα ανέμων και συγκέντρωση ρύπων

Οι ρύποι μιας καμινάδας απομακρύνονται ακολουθώντας υποχρεωτικά την κατεύθυνση πνοής του ανέμου. Η ταχύτητα του ανέμου δεν είναι σταθερή και παρουσιάζει ακανόνιστη ακολουθία από ριπές ανέμου αλλά και εφησυχασμούς, ενώ παράλληλα η διεύθυνση του παρουσιάζει ακανόνιστες διακυμάνσεις τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα.

Η τοπική γεωμορφολογία του εδάφους, τα κτίρια, τα δέντρα, οι φράχτες και η χλόη σε συνδυασμό με την ατμοσφαιρική αστάθεια¹² εξαναγκάζουν τον αέρα να ακολουθεί στροβιλοειδείς αναταρακτικές κινήσεις. Ανάλογα με το μέγεθος των στροβιλισμών προκαλείται διάχυση ή μεταφορά των ρύπων.

Η συγκέντρωση των ρύπων είναι αντιστρόφως ανάλογη της κυβικής ρίζας της ταχύτητας του ανέμου.

Ταχύτητα (m/s)	Συγκέντρωση (ppm)
0 – 1,9	0,55
2 – 3,9	0,39
4 – 5,9	0,30
6 – 7,9	0,26
8 – 9,9	0,25

Πίνακας 7 Ταχύτητα ανέμου και συγκέντρωση ρύπου

¹² Ατμοσφαιρική ευστάθεια αναφέρεται στις συνθήκες εκείνες κατά τις οποίες δεν παρατηρούνται φαινόμενα διέγερσης της κανονικής τιμής τόσο της βαροβαθμίδας, όσο και της θερμοβαθμίδας, δηλαδή δεν παρατηρούνται μεταφορές αερίων μαζών.

Άπνοια

«Η άπνοια ή οι ασθενείς άνεμοι ευνοούν τη συγκέντρωση των ρύπων, ιδιαίτερα όταν συνοδεύονται από ατμοσφαιρική ευστάθεια. Στην ατμοσφαιρική ευστάθεια, υπάρχει απουσία οριζόντιας βαροβαθμίδας με αποτέλεσμα την εμφάνιση μόνο τοπικών συστημάτων ανέμου που χαρακτηρίζονται από μικρές ταχύτητες αέρα, από κλειστή κυκλοφορία και αντιστροφή του κύκλου σε 24ωρη βάση. Οι συνθήκες αυτές δεν επιτρέπουν την απομάκρυνση των ρύπων, αφού στην ουσία υπάρχει μια παλινδρόμηση του μολυσμένου αέρα.» (Μπαλαφούτης, 2021)

Μικροαστικό Περιβάλλον

Η ταχύτητα των ανέμων μέσα στη πόλη είναι γενικά πολύ χαμηλή. Στη Θεσσαλονίκη, το 2004, στις μισές μέρες η ταχύτητα του ανέμου ήταν μικρότερη από 3 m/s (στα 25 m ύψος). Επιπλέον η πολύπλοκη διαμόρφωση των υψηλών κτιρίων έχει ως αποτέλεσμα τη περαιτέρω μείωση της ταχύτητας του ανέμου στο επίπεδο της οδού.» (Μ. Ασσαέλ, Κ. Κακοσίμος)

Σε μικρότερη γεωγραφική κλίμακα, στο μικροαστικό περιβάλλον η διασπορά των ρύπων εξαρτάται από τα εμπόδια (κτίρια, ανάγλυφο κλπ) που μεσολαβούν μεταξύ πηγή εκπομπής ρύπων και αποδέκτη. Ανάλογα με το ύψος του εμποδίου μπορεί να έχουμε συσσώρευση των ρύπων κι από την ανάκλαση τους αν το εμπόδιο είναι πιο ψηλό αλλά κι από την υπερπήδηση του όπου συχνά συνοδεύει καθοδική στροβιλώδη κίνηση των καυσαερίων, με αποτέλεσμα να δημιουργείται συσσώρευση στη βάση του εμποδίου.

Εντός των ορίων της πόλης, η διασπορά της ρύπανσης δυσχεραίνεται τόσο από το γεγονός ότι οι ρύποι εκπέμπονται χαμηλά όσο και από την ύπαρξη ψηλών και σε μεγάλη πυκνότητα κτιρίων, ως εκ τούτου μεγάλο μέρος των ρύπων παραμένει ουσιαστικά στον τόπο παραγωγής τους και κοντά στον πληθυσμό.

Αστική Θερμνησίδα

«Η Αστική Θερμική Νησίδα (Urban Heat Island) είναι το φαινόμενο της εμφάνισης στις αστικές περιοχές υψηλότερων θερμοκρασιών από ότι στις περιαστικές περιοχές. Αυτές οι υψηλότερες θερμοκρασίες αναφέρονται για το έδαφος ή/και για τον αέρα.

Έχει παρατηρηθεί ιδιαίτερα στις mega-cities και γενικά στα μεγάλα αστικά κέντρα πως πέρα από τη θερμοκρασία, και η βροχόπτωση, ο άνεμος και η υγρασία, διαφοροποιούνται συχνά σε σύγκριση με γειτονικές ημι-αστικές πόλεις ή αγροτικές περιοχές. Όλες αυτές οι διαφοροποιήσεις έχουν καταγραφεί εκτενώς στην επιστημονική βιβλιογραφία, κατά τρόπο που οι πόλεις θεωρείται πλέον πως έχουν «ένα μοναδικό κλίμα».

Η αστική θερμική νησίδα είναι κατά κύριο λόγο, ένα νυχτερινό φαινόμενο, του οποίου η δημιουργία αποδίδεται στις χαρακτηριστικές θερμικές και άλλες ιδιότητες των υλικών των επιφανειών του αστικού περιβάλλοντος. Κατά τη διάρκεια της ημέρας, οι αστικές περιοχές είναι σε θέση να αποθηκεύουν μεγαλύτερα ποσά θερμότητας μέσω της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας στις πολύπλοκες δομικές γεωμετρίες των αστικών υποδομών. Τα υλικά αυτά όπως το τσιμέντο και η άσφαλτος, χαρακτηρίζονται από μεγάλους συντελεστές απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας.

Από τη δύση του ήλιου και μετά, οι αστικές επιφάνειες αρχίζουν σταδιακά να αποβάλλουν τη θερμότητα που αποθήκευσαν κατά τη διάρκεια της ημέρας, σε αντίθεση όμως με τις μη αστικοποιημένες περιοχές, η ψύξη των αστικών περιοχών δεν είναι ιδιαίτερα αποδοτική. Αυτό οφείλεται, ξανά, στην πολύπλοκη αστική γεωμετρία η οποία οδηγεί σε απορρόφηση και επανεκπομπή προς την επιφάνεια σημαντικού ποσοστού της αποβαλλόμενης θερμότητας.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που δημιουργεί το φαινόμενο της αστικής θερμικής νησίδας προκαλούν σημαντική αύξηση της κατανάλωσης ηλεκτρικής ενέργειας για ψύξη κατά τους καλοκαιρινούς μήνες κι ιδιαίτερα τις νύχτες. Αυτό με τη σειρά του συνεπάγεται αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, καθώς και της συγκέντρωσης βλαβερών ρύπων, όπως το τροποσφαιρικό όζον και τα VOCs (πτητικές οργανικές ενώσεις).

Οι διογκωμένες, λόγω της αστικής θερμικής νησίδας, θερμοκρασίες που επικρατούν στις αστικές περιοχές, δύνανται να οδηγήσουν σε επιτάχυνση των φυσικών και χημικών διεργασιών που σχετίζονται με τη δημιουργία αέριας ρύπανσης όπως π.χ. και την αύξηση του ρυθμού παραγωγής όζοντος στις πόλεις. Η υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα, “υποστηριζόμενη” από την αστική θερμική νησίδα, μπορεί να οδηγήσει, με τη σειρά της, σε αύξηση της νοσηρότητας και της θνησιμότητας. (North meteo, 2018)

Δείκτες Ποιότητας του Αέρα

«Οι Δείκτες Ποιότητας του Αέρα (Air Quality Index, AQI) αποτελούν σημαντικά εργαλεία για την αριθμητική ή την περιγραφική κατηγοριοποίηση μεγάλου αριθμού περιβαλλοντικών παραμέτρων που θα ήταν περίπλοκο να εκφραστούν με επιστημονικές μονάδες.

Χρησιμοποιούνται για την ενημέρωση του κοινού με απλοϊκό τρόπο όπως π.χ. με τη χρήση μιας χρωματικής κλίμακας κι έχει αντικειμενικό σκοπό την παροχή πληροφοριών που μπορούν να καταστούν χρήσιμες για την αξιολόγηση της ποιότητας της ατμόσφαιρας και τη λήψη των κατάλληλων αποφάσεων.

Οι AQI προκύπτουν με κάποιους αλγορίθμους σε απλές ακέραιες αριθμητικές τιμές αποτίμησης της ποιότητας της ατμόσφαιρας σε συνδυασμό με την αντιστοίχιση χρώματος των πιθανών επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία του πληθυσμού.» (Κ.Π. Μουστρής, 2020)

AQI: Επίπεδα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Οι περισσότεροι από τους δείκτες ποιότητας του αέρα διαφέρουν στη μέθοδο υπολογισμού και επίσης στον αριθμό ρύπων, το εύρος τιμών κι αν λαμβάνουν υπόψη αντίστοιχες επιπτώσεις στην υγεία. Έτσι, είναι στην ευχέρεια των Αρχών της κάθε χώρας και λόγω των ιδιαιτεροτήτων τους, η θέσπιση και χρήση των δικών τους Δεικτών Ποιότητας του Αέρα.

Ο υπολογισμός του δείκτη AQI καθορίζεται από τις συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων που λαμβάνονται υπόψη. Πχ στην Ινδία για τον υπολογισμό του AQI λαμβάνουν υπόψη 8 ρυπαντές ενώ στην ΕΕ και τις ΗΠΑ, 5 τυπικούς ρυπαντές.

Οι συγκεντρώσεις των ρύπων επίσης διαφέρουν κατά τάξεις μεγέθους και οι επιδράσεις στην υγεία τους σε μονάδες συγκέντρωσης είναι σημαντικά διαφορετικές. Επομένως, είναι δύσκολο για το ευρύ κοινό να χρησιμοποιήσει τις συγκεντρώσεις άμεσα για να χαρακτηρίσει τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Η χρήση ενός δείκτη που κυμαίνεται από «καλό» σε «ανθυγιεινό» είναι πιο κατανοητό για το ευρύ κοινό και είναι ο πιο συνηθισμένος τρόπος ερμηνείας για τα επίπεδα της

ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Αυτοί οι δείκτες αναπτύχθηκαν για πρώτη φορά στις αρχές του 1970 και από τότε εξελίσσονται συνεχώς.

Μέθοδος Mayer

Για κάθε ρύπο που ορίζει ο εκάστοτε δείκτης (NO₂, SO₂, CO, O₃, PM₁₀) υπολογίζεται ένας υποδείκτης (DAQ Class) που λαμβάνει υπόψη τις συγκεντρώσεις του συγκεκριμένου ρύπου. Οι τιμές των συγκεντρώσεων βρίσκονται στους πίνακες της κάθε χώρας.

Η μετρούμενη τιμή συγκέντρωσης ενός ρύπου (σε όποια δεδομένη χρονική βάση) τοποθετείται ανάλογα με τη τιμή της σε μια τάξη εύρους συγκέντρωσης από τη μικρότερη προς το μεγαλύτερη. Ο κάθε υποδείκτης λαμβάνει ακέραιες τιμές (π.χ. 1,2,3,...). Σχηματικά αυτός ο τρόπος υπολογισμού δίνεται στην παρακάτω εικόνα.

NO ₂ (μg/m ³)	SO ₂ (μg/m ³)	CO (mg/m ³)	O ₃ (μg/m ³)	PM ₁₀ (μg/m ³)	DAQx value	DAQ class	classification
0-24	0-24	0.0-0.9	0-32	0.0-9.9	≤1.4	1	very good
25-49	25-49	1.0-1.9	33-64	10.0-19.9	1.5-2.4	2	good
50-99	50-119	2.0-3.9	65-119	20.0-34.9	2.5-3.4	3	satisfying
100-199	120-349	4.0-9.9	120-179	35.0-49.9	3.5-4.4	4	sufficient
200-499	350-999	10.0-29.9	180-239	50.0-99.9	4.5-5.4	5	poor
≥ 500	≥ 1000	≥ 30.0	≥ 240	≥ 100	≥ 5.5	6	very poor

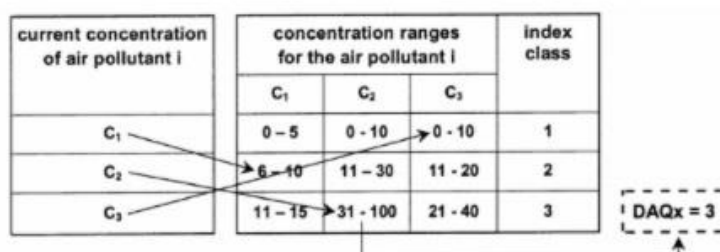


Figure 1: Schematic explanation of the method to determine DAQx.

$$DAQx = \left[\left(\frac{DAQx_{up} - DAQx_{low}}{C_{up} - C_{low}} \right) \cdot (C_{inst} - C_{low}) \right] + DAQx_{low}$$

An example is given to explain the approach (2.6). A daily maximum 1-h O₃ concentration of 110 μg/m³ leads to the following DAQx value:

$$DAQx = \left[\left(\frac{3.4 - 2.5}{119 - 65} \right) \cdot (110 - 65) \right] + 2.5 = 3.3$$

Εικόνα 25 Mayer Μέθοδος

Mayer, Helmut & Makra, László & Kalberlah, Fritz & Ahrens, Dieter & Reuter, Ulrich. (2004). Air stress and air quality indices. Meteorologische Zeitschrift. 13. 395-403. 10.1127/0941-2948/2004/0013-0395. Against the background of the growing demand for indices suited to assess the integral air quality that is not restricted to a single air pollutant, formulations for statistical air stress indices and an impact-related air quality index (DAQx) are presented. Their sensitivity depending on emission and air mass exchange conditions is investigated by test calculations based on air pollution data from three different sites in southwest Germany characterised by different air pollution levels and one site (Szeged) in southern Hungary with a comparatively high air pollution level. The results can be explained by methodical characteristics of the indices and the local emission situation.

Κάθε τέτοια τάξη εύρους αντιστοιχεί σε μια κλάση ανάλογα με τον πίνακα. Η μέγιστη τιμή όλων των υποδεικτών καθορίζει την τιμή του δείκτη.

Σε περίπτωση που σε κάποιο δείκτη δεν δίνονται ακέραιες τιμές στους υποδείκτες τότε θεωρήθηκαν σύμφωνα με τη δομή της κλίμακας της ποιότητας του αέρα. (Mayer, 2008).

Υπάρχουν κι άλλες μέθοδοι υπολογισμού τέτοιων περιβαλλοντικών δεικτών (Αριθμητικού Μέσου κλπ.) ενώ συνεχώς εξελίσσονται ιδιαίτερα με τη χρήση υπολογιστικών μοντέλων σε ότι αφορά τη πρόγνωση και τη πρόβλεψη των Δεικτών επόμενης ημέρας.

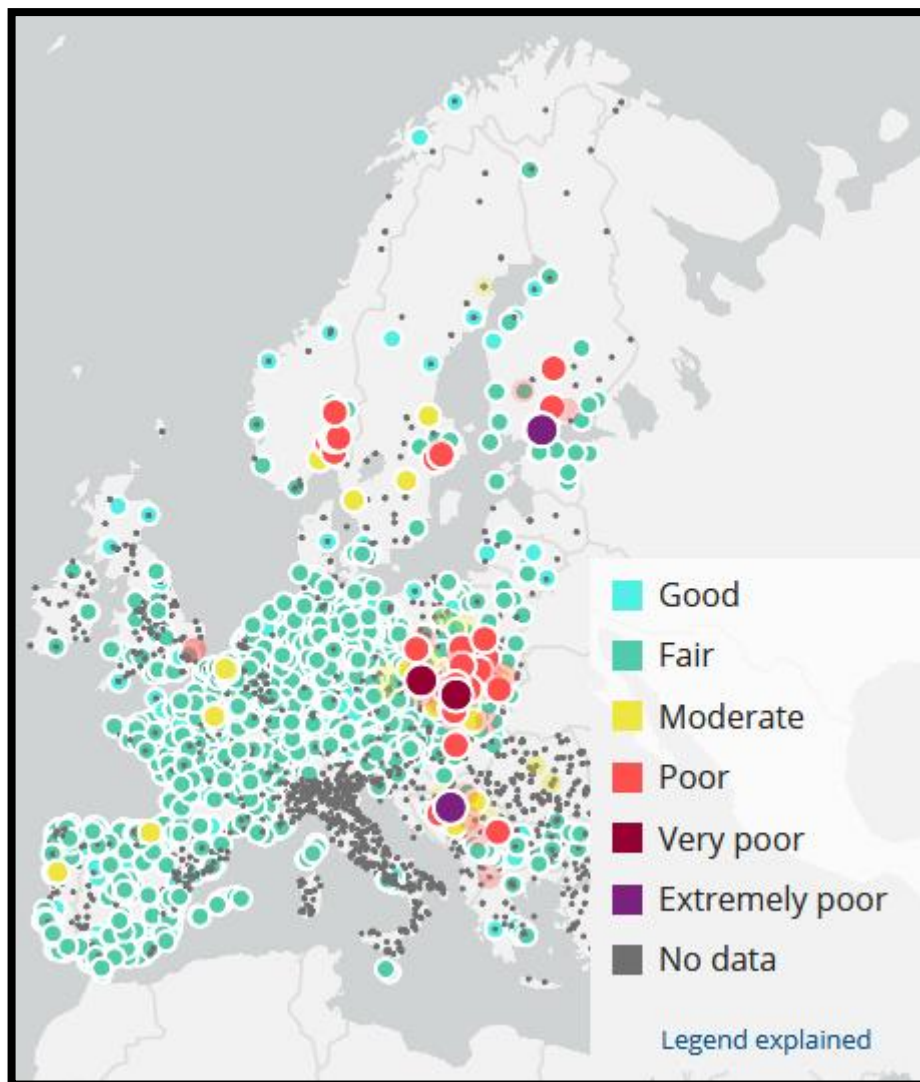
Ευρωπαϊκός Δείκτης Ποιότητας του Αέρα

«Ο Δείκτης Ποιότητας του Αέρα που χρησιμοποιείται στην Ευρώπη είναι ο EAQI (European Air Quality Index) ενώ μέχρι τα προηγούμενα χρόνια χρησιμοποιούταν ο Δείκτης CAQI (Common Air Quality Index), ο οποίος πλέον έχει πάψει να εφαρμόζεται από τις Επίσημες Αρχές.

Ο Ευρωπαϊκός Δείκτης Ποιότητας του Αέρα¹³ επιτρέπει στους πολίτες της κάθε χώρας καθώς κι αυτούς που θα ταξιδέψουν να ελέγχουν την τρέχουσα ποιότητα του αέρα στη πόλη που ενδιαφέρονται κι έτσι να μπορούν να προγραμματίσουν τις εξωτερικές τους δραστηριότητες.

Στην διαδικτυακή εφαρμογή που παρουσιάζεται υπό μορφή χάρτη υπάρχουν βασικές χρωματικές κατηγορίες και αντίστοιχοι ορισμοί για όλες τις πόλεις και τις περιφέρειες της Ευρώπης αφού εφαρμόζεται στο σύνολο της Ευρώπης και λαμβάνει μετρήσεις από πάνω από 2000 σταθμούς παρακολούθησης.

¹³ <https://airindex.eea.europa.eu/Map/AQI/Viewer/>



Εικόνα 26 EAQI

Το χρώμα της κουκίδας προκύπτει από τη χειρότερη μετρούμενη τιμή μεταξύ των πέντε τυπικών ρυπαντών, των αιωρούμενων σωματιδίων ($ΑΣ_{2,5}$ και $ΑΣ_{10}$), του τροποσφαιρικού όζοντος (O_3), του διοξειδίου του αζώτου (NO_2) και του διοξειδίου του θείου (SO_2).

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι NO_2 , O_3 και SO_2 μετριούνται ως ωριαίες συγκεντρώσεις και τα σωματίδια ως μέση τιμή των 24-ώρων συγκεντρώσεων τους. Ο ωριαίος συνολικός Ευρωπαϊκός Δείκτης Ποιότητας Αέρα ορίζεται ως η υψηλότερη τιμή ανάμεσα στους επιμέρους δείκτες των ρύπων που υπολογίστηκαν εντός της ίδιας ώρας.

Παραδείγματος χάρη, αν οι δείκτες για τα O_3 , NO_2 , SO_2 , $ΑΣ_{2,5}$ και $ΑΣ_{10}$ είναι 1, 3, 1, 2 και 2 αντίστοιχα, ο συνολικός δείκτης θα είναι 3. Η μέγιστη τιμή υποδείκτη καθορίζει και το γενικό δείκτη ποιότητας αέρα. Οι τιμές του δείκτη EAQI για την Ευρώπη, η ποιότητα του αέρα και τα όρια συγκεντρώσεων των ρύπων, φαίνονται στην *εικόνα 27.*» (EEA, 2018)

Pollutant	Index level (based on pollutant concentrations in $\mu\text{g}/\text{m}^3$)					
	Good	Fair	Moderate	Poor	Very poor	Extremely poor
Particles less than $2.5\ \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$)	0-10	10-20	20-25	25-50	50-75	75-800
Particles less than $10\ \mu\text{m}$ (PM_{10})	0-20	20-40	40-50	50-100	100-150	150-1200
Nitrogen dioxide (NO_2)	0-40	40-90	90-120	120-230	230-340	340-1000
Ozone (O_3)	0-50	50-100	100-130	130-240	240-380	380-800
Sulphur dioxide (SO_2)	0-100	100-200	200-350	350-500	500-750	750-1250

AQ index	General population	Sensitive populations
Good	The air quality is good. Enjoy your usual outdoor activities.	The air quality is good. Enjoy your usual outdoor activities.
Fair	Enjoy your usual outdoor activities	Enjoy your usual outdoor activities
Moderate	Enjoy your usual outdoor activities	Consider reducing intense outdoor activities, if you experience symptoms.
Poor	Consider reducing intense activities outdoors, if you experience symptoms such as sore eyes, a cough or sore throat	Consider reducing physical activities, particularly outdoors, especially if you experience symptoms.
Very poor	Consider reducing intense activities outdoors, if you experience symptoms such as sore eyes, a cough or sore throat	Reduce physical activities, particularly outdoors, especially if you experience symptoms.
Extremely poor	Reduce physical activities outdoors.	Avoid physical activities outdoors.

Εικόνα 27 European Air Quality Index Notes

Ο δείκτης χρησιμοποιεί «ενημερωμένα» δεδομένα ποιότητας αέρα που αναφέρονται επίσημα κάθε ώρα από τις χώρες μέλη του ΕΟΧ, συμπληρωμένα, όπου είναι απαραίτητο, με μοντέλα δεδομένων ποιότητας αέρα από την Υπηρεσία Παρακολούθησης Ατμόσφαιρας Copernicus (CAMS) της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ατμοσφαιρική Ρύπανση στην Ελλάδα

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ) είναι θεσμικά υπεύθυνο για θέματα που αφορούν την Ατμοσφαιρική Ρύπανση και μεταξύ άλλων υπεύθυνο για την υποβολή δεδομένων στην ΕΕ αλλά και την έκδοση των Ημερήσιων Δελτίων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.

Την ευθύνη για τη λειτουργία του δικτύου μέτρησης ατμοσφαιρικής ρύπανσης της ευρύτερης περιοχής της Αθήνας έχει το Τμήμα Ποιότητας Ατμόσφαιρας, το οποίο ανήκει στη Διεύθυνση Κλιματικής Αλλαγής και Ποιότητας Ατμόσφαιρας (ΚΑΠΑ) του ΥΠΕΝ ενώ για τους υπόλοιπους σταθμούς του ΕΔΠΑΡ, υπεύθυνες είναι οι αντίστοιχες Περιφερειακές διοικήσεις της χώρας.

Η μέτρηση των ατμοσφαιρικών ρύπων γίνεται σε συνεχή 24ωρη βάση και οι μέσες ωριαίες τιμές ρύπανσης υπολογίζονται μέσω ενός μικροεπεξεργαστή που βρίσκεται σε κάθε αυτόματο σταθμό και συνδέεται με τους αυτόματους αναλυτές με τον χρόνο απόκρισης των αυτομάτων αναλυτών να είναι της τάξης του ενός λεπτού.

«Η διαρκής παρακολούθηση των επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης της περιοχής επιτυγχάνεται με την μεταβίβαση των τιμών αυτών στον κεντρικό υπολογιστή της υπηρεσίας, μέσω τηλεφωνικής γραμμής.»

Έτσι λαμβάνονται οι μετρήσεις κι αποστέλλονται στη Βάση Δεδομένων του προκειμένου να γίνεται η γενικότερη επιτήρηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, η πληροφόρηση του Κρατικού μηχανισμού αλλά και για να ενημερωθούν οι πολίτες.

Ενημέρωση του Κοινού

«Η ενημέρωση του κοινού γίνεται σε τρέχοντα χρόνο με στόχο τη προστασία της υγείας των ευαίσθητων πληθυσμιακών ομάδων κι επιτυγχάνεται με

- το Ημερήσιο Δελτίο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης,

- το Έκτακτο δελτίο υπερβάσεων των οριακών τιμών όζοντος και
- τη πρόσβαση στη σελίδα του Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος – Μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο.

Επίσης, κάθε χρόνο εκδίδεται η ετήσια έκθεση για την ποιότητα της ατμόσφαιρας, η οποία είναι διαθέσιμη στην ενότητα Εκθέσεις.» (ΥΠΕΝ, 2019)

Σταθμοί Αττικής

	Σήμερα 18/12/2020 οι τιμές μέχρι τις 13:00 κυμάνθηκαν:	Χθες 17/12/2020 οι τιμές κυμάνθηκαν:
 Όζον	<ul style="list-style-type: none"> • από 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ, • μέχρι 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ 	<ul style="list-style-type: none"> • από 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ, • μέχρι 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ
Όριο : ενημέρωσης κοινού 180 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -- συναγεμμού 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση		
 Διοξείδιο του Αζώτου	<ul style="list-style-type: none"> • από 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΑΓ_ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ, • μέχρι 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ 	<ul style="list-style-type: none"> • από 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ, • μέχρι 83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Όριο συναγεμμού 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση		
 Διοξείδιο του Θείου	<ul style="list-style-type: none"> • από 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΕΛΕΥΣΙΝΑ, • μέχρι 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΕΙΡΑΙΑΣ-1 	<ul style="list-style-type: none"> • από 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΕΛΕΥΣΙΝΑ, • μέχρι 9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Όριο συναγεμμού 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Οι μετρήσεις γίνονται σε ωριαία βάση		
 Διοξείδιο του Θείου		<ul style="list-style-type: none"> • από 2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΕΛΕΥΣΙΝΑ, • μέχρι 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Οριακή τιμή 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (να μην υπερβαίνεται περισσότερες από 3 φορές το έτος) Οι τιμές είναι σε 24ωρη βάση.		
 Μονοξείδιο του Άνθρακα	<ul style="list-style-type: none"> • από 0.9 mg/m^3 στο σταθμό ΜΑΡΟΥΣΙ, • μέχρι 2.7 mg/m^3 στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ 	<ul style="list-style-type: none"> • από 0.2 mg/m^3 στο σταθμό ΑΘΗΝΑΣ, • μέχρι 2.2 mg/m^3 στο σταθμό ΠΑΤΗΣΙΩΝ
Δεν έχει θεσπιστεί όριο συναγεμμού. Οριακή τιμή 10 mg/m^3 . Οι τιμές είναι σε 8ωρη βάση		
 Απορρέοντα Σωματίδια		<ul style="list-style-type: none"> • από 11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ, • μέχρι 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ στο σταθμό ΝΕΑ ΣΜΥΡΝΗ
Δεν έχει θεσπισθεί όριο συναγεμμού -- Οριακή τιμή 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ να μην υπερβαίνεται περισσότερες από 35 φορές το έτος Οι μετρήσεις γίνονται σε 24ωρη βάση		

Εικόνα 28 Δελτίο Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης (18/12/20)

AQI-USEPA (Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής)

Ο Οργανισμός Περιβαλλοντικής Προστασίας των Ηνωμένων Πολιτειών Αμερικής (EPA) ανέπτυξε έναν Δείκτη Ποιότητας Αέρα που χρησιμοποιείται για την αναφορά της ποιότητας του αέρα. Αυτός ο Δείκτης, AQI, χωρίζεται σε έξι κατηγορίες που δείχνουν αυξανόμενα επίπεδα ανησυχίας για την υγεία.

Air Quality Index (AQI) Values	Levels of Health Concern	Colors
0 to 50	Good	Green
51 to 100	Moderate	Yellow
101 to 150	Unhealthy for Sensitive Groups	Orange
151 to 200	Unhealthy	Red
201 to 300	Very Unhealthy	Purple
301 to 500	Hazardous	Maroon

Εικόνα 29 US EPA AQI Values

Η τιμή AQI άνω των 300 αντιπροσωπεύει επικίνδυνη ποιότητα αέρα και κάτω από 50 η ποιότητα του αέρα είναι καλή.

Η μέγιστη τιμή που μπορεί να λάβει είναι το 500.

Το AQI βασίζεται στους πέντε ρύπους “κριτήρια” που ρυθμίζονται βάσει του Clean Air Act:

- Όζον στο έδαφος,
- Αιωρούμενα Σωματίδια,
- Μονοξείδιο του άνθρακα,
- Διοξείδιο του θείου και
- Διοξείδιο του αζώτου.

Η EPA έχει θεσπίσει Εθνικά Πρότυπα Ποιότητας του Ατμοσφαιρικού Αέρα (NAAQS) για καθέναν από αυτούς τους ρύπους προκειμένου να προστατεύσει τη δημόσια υγεία. Μια τιμή του AQI περίπου 100 αντιστοιχεί γενικά στο επίπεδο των Εθνικών Προτύπων (NAAQS) για τον ρύπο.

Τα όρια τιμών, φαίνονται στην εικόνα 30, κάτω.

Ρύπος	Μέσος όρος	Ορια για την προστασία της ανθρώπινης υγείας	Παρατήρηση
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	8 ωρών	9 ppm (ή 10,31 mg/m ³)	Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από μια φορά το χρόνο
	1 ώρας	35 ppm (ή 40,1 mg/m ³)	
Μόλυβδος (Pb)	Κυλιόμενο μέσο όρο 3 μηνών	0.15 µg/m ³ (ή 0.00004 ppm)	Να μην υπερβαίνεται
Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)	1 ώρας	100 ppb (ή 0,1 ppm ή 190 µg/m ³)	98 ^ο εκατοστημόριο ημερήσιων μέγιστων συγκεντρώσεων 1 ώρας, κατά μέσο όρο επί 3 έτη
	1 χρόνου	53 ppb (0,053ppm ή 100 µg/m ³)	Ετήσιος μέσος όρος
Όζον (O₃)	8 ωρών	0.070 ppm (ή 92 µg/m ³)	Ετήσια τέταρτη μεγαλύτερη ημερήσια μέγιστη συγκέντρωση 8 ωρών, μέση τιμή για 3 έτη
Αιωρούμενα Σωματίδια (PM)	PM _{2.5}	1 χρόνου	12.0 µg/m ³
		24 ωρών	35 µg/m ³
	PM ₁₀	24 ωρών	150 µg/m ³
Διοξείδιο του θείου (SO₂)	1 ώρας	75 ppb (0,075ppm ή 20 µg/m ³)	98 ^ο εκατοστημόριο, κατά μέσο όρο για 3 χρόνια
			Να μην υπερβαίνεται περισσότερο από μια φορά το χρόνο
			99 ^ο εκατοστημόριο ημερήσιων μέγιστων συγκεντρώσεων 1 ώρας, κατά μέσο όρο επί 3 έτη

Εικόνα 30 Όρια ρύπων στις ΗΠΑ

Όρια αέριων ρύπων (NAAQS) στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής (ΗΠΑ)

Ο νόμος για τον καθαρό αέρα Clean Air Act, (1990) απαιτεί από την EPA να αναθεωρεί τα εθνικά πρότυπα ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα κάθε πέντε χρόνια για να αντικατοπτρίζει τις εξελισσόμενες πληροφορίες για τις επιπτώσεις στην υγεία.

Ο δείκτης ποιότητας αέρα προσαρμόζεται περιοδικά ώστε να αντικατοπτρίζει αυτές τις αλλαγές.

Η Μέθοδος Υπολογισμού AQI-USEPA.

«Πρώτα, για κάθε ρύπο λαμβάνεται η υψηλότερη συγκέντρωση του από όλους τους σταθμούς παρακολούθησης και γίνεται στρογγυλοποίηση αυτών των τιμών ως εξής:

PM_{2.5} (µg/m³) = στρογγυλοποίηση σε 1 δεκαδική θέση

PM₁₀ (µg/m³) = στρογγυλοποίηση σε ακέραιο αριθμό

O₃ (ppm) = στρογγυλοποίηση σε 3 δεκαδικές θέσεις

CO (ppm) = στρογγυλοποίηση σε 1 δεκαδική θέση

NO₂ (ppb) = στρογγυλοποίηση σε ακέραιο αριθμό

SO₂ (ppb) = στρογγυλοποίηση σε ακέραιο αριθμό

Έπειτα, σύμφωνα με τον πίνακα των συγκεντρώσεων που δίνεται παραπάνω βρίσκονται τα όρια που περιέχουν τις μετρούμενες συγκεντρώσεις και εν συνεχεία, γίνεται εφαρμογή της εξίσωσης της Σχέσης 7 και έτσι υπολογίζονται οι υποδείκτες για κάθε ρύπο.

$$I_p = I_{HI} - I_{LO} / BP_{HI} - BP_{LO} \times (C_p - BP_{LO}) + I_{LO}$$

Σχέση 7

I_p υποδείκτης ρύπου p

BP_{HI} όριο συγκέντρωσης μεγαλύτερης ή ίσης του C_p

BP_{LO} όριο συγκέντρωσης μικρότερης ή ίσης του C_p

C_p στρογγυλοποιημένη συγκέντρωση του ρύπου p

I_{HI} η τιμή του AQI με βάση το BP_{HI}

I_{LO} η τιμή του AQI με βάση το BP_{LO}

Οι υποδείκτες στρογγυλοποιούνται σε ακέραιο αριθμό.

AQI USEPA	Ποιότητα Αέρα	O ₃ (ppm) 1h	O ₃ (ppm) 8h	NO ₂ (ppb) 1h	PM ₁₀ (μg/m ³) 24h	SO ₂ (ppb) 1h	CO (ppm) 8h	PM _{2.5} (μg/m ³) 24h
0-50	Καλή (Good)	-	0-0.054	0-53	0-54	0-35	0-4.4	0-12
51-100	Μέτρια (Moderate)	-	0.055-0.07	54-100	55-154	36-75	4.5-9.4	12.1-35.4
101-150	Ανθυγιεινή για Ευαίσθητες Ομάδες (Unhealthy for Sensitive Groups)	0.125-0.164	0.071-0.085	101-360	155-254	76-185	9.5-12.4	35.5-55.4
151-200	Ανθυγιεινή (Unhealthy)	0.165-0.204	0.086-0.105	361-649	255-354	(186-304)	12.5-15.4	(55.5-150.4)
201-300	Πολύ Ανθυγιεινή (Very Unhealthy)	0.205-0.404	0.106-0.200	650-1249	355-424	(305-604)	15.5-30.4	(150.5-250.4)
301-400	Επικίνδυνη (Hazardous)	0.405-0.504	-	1250-1649	425-504	(605-804)	30.5-40.4	(250.5-350.4)
401-500	Επικίνδυνη (Hazardous)	0.505-0.604	-	1650-2049	505-604	(805-1004)	40.5-50.4	(350.5-500.4)

Εικόνα 31 Πίνακας Υπολογισμού AQI (Μέθοδος USEPA)

Παράδειγμα υπολογισμού ενός υποδείκτη π.χ. NO₂ = C_p = 65 ppb

$$\text{Υποδείκτης NO}_2 = 100 - 51 / 100 - 54 \times (65 - 54) + 51 = 63$$

Με παρόμοιο τρόπο υπολογίζονται όλοι οι 5 ρύποι κριτήρια (προσοχή στην επιλογή της μέγιστης τιμής του Όζοντος εκ των 2) και η μέγιστη τιμή από αυτές τις 5 θα είναι ένας αριθμός από το 0 – 500 κι άρα θα αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο από αυτές τις 6 χρωματικές κατηγορίες.» (Wikipedia: AQI)

Πολιτική

Την ατμοσφαιρική ρύπανση προσπαθούν να αντιμετωπίσουν σε διάφορα πεδία (κανονισμοί, τεχνολογία, χημικά κλπ) με πολιτικές αποφάσεις σε κεντρικό ή περιφερειακό επίπεδο, τα διάφορα θεσμικά όργανα με τη σημαντικότερη πρώτη παγκόσμια προσπάθεια που έγινε με το Πρωτόκολλο του Κιότο¹⁴ σε διεθνές επίπεδο από τις δραστηριότητες του ΟΗΕ.

Αποτέλεσμα των πολιτικών αποφάσεων ήταν και στην Ευρωπαϊκή Ένωση η καθιέρωση του καταλύτη στα αυτοκίνητα και ο ιονισμός στις καμινάδες των εργοστασίων. Οι καταλύτες, αποτρέπουν την εκπομπή των άκαυστων αερίων και οξειδίων που παράγουν οι μηχανές εσωτερικής καύσης, ενώ ο ιονισμός στις καμινάδες μειώνει την εκπομπή των βλαβερών αερίων κατά 90%.

«Από τις αρχές της δεκαετίας του 1970, η ΕΕ εργάζεται για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα ελέγχοντας τις εκπομπές επιβλαβών ουσιών στην ατμόσφαιρα, βελτιώνοντας την ποιότητα των καυσίμων και ενσωματώνοντας τις απαιτήσεις προστασίας του περιβάλλοντος στους τομείς των μεταφορών και της ενέργειας.

Ως αποτέλεσμα, έχει σημειωθεί μεγάλη πρόοδος στην αντιμετώπιση των ατμοσφαιρικών ρύπων όπως το διοξείδιο του θείου, ο μόλυβδος, τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και το βενζόλιο. Ωστόσο και παρά την πρόοδο που έχει σημειωθεί μέχρι σήμερα, η κακή ποιότητα του αέρα συνεχίζει να προκαλεί σοβαρά προβλήματα.

Ως βήμα προς τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα, η ΕΕ ενέκρινε το 2013 ένα πακέτο μέτρων για τον καθαρό αέρα, συμπεριλαμβανομένου ενός προγράμματος Καθαρού Αέρα για την Ευρώπη Clean Air For Europe programme (CAFE), που θέτει στόχους για το 2020 και το 2030 με συνοδευτικά νομοθετικά μέτρα.

Το πακέτο μέτρων, δημοσιεύθηκε από την Επιτροπή στις 18 Δεκεμβρίου 2013 και αποτελείται από την ανακοίνωση Πρόγραμμα Καθαρού Αέρα για την Ευρώπη, και από τρεις νομοθετικές προτάσεις για τις εκπομπές και την ατμοσφαιρική ρύπανση, έχει στόχο την ουσιαστική μείωση της ρύπανσης του αέρα στην ΕΕ κι αποτελείται μεταξύ άλλων, από τα εξής στοιχεία:

¹⁴ 11/12/1997

- το πρόγραμμα *Καθαρός αέρας για την Ευρώπη* – στρατηγική της Επιτροπής με μέτρα για την επίτευξη των υφιστάμενων στόχων και τη θέση νέων στόχων για την ποιότητα του αέρα για το διάστημα μέχρι το 2030
- αναθεωρημένη οδηγία για τα εθνικά ανώτατα όρια εκπομπών, με αυστηρά ανώτατα όρια εκπομπών για τους βασικούς ρυπογόνους παράγοντες
- πρόταση οδηγίας για τη μείωση της ρύπανσης από τις μεσαίου μεγέθους μονάδες καύσης
- πρόταση για την έγκριση των τροποποιημένων διεθνών κανόνων για τη διασυνοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλη απόσταση (Πρωτόκολλο του Γκέτεμποργκ¹⁵) σε επίπεδο ΕΕ

Το 2018, η Επιτροπή εξέδωσε ανακοίνωση με τίτλο «Μια Ευρώπη που προστατεύει: καθαρό αέρα για όλους» που παρέχει πρακτική βοήθεια σε εθνικούς, περιφερειακούς και τοπικούς φορείς για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα στην Ευρώπη και με τη προτεινόμενη στρατηγική να θέτει στόχους για τη μείωση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία και το περιβάλλον μέχρι το 2030.

Με την εφαρμογή της δέσμης μέτρων για τον καθαρό αέρα, θα υπάρξει βελτίωση της ποιότητας του αέρα για όλους τους πολίτες της ΕΕ, καθώς και χαμηλότερο υγειονομικό κόστος για τις κυβερνήσεις ενώ θα είναι επωφελής και για τη βιομηχανία, αφού τα μέτρα για τη μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης θα τονώσουν την καινοτομία και θα ενισχύσουν την ανταγωνιστικότητα της ΕΕ στην πράσινη τεχνολογία.

Το Πακέτο Μέτρων Καθαρός Αέρας στην Ευρώπη, σε αριθμούς:

Μέχρι το 2030, εν συγκρίσει με τη σημερινή κατάσταση, με τα μέτρα της δέσμης καθαρού αέρα αναμένεται ότι:

- θα αποφευχθούν 58.000 πρόωροι θάνατοι
- θα σωθούν 123.000 km² οικοσυστημάτων από τη ρύπανση του αζώτου
- θα σωθούν 56.000 km² προστατευόμενων περιοχών NATURA
- θα σωθούν 19.000 km² δασικών οικοσυστημάτων από την οξίνιση.»

(EU Council/Policies, 2020) (EU Clean Air, 2020)

¹⁵ [30/11/1999](#)

Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Η Νομοθεσία στην Ευρώπη και η Νομοθεσία στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, που αφορούν την ποιότητα του αέρα, έχουν πολλά κοινά τόσο στις τεχνολογίες, την οικονομία, τον πληθυσμό, κλπ., όσο και στα προβλήματα που αντιμετωπίζουν για τη προστασία της Δημόσιας Υγείας από την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Έχουν όμως και διαφορές και η σημαντικότερη είναι ότι στις Η.Π.Α., η ποιότητα του αέρα είναι ομοσπονδιακή υπόθεση και οι σχετικές πολιτικές ισχύουν για ολόκληρη τη χώρα. Αντίθετα, η πολιτική για την ποιότητα του αέρα στην Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) αποτελείται από ένα μείγμα κανόνων που εκδίδει η Ευρωπαϊκή Επιτροπή και εκείνων που υιοθετούνται από τις εθνικές νομοθεσίες τα Κράτη – Μέλη προς τη συμμόρφωση τους. Κάθε χρόνο βέβαια, όλα τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα να καταθέτουν στην Ευρωπαϊκή ένωση τα επίσημα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί.

‘Αυτό σημαίνει ότι η ΕΕ καθορίζει τα πρότυπα, και τα κράτη μέλη καθορίζουν τον καλύτερο τρόπο επίτευξης τους εντός της χώρας τους.’

Οι σημαντικότερες Ευρωπαϊκές Νομοθεσίες για την Ατμοσφαιρική Ρύπανση, φαίνονται στον πίνακα κάτω.

<u>Οδηγία</u> <u>2008/50/ΕΚ</u>	<p>Για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα και καθαρότερο αέρα για την Ευρώπη, με συγχώνευση της πλειονότητας της υφιστάμενης νομοθεσίας σε μία ενιαία οδηγία (εκτός από την τέταρτη θυγατρική οδηγία) χωρίς αλλαγή στους υπάρχοντες στόχους για την ποιότητα του αέρα.</p> <p>Νέους στόχους ποιότητας του αέρα για PM_{2.5} (λεπτά σωματίδια), συμπεριλαμβανομένων των οριακών τιμών και των σχετικών με την έκθεση στόχων.</p> <p>Δυνατότητα παράτασης χρόνου τριών ετών (PM₁₀) ή έως πέντε ετών (NO₂, βενζόλιο) για συμμόρφωση με οριακές τιμές.</p>
<u>Οδηγία</u> <u>2004/107/ΕΚ</u>	<p>Αποτελεί τη τέταρτη θυγατρική οδηγία του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με το αρσενικό, το κάδμιο, τον υδράργυρο, το νικέλιο και τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες στον αέρα του περιβάλλοντος.</p>

<p><u>Οδηγία</u> <u>2015/1480/ΕΚ</u></p>	<p>της 28/08/2015 για την τροποποίηση διαφόρων παραρτημάτων των οδηγιών 2004/107 / ΕΚ και 2008/50 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου για τον καθορισμό των κανόνων σχετικά με τις μεθόδους αναφοράς, την επικύρωση δεδομένων και τον τόπο των σημείων δειγματοληψίας για την αξιολόγηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.</p>
<p><u>Εκτελεστική</u> <u>απόφαση</u> <u>2011/850 / ΕΕ</u> <u>της Επιτροπής</u></p>	<p>Εκτελεστική απόφαση της Επιτροπής, της 12ης Δεκεμβρίου 2011, για τη θέσπιση κανόνων για τις οδηγίες 2004/107 / ΕΚ και 2008/50 / ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου όσον αφορά την αμοιβαία ανταλλαγή πληροφοριών και υποβολής στοιχείων ποιότητας ατμοσφαιρικού αέρα.</p>

Πίνακας 8 Κυριότερη Ευρωπαϊκή Νομοθεσία

Εθνική Νομοθεσία

Νομοθεσία για την Ατμοσφαιρική Ρύπανση

«Η σχετική νομοθεσία της Ελλάδας για τη ποιότητα του αέρα απορρέει από τις υποχρεώσεις της έναντι της Σύμβασης – Πλαισίου των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Αλλαγές (1992), του Πρωτοκόλλου του Κιότο και του Κοινοτικού Δικαίου για την Ενέργεια, τη Κλιματική Αλλαγή και την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Ολόκληρη η νομοθεσία (141 νομοθετήματα στις 09/02/2021) με θέμα την Ατμοσφαιρική Ρύπανση είναι προσβάσιμη κι από το ΕΛΙΝΥΑΕ στη σελίδα: <https://www.elinyae.gr/index.php/lexeis-kleidia/atmosfairiki-rypansi?page=0>

Σε μεγάλο βαθμό, η εθνική νομοθεσία που διέπει το ατμοσφαιρικό περιβάλλον εκπορεύεται από την εναρμόνιση με τις σχετικές ευρωπαϊκές οδηγίες, κανονισμούς και αποφάσεις.

Εθνικές δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών

Το εθνικό πλαίσιο πολιτικής για την ποιότητα του αέρα και τη ρύπανση της ατμόσφαιρας, θέτει ως στόχο τη μείωση των εκπομπών SO₂, NO_x, VOC (εκτός του μεθανίου), NH₃ και PM_{2.5}.

Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται οι εθνικές δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών, για την Ελλάδα, σε σύγκριση με το έτος αναφοράς το οποίο είναι το 2005 (σε ποσοστό %)

	SO ₂	NO _x	VOC εκτός του μεθανίου	NH ₃	PM _{2.5}
2020 2029 (Υ)	74%	31%	54%	7%	35%
Από το 2030 και μετά (Υ)	88%	55%	62%	10%	50%

Εικόνα 32 Δεσμεύσεις μείωσης εκπομπών % των τιμών 2005

Στον Πίνακα 9, κάτω παρουσιάζεται ένας ενδεικτικός πίνακας σχετικά με την ενσωμάτωση στην εθνική νομοθεσία, των κυριότερων κοινοτικών οδηγιών σε θέματα ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Επίσης, η Ελλάδα είναι μέλος της σύμβασης CLRTAP, την οποία έχει επικυρώσει από το 1983, και υποβάλει ετησίως απογραφικά δεδομένα για τις εκπομπές των ρύπων που καλύπτονται από αυτήν και τα συνδεδεμένα πρωτόκολλα.

Επίσης, έχει επικυρώσει το 1998 τα πρωτόκολλα της Σόφιας και του Όσλο. Αναφορικά με το πρώτο (εκπομπές NO_x), από το 2010 έχει επιτύχει την προβλεπόμενη σταθεροποίηση των εκπομπών στα επίπεδα του 1987. Σχετικά με το δεύτερο (εκπομπές ενώσεων του θείου), επίσης έχει επιτύχει την τήρηση των προβλεπόμενων ορίων για τα έτη αναφοράς 2000, 2005, 2010.

<u>Γενική περιγραφή</u>	<u>Οδηγία</u>	<u>Εθνικά μέτρα μεταφορά</u>
Ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα (ρύποι κριτήρια)	2008/50/EK	ΚΥΑ 14122/549, ΦΕΚ 488/B/30.3.2011
Ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα (As, Cd, Hg, Ni, Pb, BaP)	2004/107/EK	ΚΥΑ 22306/1075, ΦΕΚ 920/B/8.6.2007
Ποιότητα ατμοσφαιρικού αέρα (τροποποιητική των ανωτέρω)	(ΕΕ) 2015/1480	ΥΑ 174505/607, ΦΕΚ 1311/B/13.4.2017
Εθνικά όρια εκπομπών (NECD)	(ΕΕ) 2016/2284	ΚΥΑ 174111/525, ΦΕΚ 1139/B/31.3.2017
Βιομηχανικές εκπομπές (IED)	2010/75/EK	ΥΑ 36060/1155, ΦΕΚ 1450/B/14.6.2013

Μεσαίες εγκαταστάσεις καύσης (MED)	(ΕΕ) 2015/2193	ΚΥΑ 6164/2018, ΦΕΚ 1107/Β/27.3.2018
Εκπομπές από κινητήρες εσωτερικής καύσης σε μη-οδικά κινητά μηχανήματα	97/68/ΕΚ, 2001/63/ΕΚ, 2002/88/ΕΚ, 2004/26/ΕΚ, 2012/46/ΕΕ	ΥΑ Δ13/ο/121, ΦΕΚ 53/Β/24.1.2007, ΥΑ Δ13/ο/1096, ΦΕΚ 218/Β/4.2.2014
Έλεγχος εκπομπών VOC από αποθήκευση/μεταφορά βενζίνης	94/63/ΕΚ	ΚΥΑ 10245/713, ΦΕΚ 311/Β/16.4.1997
Ανάκτηση ατμών βενζίνης κατά τον ανεφοδιασμό	2009/126/ΕΚ	ΚΥΑ 21523/763, ΦΕΚ 1439/Β/2.5.2012
Περιεκτικότητα καυσίμων βενζίνης και ντίζελ σε θείο	2003/17/ΕΚ	ΚΥΑ 291/2003, ΦΕΚ 332/Β/11.2.2004
Περιεκτικότητα καυσίμων σε θείο	2016/802/ΕΕ	ΚΥΑ 128/2016, ΦΕΚ 3958/Β/9.12.2016
Εκπομπές πτητικών οργανικών ενώσεων από οργανικούς διαλύτες	2004/42/ΕΚ	ΚΥΑ 437/2005, ΦΕΚ 1641/Β/8.11.2006

Πίνακας 9 Κόρια Εθνική Νομοθεσία

Ανώτερα και κατώτερα όρια εκτίμησης

Τα όρια των Ατμοσφαιρικών Ρύπων σύμφωνα με την **2008/50 ΕΚ**, όπως αυτή προσαρμόστηκε στην Ελληνική Νομοθεσία, παρουσιάζονται στον πίνακα κάτω:

Ισχύουν τα ακόλουθα, ανώτερα και κατώτερα, όρια εκτίμησης:

Διοξείδιο του θείου

	Προστασία της υγείας	Προστασία της βλάστησης
Ανώτερο όριο εκτίμησης	60 % της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	60 % του χειμερινού κρίσιμου επιπέδου (12 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40 % της εικοσιτετράωρης οριακής τιμής (50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 3 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	40 % του χειμερινού κρίσιμου επιπέδου (8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Διοξείδιο του αζώτου και οξείδια του αζώτου

	Ωριαία οριακή τιμή για την προστασία της υγείας του ανθρώπου (NO ₂)	Ετήσια οριακή τιμή για την προστασία της υγείας του ανθρώπου (NO ₂)	Ετήσιο κρίσιμο επίπεδο για την προστασία της βλάστησης και των φυσικών οικοσυστημάτων (NO _x)
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (140 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	80 % της οριακής τιμής (32 μg/m ³)	80 % του κρίσιμου επιπέδου (24 μg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής (100 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 18 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	65 % της οριακής τιμής (26 μg/m ³)	65 % του κρίσιμου επιπέδου (19,5 μg/m ³)

Σωματίδια (ΑΣ₁₀/ΑΣ_{2,5})

	Μέσος όρος 24 ωρών ΑΣ ₁₀	Μέσος ετήσιος όρος ΑΣ ₁₀	Μέσος ετήσιος όρος ΑΣ _{2,5}
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (35 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	70 % της οριακής τιμής (28 μg/m ³)	70 % της οριακής τιμής (17 μg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής (25 μg/m ³ , δεν πρέπει να υπερβαίνεται περισσότερο από 35 φορές σε ένα ημερολογιακό έτος)	50 % της οριακής τιμής (20 μg/m ³)	50 % της οριακής τιμής (12 μg/m ³)

Α.Σ. 2.5

Περίοδος μέσου όρου	Τιμή στόχος	Ημερομηνία κατά την οποία πρέπει να έχει επιτευχθεί η τιμή στόχος
Ημερολογιακό έτος	25 μg/m ³	1η Ιανουαρίου 2010

Μόλυβδος

	Ετήσιος μέσος όρος
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (0,35 µg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής (0,25 µg/m ³)

Βενζόλιο

	Ετήσιος μέσος όρος
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (3,5 µg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	40 % της οριακής τιμής (2 µg/m ³)

Μονοξείδιο του άνθρακα

	Μέσος όρος 8 ωρών
Ανώτερο όριο εκτίμησης	70 % της οριακής τιμής (7 µg/m ³)
Κατώτερο όριο εκτίμησης	50 % της οριακής τιμής (5 µg/m ³)

Όζον

Στόχος	Περίοδος μέσου όρου	Τιμή στόχος
Προστασία της ανθρώπινης υγείας	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος 8 ωρών	120 µg/m ³ που δεν πρέπει να υπερβαίνονται περισσότερο από 25 ημέρες ανά ημερολογιακό έτος κατά μέσο όρο σε 3 χρόνια ⁽⁴⁾

Πίνακας 10 Ανώτερα και Κατώτερα όρια των Ρύπων

Οριακές Τιμές

ΡΥΠΟΣ	Οριακή Τιμή	Παρατηρήσεις
Διοξείδιο του Θείου (SO₂)	350 μg/m³	Μέση Ωριαία Τιμή
	125 μg/m³	Μέση Ημερήσια Τιμή
Διοξείδιο του Αζώτου (NO₂)	200 μg/m³	Μέση Ωριαία Τιμή
	40 μg/m³	Μέση Ετήσια Τιμή
Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)	10 mg/m³	Μέγιστη ημερήσια μέση δωρη τιμή
Όζον (O₃)	180 μg/m³	Μέση ωριαία τιμή (όριο ενημέρωσης)
	240 μg/m³	Μέση Ωριαία Τιμή (όριο συναγερμού)
	120 μg/m³	Μέγιστη ημερήσια μέση δωρη τιμή
Αιωρούμενα Σωματίδια PM₁₀	50 μg/m³	Μέση Ημερήσια Τιμή
	40 μg/m³	Μέση Ετήσια Τιμή
Αιωρούμενα Σωματίδια PM_{2,5}	25 μg/m³	Μέση Ετήσια Τιμή
Βενζόλιο (C₆H₆)	5 μg/m³	Μέση Ετήσια Τιμή

Πίνακας 11 Οριακές Τιμές Ρύπων (Συνοπτικά)

Οριακές Τιμές ΕΕ και Κατευθυντήριες Οδηγίες ΠΟΥ

«Τα πρότυπα της ΕΕ για την προστασία της υγείας, τα οποία καθορίζονται στην οδηγία 2008/50/ΕΚ, καλύπτουν τόσο βραχυπρόθεσμες όσο και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις στην υγεία αλλά είναι υποδεέστερα αυτών που υποδεικνύουν τα στοιχεία σχετικά με τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία.

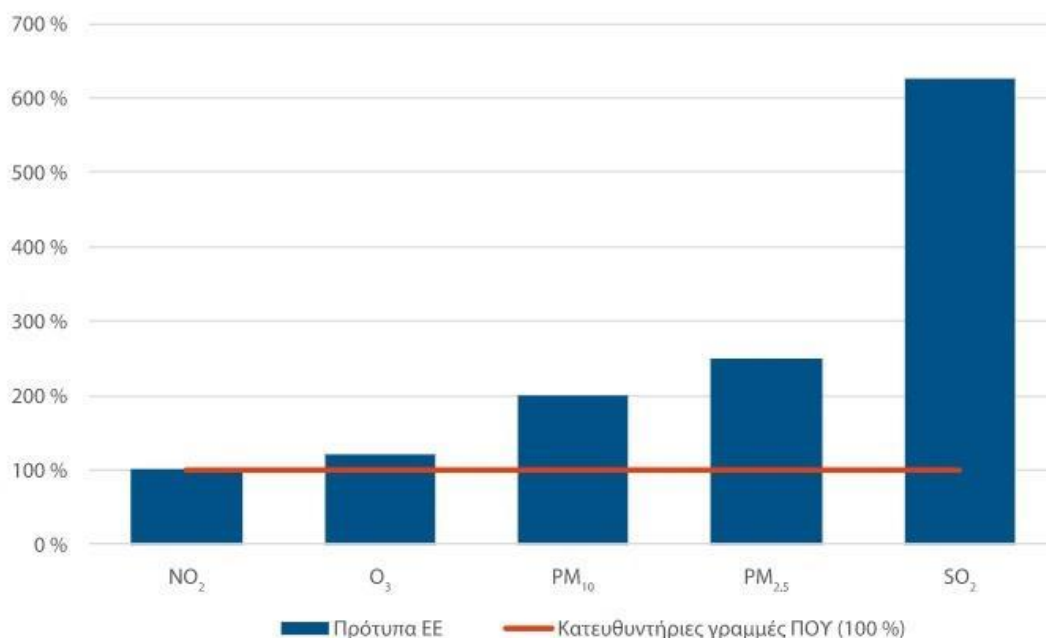
Κατά την οδηγία 2008/50/ΕΚ, οι οριακές τιμές θα πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα αντίστοιχα πρότυπα, τις κατευθυντήριες γραμμές και τα προγράμματα του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας.

Ωστόσο, τα όρια ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα της ΕΕ είναι πολύ υποδεέστερα των κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ για τα ΑΣ_{2,5} και το SO₂ και υποδεέστερα για τα ΑΣ₁₀ (ετήσιος μέσος όρος) και το όζον.

Για τα ΑΣ₁₀ (ημερήσια τιμή) και το NO₂, τα πρότυπα της ΕΕ εναρμονίζονται με τις κατευθυντήριες γραμμές του ΠΟΥ.» (ΕΕΑ, 2018)

Στο γράφημα κάτω (*εικόνα 33*), παρατίθεται η σύγκριση των κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ για την ποιότητα του αέρα και των προτύπων της ΕΕ

Απόκλιση μεταξύ προτύπων της ΕΕ και κατευθυντήριων γραμμών του ΠΟΥ



Εικόνα 33 Αποκλίσεις Οριακών Τιμών μεταξύ ΕΕ και ΠΟΥ

Τρόπος ονοματολογίας αρχείων από το ΕΔΠΑΡ

«Το όνομα των αρχείων είναι σύνθετο. Το πρώτο συνθετικό 3 αλφαριθμητικών θέσεων δείχνει το όνομα του μετρούμενου ρύπου, το δεύτερο το όνομα του σταθμού και το τρίτο, το έτος. π.χ. CO#PAT2020.dat.

Σε ότι αφορά τα αρχεία *.dat σε 24ωρη βάση με στοιχεία PM₁₀, PM_{2,5}, As, Ni, Cd, Pb, BaP, σημειώνεται ότι η τελευταία τιμή σε κάθε σειρά που έπεται της συγκέντρωσης αποτελεί ένα δείκτη. Ο δείκτης λαμβάνει τιμή 0 ή 1 η οποία υποδεικνύει ελλείπουσα ή υπάρχουσα τιμή αντίστοιχα ενώ τιμή του δείκτη ίση με 3 υποδηλώνει ότι η τιμή συγκέντρωσης είναι ίση με το μισό του ορίου ανίχνευσης (μόνο σε περιπτώσεις As, Ni, Cd, Pb, BaP).

Σε όλα τα αρχεία, οι ελλείπουσες τιμές συγκέντρωσης σημειώνονται ως -9999.

Οι μονάδες μετρήσεων δίνονται σε $\mu\text{g}/\text{m}^3$ εκτός από το μονοξείδιο του Άνθρακα (CO) που δίνεται σε mg/m^3 και τα βαρέα μέταλλα και BaP που δίνονται σε ng/m^3 .

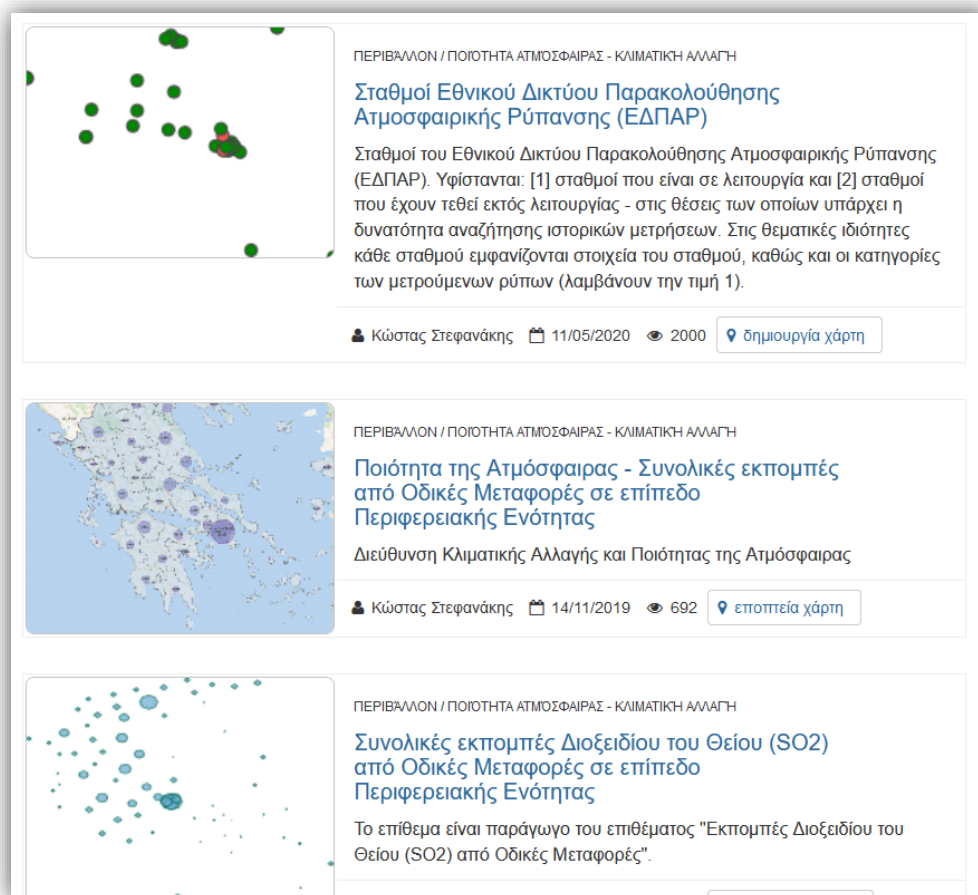
Ο χρόνος αναφέρεται σε τοπική ώρα, δηλαδή UTC+2 για τη χειμερινή περίοδο και UTC+3 για τη θερινή περίοδο του έτους (εκτός από Άμφισσα, Ιωάννινα, Καβάλα, Καρπενήσι, Λαμία, Λειβαδιά, Χαλκίδα όπου είναι UTC+2 όλο το έτος).» (YPEN, 2021)

Οι σταθμοί για να λειτουργούν αποτελεσματικά θα πρέπει να έχουν την ενδεδειγμένη συντήρηση τους και τις διακριβώσεις τους στους ενδεδειγμένους χρόνους. Σε χρονοσειρές δεδομένων ιδιαίτερα μεγάλου όγκου, οι ελλείψεις στοιχείων περιόδου δημιουργούν προβλήματα στην επεξεργασία των στοιχείων για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων.

Αυτό γίνεται κατανοητό ιδιαίτερα στη περίπτωση των σταθμών που έχουν αρκετούς αισθητήρες (συνήθως 1 αισθητήρα ανά ξεχωριστό ρύπο καθώς και αισθητήρες μετεωρολογικών μετρήσεων) κι άρα έχουν αρκετούς αισθητήρες - πολλά δεδομένα.

Μια ακόμη πηγή δεδομένων του ΥΠΕΝ κι ιδιαίτερα σημαντική σε ότι αφορά την ατμοσφαιρική ρύπανση και τη χρήση του GIS, είναι και το Maps Portal αλλά και το portal Γεωχωρικών Δεδομένων του ΥΠΕΝ, όπου υπάρχει η δυνατότητα περιήγησης σε χάρτες GIS αλλά και η δημιουργία νέων χαρτών που προκύπτουν από την ενσωμάτωση layer δεδομένων που επιθυμεί ο χρήστης.

Η εικόνα 35, δείχνει μερικούς από τους χάρτες που υπάρχουν ήδη στο portal.



Εικόνα 35 mapsportal

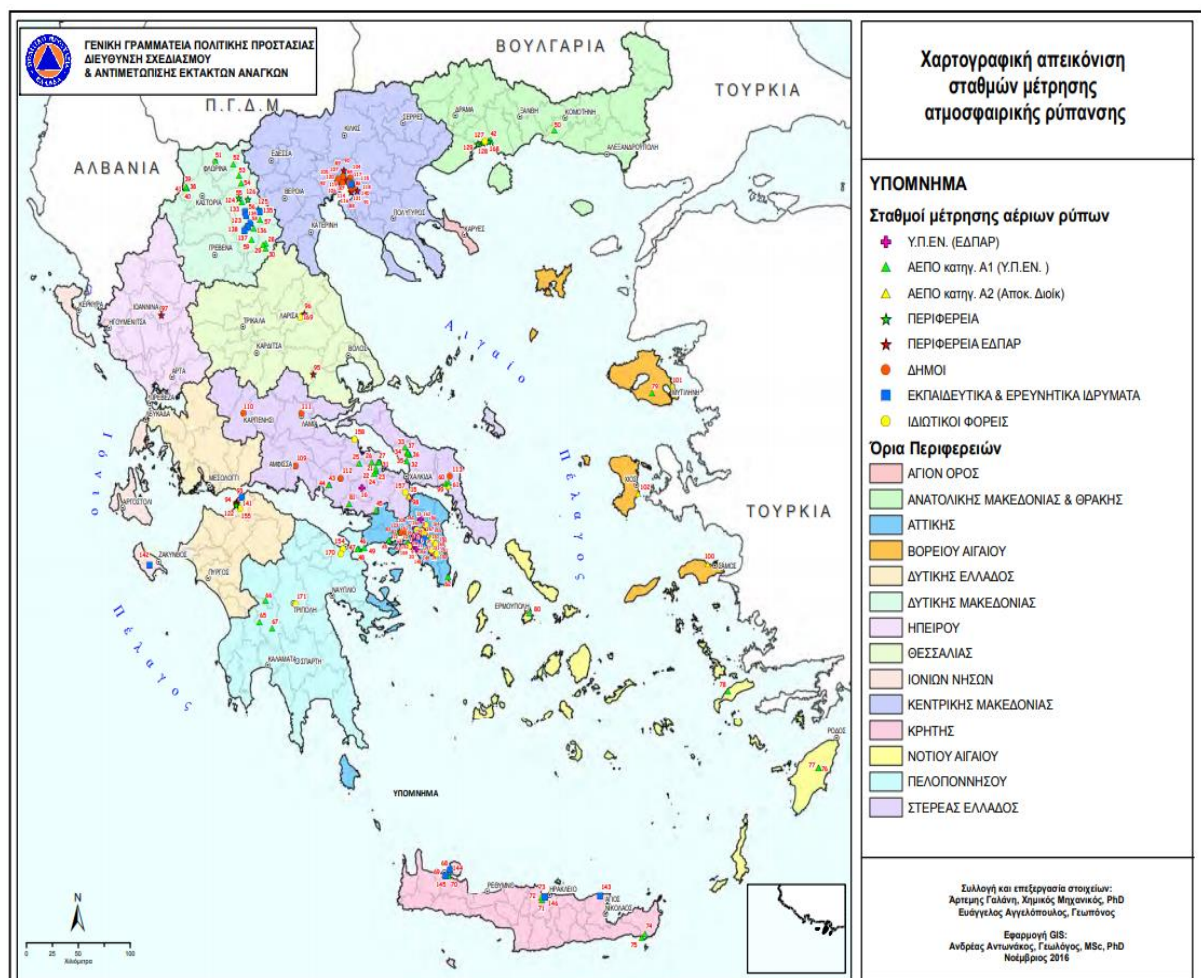
Άλλα Δίκτυα Παρακολούθησης της Ποιότητας του Αέρα

Άλλα δίκτυα μετρήσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, χωρίς όμως να υπάρχει η δυνατότητα εύκολης αποθήκευσης των δεδομένων μέσω της δημόσιας πρόσβασης, είναι τα εξής:

- Το δίκτυο Αιθέρας είναι ένα σύστημα παρακολούθησης και καταγραφής των αιωρούμενων σωματιδίων, στο πλαίσιο των ερευνητικών δραστηριοτήτων του Εργαστηρίου Φυσικής της Ατμόσφαιρας του Πανεπιστημίου Πατρών
- Το ThermiAir που αποτελείται από 25 σταθερούς και 1 κινητό σταθμό μετρήσεων στον Δήμο Θέρμης κι αποτελεί ένα ολοκληρωμένο Σύστημα Διαχείρισης και Παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι διαδικτυακές εφαρμογές επιτρέπουν την επισκόπηση και στατιστική ανάλυση των τιμών που λαμβάνονται από το δίκτυο μετρήσεων.

- Η ΔΕΗ διαθέτει δίκτυο 33 σταθμών μέτρησης ποιότητας της ατμόσφαιρας και μετεωρολογικών παραμέτρων, στις ευρύτερες περιοχές των Μονάδων παραγωγής και των ορυχείων.
- Ο Δήμος Θεσσαλονίκης με το πιλοτικό Δημοτικό Δίκτυο Παρακολούθησης της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης μέσω της πλατφόρμας AIRTHINGS με 8 σταθμούς.

Από τη Πολιτική Προστασία έχει εκδοθεί η Χαρτογραφική απεικόνιση των σταθμών μέτρησης αέριας ρύπανσης σε Χάρτες Συνόλου Ελληνικής Επικράτειας απ' όπου κι η πηγή της εικόνας 36.



Εικόνα 36 Χάρτης Σταθμών Μετρήσεων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Οι Σταθμοί Μετρήσεων ανήκουν κυρίως στο ΥΠΕΝ, στη Περιφέρεια και τους Δήμους (ΟΤΑ), σε Εκπαιδευτικά Ιδρύματα (π.χ. Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας κλπ) αλλά και σε Ιδιωτικούς Φορείς όπως είναι μεγάλες εταιρείες π.χ. «KAVALA Oil» κ.λπ. Είναι φανερό πως οι σταθμοί μετρήσεων είναι λίγοι σε αριθμό ακόμη κι αν λειτουργούν όλοι κι όσοι λειτουργούν ανήκουν σε διάφορα δίκτυα - μη ενοποιημένα μεταξύ τους ή κεντρικά.

Ευρώπη

ΕΟΠ - AirBase

Στην Ευρώπη η κύρια πηγή ελεύθερων δημοσίων δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι η AirBase.

Η AirBase είναι το σύστημα πληροφοριών για την ποιότητα του αέρα που διατηρείται από τον ΕΟΠ μέσω του ευρωπαϊκού θεματικού κέντρου για την αλλαγή του κλίματος και την ατμόσφαιρα.

Περιέχει πανευρωπαϊκά δεδομένα για την ποιότητα του αέρα που παρέχονται ετησίως βάσει της απόφασης του Συμβουλίου 97/101/EK για τη δημιουργία αμοιβαίας ανταλλαγής πληροφοριών και δεδομένων από δίκτυα και μεμονωμένους σταθμούς που μετρούν την ατμοσφαιρική ρύπανση σε όλα τα κράτη μέλη.

Υπάρχει η δυνατότητα της αποθήκευσης των δεδομένων στον τοπικό υπολογιστή του χρήστη ως excel, ή jpeg κλπ – κάποια μορφή που καταλαβαίνουν οι άνθρωποι, όσο και η δυνατότητα σε άλλες μορφές που χρειάζονται επεξεργασία, csv, html, κλπ, αλλά και σε μορφές που καταλαβαίνουν τα μηχανήματα (machine-to-machine) όπως API, JSON κ.α.

Σημαντικές πηγές δεδομένων για την Ευρώπη, υπάρχουν στις εξής διευθύνσεις:

<https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/>

<https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/AirQualityExport.htm>

<https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/AirQualityUTDExport.htm>

EU Data Portal & Open Data Portal

Η Πύλη Δημόσιων Δεδομένων της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρέχει πρόσβαση σε δημόσια δεδομένα που δημοσιεύονται από τα θεσμικά όργανα και τους οργανισμούς της ΕΕ και μεταξύ άλλων σε θέματα της ποιότητας του αέρα.

Η Ευρωπαϊκή Πύλη Δεδομένων προσφέρει πρόσβαση σε πλήθος δεδομένων της ΕΕ μεταξύ αυτών και με θέμα το Περιβάλλον.

Δεν αποτελούν εξειδικευμένες πηγές για τις επιστημονικές κοινότητες αλλά περισσότερο πηγές ενημέρωσης για το κοινό με στόχο την άντληση πληροφοριών σε πολλούς κλάδους και θεματικές ενότητες που αφορούν την Ευρώπη, μεταξύ αυτών και την ατμόσφαιρα.

European Air Quality Portal

Μια σημαντική πηγή πληροφοριών περισσότερο, παρά δεδομένων, αποτελεί το European Air Quality Portal στο οποίο υπάρχουν συγκεντρωμένες πληροφορίες που αφορούν την ατμοσφαιρική ρύπανση στην ΕΕ, καθώς περιέχει και πηγές δεδομένων που προέρχονται όμως από το Eionet.

Eionet

Το EIONET είναι το «Ευρωπαϊκό Δίκτυο Πληροφοριών και Παρατηρήσεων για το Περιβάλλον». Ως δίκτυο, αποτελείται από τον ΕΟΠ, τις χώρες μέλη του και τις συνεργαζόμενες χώρες.

Ο ΕΟΠ είναι υπεύθυνος για την ανάπτυξη του Eionet και τον συντονισμό των δραστηριοτήτων του. Για τον σκοπό αυτό, ο Οργανισμός συνεργάζεται στενά με τα Εθνικά Εστιακά Σημεία (ΕΕΣ) τα οποία εδρεύουν συνήθως στις εθνικές υπηρεσίες περιβάλλοντος ή στα υπουργεία περιβάλλοντος των χωρών και είναι αρμόδια για τον συντονισμό των εθνικών δικτύων στα οποία συμμετέχουν πολλοί οργανισμοί.

Στη σελίδα του Eionet, μεταξύ άλλων υπάρχουν συγκεντρωμένα στοιχεία, εκθέσεις κλπ., που αφορούν την Ελλάδα και τις υποχρεώσεις και δεσμεύσεις της για το περιβάλλον.

Copernicus

Το Copernicus βασίζεται σε σχηματισμούς δορυφόρων οι οποίοι πραγματοποιούν καθημερινά εντυπωσιακό αριθμό παρατηρήσεων, καθώς και σε ένα παγκόσμιο δίκτυο χιλιάδων αισθητήρων στη ξηρά, τον αέρα και τη θάλασσα για τη λήψη των λεπτομερέστερων δυνατών εικόνων της Γης.

Με την τεχνολογική εξέλιξη, ιδίως όσον αφορά τη διαθεσιμότητα και την προσβασιμότητα, το Copernicus έγινε από τους μεγαλύτερους πάροχους διαστημικών δεδομένων στον κόσμο, καθώς αυτή τη στιγμή παράγει 12 terabytes ημερησίως.

Η συντριπτική πλειονότητα των δεδομένων και πληροφοριών που παρέχονται από τη διαστημική υποδομή και τις υπηρεσίες του Copernicus διατίθεται στο σύνολό της δωρεάν και χωρίς περιορισμούς σε κάθε πολίτη και οργανισμό σε όλον τον κόσμο μέσω υπηρεσιών

δεδομένων και πληροφοριών του προγράμματος Copernicus από τη πλατφόρμα DIAS ή από συμβατικούς κόμβους δεδομένων. Απαιτείται η εγγραφή του χρήστη με email για τις υπηρεσίες ADS (Atmosphere Data Store) και CDS (Climate Data Store).

Επίσης, το Copernicus υποστηρίζει τη κοινότητα χρηστών QGIS – με το οποίο λογισμικό μπορεί να ανοιχτούν τα αρχεία NetCDF-4 αλλά και με τα πρόσθετα που έχουν αναπτυχθεί, όπως είναι το Sentinel Hub QGIS Plugin.

EMEP

Το πρόγραμμα συνεργασίας για την παρακολούθηση και την αξιολόγηση της μεγάλης εμβέλειας μετάδοσης ατμοσφαιρικών ρύπων στην Ευρώπη, EMEP ('European Monitoring and Evaluation Programme') σχετίζεται με τη διασυνοριακή ατμοσφαιρική ρύπανση σε μεγάλη απόσταση «CLRTAP» (Convention on Long-range Transboundary Air Pollution).

Αρχικά, το πρόγραμμα EMEP επικεντρώθηκε στην αξιολόγηση της διασυνοριακής μεταφοράς για τα φαινόμενα της οξίνισης και ευτροφισμού. Αργότερα, το πεδίο εφαρμογής του προγράμματος διευρύνθηκε με το θέμα του σχηματισμού του όζοντος στο επίπεδο του εδάφους και, πιο πρόσφατα, των ανθεκτικών οργανικών ρύπων (POP), των βαρέων μετάλλων και των σωματιδίων.

«Το πρόγραμμα EMEP βασίζεται σε τρία κύρια στοιχεία: (1) τη συλλογή δεδομένων εκπομπών ρύπων, (2) τις μετρήσεις ποιότητας αέρα και υετού και (3) τη μοντελοποίηση της ατμοσφαιρικής μεταφοράς και εναπόθεσης των ατμοσφαιρικών ρύπων.»

ECCAD

Η ECCAD (Emissions of atmospheric Compounds and Compilation of Ancillary Data) είναι η υπηρεσία της βάσης δεδομένων του AERIS που αποτελεί τον υπεύθυνο επιστημονικό οργανισμό στη Γαλλία για θέματα της ατμόσφαιρας.

Επίσης, παρέχει ελεύθερη πρόσβαση στα δεδομένα τους μέσω της ιστοσελίδας του αλλά και υποστήριξη στα κάτωθι έργα:

GEIA (Global Emission Initiative)

IGAC (International Global Atmospheric Chemistry Project)

CAMS (Copernicus Atmosphere Monitoring Service)

PANDA (Air Quality Forecast in China)

PAPILA (Prediction of Air Pollution in Latin America and the Caribbean)

EDGAR (Emissions Database for Global Atmospheric Research)

HTAP (Hemispheric Transport of Air Pollutants)

CEDS (Community Emissions Data System)

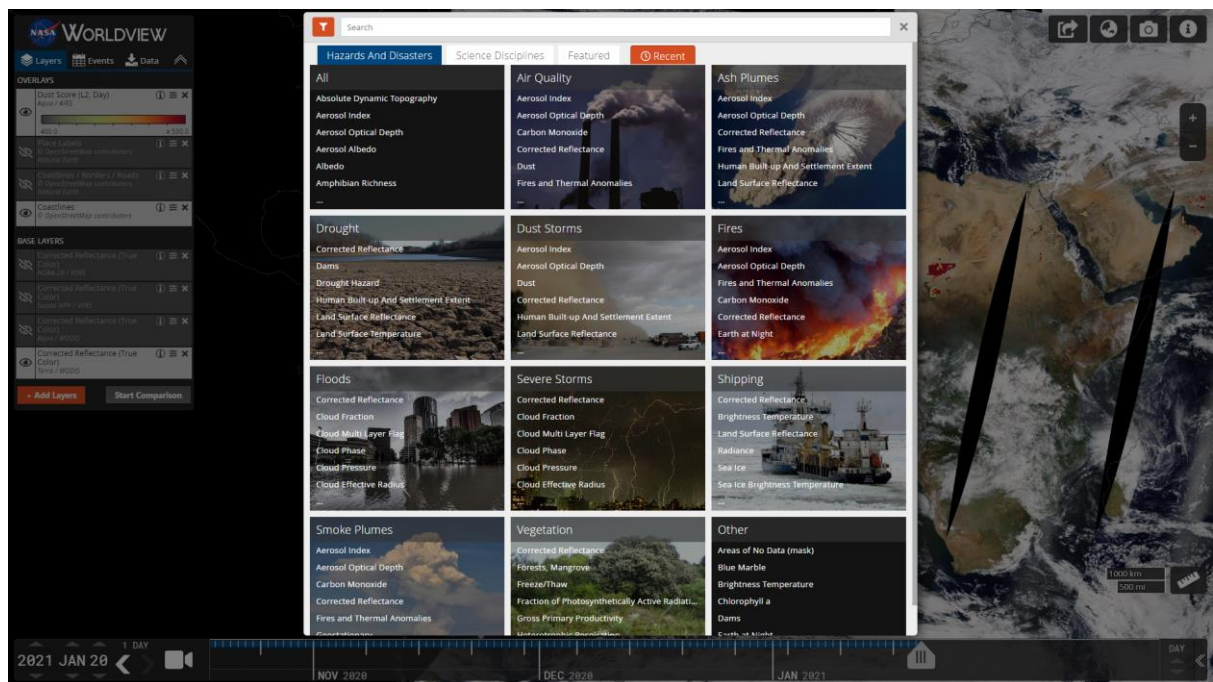
GFED (Global Fire Emissions Database)

H.P.A.

EOSDIS (NASA)

Η NASA είναι κρατικός οργανισμός των Η.Π.Α., που ασχολείται με την εξερεύνηση του διαστήματος, την αεροναυτική αλλά και τη μελέτη του περιβάλλοντος της Γης. Η NASA προωθεί την πλήρη και ανοιχτή κοινοποίηση όλων των δεδομένων της στους πολίτες και στους τομείς της έρευνας και εφαρμογών, της βιομηχανίας και των ακαδημαϊκών κοινοτήτων του κόσμου, μέσω του Earth Observing System Data and Information System (EOSDIS).

Η αναζήτηση στο Earthdata προσφέρει πρόσβαση σε δεδομένα της Γης, τη χρήση φίλτρων για την οπτική απεικόνιση αυτών καθώς και υπηρεσίες περιήγησης εικόνων GIBS (Global Imagery Browse Services) με χρήση τη του Worldview.



Εικόνα 37 EOSDIS Worldview

EPA

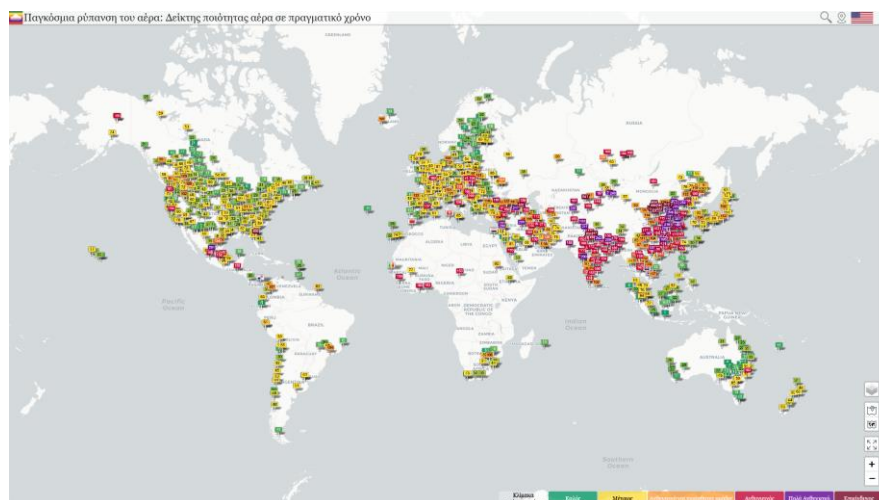
Μέσω του ιστότοπου [Airnow](#) δίδεται η πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο του AQI σε όλες τις πολιτείες της Αμερικής. Επίσης, μέσω της ιστοσελίδας του [EPA Air Data](#) δίνεται η δυνατότητα στους επισκέπτες να έχουν πρόσβαση στα δεδομένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στις Η.Π.Α. Επιπρόσθετα, υπάρχουν κι αρκετές ακόμη πηγές δεδομένων από διάφορες δημόσιες υπηρεσίες κι οργανισμούς με θέμα την ποιότητα του αέρα και την ατμοσφαιρική ρύπανση. Τα δεδομένα τους από όλες τις παρατηρήσεις και σταθμούς αποθηκεύονται στο [Air Quality System \(AQS\)](#) – τον θεματικό πυρήνα του EPA για τη ποιότητα του αέρα.

Λοιπές πηγές

WAQI

Ο Παγκόσμιος Δείκτης Ποιότητας του Αέρα (World Air Quality Index) αποτελεί ένα φιλόδοξο επιχείρημα με δεδομένα από διάφορες επίσημες πηγές αλλά κι από χαμηλού-κόστους σταθμούς που μετρούν βασικούς ατμοσφαιρικούς ρύπους και μετεωρολογικά δεδομένα κι έχουν διασύνδεση με μια κεντρική υπηρεσία όπου παράγεται κι ανανεώνεται ο Δείκτης Ποιότητας του Αέρα σε τοποθεσίες σε όλο το κόσμο.

Ο χάρτης στην [εικόνα 38](#), δείχνει την ποιότητα του αέρα σε πραγματικό χρόνο για περισσότερους από 10.000 σταθμούς στον κόσμο. Επίσης, μέσω της ιστοσελίδας τους δίνεται η δυνατότητα διαμοιρασμού των συλλεχθέντων δεδομένων (PC – Server) κι ανταλλαγής πληροφοριών (Station – Server) μέσω API.



Εικόνα 38 Παγκόσμιος Χάρτης με τιμές AQI

Σταθμοί μετρήσεων από Ιδιώτες

Στην Ευρώπη έγινε προσπάθεια για τη προώθηση σταθμών μέτρησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από χαμηλού κόστους αισθητήρες με το [AirSensEUR project](#).

Επιπρόσθετα, η ιδιωτική συμμετοχή πολιτών στις μετρήσεις δεδομένων είτε με DIY αισθητήρες τύπου Arduino είτε με έτοιμους αισθητήρες χαμηλού κόστους – που υπάρχουν δεκάδες, μεταξύ αυτών Davis, [PurpleAir](#) κλπ αποτελεί μια αξιόλογη προσπάθεια κοινωνικής ευαισθητοποίησης (public awareness) αλλά και εκτίμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μέσα από ένα αυξανόμενο σημαντικό μεγάλο αριθμό πληροφοριών και δεδομένων.

Υπάρχουν πολλά ακόμη παρόμοια project με low-cost αισθητήρες και δεδομένα μετρήσεων ατμοσφαιρικής ρύπανσης όπως, π.χ. η πλατφόρμα [hackair](#) και το δίκτυο [openaq](#).

Κυριότεροι τύποι αρχείων με δεδομένα

.txt	Το .txt αφορά αρχείο κειμένου διατεταγμένο σε γραμμές κι αποτελεί τον πλέον συνηθισμένο τύπο αρχείων.
.csv	Το .csv ως επέκταση σε ένα αρχείο σημαίνει "Τιμές διαχωρισμένες με κόμμα", γιατί τα δεδομένα σε αυτά τα αρχεία χωρίζονται με κόμματα σε συγκεκριμένα σύνολα πληροφοριών. <i>Διάφορα προγράμματα χρησιμοποιούν τέτοιου είδους αρχεία κάποια όμως χωρίζουν τα δεδομένα αντί με το κόμμα με το ελληνικό ερωτηματικό ή με το κενό (tab).</i>
.xls και .xlsx	Το .xls είναι μια επέκταση αρχείου που εφαρμόζεται σε υπολογιστές που λειτουργούν με Windows της Microsoft και παράγονται από το Excel. Αυτές οι επεκτάσεις αρχείων δημιουργούνται αυτόματα για τις εκδόσεις του Excel μέχρι το 2003. Από την έκδοση 2007 του MS Excel και μετά τα αρχεία αυτά φέρουν την επέκταση .xlsx
.db	Είναι η επέκταση αρχείων βάσης δεδομένων των προγραμμάτων διαχείρισης βάσεων δεδομένων π.χ. Microsoft Access.
.html	HTML σημαίνει Hypertext Markup Language, και τα αρχεία .html υλοποιούνται κατά κύριο λόγο ως στατικές σελίδες των δικτυακών τόπων – σε αυτές μπορούν πχ να υπάρχουν δεδομένα σε πίνακες.
<u>.xml</u>	Τα .xml αρχεία χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και τη μεταφορά δεδομένων στο διαδίκτυο που προέρχονται από διαφορετικά προγράμματα και μπορούν να επεξεργαστούν με οποιοδήποτε πρόγραμμα επεξεργασίας κειμένου. Ως αρχείο χρησιμοποιεί ετικέτες παρόμοια με το .html αλλά η απόδοση τους δεν παρουσιάζει τις ετικέτες αλλά μόνο τα δεδομένα.

.gb	Το Grib (Gridded Binary) είναι αρχείο με μετεωρολογικά δεδομένα που προορίζεται για εύκολη χρήση, μεταφορά κι αποθήκευση δεδομένων κλιματολογικών, ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κυρίως δεδομένα καιρού ως ένα αρχείο.
.nc	Το NetCDF (Network Common Data Form) αποτελεί ένα σύνολο διεπαφών προσανατολισμένων στην πρόσβαση και ανάκτηση δεδομένων τα οποία είναι σε μορφή πινάκων κι υποστηρίζουν τις γλώσσες προγραμματισμού C, Fortran, C++, Java, Perl, κλπ. Το NetCDF υποστηρίζει την προβολή των δεδομένων σαν μια συλλογή από αυτοπεριγραφικά, φορητά αντικείμενα που μπορούν να προσπελαστούν μέσα από μια απλή διεπαφή, απευθείας και χρησιμοποιούνται κυρίως σε εφαρμογές κλιματολογίας, μετεωρολογίας και ωκεανογραφίας καθώς και σε εφαρμογές GIS.

Πίνακας 12 Κύριες επεκτάσεις αρχείων δεδομένων¹⁶

Διασύνδεση εφαρμογών

JASON

Το JSON (JavaScript Object Notation) ¹⁷ είναι ένα ελαφρύ πρότυπο ανταλλαγής ψηφιακών δεδομένων. Βασίζεται σε ένα υποσύνολο της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript, Standard ECMA-262 κι είναι τελείως ανεξάρτητο από γλώσσες προγραμματισμού αλλά χρησιμοποιεί κοινές πρακτικές με πλήθος εφαρμογών όπως C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python κ.α.

API

Το API είναι η συντομογραφία που σχηματίζεται από το Application Programming Interface (Διασύνδεση προγραμματισμού εφαρμογών). Το API είναι ένας ενδιάμεσος κώδικας που επιτρέπει την επικοινωνία μεταξύ δύο εφαρμογών. Αποτελεί σήμερα έναν από τους κύριους τρόπους άντλησης πληροφοριών και δεδομένων από διαδικτυακές εφαρμογές και χρησιμοποιείται για την δημιουργία συνδεσιμότητας μεταξύ οντοτήτων και την ανταλλαγή πληροφοριών χωρίς την έκθεση των ίδιων εφαρμογών παρά μόνο των πληροφοριών μέσα από ορισμένους κανόνες.

¹⁶ <https://www.reviversoft.com/el/file-extensions/>

¹⁷ <https://www.json.org/json-el.html>

QGIS

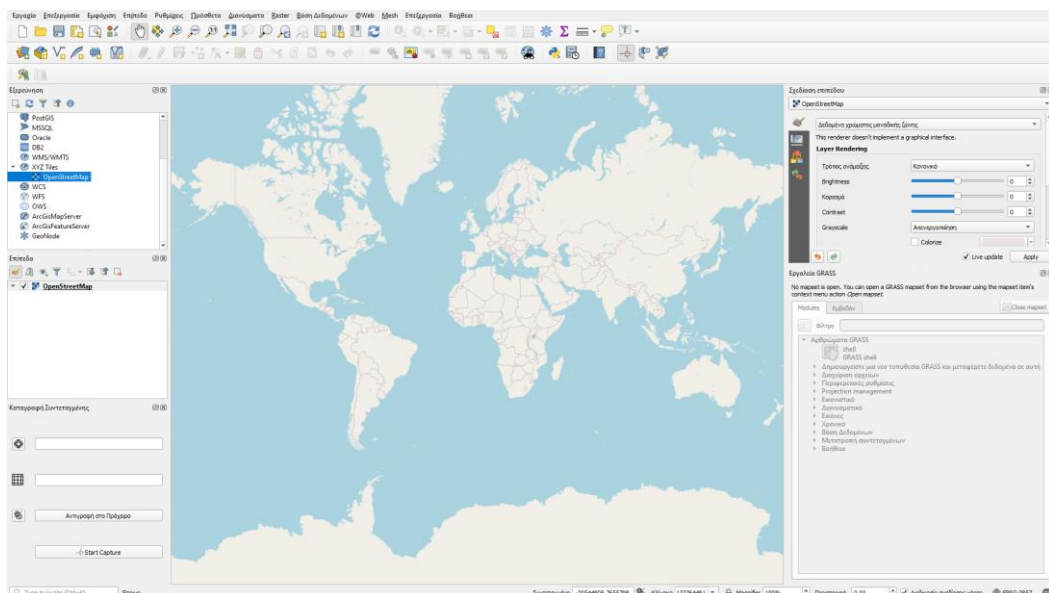
Η Χρήση του QGIS στον τομέα της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Το QGIS¹⁸ ή Quantum GIS είναι ένα ελεύθερο λογισμικό Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών. Λειτουργεί σε πλατφόρμες Linux, Unix, Mac OSX και Windows. Διατίθεται με την άδεια GNU General Public License (GPL).

Το QGIS διαθέτει φιλικό γραφικό περιβάλλον επικοινωνίας με το χρήστη και ενσωματώνει εργαλεία και λειτουργίες όπως η σχεδίαση, η διαχείριση και ο μετασχηματισμός του Συστήματος Αναφοράς Συντεταγμένων (ΣΑΣ), η διερεύνηση των δεδομένων και η χαρτοσύνθεση, η συλλογή, η επεξεργασία, η διαχείριση και η εξαγωγή καθώς και η χωρική ανάλυση και η γεωεπεξεργασία των δεδομένων κ.ά. Από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα του, είναι η χρήση πρόσθετων που μπορεί να χρησιμοποιηθούν για ειδικούς σκοπούς κι έχουν αναπτύξει είτε ανεξάρτητοι χρήστες του προγράμματος, είτε η ίδια η QGIS.

QGIS: Open Weather και WAOI για δημιουργία Real-time Tile layers.

Το πρόγραμμα QGIS έχει δυνατότητες διασύνδεσης δεδομένων κι από εξωτερικές πηγές. Ανάμεσα από αυτές τις περιπτώσεις είναι και η χρήση του XYZ Tiles.



Εικόνα 39 QGIS - Open Street Map Layer

¹⁸ <http://www.qgis.org>

Ο στόχος είναι η δημιουργία ενός χάρτη με δεδομένα σε πραγματικό χρόνο από τις πηγές waqi και open weather.

Ανοίξαμε το QGIS 3.16 και πατήσαμε πάνω στο XYZ tiles και προσθέσαμε το layer Open Street Map. Στη σελίδα waqi <https://aqicn.org/data-platform/token/#/> με χρήση του email μας, ζητήσαμε και λάβαμε το token που χρειαζόμαστε παρακάτω.

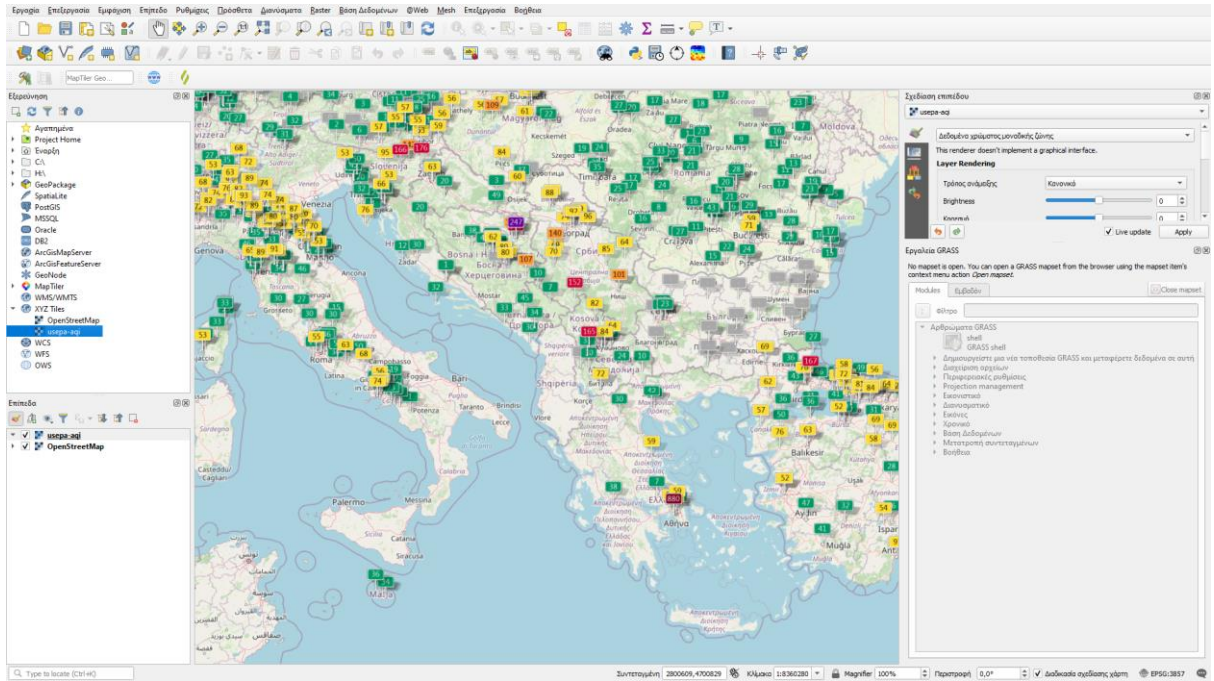
Στη συνέχεια πατώντας δεξί-κλικ πάλι στο XYZ Tile και στη “Νέα Σύνδεση” κάναμε τις εξής 8 συνδέσεις (Πίνακας 13).

Name	URL
usepa-aqi	https://tiles.aqicn.org/tiles/usepa-aqi/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5
usepa-pm25	https://tiles.aqicn.org/tiles/usepa-pm25/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5
usepa-10	https://tiles.aqicn.org/tiles/usepa-10/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5
usepa-o3	https://tiles.aqicn.org/tiles/usepa-o3/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5
usepa-no2	https://tiles.aqicn.org/tiles/usepa-no2/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5
usepa-so2	https://tiles.aqicn.org/tiles/usepa-so2/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5
usepa-co	https://tiles.aqicn.org/tiles/usepa-co/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5
asean-pm10	https://tiles.aqicn.org/tiles/asean-pm10/{z}/{x}/{y}.png?token=119a71f68e4ad93e46c70862c7299148418798b5

Πίνακας 13 URL+ token WAQI

Το token αποτελεί τον προσωπικό μας μοναδικό αριθμό και παράγεται κατόπιν αίτησης. Έτσι με το πρώτο «usepa-aqi, προσθέσαμε τους ΔΠΑ (Air Quality Index - US EPA) εκείνη τη στιγμή και σε όλο τον κόσμο, σύμφωνα με το WAQI κι όπως δείχνει η εικόνα 40.

Τα δεδομένα αυτά ανανεώνονται σε ωριαία βάση και χωρίς υστέρηση εμφανίζονται ως χρωματικοί αριθμοί – πινακίδια, στον χάρτη.



Εικόνα 40 QGIS - World Air Quality Index Layer

Με όλες τις νέες συνδέσεις που κάναμε έχουμε πλέον τους Δείκτες Ποιότητας του Αέρα σε όλον το κόσμο αλλά και τις τιμές των ρύπων που προκύπτουν από τις συγκεντρώσεις αυτών των κύριων ρύπων σε πραγματικό χρόνο.

Στη συνέχεια, προσθέσαμε δεδομένα από το open weather map. Μετά την εγγραφή μας στην ιστοσελίδα (Εικόνα 41), δημιουργήσαμε νέες συνδέσεις XYZ Tiles για τον υετό, τη νέφωση, τη θερμοκρασία, τους ανέμους και την ατμοσφαιρική πίεση.

Weather API

Home / Weather

Please [sign up](#) and use our fast and easy-to-work weather APIs for free. Look at our [monthly subscriptions](#) for more options rather than the Free account that we provide you. Read [How to start](#) first and enjoy using our powerful weather APIs.

Current & Forecast weather data collection

Current Weather Data

[API doc](#) [Subscribe](#)

- Access current weather data for any location including over 200,000 cities
- We collect and process weather data from different sources such as global and local weather models, satellites, radars and vast network of weather stations
- JSON, XML, and HTML formats
- Available for both Free and paid subscriptions

Hourly Forecast 4 days

[API doc](#) [Subscribe](#)

- Hourly forecast is available for 4 days
- Forecast weather data for 96 timestamps
- Higher geographic accuracy
- JSON and XML formats
- Available for Developer, Professional and Enterprise accounts

One Call API

[API doc](#) [Subscribe](#)

- Make one API call and get current, forecast and historical weather data
- **Minute forecast** for 1 hour
- **Hourly forecast** for 48 hours
- **Daily forecast** for 7 days
- **Historical data** for 5 previous days
- **National weather alerts**
- JSON format
- Available for both Free and paid subscriptions

Daily Forecast 16 days

[API doc](#) [Subscribe](#)

Climatic Forecast 30 days

[API doc](#) [Subscribe](#)

Bulk Downloading

[API doc](#) [Subscribe](#)

Εικόνα 41 Open Weather Map API

Οι 5 συνδέσεις που κάναμε, ήταν οι εξής:

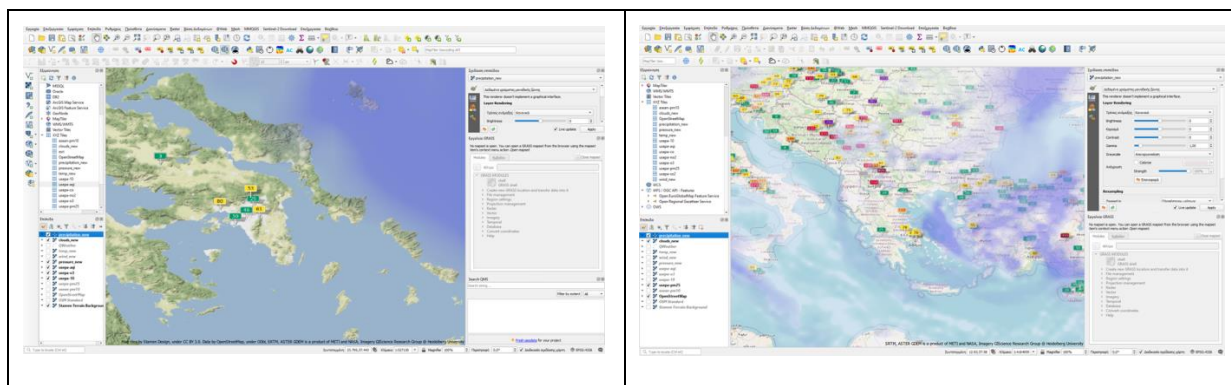
Name	URL
clouds_new	https://tile.openweathermap.org/map/clouds_new/{z}/{x}/{y}.png?appid=21309404cc691741113e7d8594bf9cfe
precipitation_new	https://tile.openweathermap.org/map/precipitation_new/{z}/{x}/{y}.png?appid=21309404cc691741113e7d8594bf9cfe
pressure_new	https://tile.openweathermap.org/map/pressure_new/{z}/{x}/{y}.png?appid=21309404cc691741113e7d8594bf9cfe
wind_new	https://tile.openweathermap.org/map/wind_new/{z}/{x}/{y}.png?appid=21309404cc691741113e7d8594bf9cfe
temp_new	https://tile.openweathermap.org/map/temp_new/{z}/{x}/{y}.png?appid=21309404cc691741113e7d8594bf9cfe

Πίνακας 14 URL + appid OWM

Το αποτέλεσμα ήταν η δημιουργία ενός χάρτη με real time δεδομένα από ατμοσφαιρική ρύπανση, τον Δείκτη Ποιότητας του Αέρα και των μετεωρολογικών συνθηκών (νέφωση, άνεμος, θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση και υετός). Τα προηγούμενα σε συνδυασμό με την αλλαγή του base map σε χάρτη terrain (ανάγλυφο εδάφους) μας δίνει τη δυνατότητα τον αναγνώρισης τουλάχιστον κάποιων θεμάτων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των παραμέτρων του καιρού και του ανάγλυφου, που την επηρεάζουν.

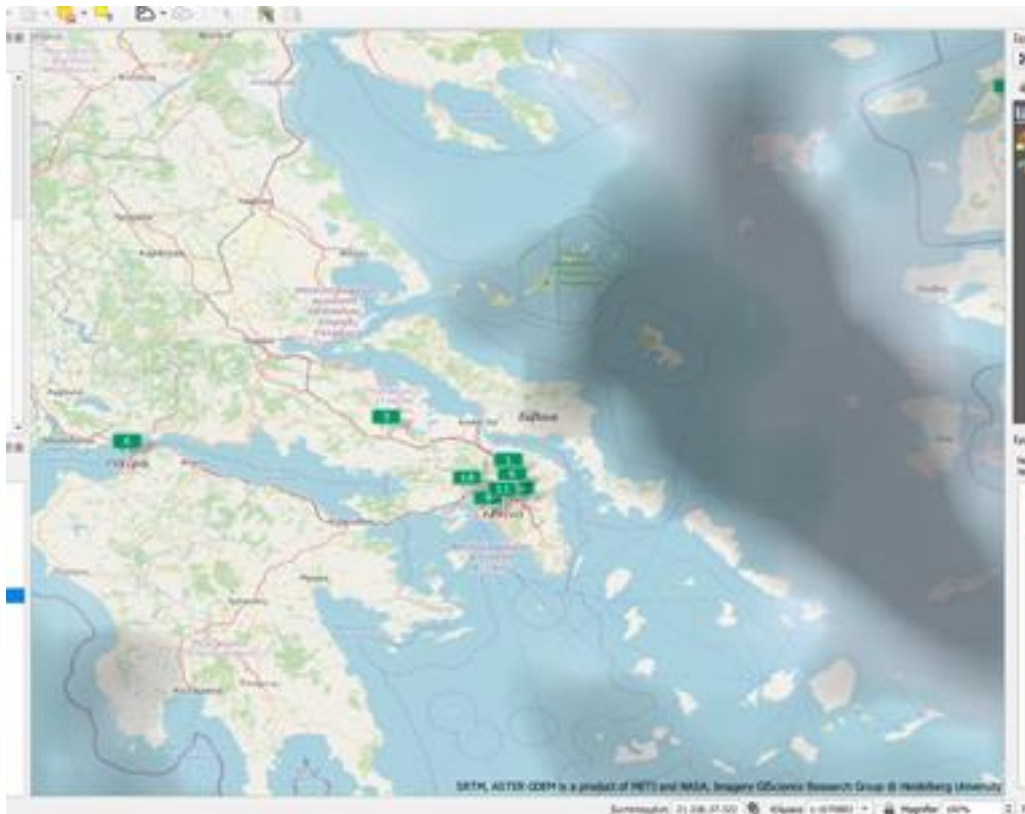
Για παράδειγμα μπορεί ο χρήστης να επιλέξει τα επίπεδα, όζον από το waqi και θερμοκρασία από το open weather map, για να εκτιμήσει αν η επίδραση του τροποσφαιρικού όζοντος θα μπορούσε να αναμένεται να είναι δυσμενέστερη ή όχι για την υγεία.

Με τον ίδιο λογισμό, επιλέξαμε τα επίπεδα βροχής και τις συγκεντρώσεις σε διοξείδιο του Αζώτου και διοξείδιο του Θείου και το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 42. Σίγουρα δεν αποτελούν από μόνες του παράμετροι για το φαινόμενο εκδήλωσης της όξινης βροχής αλλά στη περίπτωση π.χ. πυρκαγιών ή μεγάλου όγκου ρύπανσης θα αποτελούσαν ενδείξεις.

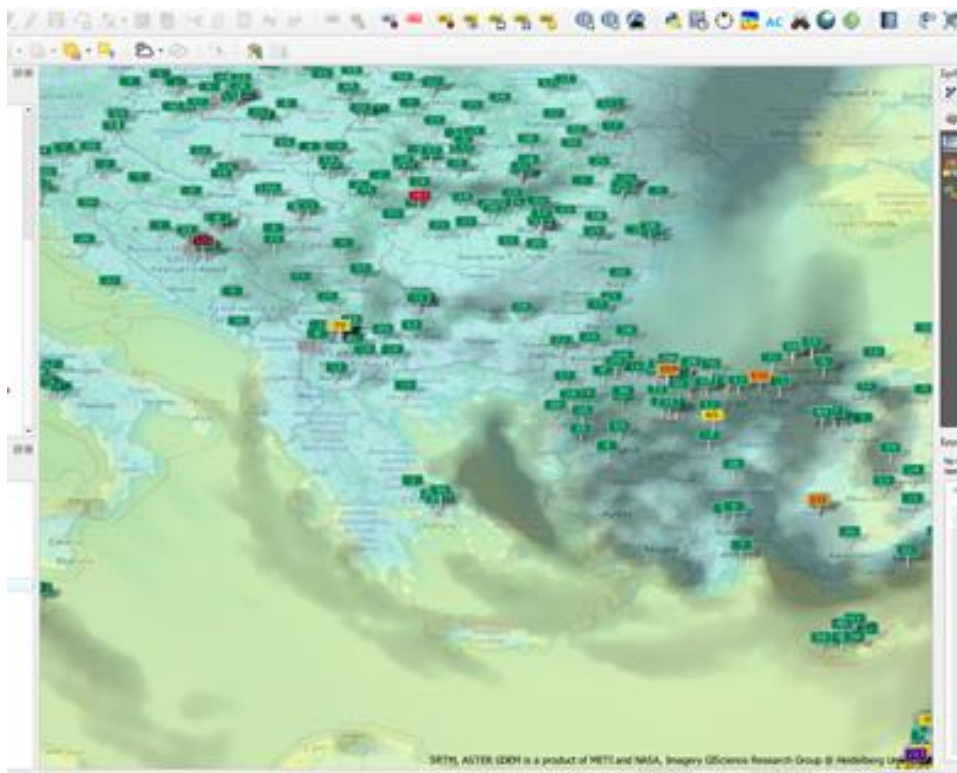


Εικόνα 42 QGIS συνδυασμένα επίπεδα

Οι εικόνας 43 και 44 δείχνουν τα αποτελέσματα των συνδυασμών επιπέδων χάρτη.

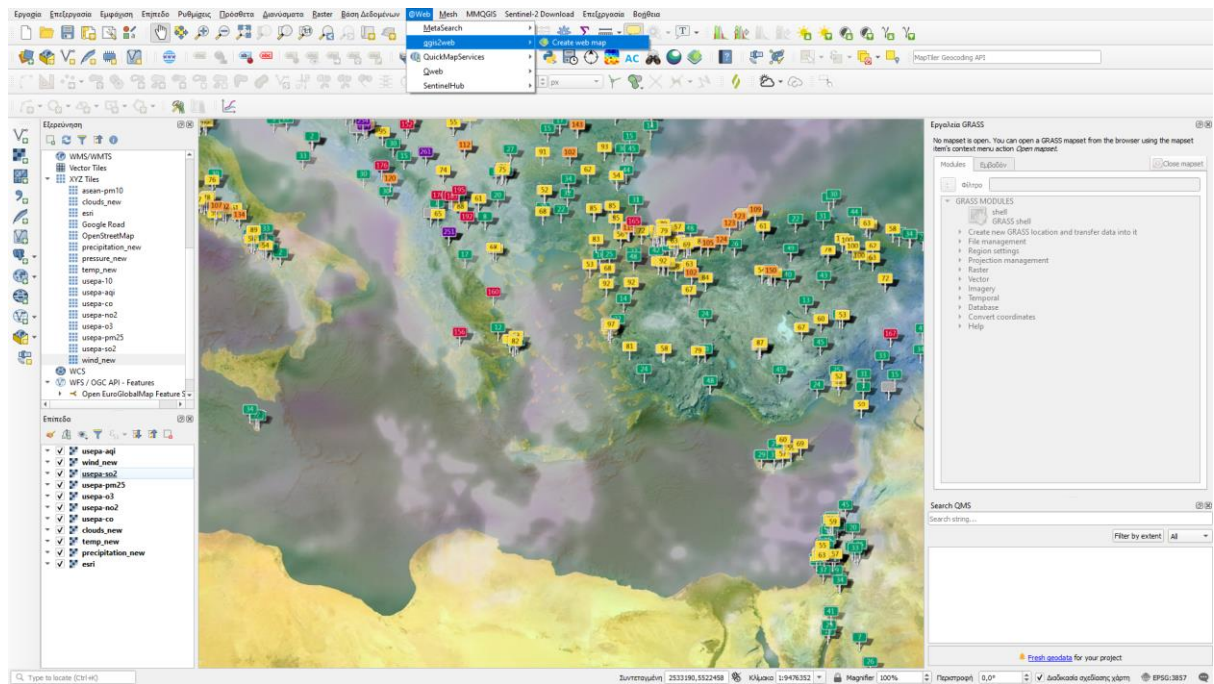


Εικόνα 43 Νέφωση και Μετρήσεις AQI



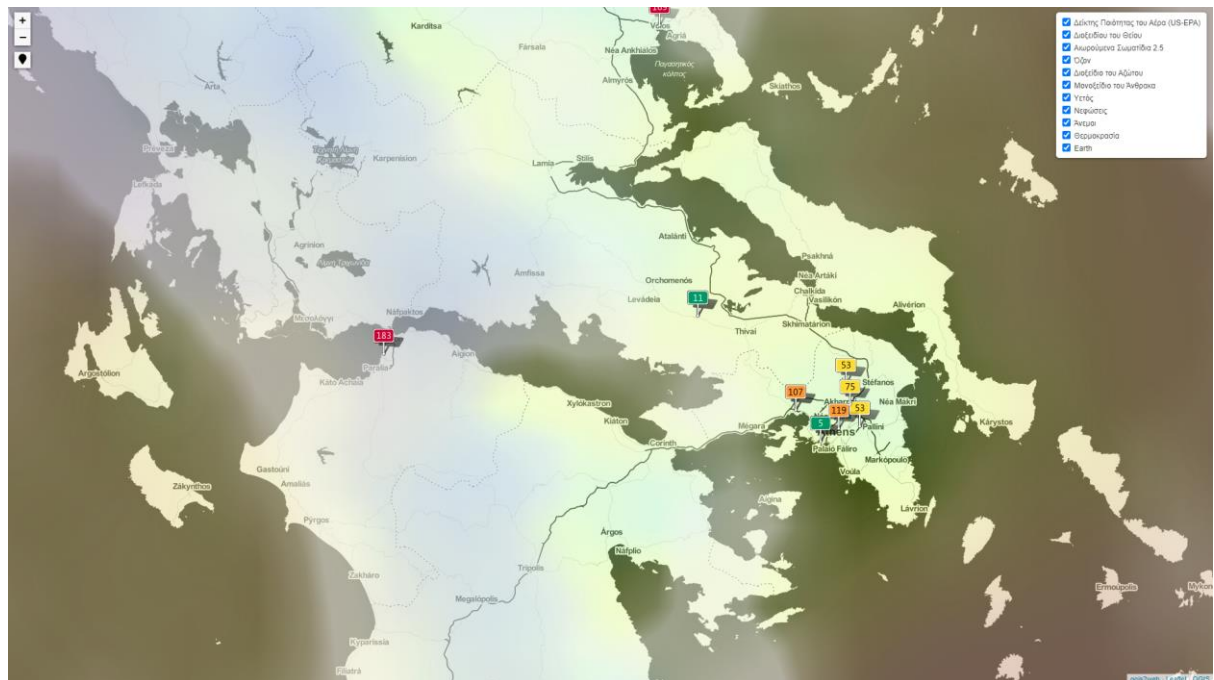
Εικόνα 44 Νέφωση, υετός και μετρήσεις AQI

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε το πρόσθετο qgis2web ώστε να εξάγουμε τον χάρτη ως ιστοσελίδα html, η οποία περιέχει τα layers τόσο των μετεωρολογικών φαινομένων όσο και αυτά του δείκτη ποιότητας και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

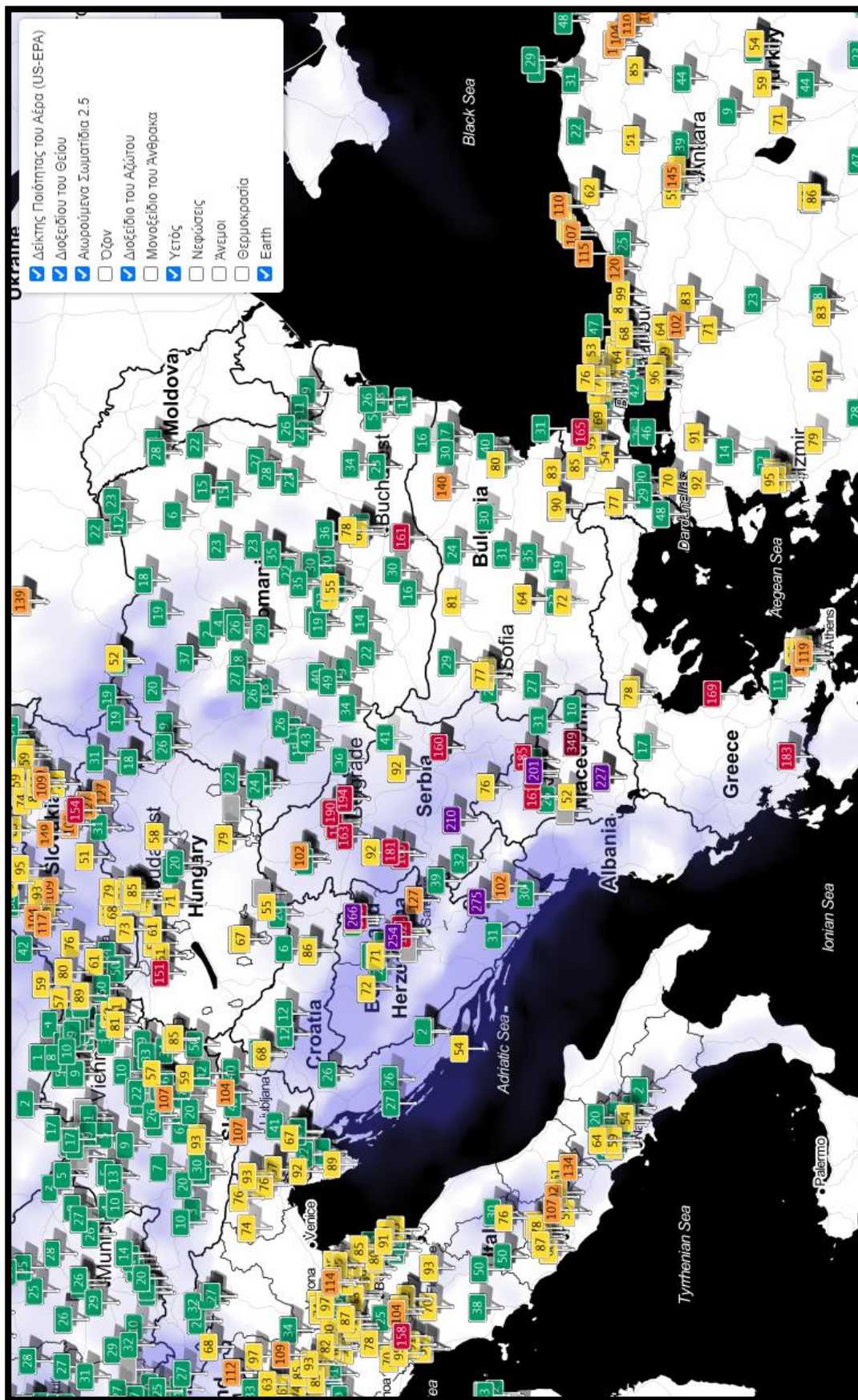


Εικόνα 45 Χρήση του πρόσθετου qgis2web

Το αποτέλεσμα φαίνεται στις επόμενες εικόνες 46, 47 και 48:



Εικόνα 46 Toner Map Layer - web map



Εικόνα 47 Toner Map Layer - web map options

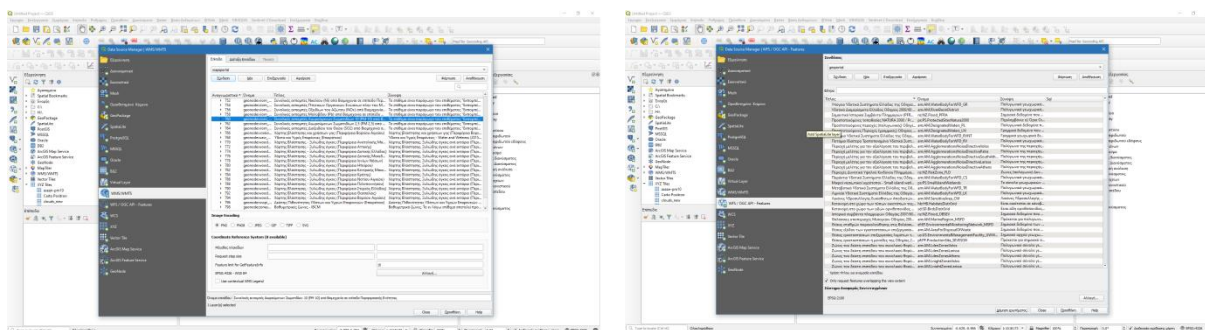


Εικόνα 48 ESRI Topo layer - web map options

OGIS: ΥΠΕΝ WMS/WMTS και WFS

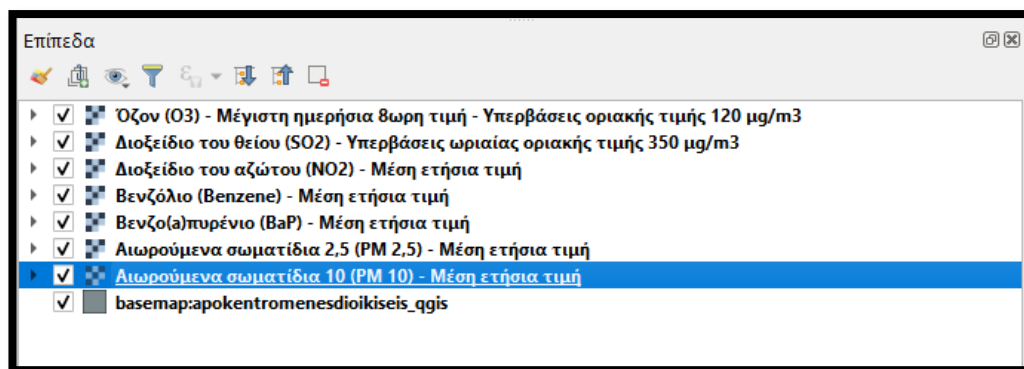
Το ΥΠΕΝ μέσω των υπηρεσιών Geoportal και Mapsportal προσφέρει τη δυνατότητα στους χρήστες του QGIS της άμεσης πρόσβασης σε χάρτες και γεωχωρικά δεδομένα από το περιεχόμενο των θεματικών βάσεων. Για να γίνει αυτό στο περιβάλλον του QGIS, κάναμε 2 νέες συνδέσεις μια Web Map Service (WMS) με όνομα mapsportal και URL: <http://mapsportal.ypen.gr/geoserver/wms> και μια Web Feature Service (WFS) με όνομα geoportal και URL: <http://geoportal.ypen.gr/geoserver/wfs>.

Με το mapsportal μας δίνεται η πρόσβαση σε περίπου 798 χάρτες (01/2021) εκ των οποίων αρκετοί σχετίζονται με την εκπομπή ατμοσφαιρικών ρύπων στον Ελλαδικό χώρο.



Εικόνα 49 ΥΠΕΝ WMS & WFS Services

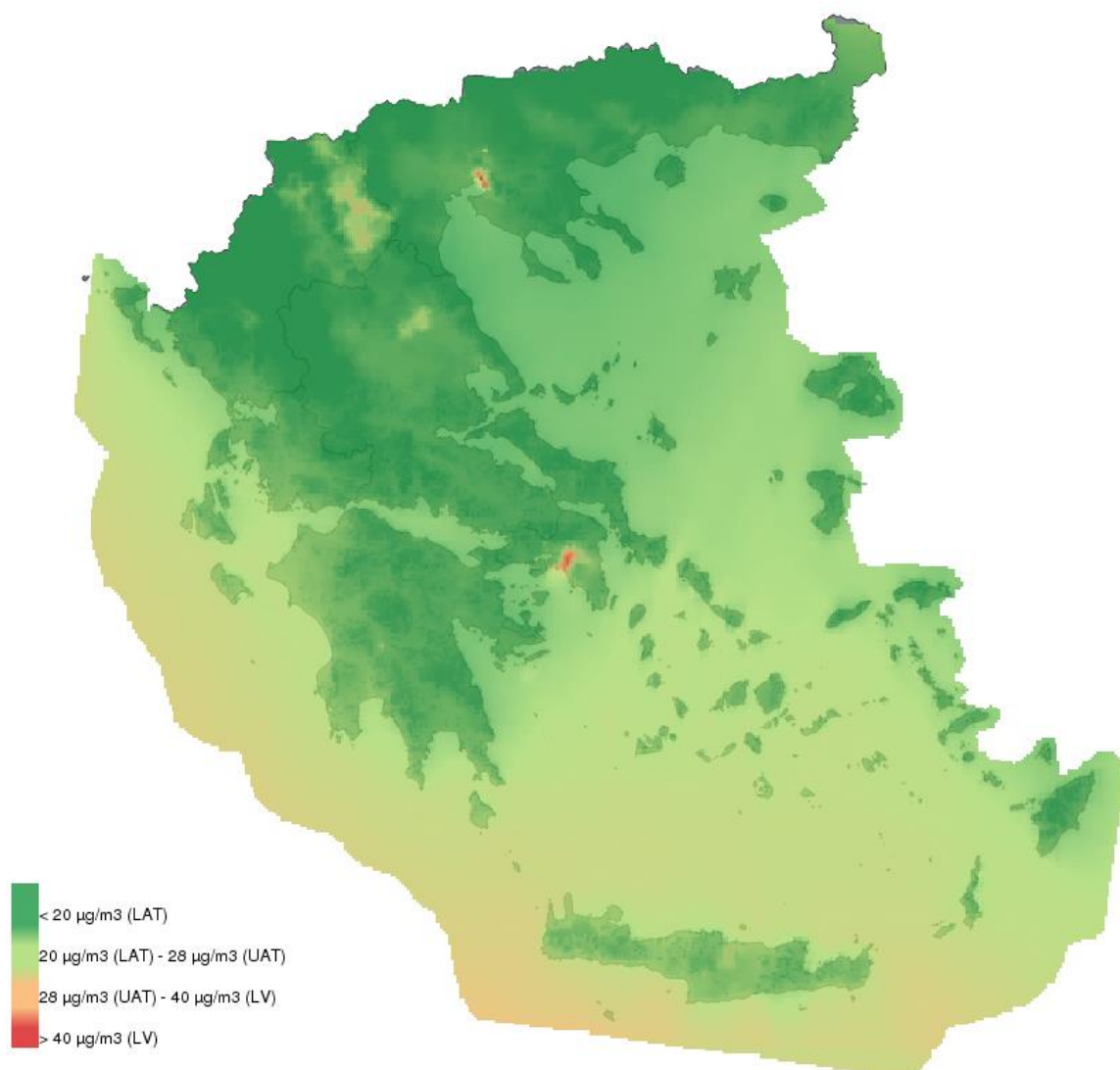
Τα παραπάνω δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την δημιουργία του εξής qgis αρχείου (εικόνες 50, 51, 52) όπου χρησιμοποιήσαμε το επίπεδο - υπόβαθρο «Αποκεντρωμένη Διοίκηση» από την υπηρεσία WFS Geoportal και προσθέσαμε τα επίπεδα που επιλέξαμε από την υπηρεσία WMS Mapsportal, για τη δημιουργία των κάτωθι προβολών:



Εικόνα 50 Layers QGIS από WMS ΥΠΕΝ

Έτσι προβάλαμε και τους κάτωθι χάρτες για τα αιωρούμενα σωματίδια 2,5 και 10, στην Ελλάδα.

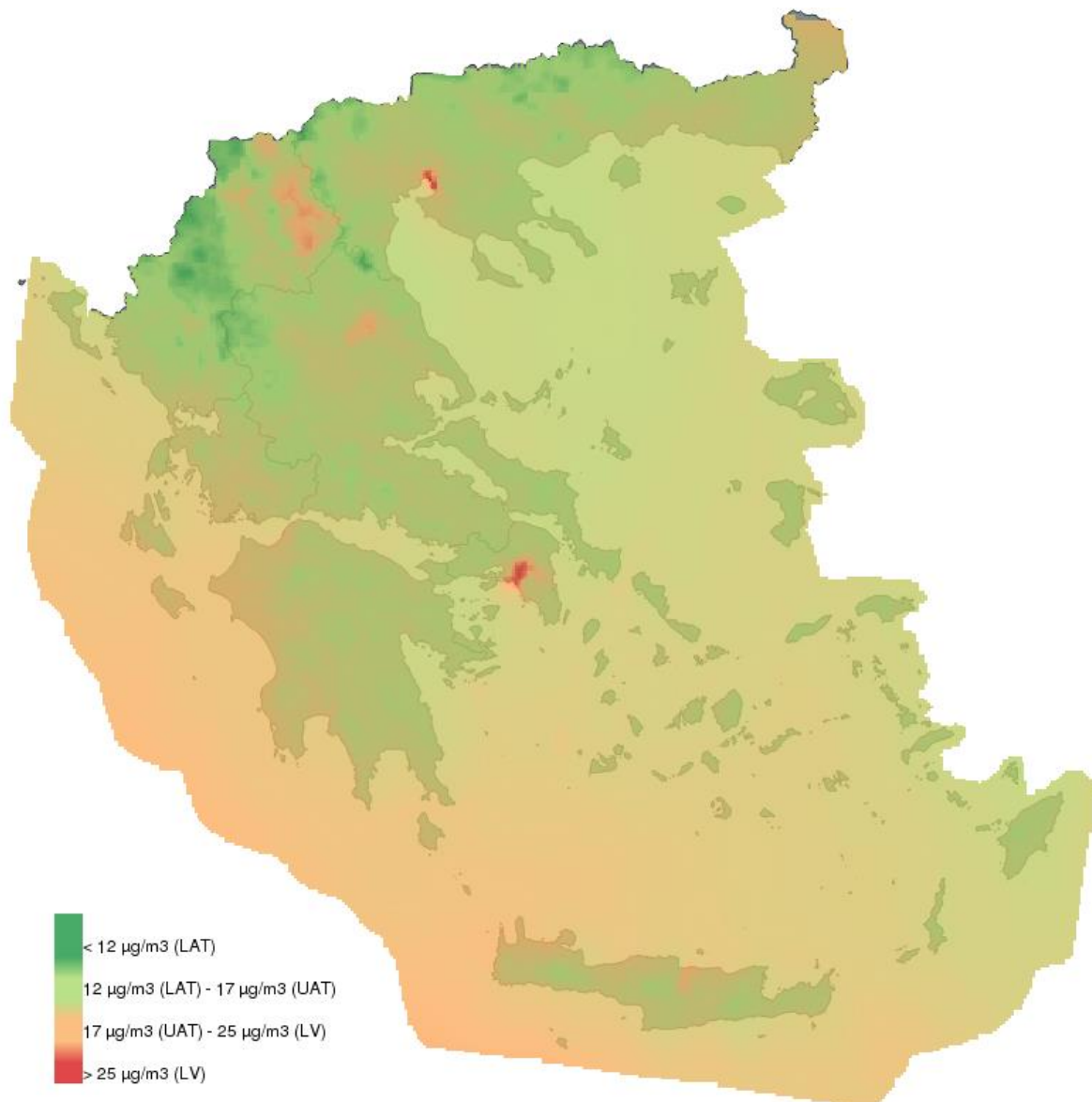
Αιωρούμενα σωματίδια 10 (PM 10) - Μέση ετήσια τιμή



Εικόνα 51 ΑΣ10 Μέση ετήσια τιμή στην Ελλάδα

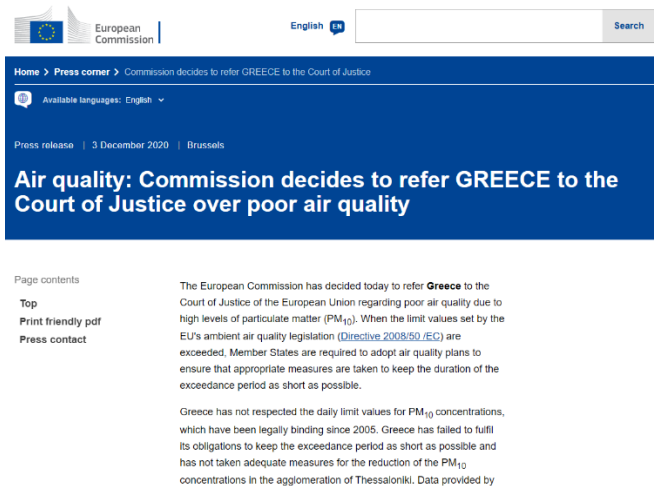
«Στην Ελλάδα, η στροφή που παρατηρείται τα τελευταία χρόνια προς την καύση ξύλου βιομάζας για οικιακή θέρμανση (χρήση τζακιών, καυστήρων pellet κ.α.) οδηγεί σε σημαντικά αυξημένες συγκεντρώσεις των αιωρούμενων σωματιδίων τόσο σε αστικές όσο και σε υπαίθριες περιοχές κατά τους χειμερινούς μήνες. Επίσης, οι τιμές τους παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές από περιοχή σε περιοχή και εξαρτώνται από την ώρα της ημέρας και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Η λεπτομερής μελέτη και καταγραφή των συγκεντρώσεων απαιτεί την ύπαρξη ενός πυκνού δικτύου που να παρέχει συνεχείς και υψηλής ακρίβειας μετρήσεις.» (Ποιότητα του Αέρα (Thermi Air), 2021)

Αιωρούμενα σωματίδια 2,5 (PM 2,5) - Μέση ετήσια τιμή



Εικόνα 52 ΑΣ2.5 Μέση Ετήσια Τιμή στην Ελλάδα

«Από τους παραπάνω χάρτες γίνεται εμφανές ότι οι περιοχές της Αθήνας και της Θεσσαλονίκης έχουν υψηλές μέσες τιμές συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων. Έτσι, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή αποφάσισε στις 3/12/2020 να παραπέμψει την Ελλάδα στο Δικαστήριο της ΕΕ σχετικά με την κακή ποιότητα του αέρα. Η παραπομπή γίνεται με βάση το ότι η Ελλάδα δεν τήρησε τις ημερήσιες οριακές τιμές για τις συγκεντρώσεις ΑΣ₁₀, οι οποίες είναι νομικά δεσμευτικές από το 2005 κι ότι έχει παρέκβει τις υποχρεώσεις της να κρατήσει την περίοδο υπέρβασης όσο το δυνατόν συντομότερη και δεν έχει λάβει επαρκή μέτρα για τη μείωση των συγκεντρώσεων ΑΣ₁₀ στη Θεσσαλονίκη.» (Πηγή άρθρου: Εικόνα 53)



Εικόνα 53 Άρθρο της ΕΕ για τη Ποιότητα του Αέρα

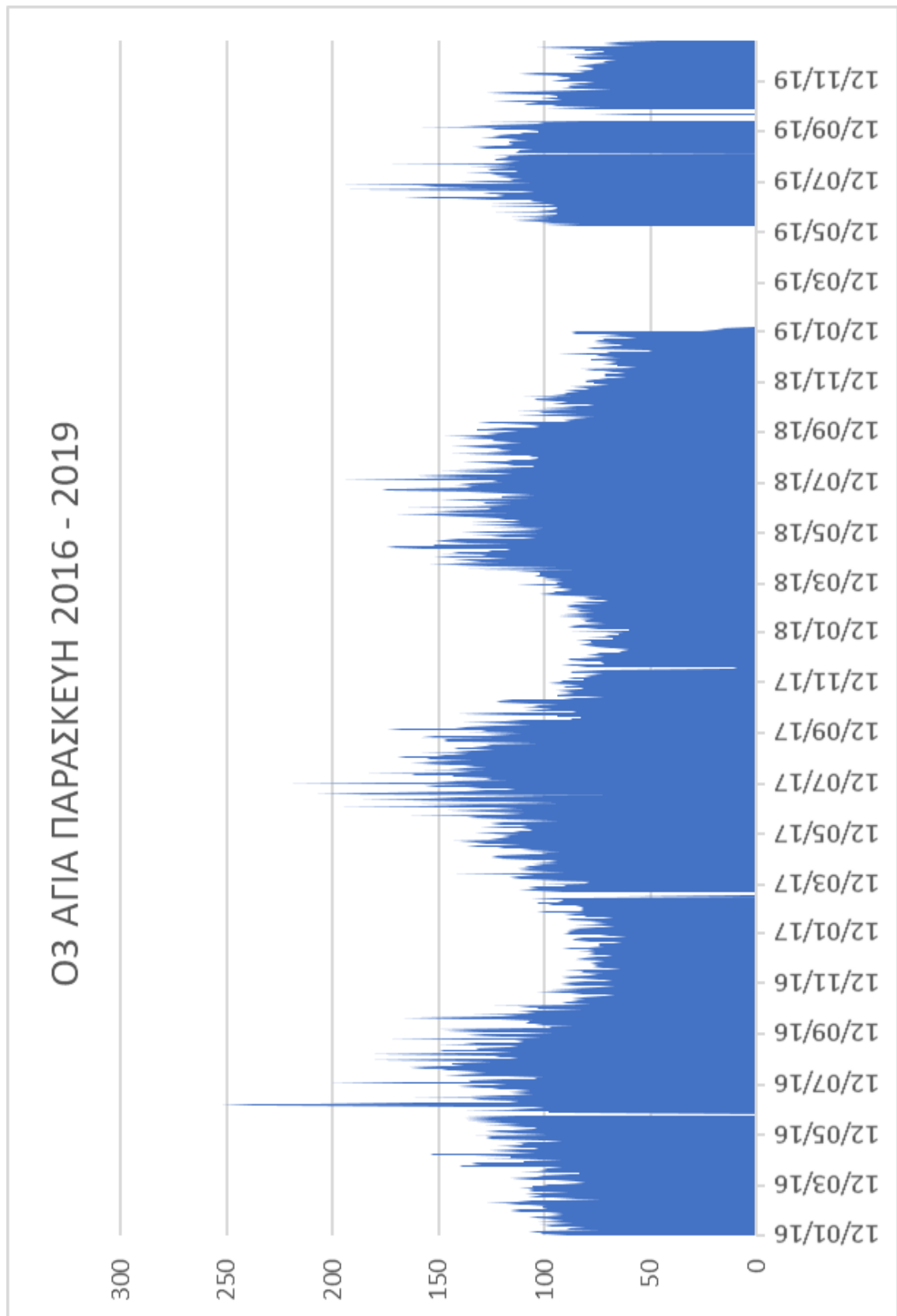
QGIS: Εισαγωγή csv

Στο QGIS υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής δεδομένων csv. Έτσι επιλέξαμε 4 σταθμούς, τη Γεωπονική, την Αγία Παρασκευή, την Αθηνάς και τους Θρακομακεδόνες. Κοινό στοιχείο σε αυτούς τους σταθμούς, ήταν ότι όλοι μετρούσαν μεταξύ άλλων τις συγκεντρώσεις του όζοντος, κατά την περίοδο από το 2016 μέχρι το 2019. Τα δεδομένα τα λάβαμε από το ΕΔΠΑΡ του Υπουργείου Ενέργειας και Περιβάλλοντος.

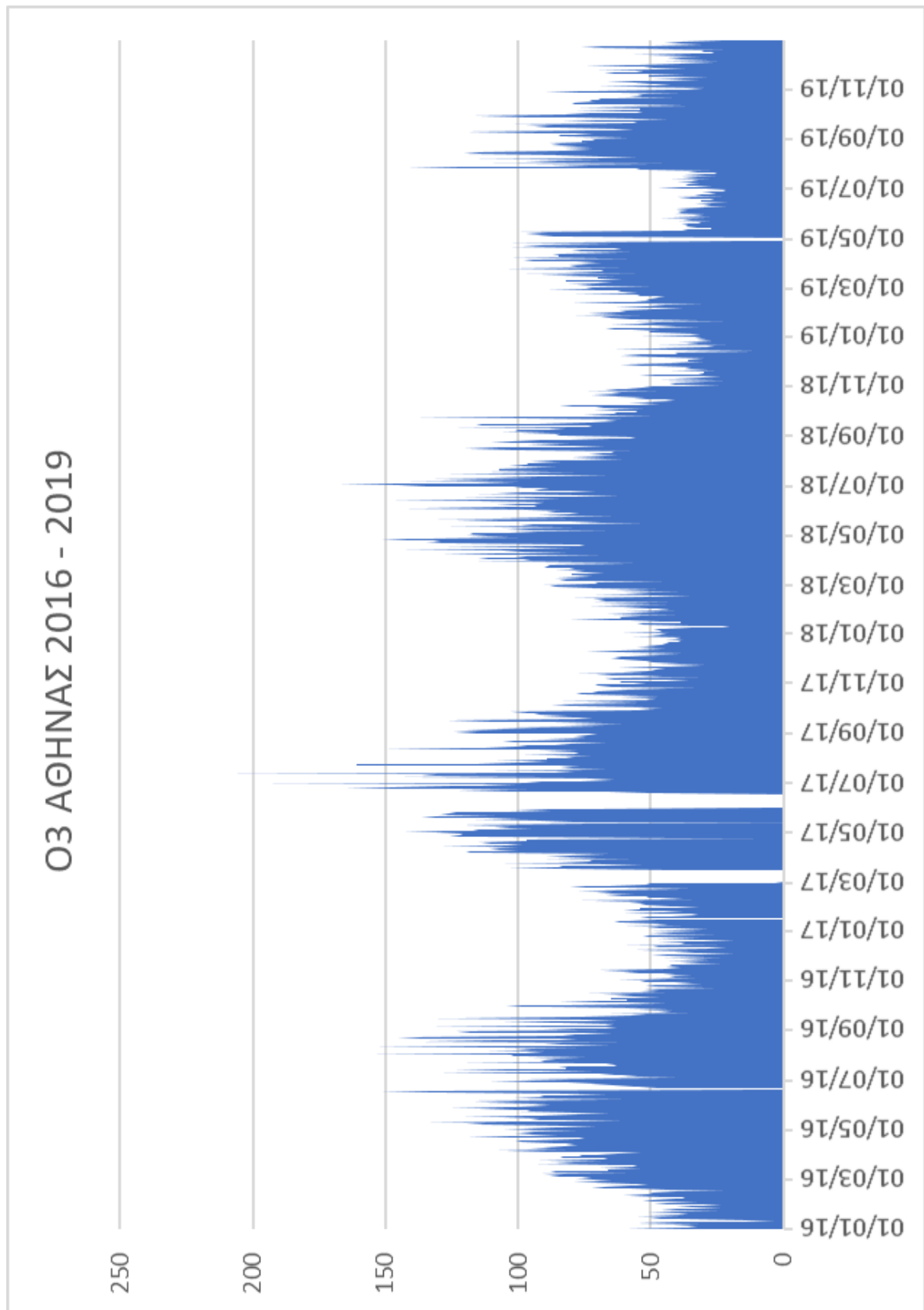
Το πρώτο πράγμα που κάναμε ήταν να μετατρέψουμε το .dat σε αρχείο .txt κι από εκεί να μετατρέψουμε σε αρχείο excel. Δημιουργήσαμε μια νέα στήλη, όπου ήταν η μέγιστη τιμή από τις τιμές των μετρήσεων της κάθε ημέρας (1 ημέρα = 1 σειρά = 24 ωριαίες μετρήσεις). Τη πρώτη στήλη (ημερομηνία) και τη τελευταία στήλη (μέγιστη τιμή συγκέντρωσης όζοντος μέσα στην ημέρα) τη σώσαμε ως νέο φύλλο εργασίας. Κάναμε την ίδια διαδικασία και για τους 4 σταθμούς. Κάθε τέτοιο φύλλο πλέον περιείχε στοιχεία σε 2 μόνο στήλες.

Στη συνέχεια, μιας και ήμασταν ήδη στο περιβάλλον του excel, αντικαταστήσαμε (“replace all”) όλες τις τιμές «-9999» με κενή τιμή προκειμένου να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις όλων των μετρήσεων της μέγιστης ημερήσιας συγκέντρωσης του όζοντος, για κάθε σταθμό ξεχωριστά καθώς και το ιστόγραμμα για το σύνολο των δεδομένων κι από τους 4 σταθμούς.

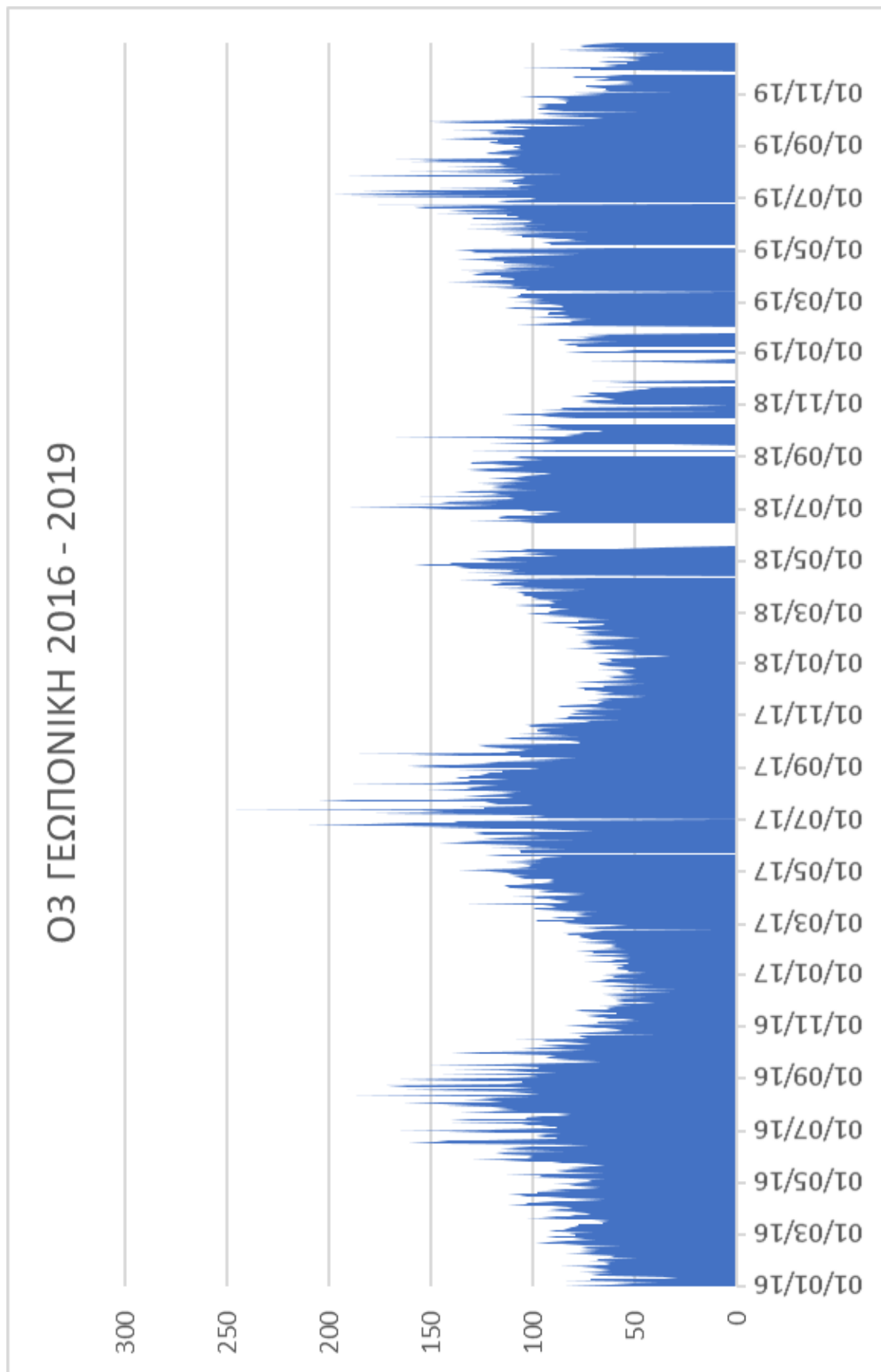
Από το ιστόγραμμα διαπιστώσαμε ότι η επικρατούσα συχνότητα στις μέγιστες τιμές όζοντος τη περίοδο 2016 -2019 είναι μεταξύ 48,5 – 57,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Επίσης βλέπουμε ότι η μεγαλύτερη επιβάρυνση υπάρχει στον σταθμό των Θρακομακεδόνων. (Εικόνες 54-58)



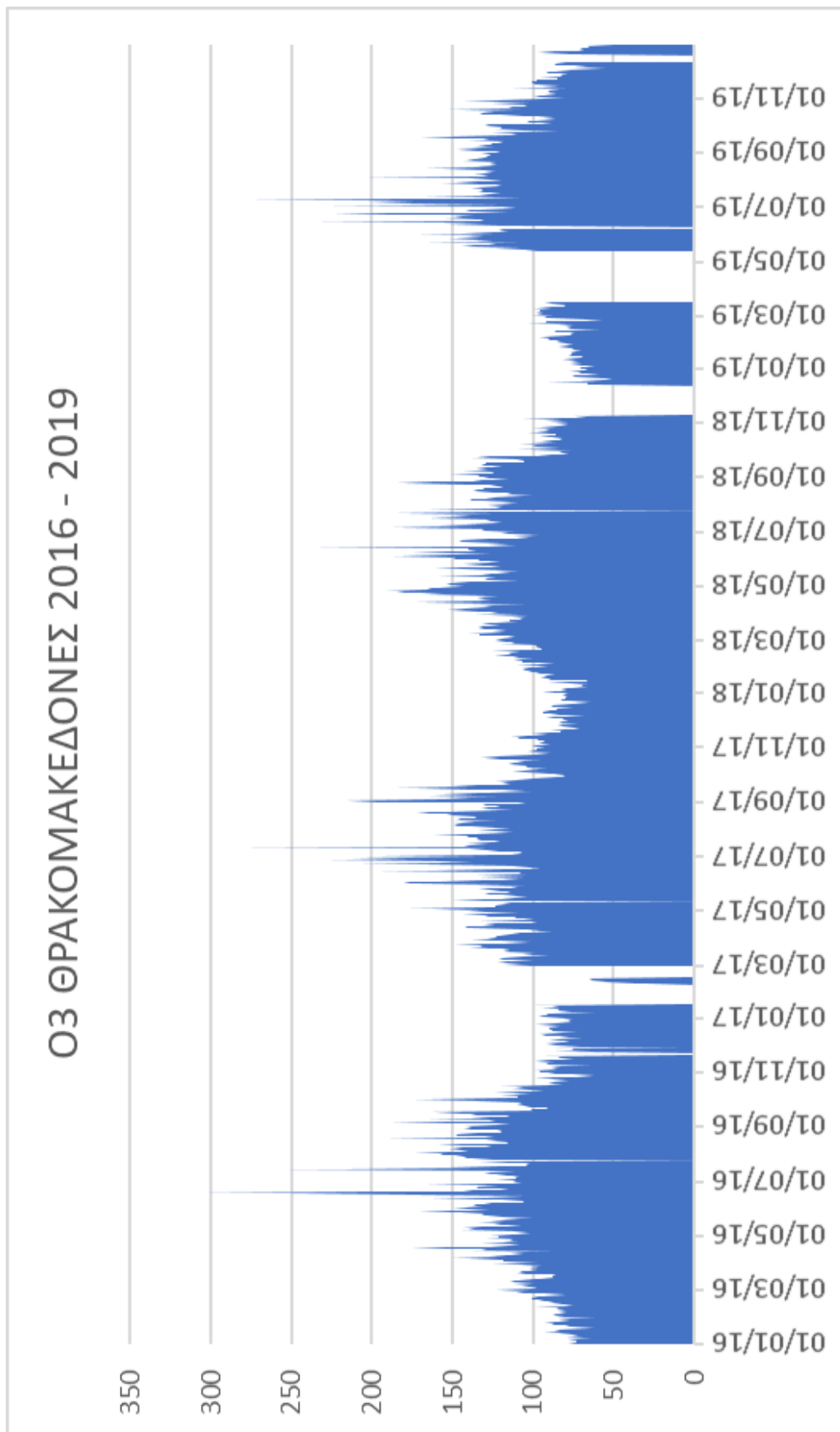
Εικόνα 54 Μέγιστες τιμές όζοντος Αγίας Παρασκευής



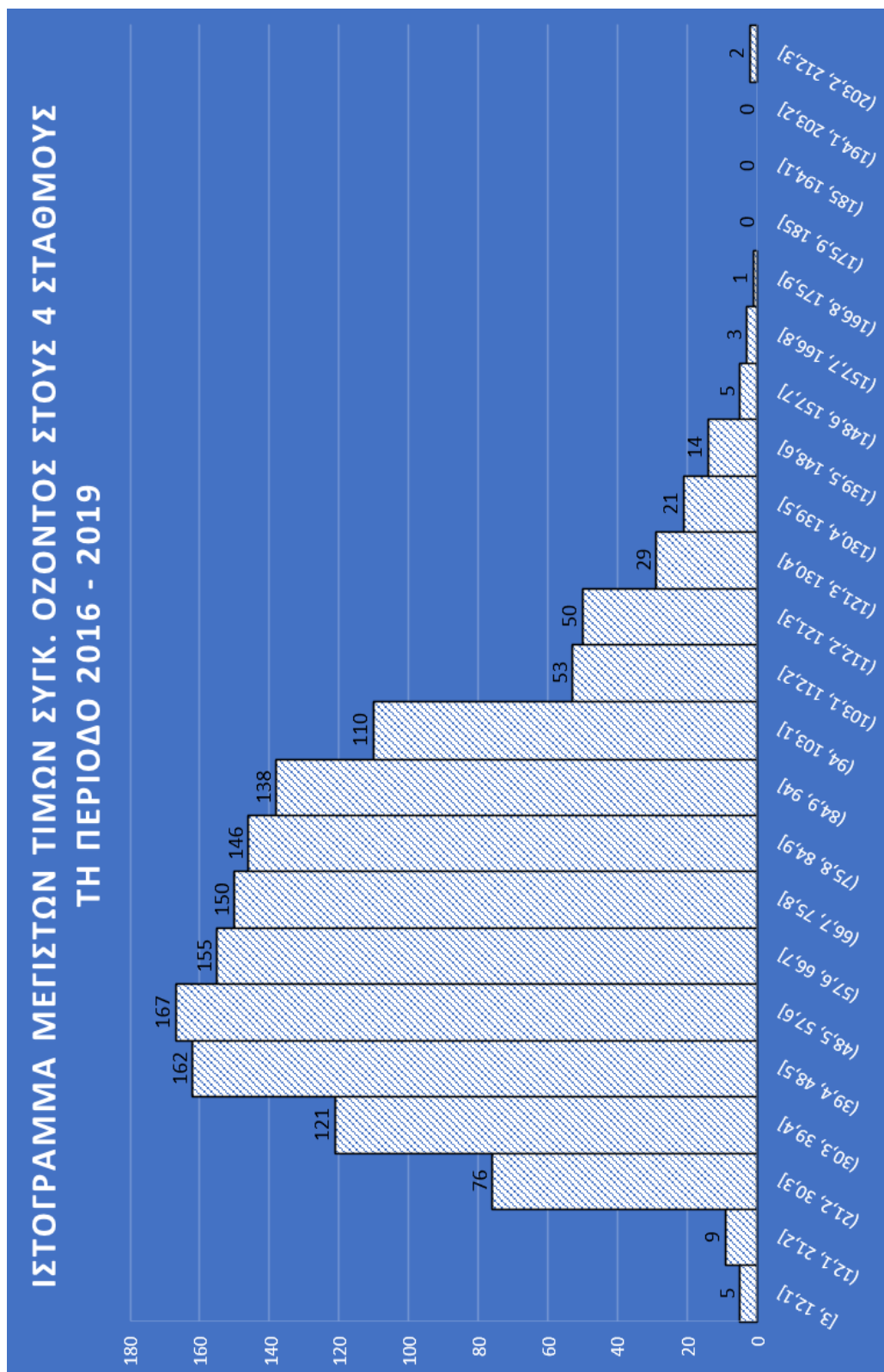
Εικόνα 55 Μέγιστες τιμές όζοντος Αθηνάς



Εικόνα 56 Μέγιστες τιμές όζοντος Γεωπονική



Εικόνα 57 Μέγιστες τιμές όζοντος Θρακομακεδόνων



Εικόνα 58 Ιστόγραμμα μέγιστων τιμών και των 4 σταθμών

2016 - 2019 Descriptonal Statistics Summary	ATH	THR	GEO	AGP
Mean	70,174	113,530	94,346	107,043
Standard Error	0,778	0,839	0,798	0,771
Median	67,000	113,000	93,000	105,000
Mode	80,000	130,000	106,000	104,000
Standard Deviation	29,280	30,442	29,348	27,862
Sample Variance	857,347	926,715	861,277	776,302
Kurtosis	0,317	3,636	1,004	1,372
Skewness	0,602	1,096	0,577	0,509
Range	203	268	241	245
Minimum	3	33	5	9
Maximum	206	301	246	254
Sum	99437	149292	127462	139798
1461 - Count	1417	1315	1351	1306
"-9999" values:	44	146	110	155

Εικόνα 59 Περιγραφική Στατιστική Μέγιστων Τιμών Όζοντος

Όπως βλέπουμε από την εικόνα 59, την ανάλυση της περιγραφικής στατιστικής των μέγιστων τιμών όζοντος των 4 σταθμών που επιλέξαμε, οι σταθμοί των Θρακομακεδόνων και της Αγίας Παρασκευής επιδεικνύουν μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.

Επίσης, βλέπουμε πως σε σύνολο 1461 ημερών (4 έτη) στον σταθμό της Αθηνάς δεν έγιναν μετρήσεις για 44 ημέρες (min) και στον σταθμό της Αγίας Παρασκευής για 155 ημέρες, (max) δηλ. οι σταθμοί ήταν μη λειτουργικοί από 3% έως 10,6% στο σύνολο της περιόδου.

Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε τον Χάρτη Σταθμών ΕΔΠΑΡ για να βρούμε τις συντεταγμένες των σταθμών, οι οποίες είναι οι εξής:

Σταθμός	Γεωγραφικό Μήκος	Γεωγραφικό Πλάτος	Υψόμετρο
ΑΘΗΝΑΣ	475861,39	4203144,2	100
ΓΕΩΠΟΝΙΚΗ	474102,17	4203751,2	40
ΑΓΙΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ	483995,32	4205000,1	290
ΘΡΑΚΟΜΑΚΕΔΟΝΕΣ	478661,66	4221479,5	550

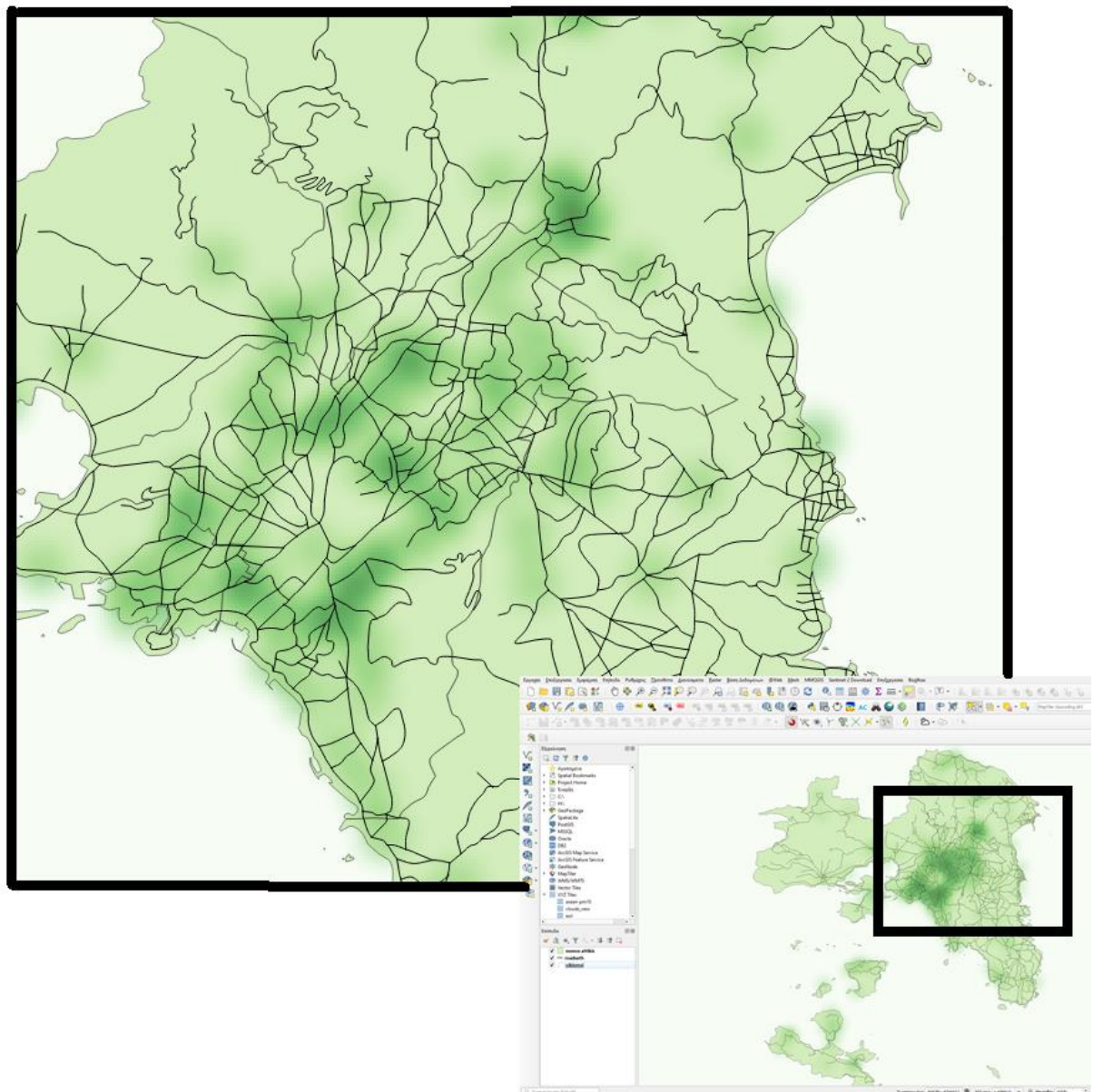
Πίνακας 15 Γεωγραφικές συντεταγμένες των 4 σταθμών

Το υψόμετρο του σταθμού των Θρακομακεδόνων στα 550 μ. κι αυτό της Αγίας Παρασκευής στα 290 μ., φαίνεται πως είναι από τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις συγκεντρώσεις του όζοντος.

Στη συνέχεια, ανοίξαμε το QGIS 3.16 και από το layer των Περιφερειών της Ελληνικής Επικράτειας (διαθέσιμο από DIVA GIS Free Data) απομονώσαμε αυτό της Περιφέρειας Αττικής κι από εκεί το Νομό (με χρήση του εργαλείου “Save selected features as”).

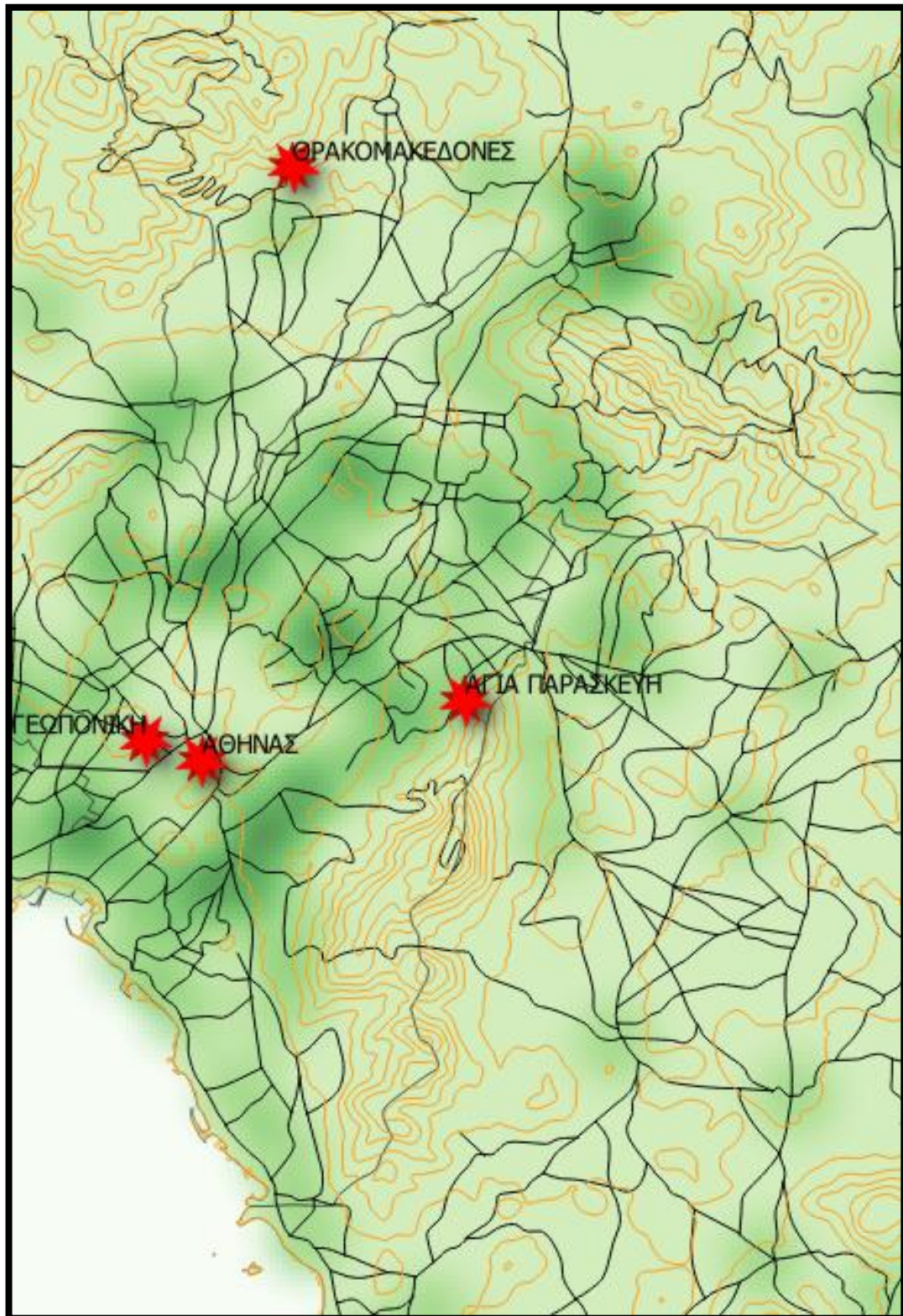
Σε αυτό προσθέσαμε στοιχεία ενδιαφέροντος όπως δρόμους (με μαύρη γραμμή) και οικισμούς ως χάρτη έντασης με διαβάθμιση στο πράσινο χρώμα.

Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 60:



Εικόνα 60 QGIS Χάρτης Αθήνας με δρόμους και heat map πληθυσμού

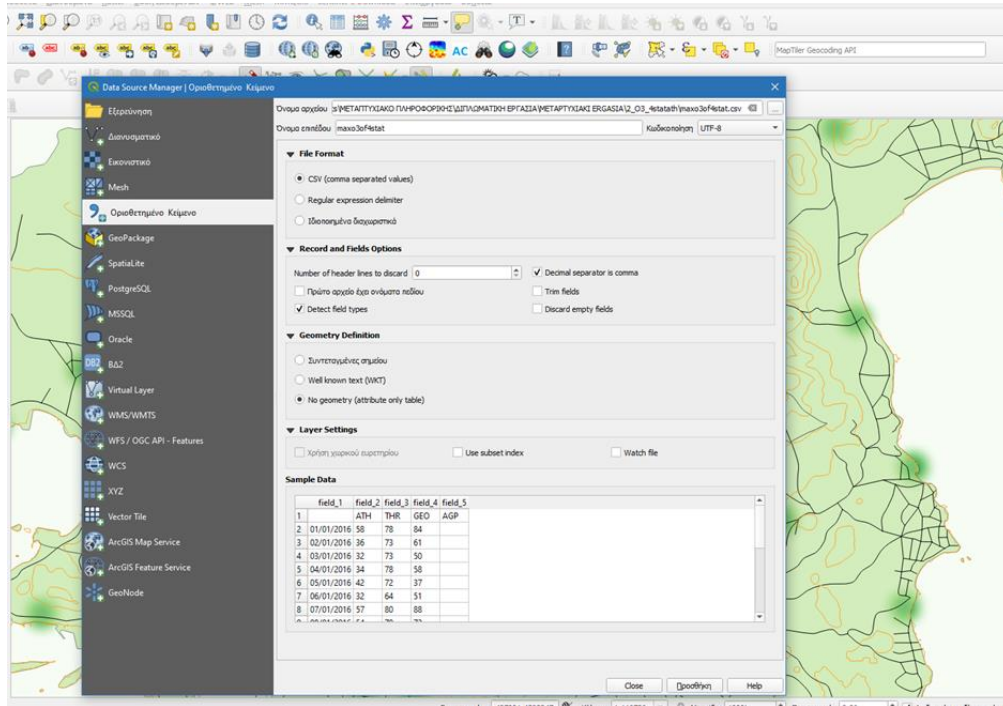
Στη συνέχεια, προσθέσαμε ισοψείς με επίπεδο contours 200m και γνωρίζοντας τις συντεταγμένες των σταθμών, δημιουργήσαμε csv αρχείο με τους 4 σταθμούς και το εισήγαμε στον χάρτη ως επίπεδο 4sta, όπως δείχνει κι η εικόνα 61.



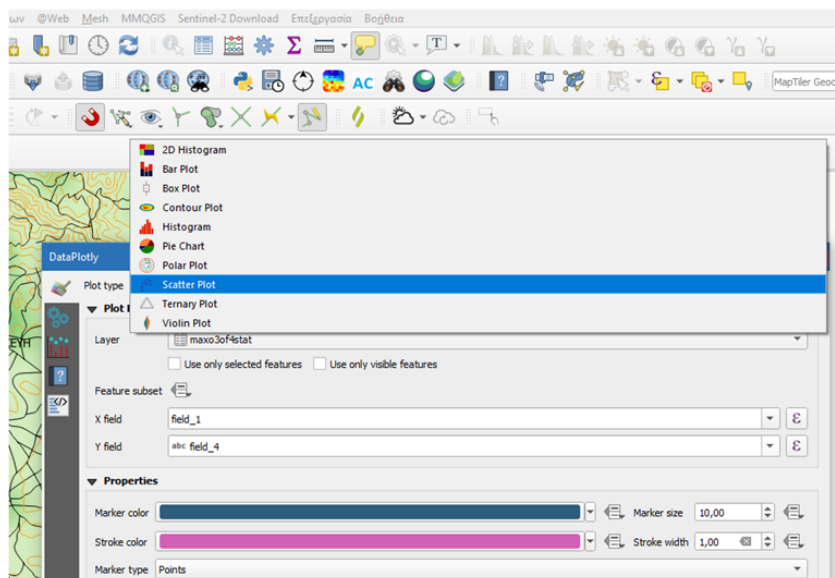
Εικόνα 61 contours 200m και οι τοποθεσίες των 4 σταθμών

Έπειτα σε κάθε σημείο – σταθμό προσθέσαμε τις μέγιστες τιμές της συγκέντρωσης του Οζοντος της κάθε ημέρας της περιόδου 2016 – 2019 ως attribute table – no geometry.

Για να γίνει αυτό, δημιουργήσαμε 1 csv αρχείο και τα εισήγαμε ως layer , όπως δείχνει κι η εικόνα 62, κάτω.

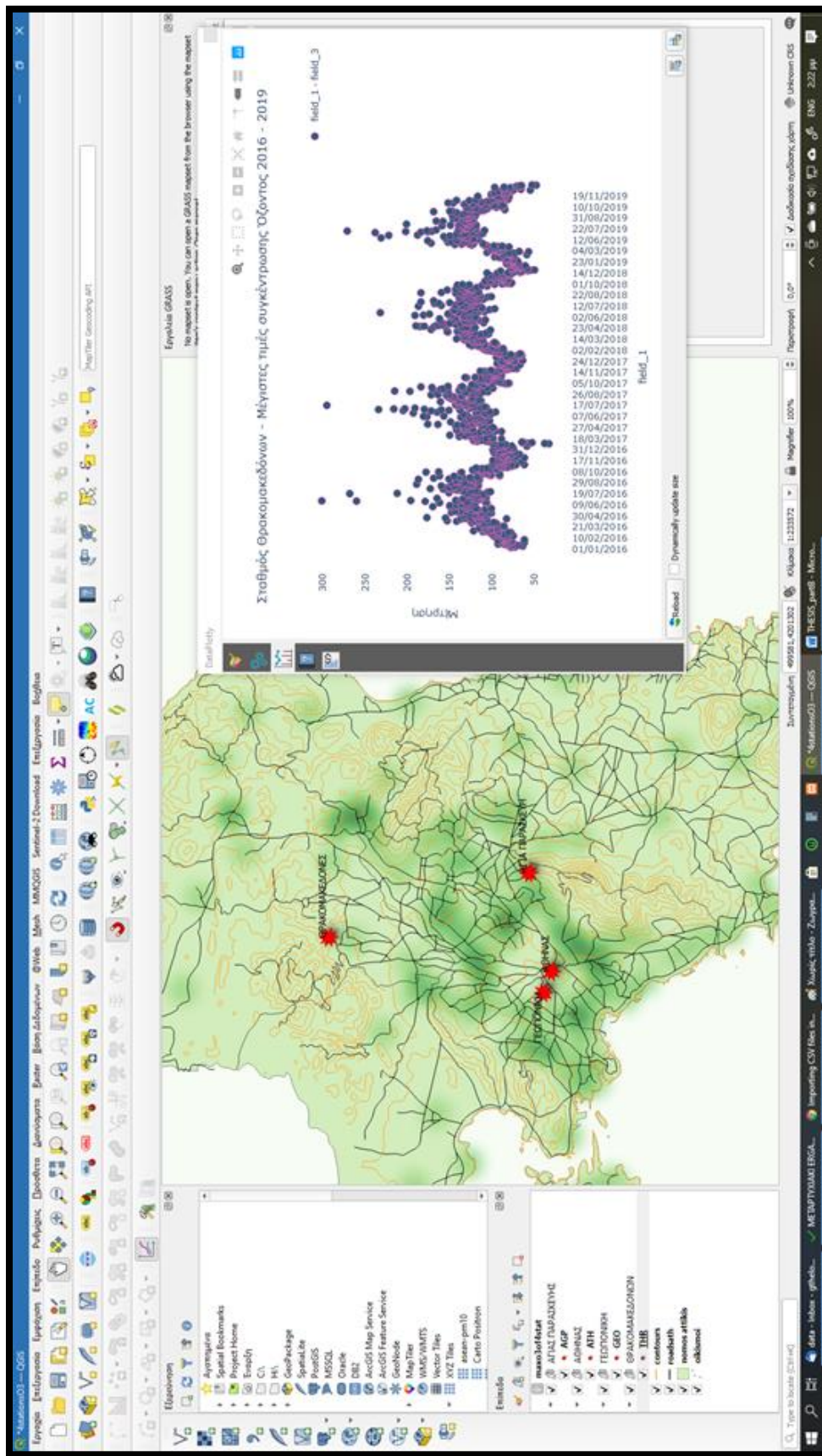


Εικόνα 62 Εισαγωγή csv data layer - no geometry

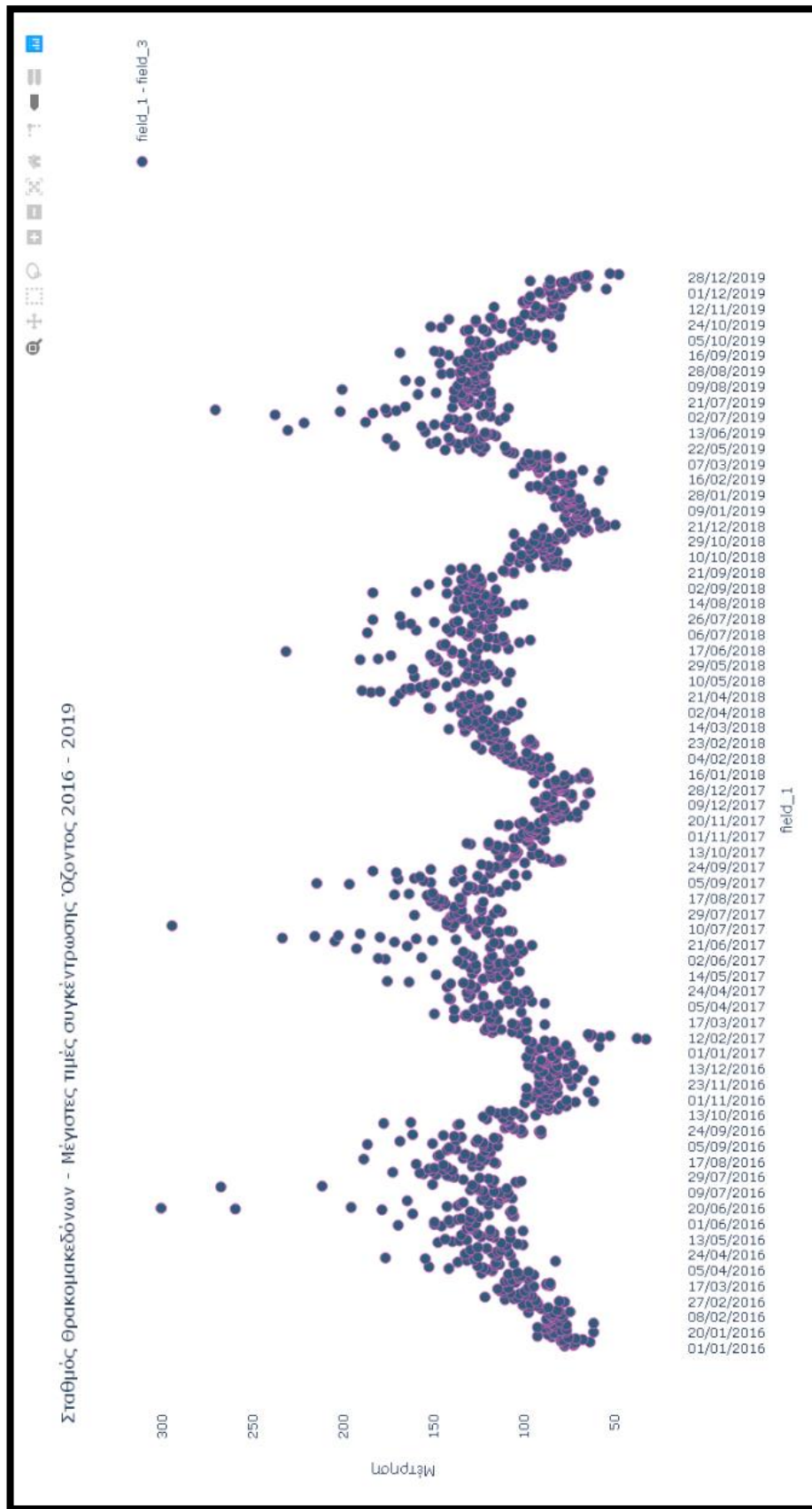


Εικόνα 63 DataPlotly plugin

Χρησιμοποιώντας το πρόσθετο DataPlotly απεικονίσαμε σε γραφική παράσταση τη μεταβολή των μέγιστων συγκεντρώσεων του όζοντος του σταθμού των Θρακομακεδόνων.



Εικόνα 64 Data Plotly Graphics menu



Εικόνα 65 QGIS Data O3 - Θρακομακεδόνες

Έτσι, μπορεί να γίνει μια απεικόνιση απλών δεδομένων στο QGIS και μάλιστα γρήγορα. Ωστόσο παρά τις ανεπτυγμένες δυνατότητες στο περιβάλλον του προγράμματος για απεικόνιση και δημιουργία χαρτών, δεν είναι το πλέον κατάλληλο για μεγάλο όγκο δεδομένων, στατιστική ανάλυση δεδομένων κι ιδιαίτερα με χρονοσειρές. Εκεί απαιτείται η χρήση άλλων προσθέτων ή ανάπτυξη κώδικα μέσω της Python κονσόλας.

Ένα πρόγραμμα ιδιαίτερα εξελιγμένο για αυτό το σκοπό είναι η R και η έκδοση της με GUI, η R Studio.

Η χρήση του R Studio με δεδομένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

«Η R είναι μια γλώσσα προγραμματισμού ανοικτού κώδικα και ένα περιβάλλον που παρέχει στον χρήστη τη δυνατότητα να κάνει υπολογιστική στατιστική και γραφήματα. Παρέχει τα απαραίτητα εργαλεία προκειμένου να υλοποιηθεί μια στατιστική ανάλυση. Κάποια από τα εργαλεία αυτά είναι:

- δημιουργία τυχαίων δειγμάτων
- διακριτές και συνεχείς μεταβλητές (Poisson, Gamma, Exponential κτλ.)
- έλεγχοι υποθέσεων
- στατιστικά τεστ (Kolmogorov-Smirnoff)
- δημιουργία γραφημάτων (ιστόγραμμα, qq plot, pie chart, bar chart κτλ.)

Είναι GNU λογισμικό, δηλαδή ο καθένας μπορεί να κάνει βελτιώσεις στον πηγαίο κώδικα της R και να τις δημοσιεύει και επίσης διανέμεται δωρεάν. Λόγω του ότι όλοι έχουν πρόσβαση στον πηγαίο κώδικα της, έχουν γίνει πολλές βελτιώσεις από τότε που δημιουργήθηκε. Επιπλέον, επιτρέπει στον χρήστη να αλληλοεπιδρά και με άλλες γλώσσες (C/C++, Java, Python), με αρχεία δεδομένων (Excel, Access) και με άλλα στατιστικά πακέτα (SAS, Stata, SPSS, Minitab).» (Wikipedia R language, 2020)

1) Εισαγωγή των πιο πρόσφατων δεδομένων στην R

Μέσω της Βάσης Δεδομένων του ΕΟΠ, την AirBase, ο κάθε ενδιαφερόμενος μπορεί να έχει πλήρη πρόσβαση στα δεδομένα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Η πρόσβαση δεν περιορίζεται σε ιστορικά αρχεία π.χ. 2000 – 2012, αλλά και σε αυτά των τελευταίων ετών.

Τα παρακάτω URL δίνουν πρόσβαση στα δεδομένα των τελευταίων 48 ωρών από όλους τους σταθμούς στην Ελλάδα, που μετρούν τον εκάστοτε συγκεκριμένο ρύπο:

https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_C6H6.csv	Βενζόλιο
https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_CO.csv	Μονοξείδιο του Άνθρακα
https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_NO2.csv	Διοξείδιο του Αζώτου
https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_O3.csv	Όζον
https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_PM10.csv	Αιωρούμενα Σωματίδια 10
https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_PM2.5.csv	Αιωρούμενα Σωματίδια 2.5
https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_SO2.csv	Διοξείδιο του Θείου

Πίνακας 16 Αρχεία δεδομένων ρυπαντών 48ώρου στην Ελλάδα

Τα αρχεία αυτά είναι τύπου .csv και ανανεώνονται κάθε μια ώρα.

Για την εισαγωγή τους στο περιβάλλον της R, ένας από τους εύκολους τρόπους είναι η εγκατάσταση του προσθέτου πακέτου RCurl.

Ο τρόπος για την απευθείας εισαγωγή των δεδομένων που βρίσκονται με URL, πχ του όζοντος των τελευταίων 48 ωρών, στο περιβάλλον του προγράμματος γίνεται με τις εξής εντολές:

R Script #1

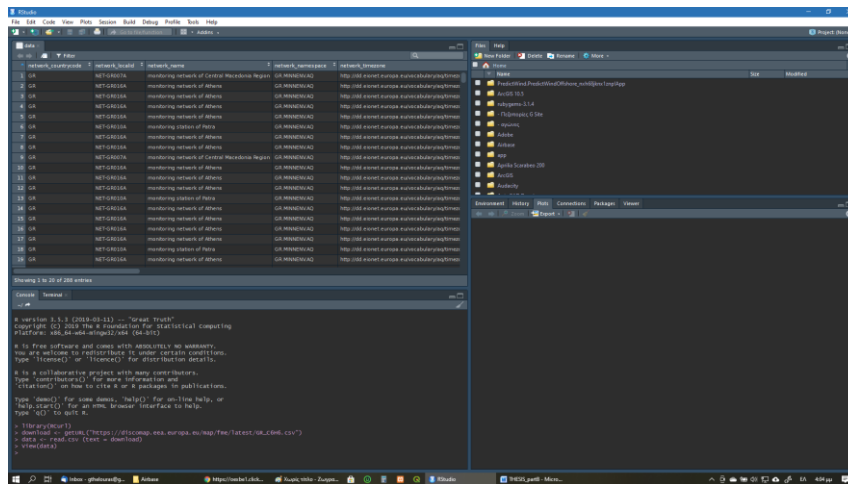
```
library (RCurl)
```

```
download <- getURL("https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_O3.csv")
```

```
data <- read.csv (text = download)
```

```
View(data)
```

Το παραπάνω σετ εντολών θα μπορούσε να αποθηκευτεί κι ως R script για να τρέξει χωρίς να τις γράφουμε κάθε φορά. Το αποτέλεσμα είναι να έχουμε κατευθείαν τα δεδομένα μας στο περιβάλλον εργασίας.

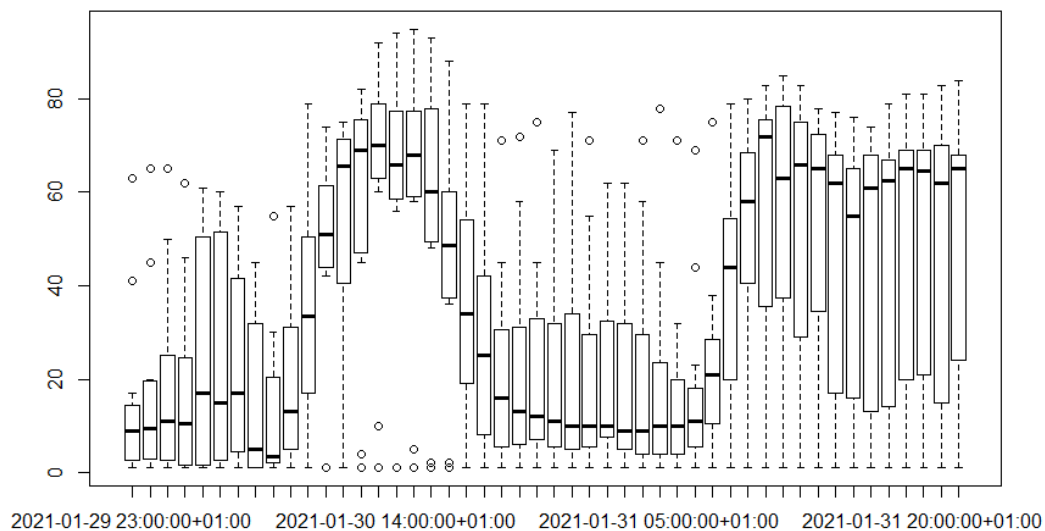


Εικόνα 66 R Studio. Το Περιβάλλον με τα δεδομένα

Από εκεί, με τη χρήση του φίλτρου των δεδομένων είδαμε ότι όζον μετράνε μόλις 13 σταθμοί.

Με την παρακάτω εντολή μπορούμε να δούμε σε γραφική παράσταση όλα αυτά τα δεδομένα για το διάστημα 29/01/2021 – 31/01/2021 (48 μετρήσεις σε 48 ώρες).

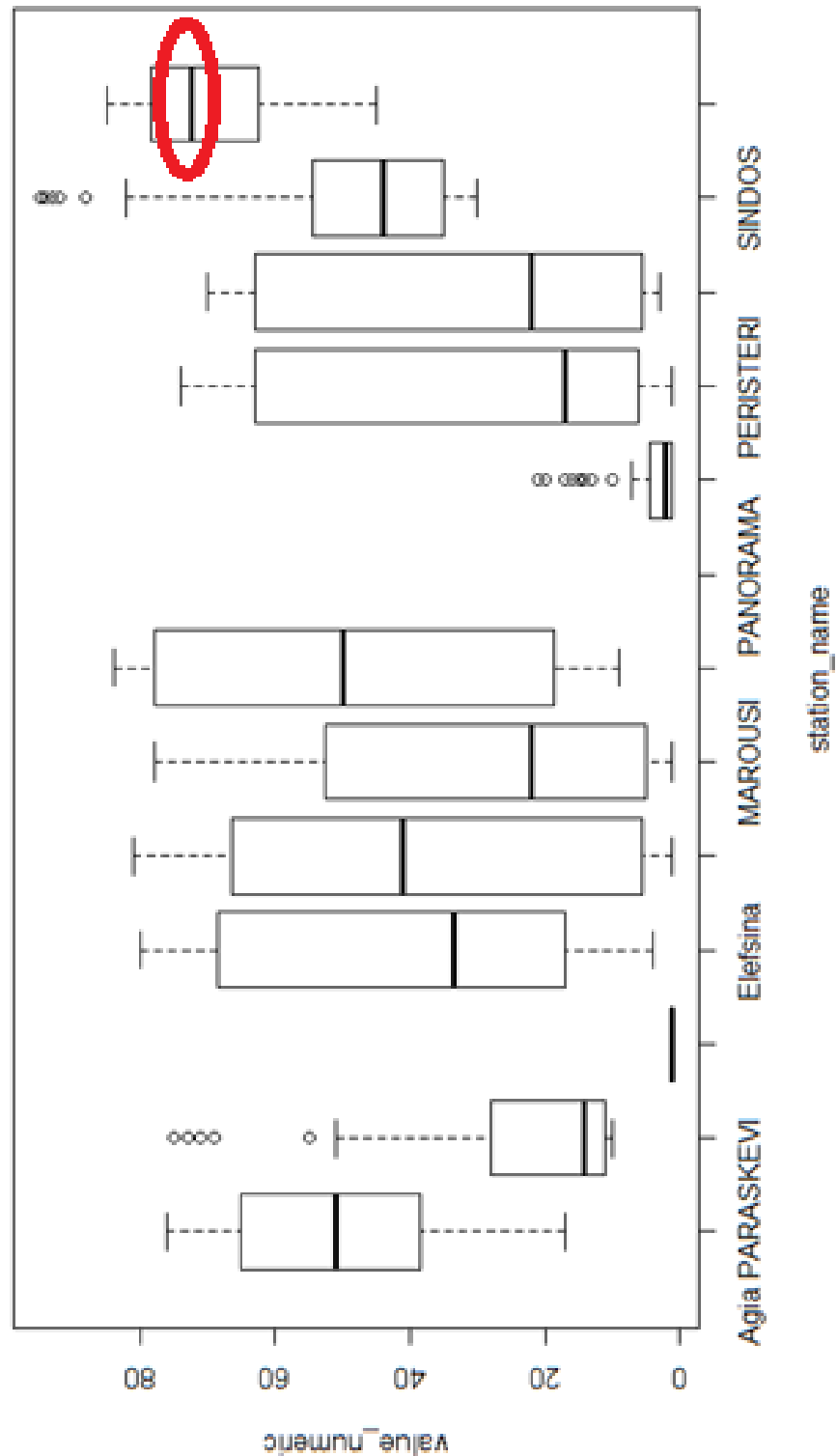
> plot (data\$value_datetime_begin, data\$value_numeric)



Εικόνα 67 R plot τιμές όζοντος τελευταίες 48 ώρες όλων των σταθμών

Με την εντολή κάτω για τις μετρήσεις του όζοντος, βλέπουμε τις τιμές των μετρήσεων ανά σταθμό ως box plot – πάλι για το ίδιο χρονικό διάστημα και ταυτόχρονα προσθέσαμε στο γράφημα και τίτλους επί των αξόνων x, y.

```
>plot(data$station_name,data$value_numeric,xlab="station_name",ylab="value_numeric")
```



Εικόνα 68 R plot Τιμές Όζοντος ανά σταθμό μέτρησης 29/01/21 – 31/01/21

Με τη χρήση των φίλτρων των δεδομένων μπορούμε να δούμε τιμές μόνο από τον σταθμό που ενδιαφερόμαστε.



Εικόνα 69 Σταθμοί μέτρησης O₃ στην Ελλάδα (29/01/21-31/01/21)

Ο τελευταίος σταθμός στο γράφημα της εικόνας 68 είναι ο σταθμός των Θρακομακεδόνων – ο οποίος έχει από του 4 σταθμούς που είχαμε διαλέξει στο παράδειγμα με το QGIS - τις μεγαλύτερες μετρήσεις! Εδώ βλέπουμε επίσης ότι έχει τις μεγαλύτερες μετρήσεις και σχετικά μικρό εύρος μετρήσεων (range = max – min) στο 2-ήμερο από 29/01/21 έως 31/01/21.

Επίσης το γράφημα μπορεί να αλλάξει (χρώματα, σημεία, γραμματοσειρές κλπ) αλλά και το είδος του γραφήματος να αλλάξει ανάλογα με τον σκοπό της ανάλυσης. Οι αναλύσεις που μπορούν να γίνουν σε ένα τέτοιο σετ δεδομένων περιλαμβάνουν functions από πακέτα στατιστικής όσο και από εξειδικευμένα πακέτα για την ανάλυση χρονοσειρών δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης , όπως π.χ. το πακέτο “openair”.

Αυτόματη αποθήκευση όλων των δεδομένων από την Ευρωπαϊκή Βάση

Με το παρακάτω R Script, ο χρήστης θα μπορεί να λαμβάνει στον τοπικό του Η/Υ όλα τα δεδομένα για όλους τους ρύπους στην Ελλάδα από όλους τους σταθμούς, τις τελευταίες 48 ώρες και να είναι και ταυτόχρονα στο περιβάλλον της R.

R Script #2

```
url <- "https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_C6H6.csv"
```

```
destfile <- "C:/Users/gthel/Documents/Airbase/C6H6.csv"
```

```
download.file (url, destfile)
```

```
url <- "https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_CO.csv"
```

```
destfile <- "C:/Users/gthel/Documents/Airbase/CO.csv"
```

```
download.file (url, destfile)
```

```
url <- "https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_NO2.csv"
```

```
destfile <- "C:/Users/gthel/Documents/Airbase/NO2.csv"
```

```
download.file (url, destfile)
```

```
url <- "https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_O3.csv"
```

```
destfile <- "C:/Users/gthel/Documents/Airbase/ O3.csv"
```

```
download.file (url, destfile)
```

```
url <- "https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_PM10.csv"
```

```
destfile <- "C:/Users/gthel/Documents/Airbase/ PM10.csv"
```

```
download.file (url, destfile)
```

```
url <- "https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_PM2.5.csv"
```

```
destfile <- "C:/Users/gthel/Documents/Airbase/ PM2.5.csv"
```

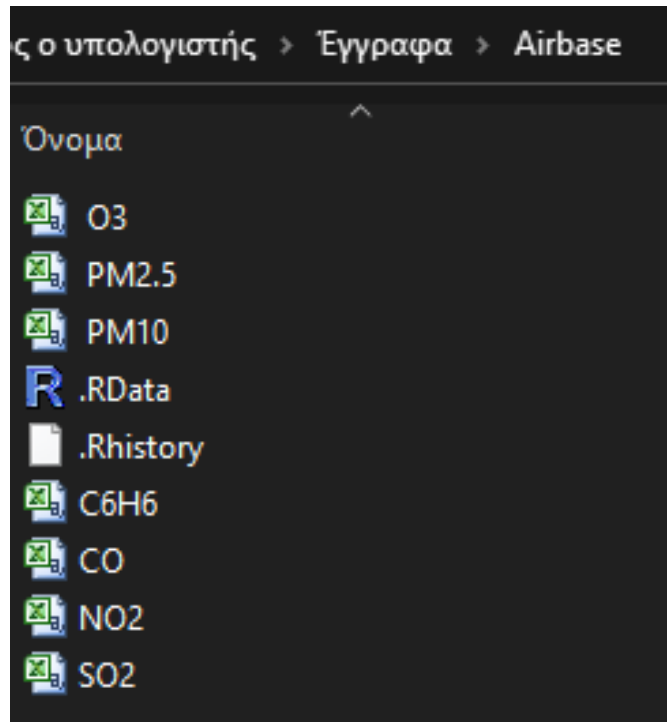
```
download.file (url, destfile)
```

```
url <- "https://discomap.eea.europa.eu/map/fme/latest/GR_SO2.csv"
```

```
destfile <- "C:/Users/gthel/Documents/Airbase/SO2.csv"
```

```
download.file (url, destfile)
```

Με τις παραπάνω εντολές έχει οριστεί ότι θέλουμε να κατεβούν αυτά τα δεδομένα (URL) και να αποθηκευτούν στα Έγγραφα του Η/Υ στον φάκελο AirBase (που δημιουργήσαμε) με αυτό το όνομα το καθένα.



Εικόνα 70 EU AirBase αρχεία csv

Για να δουλέψει αυτό το script θα πρέπει να γίνουν οι κατάλληλες αντικαταστάσεις στην εντολή destfile, ώστε να αποθηκευτούν στην επιθυμητή τοποθεσία.

Στη συνέχεια, θέλουμε να διαβάσουμε όλα τα αρχεία που κατεβάσαμε. Επειδή είναι 7 διαφορετικά αρχεία και θέλουμε εν τη προκειμένου να τα δούμε όλα, θα εκτελέσουμε τις παρακάτω εντολές, αφού εγκαταστήσουμε το πακέτο plyr.

R Script #3

```
setwd("C:/Users/gthel/Documents/Airbase")  
  
library(plyr)  
  
dataset <- ldply(list.files(), read.csv, header=TRUE)  
  
View(dataset)
```

Με αυτόν τον τρόπο πλέον έχουμε όλα τα στοιχεία σε 1 πίνακα ο οποίος έχει 3299 εγγραφές – ο αριθμός αυτός είναι διαφορετικός κάθε φορά αφού εξαρτάται από τη λειτουργικότητα των σταθμών.

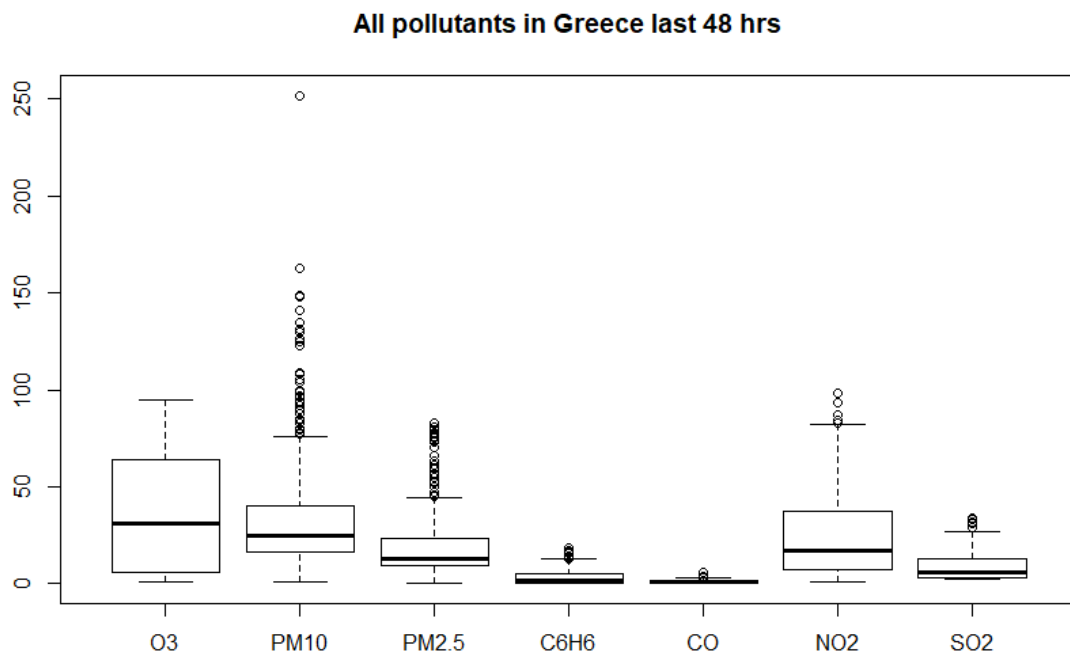
Πλέον μπορούμε να διαχειριστούμε όποιον σταθμό κι όποιον ρύπο θέλουμε για τις τελευταίες 48 ώρες ή να συγκρίνουμε σε συγκεκριμένη χρονική στιγμή τη συγκέντρωση των ρύπων σε όλους τους σταθμούς που πραγματοποιούν μετρήσεις σε αυτόν τον ρύπο κλπ.

Με την παρακάτω εντολή θα δούμε σε γράφημα τις τιμές όλων των ρύπων τις τελευταίες 48 ώρες.

```
> plot(dataset$pollutant, dataset$value_numeric)
> title("All pollutants in Greece last 48 hrs")
```

Το αποτέλεσμα φαίνεται στη εικόνα 71, όπου μπορεί να διαπιστωθεί ότι για το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα οι ρύποι (*πλην του Μονοξειδίου του Άνθρακα που μετριέται σε διαφορετικές μεγαλύτερες μονάδες μέτρησης) έχουν τις τιμές όπως φαίνεται στον άξονα y.

Σε αυτό το γράφημα διαπιστώνουμε ότι το όζον και τα Αιωρούμενα Σωματίδια 10, έχουν τις μεγαλύτερες τιμές κι ακολουθούν τα Αιωρούμενα Σωματίδια 2,5 και το διοξείδιο του Αζώτου.



Εικόνα 71 Όλοι οι ρύποι στην Ελλάδα από 30/01/21 έως 01/02/21

Γ' Μέρος.

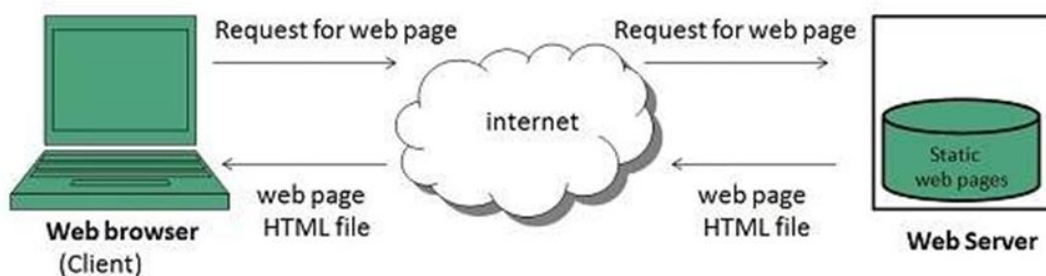
Μια ιστοσελίδα μπορεί να κατασκευαστεί από την αρχή («from scratch») με χρήση των γλωσσών κι εργαλείων HTML (HyperText Markup Language), PHP (Hypertext Preprocessor) και CSS (Cascading Style Sheets), JAVASCRIPT, καθώς κι άλλων προγραμμάτων, με το αντίστοιχο λογισμικό. Ο βαθμός της πολυπλοκότητας της ιστοσελίδας είναι αυτός που καθορίζει τα εργαλεία προγραμματισμού. Μια απλή σελίδα θα μπορούσε να γραμμένη σε κειμενογράφο μόνο με κείμενο και χωρίς τίποτα άλλο και να μετατραπεί/αποθηκευτεί σε html document. Όσο προχωρά η εξατομίκευση κι η πολυπλοκότητα της ιστοσελίδας χρειάζονται και πιο εξεζητημένα εργαλεία προγραμματισμού πχ η προσθήκη εικόνων, κινούμενων εικόνων, ηχητικών κομματιών, video, φόρμες επικοινωνίας, διαδραστικό περιεχόμενο και χάρτες αλλά και η ασφάλεια της ιστοσελίδας κλπ.

Διάκριση Ιστοσελίδων

Στην απλούστερη μορφή της, μια ιστοσελίδα μπορεί να είναι ένα κείμενο, στη πλέον εξελιγμένη μορφή της μια ιστοσελίδα αποτελεί μια ολόκληρη web εφαρμογή (πχ opap, poker, taxis, e-banking τραπεζών κ.λπ.). Έτσι μια βασική διάκριση των ιστοσελίδων αποτελεί ο διαχωρισμός τους σε στατικές και δυναμικές ιστοσελίδες.

Στατική Ιστοσελίδα

«Στατική ιστοσελίδα ονομάζεται μια ιστοσελίδα της οποίας το περιεχόμενο μεταφέρεται στον χρήστη ακριβώς στην μορφή που είναι αποθηκευμένο στον διακομιστή (server), σε αντίθεση με τις δυναμική ιστοσελίδα όπου το περιεχόμενο δημιουργείται από μια εφαρμογή η οποία εκτελείται στον διακομιστή.» (techterms, 2009)



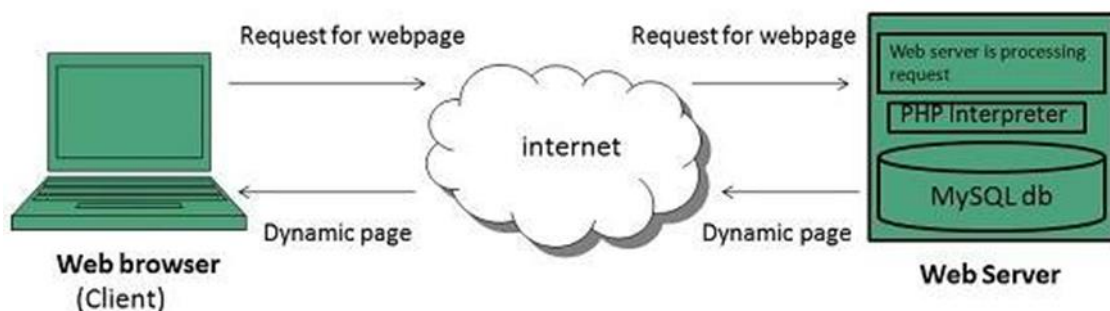
Εικόνα 72 Στατικές Ιστοσελίδες

«Τα περιεχόμενα μιας στατικής ιστοσελίδας εμφανίζονται με την ίδια μορφή σε όλους τους χρήστες με την μορφή που είναι αποθηκευμένα στο σύστημα αρχείων του διακομιστή. Οι στατικές ιστοσελίδες είναι αποθηκευμένες συνήθως σε μορφή HTML και μεταφέρονται χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο HTTP.» (techterms, 2009)

Δυναμική Ιστοσελίδα

«Δυναμική ιστοσελίδα είναι μια ιστοσελίδα η οποία δημιουργείται δυναμικά την στιγμή της πρόσβασης σε αυτή ή την στιγμή που ο χρήστης αλληλοεπιδρά με τον διακομιστή. Έτσι το περιεχόμενο μιας δυναμικής ιστοσελίδας είναι διαφορετικό ανά χρονικές περιόδους π.χ. τα social media, οι ειδησεογραφικές σελίδες, το On-Line gaming, οι χρηματιστηριακές ιστοσελίδες, κλπ.

Η δυναμική ιστοσελίδα μπορεί να δημιουργείται δυναμικά από ένα σενάριο εντολών, το οποίο εκτελείται τοπικά στο πελάτη ή στον διακομιστή ή και στον πελάτη και στον διακομιστή.



Εικόνα 73 Δυναμικές Ιστοσελίδες

Ως Client-Side (Front-end) ενός ιστότοπου αναφέρεται στο πρόγραμμα περιήγησης ιστού και ως Server-Side (Back-end) αναφέρεται στην αποθήκευση των δεδομένων και του πηγαίου κώδικα στον διακομιστή.» (techterms, 2009)

Client-Side

«Η ιστοσελίδα συνήθως περιέχει ένα script (σενάριο εντολών) το οποίο ενσωματώνει μια διαδραστικότητα με τον χρήστη (μέσω Keyboard/mouse/touch-screen). Το περιεχόμενο της ιστοσελίδας δημιουργείται δυναμικά στον τοπικό υπολογιστή (downloaded, compiled and run by the browser) μετά την εκτέλεση του σεναρίου εντολών το οποίο λαμβάνεται από τον απομακρυσμένο διακομιστή. Για παράδειγμα η γλώσσα σεναρίου εντολών JavaScript

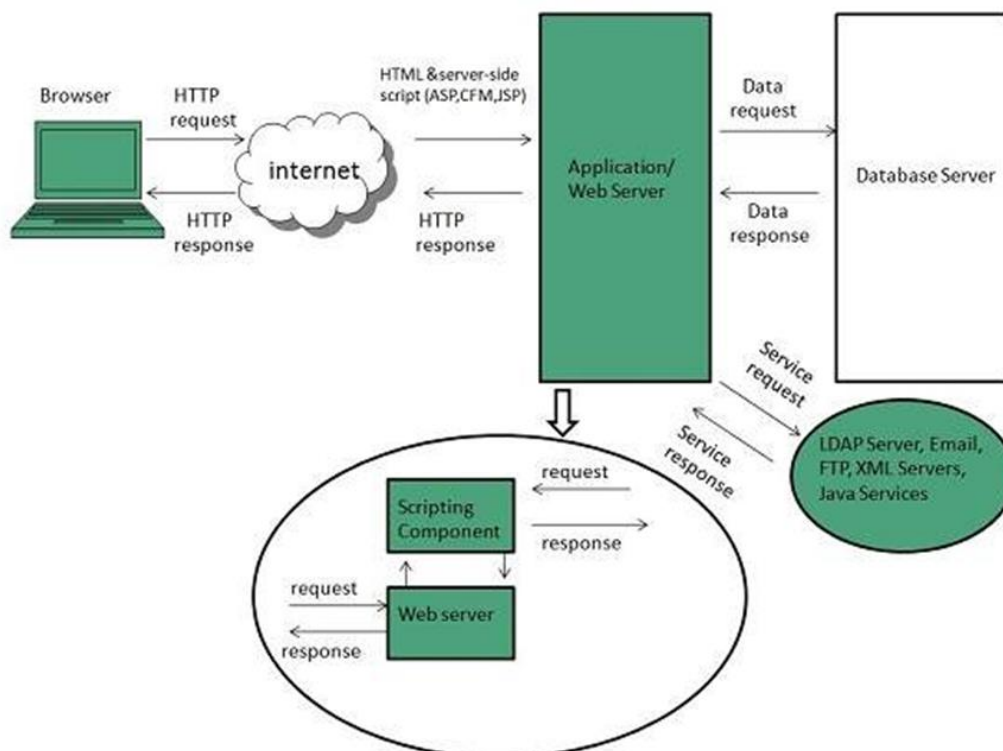
χρησιμοποιείται για την τοπική δημιουργία δυναμικών ιστοσελίδων τεχνολογίας DHTML ή Flash οι οποίες συχνά χρησιμοποιούνται για την ενσωμάτωση ήχων, κινούμενων εικόνων ή αλλαγές και διαμόρφωση του κείμενου της σελίδας.» (Tutorials Point, 2020)

Server-Side

Μια Server-Side δυναμική ιστοσελίδα δημιουργείται από εκτέλεση προγραμμάτων στον απομακρυσμένο διακομιστή. Ο χρήστης-πελάτης επισκέπτεται τον server ο οποίος δημιουργεί δυναμικά την ιστοσελίδα την οποία επιστρέφει συνήθως εξατομικευμένα σε μορφή HTML στον πελάτη.

Μια δέσμη ενεργειών διακομιστή υποβάλλεται σε επεξεργασία στο διακομιστή όταν ο χρήστης ζητήσει πληροφορίες (Request). Αυτά τα είδη των σεναρίων μπορούν να εκτελεστούν πριν φορτωθεί μια ιστοσελίδα. Απαιτούνται για οτιδήποτε απαιτεί δυναμικά δεδομένα, όπως αποθήκευση στοιχείων σύνδεσης ενός χρήστη (Login Credentials).

Όταν γίνεται επεξεργασία μιας δέσμης ενεργειών διακομιστή, το αίτημα αποστέλλεται στον διακομιστή και το αποτέλεσμα αποστέλλεται πίσω στον πελάτη. Αυτό είναι ζωτικής σημασίας για ιστότοπους που αποθηκεύουν μεγάλους όγκους δεδομένων, όπως μηχανές αναζήτησης ή κοινωνικά δίκτυα.



Εικόνα 74 Scripting Δυναμικών Ιστοσελίδων

Combination Technology (Client-Side + Server-Side)

Οι δυναμικές ιστοσελίδες τύπου Combination Technology ονομάζονται συνήθως διαδικτυακές εφαρμογές (Web Apps). Η Τεχνολογία Ajax χρησιμοποιεί συνδυαστικά δέσμες ενεργειών τόσο από Client-Side (Scripting) όσο κι από Server-Side (Requests) για τη δυναμική ανταλλαγή περιεχομένου. Παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής είναι η ιστοσελίδα Google Maps.

Αυτή η τεχνική μπορεί να μειώσει τον χρόνο φόρτωσης από τον διακομιστή, επειδή ο πελάτης δεν ζητά να αναγεννηθεί ολόκληρη η ιστοσελίδα αλλά εκτελεί μια δέσμη ενεργειών αιτώντας για δεδομένα από τον server κι ο server επιστρέφει τα ζητούμενα δεδομένα τα οποία επεξεργάζονται ως Client-Side σενάριο, το οποίο τρέχει τοπικά στον χρήστη. Συνοπτικά οι κύριες γλώσσες προγραμματισμού Front-End και Back-End, αναφέρονται αμέσως κάτω:

Client-Side Scripting Language	Server-Side Scripting language	Combination Technology
JavaScript	ASP	Ajax
ActionScript It	ActiveVFP	
Dart	ASP.net	
VBScript	Java	
	Python	
	WebDNA	

Πίνακας 17 Scripting Languages για Δυναμικές Ιστοσελίδες

«Ενώ η κατασκευή μιας απλής στατικής ιστοσελίδας μπορεί να γίνει σχετικά με εύκολο τρόπο, η κατασκευή μιας δυναμικής ιστοσελίδας απαιτεί τεχνικές γνώσεις κι ειδικά προγράμματα, καθώς το περιεχόμενό της είναι παραμετρικό κι αντλείται από βάσεις δεδομένων και η διαχείρισή τους πραγματοποιείται μέσω ενός περιβάλλοντος που ονομάζεται CMS, δηλαδή ενός Συστήματος Διαχείρισης Περιεχομένου (Content Management System).

Η κατασκευή της ιστοσελίδας είναι μια διαδικασία η οποία μπορεί να γίνει με χρήση από ανεξάρτητα μεμονωμένα και διαφορετικά προγράμματα π.χ. «Atom Editor» και χρήση πρόσθετων (plugins) κλπ. ή μέσω IDE (Integrated Development Environment) λογισμικού.

Όταν κάποιος προγραμματίζει σε περιβάλλον IDE τότε μπορεί να γράφει κώδικα π.χ. σε Html, JavaScript, css κι άλλες γλώσσες χωρίς να χρειάζεται να αποχωρήσει από το γραφικό

περιβάλλον του προγράμματος (Graphical User Interface (GUI)) αφού το λογισμικό IDE περιλαμβάνει τα απαραίτητα στοιχεία (Text editor, Syntax Highlighter, Build or Make Integration, Compiler or Interpreter, Debugger and other possible features) που στην αντίθετη περίπτωση όλα τα προηγούμενα θα έπρεπε να τα έχει ως ξεχωριστά εγκατεστημένα προγράμματα. Δημοφιλές IDE λογισμικό για Web Development είναι τα Visual Studio, NetBeans, WebStorm, Eclipse, PhpStorm και Aptana Studio 3, μεταξύ άλλων.» (Bitesize, 2020)

Από τα παραπάνω, γίνεται σαφές ότι για τη δημιουργία μιας ιστοσελίδας απαιτούνται ειδικές γνώσεις και εργαλεία προγραμματισμού τα οποία εξαρτώνται από τη πολυπλοκότητα των λειτουργιών της ιστοσελίδας υπό-κατασκευή.

Εφαρμογές για Ιστοσελίδες

Στην αγορά, υπάρχουν πάρα πολλές εταιρίες οι οποίες αναλαμβάνουν για πελάτες την κατασκευή των ιστοσελίδων τους, που μπορεί να είναι από απλές επαγγελματικές μέχρι e-shop κι άλλες πιο πολύπλοκες. Σε κάποιες από αυτές τις εταιρίες υπάρχουν εξωτερικοί συνεργάτες ή και εταιρικά τμήματα Διαφήμισης και Marketing για την δημιουργία εταιρικής ταυτότητας, logo και για ενέργειες εταιρικής προβολής και προώθησης (Promotion). Το κόστος αυτών των υπηρεσιών εξαρτάται από το είδος των παρεχόμενων υπηρεσιών και κυμαίνεται ανάλογα.

Μεταξύ των τρόπων κατασκευής μιας ιστοσελίδας εξολοκλήρου από την αρχή ή την ανάθεση του έργου αυτού σε μια εξειδικευμένη εταιρεία πληροφορικής, υπάρχει κι η ενδιάμεση λύση αυτής της χρήσης έτοιμων template ιστοσελίδων όπου ο χρήστης αλλάζει το περιεχόμενο κατά την επιθυμία του χωρίς ιδιαίτερη τεχνική κατάρτιση.

Ο πιο εύκολος τρόπος για τη δημιουργία μιας προσωπικής ή/και μικρής επιχειρηματικής προβολής είναι με τη δημιουργία ιστολογίου και τη φιλοξενία του σε κάποια από τις γνωστές υπηρεσίες όπως είναι το Blogger και το WordPress.com, μεταξύ άλλων. Το μειονέκτημα συνήθως σε αυτά είναι οι διαφημίσεις που μπορεί να επιβάλει ο Πάροχος (Host) καθώς και οι περιορισμένες δυνατότητες τροποποίησης κι αναβάθμισης της ιστοσελίδας κι ενσωμάτωσης στοιχείων εξελιγμένης λειτουργικότητας.

Blogger

«Το Blogger είναι διαδικτυακή υπηρεσία που ανήκει στη Google και χρησιμοποιείται ως μια πλατφόρμα δημιουργίας και φιλοξενίας ιστολογίων. Ιδρύθηκε το 1999 από την Pyra Labs και αργότερα αποκτήθηκε από την Google. Είναι από τις παλιότερες και δημοφιλέστερες ιστοσελίδες ιστολογίων στον κόσμο.

Είναι μια υπηρεσία της Google για δωρεάν φιλοξενία ενός προσωπικού ιστολογίου και στα πλεονεκτήματα του είναι η ευκολία δημιουργίας και συντήρησης της ιστοσελίδας, η ενσωμάτωση του με τα υπόλοιπα προϊόντα της Google όπως και το AdSense, καθώς και τα πολλά θέματα και πρόσθετα που κατ' επιλογή μπορεί να χρησιμοποιήσει ο χρήστης για τη μεταμόρφωση του προτύπου σε μια μοναδική - προσωπική ιστοσελίδα.» (Google Blogger, 2021)

WordPress.com

«Το WordPress είναι ελεύθερο και ανοικτού κώδικα λογισμικό που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία ιστότοπου, blog ή web εφαρμογής. Είναι γραμμένο σε PHP και MySQL. Συχνά χρησιμοποιείται ως Σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (ΣΔΠ ή CMS). Έχει πολλές δυνατότητες, συμπεριλαμβανομένων μιας αρχιτεκτονικής για πρόσθετες λειτουργίες, και ενός συστήματος προτύπων (themes).

Το WordPress χρησιμοποιείται σε περισσότερα από το 14% των 1.000.000 μεγαλύτερων ιστότοπων. Αναφέρεται στο επίσημο site ότι το 35% του παγκόσμιου ιστού χρησιμοποιεί WordPress, από απλά ιστολόγια μέχρι τα μεγαλύτερα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης.

Στο WordPress.com, δωρεάν είναι η πολύ περιορισμένη σε δυνατότητες έκδοση του, ενώ οι υπόλοιπες είναι με μηνιαία συνδρομή η οποία ξεκινά από 4 €/μήνα και φτάνει ως τα 45 €/μήνα (02/04/2020). Οι διαφορές στην δωρεάν διάθεση και στα επιμέρους και επί πληρωμή πακέτων έχουν να κάνουν με τη δυνατότητα χρήσης ξεχωριστού domain name, επιλογής θεμάτων, plugins, εργαλείων ελέγχου, αυτόματο back-up, τεχνικής υποστήριξης κλπ.» (Wordpress, 2021)

Στην περίπτωση που δεν υπάρχει επαγγελματική ή προσωπική ανάγκη για αυτονομημένο διαδικτυακό χώρο ή πρόκειται για ένα απλό προσωπικό ιστολόγιο, οι 2 παραπάνω πλατφόρμες προσφέρουν με μηδενικό κόστος τη δυνατότητα δημιουργίας ιστοσελίδας και παραμένουν δημοφιλή σε αυτή τη κατηγορία χρηστών.

Σε κάθε άλλη περίπτωση όπου απαιτείται η ανάγκη για μεγάλη επισκεψιμότητα, αναβαθμισμένη λειτουργικότητα, πολυμεσικό περιεχόμενο μεγάλο όγκου, ασφάλεια ιστοσελίδας και συναλλαγών, ιδιαίτερο όνομα και κατοχύρωση ονόματος κλπ., θα πρέπει να ακολουθηθεί διαφορετική διαδικασία.

Πλατφόρμες Λογισμικού κατασκευής ιστοσελίδων

Για απλές ιστοσελίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν λογισμικά που υπάρχουν ελεύθερα στο διαδίκτυο ή είναι με πληρωμή – οι δυνατότητες είναι πάρα πολλές ιδιαίτερα σε ότι αφορά την εγκατάσταση μεμονωμένων κι ανεξάρτητων προγραμμάτων web-page development.

Υπάρχουν επίσης Web-Based IDE εφαρμογές που μιμούνται ένα περιβάλλον ανάπτυξης ιστοσελίδας κι επιτρέπουν την εισαγωγή κώδικα HTML, CSS και JavaScript και στη συνέχεια την εμφάνιση του αποτελέσματος αυτού του κώδικα και πως ακριβώς αποδίδεται ως ιστοσελίδα κι όλα αυτά σε μια καρτέλα του προγράμματος περιήγησης.

Συνήθως είναι δωρεάν μόνο για τα βασικά χαρακτηριστικά ή για x αριθμό γραμμών κώδικα και δεν παρέχουν χώρο για το ανέβασμα πολυμεσικού περιεχομένου κι άρα συνοδεύονται κι από κάποιες δυσκολίες παρόλο που σε γενικές γραμμές είναι εύκολα για εκμάθηση αλλά και για πειραματισμό. Τέτοιες εφαρμογές είναι π.χ. CodePen, JSFiddle, Glitch και JS Bin, μεταξύ άλλων.

Από την άλλη, υπάρχουν και ιδιαίτερες υπηρεσίες – πλατφόρμες, οι οποίες προσφέρουν έναν συνδυασμό Control panel + WYSIWYG (What You See Is What You Get) προγράμματος για τη δημιουργία ιστότοπων π.χ. το Nicepage.

Από τις γνωστότερες και δημοφιλέστερες υπηρεσίες - πλατφόρμες δημιουργίας ιστοσελίδων είναι οι WordPress.org, Joomla, Wix και Drupal. Όλες οι προηγούμενες ενδείκνυνται για την ανάπτυξη ιστότοπων τόσο απλών όπως πχ μιας επαγγελματικής ιστοσελίδας αλλά και ιδιαίτερος πολύπλοκων web-applications.

WordPress.org

Το WordPress.org είναι ο ιστότοπος όπου μπορείτε να κατεβάσετε το WordPress, αλλά και μία πληθώρα δωρεάν θεμάτων και πρόσθετων κι αποτελεί ένα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (CMS). Είναι δωρεάν λογισμικό για τη δημιουργία ιστότοπων που έχει δημιουργηθεί σε PHP και MySQL.

Σε αντίθεση με το WordPress.com, απαιτεί domain name και web-hosting προκειμένου να αναρτηθεί στο διαδίκτυο. Υποστηρίζεται από εκατοντάδες πρόσθετα όπως θέματα και διάφορα plugins τα οποία μπορεί να είναι είτε δωρεάν είτε επί πληρωμή. Η διαδικτυακή κοινότητα είναι πολύ μεγάλη και στο forum της υπάρχουν αρκετές από τις απαντήσεις σε ότι αφορά την τεχνική υποστήριξη. (Wordpress, 2021)

Joomla!

«Το Joomla! είναι ένα ελεύθερο και ανοικτού κώδικα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου. Χρησιμοποιείται για τη δημοσίευση περιεχομένου στον παγκόσμιο ιστό και σε τοπικά δίκτυα - intranets. Είναι γραμμένο σε PHP και αποθηκεύει τα δεδομένα του στη βάση MySQL.

Το βασικό χαρακτηριστικό του είναι ότι οι σελίδες που εμφανίζει είναι δυναμικές, δηλαδή δημιουργούνται την στιγμή που ζητούνται. Ένα σύστημα διακομιστή (server) όπως είναι ο Apache λαμβάνει τις αιτήσεις των χρηστών και τις εξυπηρετεί. Με ερωτήματα προς τη βάση λαμβάνει δεδομένα τα οποία μορφοποιεί και αποστέλλει στον εκάστοτε φυλλομετρητή (web browser) του χρήστη. Το Joomla! έχει και άλλες δυνατότητες εμφάνισης όπως η προσωρινή αποθήκευση σελίδας, RSS feeds, εκτυπώσιμες εκδόσεις των σελίδων, ειδήσεις, blogs, δημοσκοπήσεις, έρευνες, καθώς και πολύγλωσση υποστήριξη.» (ip.gr, 2020)

Wix

«Η πλατφόρμα Wix προσφέρει διαδικτυακές υπηρεσίες για τη δημιουργία ιστοσελίδων με αρκετό εύκολο τρόπο (drag and drop) όπου ο χρήστης τροποποιεί το πρότυπο της επιλογής του για την εξατομίκευση της ιστοσελίδας του.

Η επιφάνεια διεπαφής για τον σχεδιασμό του ιστότοπου επιτρέπει στον χρήστη να τοποθετήσει κατ' επιλογή του ίδιου τα κουμπιά πλοήγησης, μενού, εφαρμογές τρίτων, γραφικά, γκαλερί εικόνων, γραμματοσειρές, διανύσματα, κινούμενα σχέδια και άλλα πρόσθετα. Οι χρήστες μπορούν επίσης να επιλέξουν να δημιουργήσουν τις ιστοσελίδες τους από την αρχή.» (Wix: Studycare, 2020)

Drupal

«Το Drupal είναι ένα αρθρωτό σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (Content Management System, CMS) ανοικτού/ελεύθερου λογισμικού, γραμμένο στη γλώσσα προγραμματισμού PHP. Το Drupal, όπως πολλά σύγχρονα CMS, επιτρέπει στο διαχειριστή συστήματος να οργανώνει το περιεχόμενο, να προσαρμόζει την παρουσίαση, να αυτοματοποιεί

διαχειριστικές εργασίες και να διαχειρίζεται τους επισκέπτες του ιστοτόπου και αυτούς που συνεισφέρουν. Παρόλο που υπάρχει μια πολύπλοκη προγραμματιστική διεπαφή, οι περισσότερες εργασίες μπορούν να γίνουν με λίγο ή και καθόλου προγραμματισμό.

Το Drupal ορισμένες φορές περιγράφεται ως «υποδομή για εφαρμογές ιστού», καθώς οι δυνατότητές του προχωρούν παραπέρα από τη διαχείριση περιεχομένου, επιτρέποντας ένα μεγάλο εύρος υπηρεσιών και συναλλαγών.

Το Drupal μπορεί να εκτελεστεί σε διάφορες πλατφόρμες, συμπεριλαμβανομένων των λειτουργικών συστημάτων Windows, Mac OS X, Linux, FreeBSD, ή οποιασδήποτε πλατφόρμας που υποστηρίζει είτε το διακομιστή ιστοσελίδων Apache HTTP Server (έκδοση 1.3+), είτε το Internet Information Services (έκδοση IIS5+), καθώς επίσης και τη γλώσσα προγραμματισμού PHP (έκδοση 4.3.3+). Το Drupal απαιτεί μια βάση δεδομένων όπως η MySQL και η PostgreSQL για την αποθήκευση του περιεχομένου και των ρυθμίσεών του.» (Wikipedia: Drupal, 2020)

Υπάρχουν κι άλλα πολλά προγράμματα για τη δημιουργία ιστοσελίδων πχ Weebly κ.α. ενώ κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών αναπτύχθηκαν πολλά προγράμματα για τη κατασκευή ιστοσελίδων πχ Microsoft FrontPage (1995) κ.α., τα οποία συντέλεσαν στη ραγδαία ανάπτυξη του διαδικτύου.

Τα στάδια της κατασκευής της ιστοσελίδας

«Για να δημιουργηθεί μια ιστοσελίδα είναι το αναγκαίο στάδιο της προετοιμασίας της δηλ. η αποτύπωση των σημαντικότερων δραστηριοτήτων και ενεργειών.

Εν συντομία, τα πρώτα απαραίτητα βήματα είναι ο ορισμός του έργου (project definition) κι η περιγραφή του έργου (project description). Σε αυτά δίδεται η γενική εικόνα του έργου, το κεντρικό περιεχόμενο, το οργανωτικό υπόβαθρο κι έπειτα τα άλλα βασικά στοιχεία του έργου όπως πχ η περίληψη του έργου, οι κύριοι στόχοι της ιστοσελίδας, η στόχευση του κοινού, κλπ.

Τα επόμενα βήματα είναι ο ορισμός του πεδίου εφαρμογής (project scope) όπου εδώ συνήθως με χρήση εργαλείων πχ Gantt Chart κ.α. γίνεται μια κατάτμηση του έργου σε μικρότερα και στους απαιτούμενους χρόνους παράδοσης (deliverables).

Ο στόχος είναι ο πολύ καλός καθορισμός των επιμέρους εργασιών για τη δημιουργία της ιστοσελίδας κι αφορά κυρίως τους πόρους του έργου, τη τεχνολογία και το εμπεριεχόμενο υλικό της.

Sitemap & Wireframes: Τα επόμενο στάδιο στη διαδικασία της δημιουργίας της ιστοσελίδας είναι η αποτύπωση της αρχιτεκτονικής και του χάρτη του ιστότοπου. Η δημιουργία του χάρτη της ιστοσελίδας (sitemap) διασφαλίζει ότι έχουν εξεταστεί οι βασικές σελίδες του ιστότοπου καθώς και η μεταξύ τους συσχέτιση καθορίζοντας με αυτόν τον τρόπο το πως πρέπει να δομηθεί η γενική πλοήγηση. Εδώ, η διαδικασία του wireframing θα είναι αυτή που θα αποτελέσει τον οδηγό για τη περιεχόμενο και τη πλοήγηση στον ιστοχώρο.

Visual Design: Στο βήμα της οπτικής απεικόνισης καθορίζεται ο τρόπος εμφάνισης της ιστοσελίδας με τα εμπειροχόμενα χρώματα, τα εικονιστικά γραφικά και τις γραμματοσειρές καθώς κι όλα τα επιμέρους στοιχεία που καθορίζουν τη διεπαφή του ιστοχώρου που θα επισκέπτονται οι χρήστες.

Site Development: Σε αυτό το στάδιο περιλαμβάνεται τόσο η σύνταξη του κώδικα με HTML και CSS κι άλλων γλωσσών προγραμματισμού αν πρέπει, όσο και δημιουργείται το νέο περιεχόμενο αλλά και βελτιώνεται το παλιό περιεχόμενο, με τη προσθήκη πολυμεσικού περιεχομένου αλλά και πρόσθετων και εφαρμογών από τρίτους.

Site Testing: Πριν δημοσιευθεί ο ιστότοπος, θα τοποθετηθεί σε ένα διακομιστή παραγωγής όπου μόνο εσωτερικά ακροατήρια και όποιος μοιράζεται τον σύνδεσμο θα μπορεί να το δει.

Η δοκιμή του ιστότοπου είναι κρίσιμη, καθώς αναπόφευκτα θα υπάρχουν ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν πριν τεθεί σε λειτουργία ο ιστότοπος. Εδώ, θα δοκιμαστεί στα διάφορα προγράμματα περιήγησης ιστού (Firefox, Edge, IE, Chrome, Safari κλπ) και τις διάφορες συσκευές (smartphones, iPad, tablet κλπ)

Launch: Από τη στιγμή της δημοσίευσης της ιστοσελίδας κι έπειτα, θα πρέπει να γίνουν αναπροσαρμογές με βάση τα σχόλια του στοχευόμενου κοινού κυρίως σε ότι αφορά τη λειτουργικότητα του ιστότοπου (σπασμένες υπερσυνδέσεις, προβληματική λειτουργία πρόσθετων κλπ)

Maintenance: Η ιστοσελίδα χρειάζεται συνεχή φροντίδα και συντήρηση τόσο σε ότι αφορά το υλικό που βλέπει ο χρήστης όσο και στο υλικό που βρίσκεται στο σύνολο του κώδικα της ιστοσελίδας.

Για όλα τα παραπάνω στάδια υπάρχουν επιπρόσθετα ειδικά προγράμματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν έτσι ώστε να διασφαλιστούν με το καλύτερο δυνατό τρόπο τόσο οι εργασιακές ροές όσο και τα καθαυτού στάδια της διαδικασίας.» (printmag, 2020)

Ειδικά Θέματα στην εξέλιξη της ιστοσελίδας

Στη δημιουργία της ιστοσελίδας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη ένα πλήθος παραμέτρων που έχουν να κάνουν με τη συμβατότητα του κώδικα και των εκδόσεων τους, με τους κύριους browser, με τη φιλικότητα των σελίδων στις κινητές συσκευές (mobile friendly), με όλων των ειδών τα πρόσθετα όπως κι αυτό του SEO (Search Engine Optimization), με θέματα ασφάλειας όπως το πιστοποιητικό SSL και τις anti-spam solutions, με τη λειτουργικότητα λογισμικού από τρίτους ή plugins (πχ social media connectivity), με τα αντίγραφα ασφαλείας ολόκληρου του ιστότοπου και τις αυτόματες ρυθμίσεις, όπως και με θέματα νομοθεσίας και προστασίας πνευματικών δικαιωμάτων.

Σε ότι αφορά τον αρχικό υπολογισμό κάποιων βασικών μεγεθών για την επισκεψιμότητα, τον χώρο αποθήκευσης στον δίσκο και το εύρος ζώνης, ακολουθούνται κάποιοι βασικοί κανόνες. Γενικά, μια ιστοσελίδα με πολύ κείμενο δεν έχει απαιτήσεις για μεγάλο χώρο αποθήκευσης.

«Η χρήση πολυμεσικού περιεχομένου αυξάνει τον χώρο που χρειάζεται και ταυτόχρονα καθυστερεί τη φόρτωση μιας σελίδας.

Μια υποσελίδα είναι καλό να είναι κάτω από 50 – 60 KB διότι αν ένας χρήστης χρησιμοποιεί Dial-Up Internet Connection με ταχύτητα 56 kbps θα χρειαστεί 60 KB / 56 kbps = 8.57142857 δευτερόλεπτα, που είναι αρκετός ο χρόνος! Φυσικά δεν ισχύει αυτό για συνδέσεις με Γρήγορο Ιντερνέτ, έτσι η ίδια σελίδα σε χρήστη με ταχύτητα internet στα 2,4 mbps θα έκανε μόλις 0,2 δευτερόλεπτα για να εμφανιστεί.

Εάν το μέσο μέγεθος της σελίδας είναι 50 KB τότε μπορούν να φιλοξενηθούν περίπου 20 σελίδες σε 1 MB χώρου κι αντίστοιχα σε 100 MB χώρου στο δίσκο θα μπορούσαν να φιλοξενηθούν 200 σελίδες.

Με τη προσθήκη πολυμεσικού περιεχομένου ο χώρος αυτός αλλάζει δραματικά.

Το διαθέσιμο εύρος ζώνης (bandwidth) είναι το ποσό των δεδομένων που επιτρέπεται να μεταφερθεί από και προς τον διακομιστή ιστού ανά μήνα.

Αυτό περιλαμβάνει όλες τις μεταφορτώσεις και τις λήψεις, τόσο HTTP όσο και FTP.

Το εύρος ζώνης εξαρτάται από το μέγεθος της ιστοσελίδας καθώς κι από τον αριθμό των επισκεπτών στον ιστότοπό αλλά και τον αριθμό των σελίδων που επισκέπτονται.

Απαιτούμενο εύρος ζώνης = Μέσος όρος προβολών σελίδας x Μέσος όρος σελίδας x Μέσος ημερήσιος αριθμός επισκεπτών x Αριθμός ημερών σε ένα μήνα (30) x Συντελεστής Ασφάλειας, όπου:

Μέσος ημερήσιος αριθμός επισκεπτών: Συνολικός αριθμός μηνιαίων επισκεπτών / 30.

Μέσο μέγεθος σελίδας: Το μέσο μέγεθος της ιστοσελίδας

Μέσες προβολές σελίδας: Η μέση σελίδα που εμφανίζεται ανά επισκέπτη.

Ειδικός παράγοντας: Ένας συντελεστής ασφάλειας που κυμαίνεται από 1,3 - 1,8.

Για παράδειγμα,

- 2000 επισκέπτες τον μήνα / 30 ημέρες = 66,67 επισκέπτες / ημέρα
- 200 KB το μέσο μέγεθος της σελίδας
- 4 προβολές σελίδων ανά επισκέπτη
- Παράγοντας Ασφαλείας = 1,8

Τότε θα χρειαζόμασταν: $4 \times 200 \text{ KB} \times 66,67 \times 30 \times 1,8 = 2880144 \text{ KB} = 2880,14 \text{ MB} = 2,89 \text{ GB/μήνα}$. Στην πραγματικότητα όμως οι περισσότερες ιστοσελίδες κι ιδιαίτερα τα personal blogs δεν έχουν ούτε τέτοια επισκεψιμότητα κι ούτε τέτοιες ανάγκες για αποθηκευτικό χώρο και εύρος ζώνης.

Οι υπολογισμοί αυτοί αναθεωρούνται καθόλη τη διάρκεια του σχεδιασμού και της κατασκευής της ιστοσελίδας κι ελέγχονται και μετά τη δημοσίευση της ιστοσελίδας με ειδικό λογισμικό όπως πχ το Google Analytics.» (website.com - webhosts, 2020)

Δημιουργία της Ιστοσελίδας

Η αρχική σελίδα μας θα περιέχει ένα οριζόντιο μενού με καρτέλες.

Έτσι χρησιμοποιήσαμε το Notepad++, δημιουργήσαμε ένα νέο html αρχείο, προσθήσαμε τον παρακάτω κώδικα:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title>Air Quality Project</title>
```



```
<body>
<body style="background-color:powderblue;">
<h1>Air Quality Project</h1>
<h2>GIS και Δεδομένα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης</h2>
<head>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<link          rel="stylesheet"          href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-
awesome/4.7.0/css/font-awesome.min.css">
<style>
h1 {text-align: center;}
h2 {text-align: center;}
body {
  font-family: Arial, Helvetica, sans-serif;
}

.navbar {
  overflow: hidden;
  background-color: black;
}

.navbar a {
  float: left;
  font-size: 16px;
  color: white;
  text-align: center;
  padding: 14px 16px;
  text-decoration: underline;
}

.dropdown {
  float: left;
  overflow: hidden;
}
```

```
.dropdown .dropbtn {
  font-size: 16px;
  border: none;
  outline: none;
  color: white;
  padding: 14px 16px;
  background-color: inherit;
  font-family: inherit;
  margin: 0;
}

.navbar a:hover, .dropdown:hover .dropbtn {
  background-color: powderblue;
  color: black;
  font-weight: bold;
}

.dropdown-content {
  display: none;
  position: absolute;
  background-color: grey;
  min-width: 160px;
  box-shadow: 0px 8px 16px 0px rgba(0,0,0,0.2);
  z-index: 1;
}

.dropdown-content a {
  float: none;
  color: black;
  padding: 12px 16px;
  text-decoration: none;
  display: block;
  text-align: left;
}

.dropdown-content a:hover {
```

```

background-color: powderblue;
}
.dropdown:hover .dropdown-content {
display: block;
}
</style>
</head>
<body>
<div class="navbar">
  <a href="https://gthelouras.github.io/airquality/index.html">Home</a>
  <a href="https://gthelouras.github.io/airquality/data.html">Atmospheric Pollution Data</a>
  <a href="https://gthelouras.github.io/airquality/WMS.html">QGIS with WMS WFS</a>
  <a href="https://gthelouras.github.io/airquality/netcdf_1.html"> QGIS with NetCDF-4
files</a>
  <a href="https://gthelouras.github.io/airquality/EU_USA.html">EAQI and AQI-
USEPA</a>
  <div class="dropdown">
    <button class="dropbtn">ArcGIS Web Apps
      <i class="fa fa-caret-down"></i>
    </button>
    <div class="dropdown-content">
      <a
href="https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=29c78ac0f4594c1aba5f3c446a2
8c458">Web Map AQI</a>
      <a
href="https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=a520ea55d26b4504b5a34649f5
949505">Web Map PM</a>
      <a
href="https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=e3794b64d99e4bd4be5b131c6f
3b372f">Web Map Ozone</a>
      <a
href="https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=53f8b9b5e16d440ba3ca22d0fff
29c8a">Web Map NO2</a>

```

```

    <a
href="https://www.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=62b52ef32e6448f4b8515f3b9b5
a07d9">Web Map SO2</a>
  </div>
</div>
</div>

<style>
img {
  display: block;
  margin-left: auto;
  margin-right: auto;
}
</style>
<footer>
<meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1">
<style>
.footer {
  position: relative;
  left: 0;
  bottom: 0;
  width: 100%;
  background-color: black;
  color: powderblue;
  text-align: center;
}
</style>
</footer>
<body>
<div class="footer">
<p>Air Quality Project 2021</p>
</div>

```

```
</footer>
```

```
</html>
```

και το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 75, κάτω.

Οι συνολικές σελίδες που κατασκευαστήκαν εκτός από την αρχική, ήταν οι εξής:

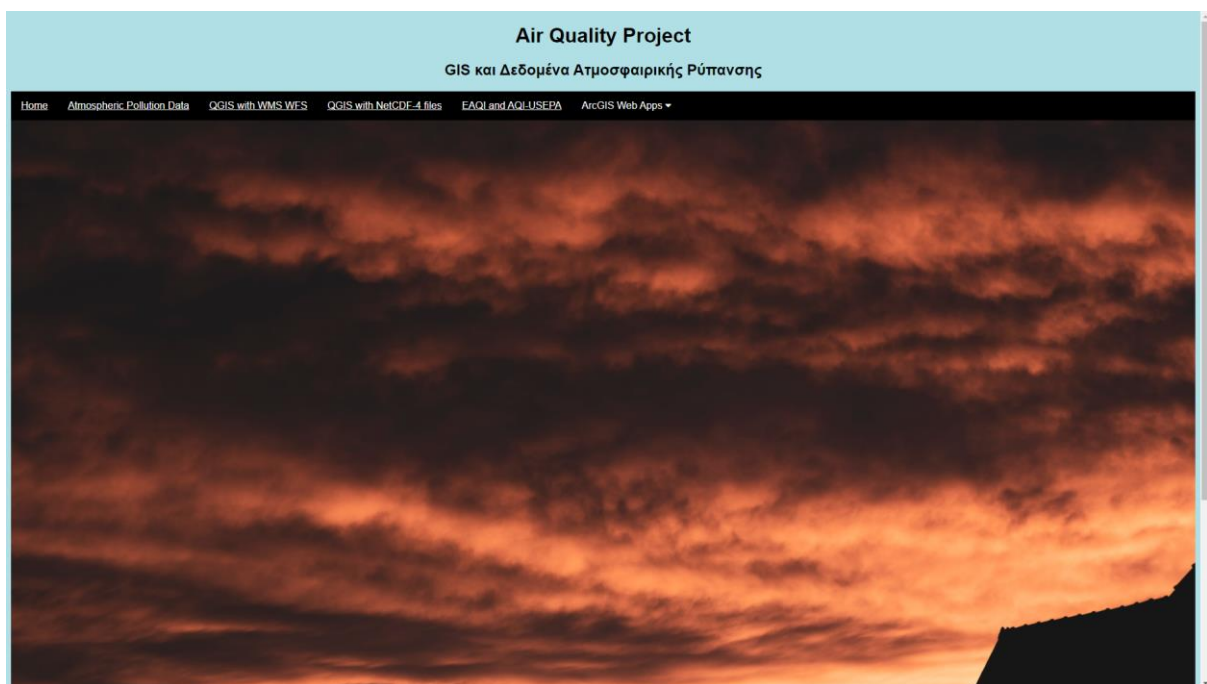
https://gthelouras.github.io/airquality/netcdf_1.html

<https://gthelouras.github.io/airquality/data.html>

<https://gthelouras.github.io/airquality/WMS.html>

https://gthelouras.github.io/airquality/EU_USA.html

Κάθε φορά που κάναμε μια αλλαγή, αυτή τη βλέπαμε ζωντανά στον περιηγητή Google Chrome. Προκειμένου να βλέπουμε πως φαίνονται οι εικόνες, αρχικά τις αποθηκεύαμε στο Dropbox (cloud) και στη συνέχεια με `` τις τοποθετούσαμε στο html αρχείο.



Εικόνα 75 Αρχική Σελίδα

Η αρχική σελίδα έχει κάτω από το οριζόντιο μενού, μια εικόνα και έχει μπλε χρώμα γενικά (powder blue). Στόχος είναι η φιλικότητα της Home Page, προς τον επισκέπτη.

Από το μενού, στη πρώτη καρτέλα - υποσελίδα “Atmospheric Pollution Data” υπάρχουν οι κύριοι οργανισμοί και πάροχοι δεδομένων που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση. (Βλ. *Εικόνα 76*)

Air Quality Project		
GIS και Δεδομένα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης		
Home	Atmospheric Pollution Data	QGIS with WMS/WFS
ΥΠΕΝ ΕΔΠΑΡ	Ελλάδα	ΕΔΠΑΡ
Δήμος Θέρμης	Ελλάδα	Thermi Air
Δίκτυο Αθίτρας	Ελλάδα	Patras Air
Δήμος Θιεσσαλονίκης	Ελλάδα	Air Things
Europe Air Base	Ευρώπη	AirBase
Europe Air Base	Ευρώπη	AirQualityExport
Europe Air Base	Ευρώπη	AirQualityLTDExport
Europe Open Data Portal	Ευρώπη	EU Open Data Portal
Europe Data Portal	Ευρώπη	EU Data Portal
Eionet	Ευρώπη	Eionet
Copernicus	Ευρώπη	Copernicus ADS
Copernicus	Ευρώπη	Copernicus CDS
Copernicus	Ευρώπη	ECMWE
EMEP	Ευρώπη	EMEP
ECCAD	Ευρώπη	ECCAD
Global Emissions Initiative	Ευρώπη	GEIA
International Global Atmospheric Chemistry Project	Ευρώπη	IGAC
UK Air (DEFRA)	Ηνωμένο Βασίλειο	UK AIR
Emissions Database for Global Atmospheric Research	Ευρώπη	EDGAR
Hemispheric Transport of Air Pollutants	Ευρώπη	HTAP
NASA EarthData	ΗΠΑ	EarthData

Εικόνα 76 Πηγές Δεδομένων Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Επίσης, προσθέσαμε άλλες 2 υποσελίδες, εκ των οποίων η μια αφορά τη χρήση του QGIS με δυνατότητες OGC (Εικόνα 77) και η άλλη, τη χρήση του QGIS για το άνοιγμα και την επεξεργασία αρχείων NetCDF-4. (Εικόνα 78). Οι 2 αυτές σελίδες αποσκοπούν σε μια βασική εισαγωγή κι επίδειξη της χρήσης δεδομένων της ατμόσφαιρας με το QGIS.

Air Quality Project
GIS και Δεδομένα Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

QGIS και χρήση δυνατοτήτων OGC

Το QGIS έχει δυνατότητες προβολής χαρτιών σύμφωνα με τα πρότυπα OGC. Το OGC (Open Geospatial Consortium) έχει προδιαγράψει τους βασικούς τρόπους διάθεσης γεωγραφικών και χαρτογραφικών δεδομένων με μια σειρά τυποποιημένων υπηρεσιών και προτύπων, όπως τα WMS, WFS, WCS, WMC, SLD, GML, και

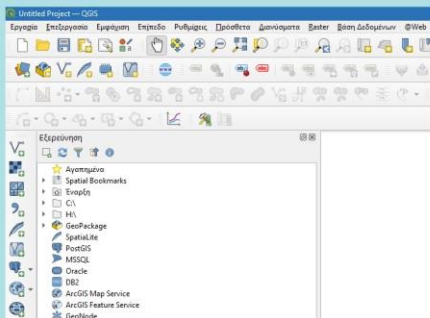
Η υπηρεσία WMS (Web Map Service) αποτελεί μια μέθοδο διάχυσης χαρτιών σε μορφή εικόνας στον Παγκόσμιο Ιστό.

Η υπηρεσία WMTS (Web Map Time Service) είναι παραλλαγή της υπηρεσίας με χρήση Tiled Map (Πλακάκια).

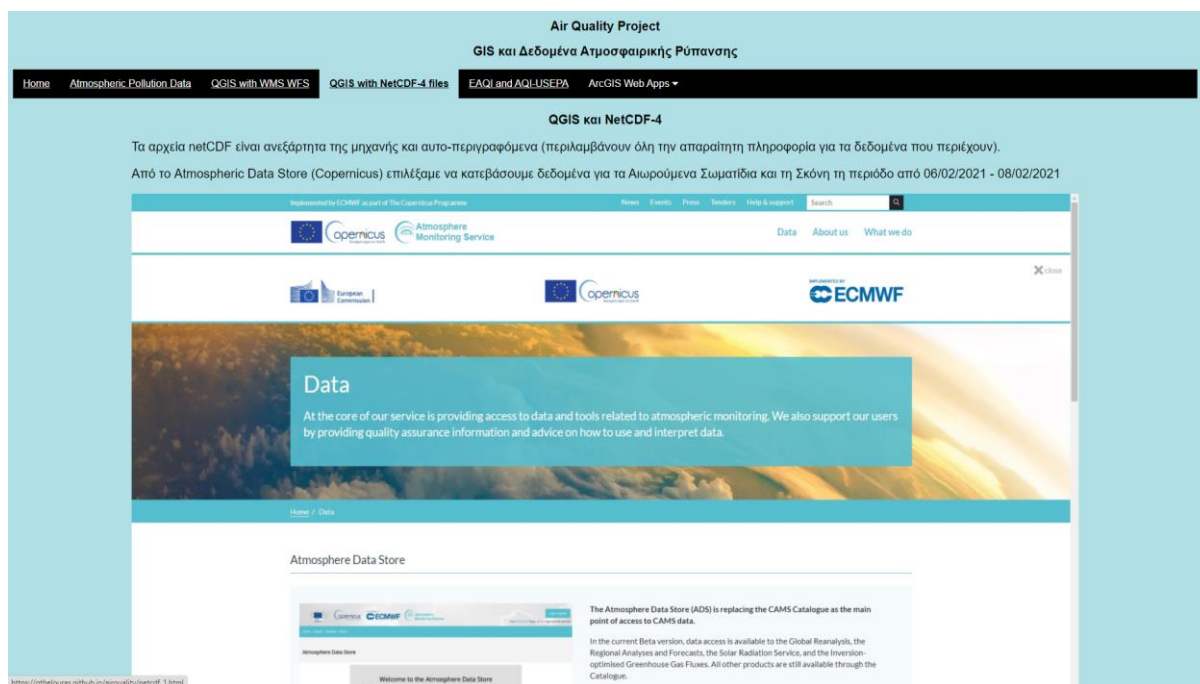
Η υπηρεσία WFS (Web Feature Service) αποτελεί μια μέθοδο διάχυσης γεωγραφικών οντοτήτων στον Παγκόσμιο Ιστό. Σε αντίθεση με την υπηρεσία WMS που επιστρέφει χάρτες σε μορφή εικόνας, η υπηρεσία WFS επιστρέφει διανυσματικά δεδομένα σε μορφή GML.

Η υπηρεσία WCS (Web Coverage Service) αποτελεί μια μέθοδο δημοσίευσης γεωχωρικών επιστρωμάτων (coverages) στον Παγκόσμιο Ιστό. Τα επιστρώματα σε αντίθεση με τους στατικούς χάρτες της υπηρεσίας WMS, φιλοξενούν τμής ή ιδιότητες στις γεωγραφικές θέσεις που απεικονίζουν. Παραδείγματα επιστρώσεων είναι οι δορυφορικές εικόνες, οι αεροφωτογραφίες και τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους.

Το ΥΠΕΝ παρέχει υπηρεσίες OWS/OGC Web Services) όπως WMS, WFS, WCS. Η σύνδεση σε αυτές τις υπηρεσίες γίνεται με εισαγωγή της κατάλληλης URL διεύθυνσης για τη κάθε υπηρεσία πατώντας δεξί κλικ στο αντίστοιχο εικονίδιο και έπειτα στο κουμπί «Νέα Συνέση». Τα στοιχεία που εισήγαμε εμείς, ήταν τα εξής:



Εικόνα 77 QGIS με χρήση OGC



Εικόνα 78 QGIS και χρήση NetCDF-4

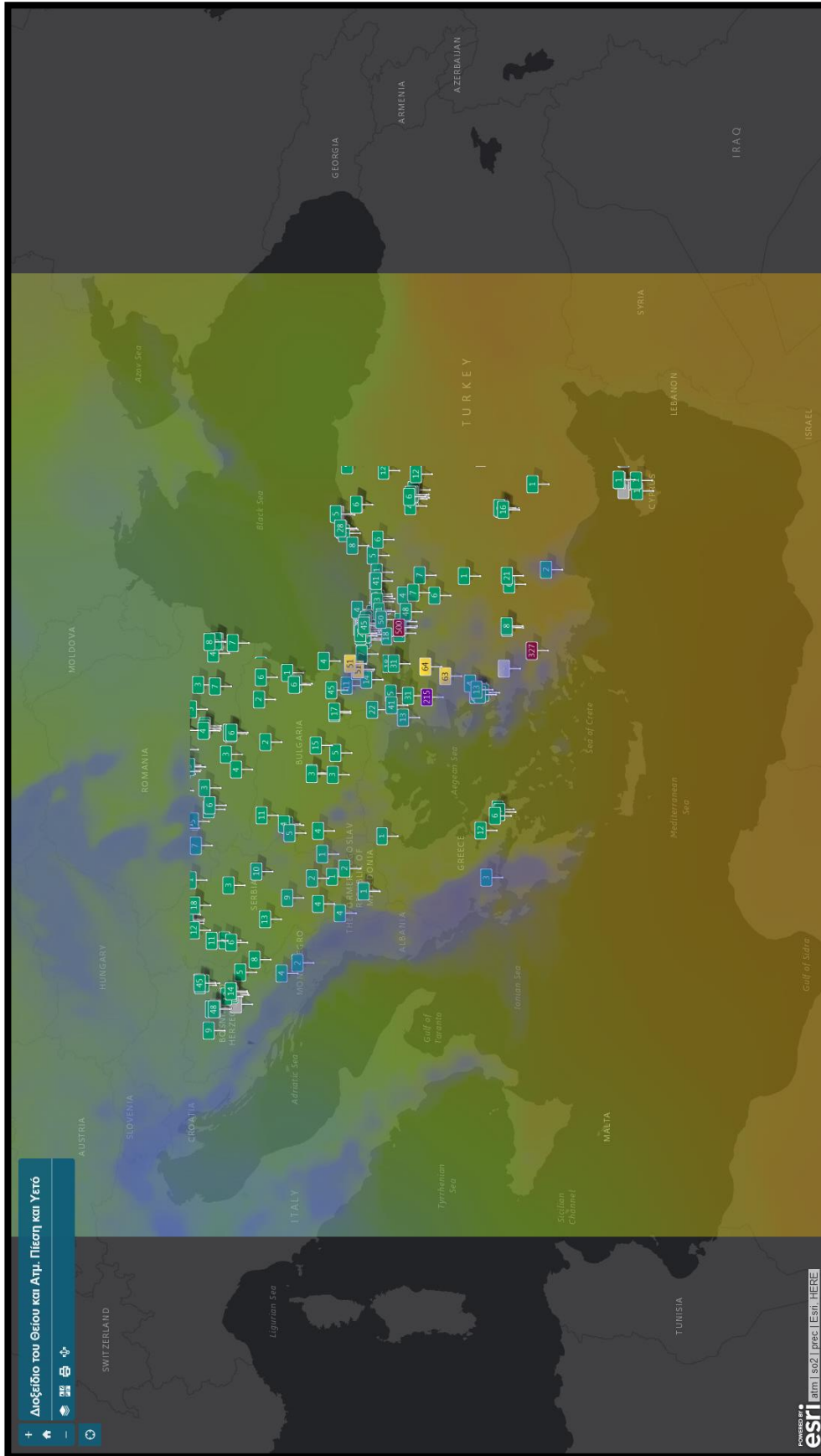
Επίσης προσθέσαμε άλλη μια σελίδα “EAQI and AQI - US EPA” στην οποία με χρήση του <iframe> τοποθετήσαμε τους χάρτες Δεικτών Ποιότητας του Αέρα σε Ευρώπη και Αμερική.

Στη τελευταία καρτέλα του μενού, είχε δημιουργηθεί το «drop down» κάθετο μενού και το οποίο παραπέμπει στα web apps που δημιουργήσαμε με το ArcGIS online.

Στη σελίδα ArcGIS on-line δημιουργήσαμε 5 διαδραστικούς χάρτες με χρήση θεματικών επιπέδων και Προσθήκη επιπέδων από το Web, όπου προσθέσαμε τους χάρτες από το World Air Quality Index (WAQI) και από το Open Weather Map (OWM). Για αυτούς τους χάρτες χρησιμοποιήθηκαν οι ίδιες URL διευθύνσεις που βρίσκονται στην ενότητα QGIS: Open Weather και WAQI για δημιουργία Real-time Tile layers.

Αυτοί οι χάρτες στη συνέχεια αποθηκεύτηκαν στον φάκελο χρήστη ArcGIS και μετά πατήσαμε στο κουμπί «κοινοποίηση» προκειμένου να δημιουργήσαμε τις αντίστοιχες Web Applications.

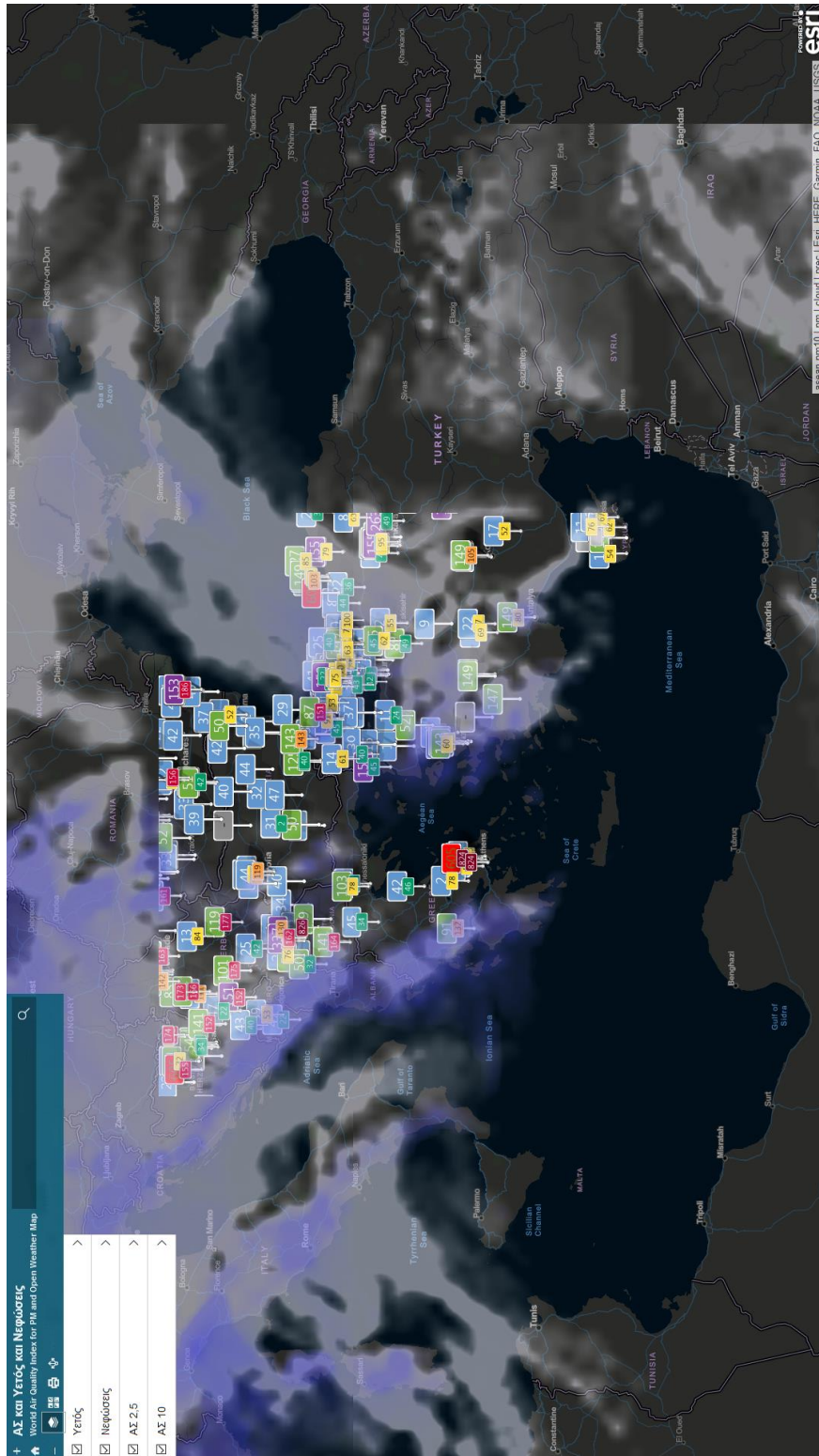
Ο κάθε χάρτης περιέχει σε Πραγματικό Χρόνο, τις μετεωρολογικές παραμέτρους και τις τιμές των ρυπαντών του όζοντος, του Διοξειδίου του Θείου, οι τρέχουσες τιμές των Δεικτών της Ποιότητας του Αέρα κλπ. (Εικόνες 79-81). Σε κάθε χάρτη υπάρχει η δυνατότητα επιλογής εμφάνισης ή μη-εμφάνισης των επιπέδων από το αντίστοιχο μενού.



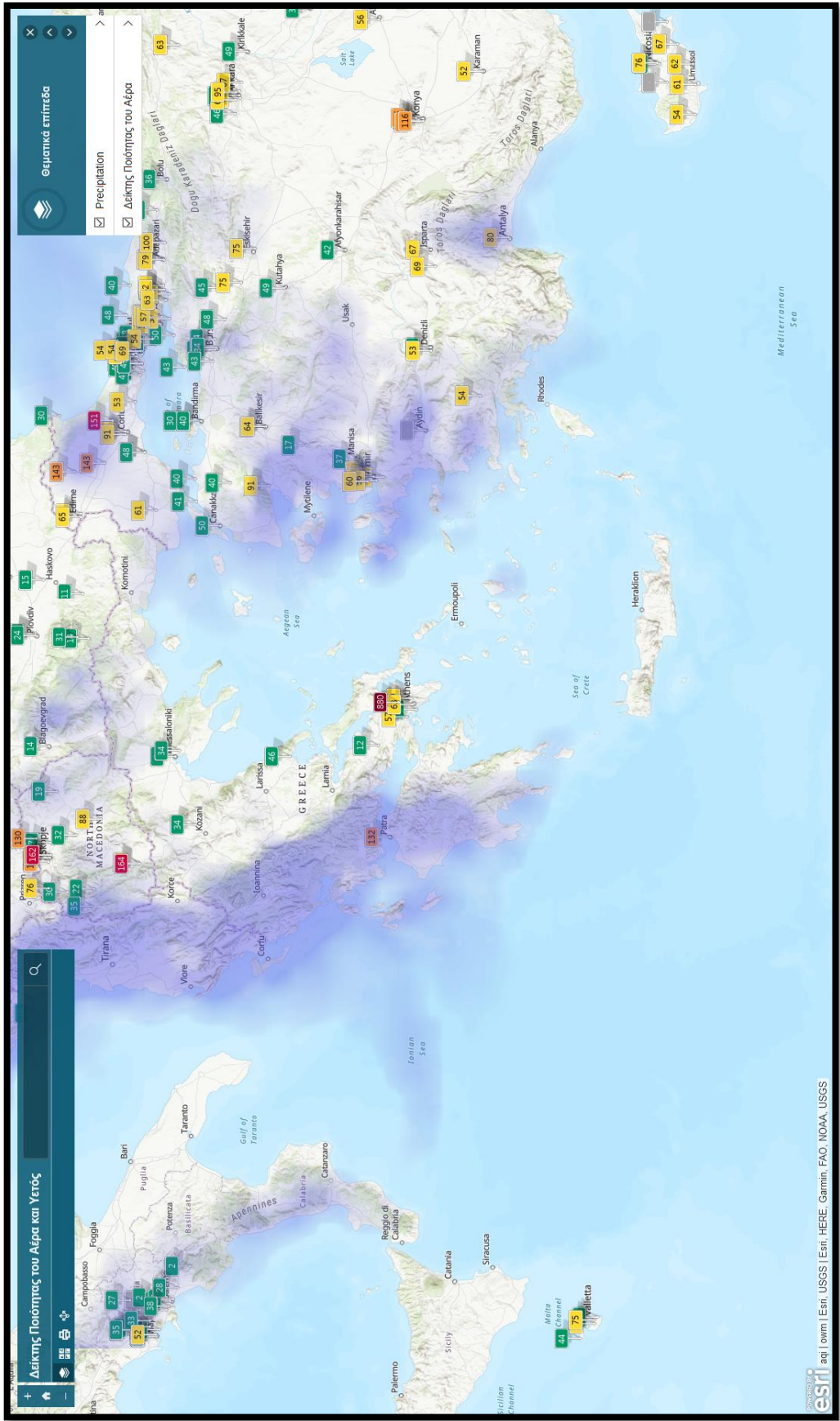
Εικόνα 79 ArcGIS - Διοξειδίο του Θείου

Στον χάρτη Διοξείδιο του Θείου προσθέσαμε τα επίπεδα Ατμοσφαιρική Πίεση και Υετό.

Στον χάρτη με τα Αιωρούμενα Σωματίδια PM₁₀, PM_{2.5} προσθέσαμε τα επίπεδα Νεφώσεις και Υετό, ενώ είχαμε αλλάξει τον χάρτη υποβάθρου σε Topographic World (Dark).



Εικόνα 80 ArcGIS - Αιωρούμενα Σωματίδια

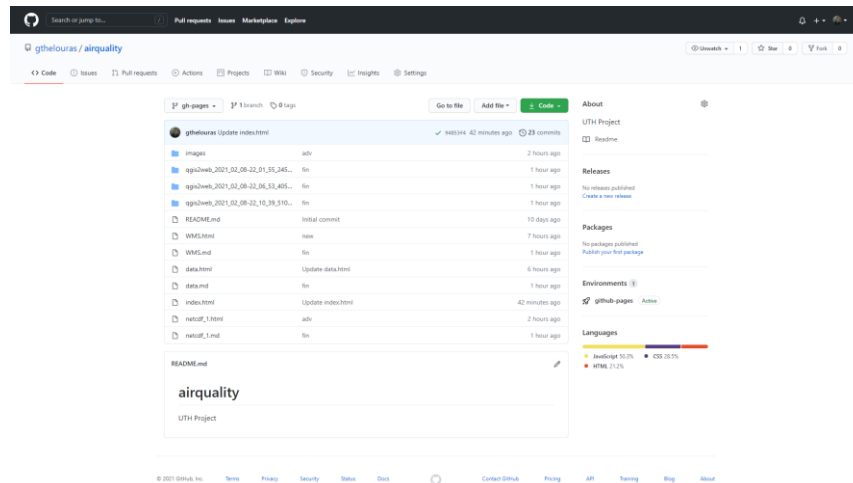


Εικόνα 81 ArcGIS - ΔΙΑ

Στον χάρτη με τις τιμές του Δείκτη Ποιότητας του Αέρα, προσθέσαμε μόνο το επίπεδο του υετού. Παρόμοια επεξεργάστηκαν οι χάρτες με το όζον και με το διοξείδιο του αζώτου.

Η δημοσίευση της ιστοσελίδας στο Git Hub

Για τη δημοσίευση της στατικής μας σελίδας, το πρώτο βήμα ήταν όταν συνδεθήκαμε με τον λογαριασμό μας στο Git¹⁹ Hub και δημιουργήσαμε ένα καινούργιο repository το οποίο ονομάσαμε “air quality”.



Εικόνα 82 Git Hub

Εκεί, δημιουργήσαμε gh-pages branch κι όχι main, διότι αυτό μας δίνει τη δυνατότητα δημοσίευσης του project μας ως ιστοσελίδα υπό τη μορφή [https:// GITHUB NAME/GITHUB REPOSITORY](https://GITHUBNAME/GITHUBREPOSITORY) δηλ. ως εξής: <https://gthelouras.github.io/airquality/> Αυτό το αποθετήριο, το κατεβάσαμε στον τοπικό υπολογιστή και το αποσυμπιέσαμε.

Στη συνέχεια αντιγράψαμε όλα τα αρχεία και φακέλους που είχαμε δημιουργήσει στον τοπικό μας υπολογιστή (τις ιστοσελίδες html) όταν κατασκευάζαμε την ιστοσελίδα μας και τα αποθηκεύσαμε μέσα σε αυτόν τον φάκελο που κατεβάσαμε κι αποσυμπιέσαμε.

Με τις εντολές clone, commit και push μέσα από το command prompt των windows, όλα τα αρχεία που υπήρχαν σε αυτόν τον φάκελο συγχρονίστηκαν με το αποθετήριο του Git Hub.

Στη συνέχεια, στο περιβάλλον του Git δημιουργήσαμε όλες τις συσχετίσεις των σελίδων, βάζοντας τις σωστές URL διευθύνσεις για την αναφορά τους.

¹⁹ <https://en.wikipedia.org/wiki/Git>

Για τις URL των υποσελίδων, δημιουργήσαμε νέα αρχεία με το ίδιο όνομα με αυτό των html αλλά την κατάληξη .md – αυτή η ενέργεια, δημοσιοποίησε τις ιστοσελίδες ως έπρεπε στον ίδιο κλώνο.

Για οποιαδήποτε διόρθωση κάναμε στα αρχεία – έπρεπε κάθε φορά να συγχρονίζουμε με το αποθετήριο στο Git Hub, εξάλλου αυτός είναι κι ο σκοπός χρήσης ενός version control συστήματος.

Το Git βοηθά τον χρήστη να διατηρήσει την υπευθυνότητα και την πατρότητα για κάθε δράση του, να διατηρεί την ακεραιότητα του έργου και να βελτιώνει τη συνολική επικοινωνία μεταξύ των συνεργατών.

Στην ουσία το Git επιτρέπει σε ένα project στο οποίο είμαστε διαχειριστές, κατά τη διάρκεια ανάπτυξης του, να εποπτεύουμε, να βλέπουμε τις προτεινόμενες αλλαγές στον κώδικα και αν και εφόσον το επιθυμούμε, να τις ενσωματώνουμε.

Σημαντικό πλεονέκτημα του είναι η δυνατότητα επαναφοράς σε προηγούμενες version του project μας ή ακόμα και τη δημιουργία παρακλαδιών (branches), αφήνοντας έτσι το βασικό μας project ανέγγιχτο²⁰.

Συνοπτικά, το Git Hub χρησιμοποιείται για τη συμμετοχή ατόμων σε κοινά project ανοικτού λογισμικού, για την επιστροφή σε μια παλιότερη έκδοση αν έχει γίνει κάποιο λάθος και για τη δοκιμή παραλλαγών σε παρακλάδια (branches) χωρίς να επηρεάζεται η τρέχουσα κατάσταση των αρχείων, στην ανάπτυξη λογισμικού.

Αξιολόγηση της ιστοσελίδας

Τα βασικά κριτήρια αξιολόγησης ιστοσελίδων συνοψίζονται στα εξής:

- Στόχος της ιστοσελίδας και επιδιωκόμενο κοινό
- Αξιοπιστία του συγγραφέα
- Ακρίβεια και αξιοπιστία της πληροφορίας στην ιστοσελίδα
- Ενημερότητα και επικαιρότητα των πληροφοριών της ιστοσελίδας
- Δομή και πλοήγηση της ιστοσελίδας

²⁰ <https://git-scm.com/book/en/v2/Git-Branching-Basic-Branching-and-Merging>

Εκτός από τα παραπάνω, ενδεικτικό των χαρακτηριστικών μίας ιστοσελίδας αποτελεί και η κατάληξή της.²¹ Σε ότι αφορά την κατάληξη ιστοσελίδων υπάρχει ένα εύρος καταλήξεων για κάθε επιδιωκόμενο σκοπό. Π.χ.

- .com, για το εμπόριο, τη προώθηση και πώληση υπηρεσιών και προϊόντων,
- .org, για έρευνα κι οργανισμούς,
- .edu, για εκπαιδευτικά ιδρύματα κι ακαδημαϊκά θέματα, .eu, .gr, .el, κλπ

Ο λόγος που επιλέχτηκε η δημοσίευση της σελίδας μέσω του Git Hub κι όχι με τον συνηθισμένο τρόπο δηλ., της χρήσης μιας από τις πλατφόρμες Blogger, Wordpress.com ή τη χρήση λογισμικού Wix, Drupal, Joomla, Wordpress.org (που είναι όλα τύπου CMS) κι ενός παρόχου ονόματος και φιλοξενίας (domain, server) έχει να κάνει λιγότερο με το κόστος συντήρησης αλλά περισσότερο με τις δυνατότητες ελευθερίας και παραμετροποίησης σε ότι αφορά την αρχική δημοσίευση και τις τροποποιήσεις του κώδικα.

Οι ιστοσελίδες με τη κατάληξη github.io αποτελούν στατικές ιστοσελίδες που μπορούν να διαμορφωθούν και με το πρόγραμμα Jekyll και συνήθως είναι:

- Ιστοσελίδες προγραμματιστών (προσωπικές / επαγγελματικές)
- Κώδικα εφαρμογών προγραμματισμού (project λογισμικού με δυνατότητα download)
- Εταιριών (ομάδων ή εταιριών που αναπτύσσουν λογισμικά)
- Εκπαιδευτικών ιδρυμάτων με αποθετήρια με δεδομένα ή/και οδηγίες για την ανάπτυξη μικρών εφαρμογών από φοιτητές στα πλαίσια μαθήματος ή της τηλεεκπαίδευσης.
- Κλπ.

Παρότι η ανάπτυξη σελίδας με γλώσσα προγραμματισμού από την αρχή, είναι πολύ περισσότερο χρονοβόρα, οι περιορισμοί στην παραμετροποίηση και την αισθητική περιορίζονται μόνο από τη φαντασία και τη τεχνική κατάρτιση του σχεδιαστή.

Η δημοσίευση της ιστοσελίδας με το Git Hub –ως αποθετήριο ξεχωριστό σε κλώνο gh-pages, μας δίνει αρκετά πλεονεκτήματα, με το κυριότερο, ότι αυτή μπορεί να αποτελεί υπό-σελίδα μιας κεντρικής ιστοσελίδας η οποία περιέχει κι άλλα πολλά πράγματα όπως άλλες υποσελίδες, κοινόχρηστα αρχεία κλπ.

²¹ <http://orion.lib.teithe.gr/index.php?page=evsource-criteria>

Επίσης, στη κοινότητα του Git Hub υπάρχει αλληλοϋποστήριξη μεταξύ των μελών της κι αν υπάρχει η σχετική επιθυμία τότε και κάποιος άλλος μπορεί να επεξεργαστεί τον δικό σου κώδικα (contributor). Δηλ. ο κώδικας μπορεί να είναι κοινόχρηστος και η ανάπτυξη του μπορεί να γίνει με τη βοήθεια κι άλλων ανθρώπων που μπορούν να συμβάλλουν στη εξέλιξη του. Με αυτό τον τρόπο σήμερα εξελίσσονται πολλές ιδέες κι εφαρμογές.

Το Git Hub θεωρείται πως αν και είναι δύσκολο για τη κατανόηση του, στην αρχή, έπειτα αποτελεί ένα πολύ εύκολο τρόπο για αποδοτική εργασία ενώ π.χ. η οποιαδήποτε αλλαγή που θα κάναμε στο αποθετήριο που περιέχει όλα τα στοιχεία που συνθέτουν την σελίδα, θα μπορούσε ως μέρος του version control να αναιρεθεί.

Στα θετικά του συγκαταλέγονται επίσης η ασφάλεια με τη χρήση https – όπως χρειάζεται σήμερα να είναι, αλλά και η αποφυγή διαφημίσεων και pop-up παραθύρων που μπορεί σε άλλες περιπτώσεις και με άλλους τρόπους δημοσίευσης να συμβαίνει.

Σε ότι αφορά την ιστοσελίδα, αυτή προσφέρει τη δυνατότητα της προσαρμογής της σε πλήθος οθονών και συμβατότητα με τις οθόνες από τα σύγχρονα κινητά τηλέφωνα για τους ArcGIS διαδικτυακούς χάρτες. Οι υπόλοιπες σελίδες εμφανίζονται καλύτερα σε οθόνες Η/Υ κι όχι σε άλλες μικρότερες οθόνες πχ tablet, smartphones. Αυτό είναι κάτι που θα διορθωθεί σε επόμενο βήμα.

Το πλεονέκτημα της σελίδας είναι ότι ο επισκέπτης μπορεί να δει π.χ. μόνο τις τρέχουσες συνθήκες των μετεωρολογικών φαινομένων (για να το κάνει αυτό θα πρέπει να από-επιλέξει όλα τα άλλα επίπεδα που δεν θέλει να δει) κι έτσι να δει π.χ. μόνο τον υετό, τις νεφώσεις ή μόνο τις τιμές από έναν συγκεκριμένο ρύπο κλπ.

Με τον ίδιο λογισμό μπορεί να δει τη τιμή του Δείκτη Ποιότητας του Αέρα στο απλούστερο δυνατό περιβάλλον φιλικό-για-τον επισκέπτη, σε όποιο σημείο του χάρτη επιθυμεί αλλά και ταυτόχρονα τις καιρικές συνθήκες επικρατούν τη δεδομένη εκείνη στιγμή.

Επίσης, στα πλεονεκτήματα της ιστοσελίδας είναι κι ο συγκεντρωτικός πίνακας με τις κυριότερες πηγές δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και κλιματολογικών δεδομένων, στην Ελλάδα κι όλο τον κόσμο.

Στα θετικά της ιστοσελίδας συμπεριλαμβάνονται και οι 2 σελίδες υπό μορφή tutorial για τη χρήση του QGIS με υπηρεσίες OGC, όπως επίσης και για το QGIS και το άνοιγμα των αρχείων τύπου NetCDF-4, που είναι τυπικό είδος αρχείων για ανάλυση δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Επιπλέον, για τη καλύτερη αξιολόγηση της ιστοσελίδας ληφθήκαν υπόψη, τα εξής επιμέρους γενικά θέματα – κριτήρια:

Στόχος – ο στόχος της ιστοσελίδας είναι η πληροφόρηση του επισκέπτη για τη Ποιότητα του Αέρα και της παρουσίας πηγών δεδομένων ατμοσφαιρικής ρύπανσης και πως μπορούν τέτοια δεδομένα να αξιοποιηθούν με πρόγραμμα GIS καθώς και η φιλοξενία των διαδραστικών χαρτών που έχουν γίνει με το ArcGIS Online. Ο στόχος ή μια περιγραφή του project μπορεί να προστεθεί στη πρώτη σελίδα, κάτι που θα γλιτώσει χρόνο από αυτούς που δεν θέλουν να περιηγηθούν στα περιεχόμενα της αλλά θα εκτιμήσουν κι αυτοί που θέλουν να εξερευνήσουν τον ιστότοπο.

Κοινό – η ιστοσελίδα, προς το παρόν, στοχεύει σε περιορισμένο κοινό, όπως φοιτητές και μέλη του ακαδημαϊκού κόσμου. Επίσης, σε μέλη του Git Hub και γενικότερα σε κοινό με ενδιαφέρον στην ατμοσφαιρική ρύπανση και τη ποιότητα του αέρα. Στο μέλλον, θα γίνει προσπάθεια για τη διεύρυνση του στοχευμένου κοινού.

Συγγραφέας – Ονοματεπώνυμο και στοιχεία επικοινωνίας αλλά και μια μικρή παράγραφο με την ιδιότητα και εξειδίκευση του συγγραφέα, αποτελούν επιπρόσθετα στοιχεία για τη καλύτερη αξιολόγηση της οποιαδήποτε ιστοσελίδας.

Επικοινωνία - Ιδιαίτερα, η διάθεση ποικίλων τρόπων επικοινωνίας του επισκέπτη με τον συγγραφέα (email, social media, viber κλπ) βελτιώνουν τόσο την εικόνα όσο και την αξιοπιστία της ιστοσελίδας. Τέλος, η επικοινωνία με τον συγγραφέα όσο και η μελλοντική ύπαρξη chat room ή forum μπορούν να αυξήσουν ακόμη περισσότερο τη διαδραστικότητα της ιστοσελίδας καθώς και για την ανάδειξη θεμάτων και περιστατικών ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

Χρόνος Δημοσίευσης - η ημερομηνία δημοσίευσης ή το έτος, αποτελεί ένδειξη της επικαιρότητας των στοιχείων που αναφέρονται στα περιεχόμενα της ιστοσελίδας κι άρα είναι σημαντικά για τον επισκέπτη.

Ευχρηστία – ως όρος, αναφέρεται στη δομή και τη πλοήγηση της ιστοσελίδας ως χώρος περιήγησης, από τη πλευρά του επισκέπτη / χρήστη. Πρωταρχικός στόχος της αρχικής σελίδας είναι να απαντά στα ερωτήματα "Πού βρίσκομαι;" και "Τι δείχνει αυτό το site;". Από εκεί και πέρα, είναι όλα θέματα της ευχρηστίας για το πως επιτυγχάνεται η βέλτιστη αλληλεπίδραση του χρήστη με τον ιστοχώρο που έχει επισκεφτεί.

Για την εφαρμογή της ευχρηστίας, έχουν εκδοθεί από τον οργανισμό ISO μια σειρά από πρότυπα της οικογένειας ISO 9241 που καλύπτουν το θέμα της εργονομίας της αλληλεπίδρασης Ανθρώπου – Ηλεκτρονικού Υπολογιστή. (Human – Computer Interaction).

Σύμφωνα με το πρότυπο ISO 9241 σαν ευχρηστία ορίζουμε την αποτελεσματικότητα και την ικανοποίηση με την οποία συγκεκριμένοι χρήστες μπορούν να υλοποιήσουν ορισμένες ενέργειες σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα .

Η λειτουργικότητα του συστήματος η οποία σχετίζεται άμεσα με το περιεχόμενο και την ωφέλεια που παρέχει στους χρήστες αποτελεί το τεχνικό τμήμα της ιστοσελίδας ενώ η ευχρηστία του σχετίζεται με την ευκολία με την οποία οι χρήστες αποκτούν αυτή τη λειτουργικότητα.

Τα παραπάνω, η ωφέλεια και η λειτουργικότητα, αποτελούν τις βασικές ιδιότητες κάθε διαδραστικού συστήματος κι αποτελούν τους στόχους που καθορίζονται κι αναθεωρούνται μέχρι να αποκτηθεί το επιθυμητό επίπεδο αυτών των χαρακτηριστικών μέσω της ευχρηστίας.

Σε αυτή την ευχρηστία, συμβάλλουν τα εξής:

- η δόμηση της αρχικής ιστοσελίδας κι όλων των υποσελίδων καθώς κι η διάταξη αυτών,
- η χρήση μενού και περιεχομένου (index) των ιστοσελίδων για άμεση πρόσβαση καθώς και οι επιλογές πλοήγησης (επόμενο, προηγούμενο κλπ.) από τον επισκέπτη
- η σωστή χρήση χρωμάτων κι εικόνων καθώς και πολυμεσικού περιεχομένου, τόσο σε αριθμό όσο και σε όγκο ώστε να μην αυξάνουν τη ταχύτητα φόρτωσης της ιστοσελίδας αλλά παρέχοντας την απαραίτητη φιλικότητα και διαδραστικότητα προς τον χρήστη. Η αισθητική μιας ιστοσελίδας και ο σχεδιασμός των περιεχομένων της αποτελούν κριτήρια για την επισκεψιμότητα αλλά κυρίως για τον χρόνο παραμονής σε αυτή, από το στοχευμένο κοινό
- η χρήση μιας μόνο γραμματοσειράς σε όλες τις ιστοσελίδες (εδώ είναι σημαντική η χρήση css σε όλες τις html ετικέτες (παράγραφος / κείμενο, h1, h2, Title) καθώς και σε όλες τις ιστοσελίδες, ώστε ο επισκέπτης να μη νιώσει ότι έφυγε από τον ιστότοπο και περιηγήθηκε σε άλλον
- η χρήση συνδέσμων συσχέτισης προς άλλες σελίδες (εσωτερικές και εξωτερικές) και η μη-ύπαρξη σπασμένων συνδέσμων
- η χρήση αναφορών στη πηγή, όπου χρειάζεται καθώς και η δυνατότητα αναζήτησης πληροφοριών εντός του ιστοχώρου

- η αποφυγή χρήσης τόσο της παραχωρημένης τεχνολογίας / κώδικα (πχ ετικέτα font) όσο και της τελευταίας λέξης τεχνολογιών

Τέλος, σε ότι αφορά την ευχρηστία, συμβάλλει κι η δυνατότητα μετάφρασης της ιστοσελίδας σε 2 ή και παραπάνω γλώσσες καθώς και η δυνατότητα για πρόσβαση σε αυτή από άτομα με ειδικές ανάγκες.

Προσβασιμότητα - Για τον παραπάνω λόγο έχουν εκδοθεί σχετικά πρότυπα όπως π.χ. το WCAG 2.0 (Web Content Accessibility Guidelines) όπου ορίζει τρία επίπεδα συμμόρφωσης στις ιστοσελίδες ΑΜΕΑ. Τα επίπεδα αυτά είναι το “Α”, το “ΑΑ” και το “ΑΑΑ”. Όσο υψηλότερο είναι το επίπεδο, τόσο αυξάνεται ο αριθμός των κριτηρίων που πληροί μια ιστοσελίδα. Ο στόχος είναι να διευκολύνουν την πρόσβαση σε ανθρώπους με προβλήματα όρασης, ακοής, μαθησιακές δυσκολίες, περιορισμένη κίνηση και φωτοευαισθησία, ώστε να έχουν πλήρη πρόσβαση στο περιεχόμενο της σελίδας με μηχανισμούς ανάγνωσης κειμένων, εκφώνηση κειμένων, εναλλαγή χρωμάτων, φωνητικές εντολές, πλοήγηση με το πληκτρολόγιο, αλλαγή μεγέθους γραμματοσειράς, αντίθεση κ.α.

Όσο όμως αυξάνει ο κώδικας μιας ιστοσελίδας και η πολυπλοκότητα της, τόσο δυσκολότερη γίνεται η ανανέωση του περιεχομένου της και η διαχείριση της, καθώς και η συντήρηση της ιστοσελίδας.

W3C - WWW Consortium, Η Κοινοπραξία του Παγκοσμίου Ιστού (W3C) είναι ο κύριος Οργανισμός Διεθνών Προτύπων για τον Παγκόσμιο Ιστό (WWW ή σε συντομογραφία W3)²² και διευθύνεται από τον ίδιο τον Tim Berners-Lee, συνεχόμενα από το 1994.

Είναι ο υπεύθυνος οργανισμός με στόχο τη συνεχή βελτίωση κι εξέλιξη του διαδικτύου κι έχει εκδώσει σειρά πρότυπων και πρακτικών που περιγράφουν μεταξύ άλλων, την σωστή κωδικοποίηση και κατασκευή μίας ιστοσελίδας.

Ο σχεδιασμός μιας ιστοσελίδας με βάση αυτές τις πρακτικές και τη συμβατότητα προς τα πρότυπα του W3C, επιτρέπει την επικύρωση της ιστοσελίδας από τον οργανισμό που υποδεικνύει ότι ο ιστότοπος είναι κατασκευασμένος χωρίς λάθη στον κώδικα, βελτιστοποιημένος για τις μηχανές αναζήτησης και με καλύτερες πιθανότητες συμβατότητας με μέλλουσες τεχνολογίες και συσκευές.

²² <https://www.w3.org/>

SEO – Search Engine Optimization

Η βελτιστοποίηση για τις Μηχανές Αναζήτησης είναι μια διαδικασία που σχετίζεται με όλα τα στάδια της κατασκευής μιας ιστοσελίδας και στόχο να μπορούν οι Μηχανές Αναζήτησης (Google, Bing, Yahoo, StartPage, Twitter, DuckDuckGo, wiki, Internet Archive κλπ) να συμπεριλάβουν και να κατατάσσουν μια ιστοσελίδα ανάλογα με το περιεχόμενο της και τις λέξεις κλειδιά που έχει ορίσει στην αναζήτηση ο χρήστης.

Στόχος είναι η κατάταξη ενός ιστότοπου στις υψηλότερες θέσεις των αποτελεσμάτων των μηχανών αναζήτησης του διαδικτύου, ώστε να αυξηθεί ποιοτικά και ποσοτικά ο αριθμός επισκεπτών του. Χωρίζεται σε On Site SEO και Off Site SEO και αφορούν τις διαδικασίες βελτιστοποίησης στη δομή, στο περιεχόμενο και στα τεχνικά χαρακτηριστικά ενός ιστότοπου, ώστε η ιστοσελίδα να είναι φιλικότερη προς τους χρήστες κι όσο πιο ψηλά (φυσικά κι όχι ως διαφήμιση) στις θέσεις κατάταξης από τις μηχανές αναζήτησης του διαδικτύου. Ως διαδικασίες εξαρτώνται από πολλές παραμέτρους, μεταξύ αυτών

- το σύνολο των λέξεων του περιεχομένου ως ευρετήριο όρων,
- οι ετικέτες <Title>, <h1>, <h2>,
- η συμπλήρωση μεταδεδομένων,
- κείμενο κι εναλλακτικό κείμενο για τις εικόνες,
- υπερσύνδεσμοι από και προς την ιστοσελίδα και περιεχόμενο και κατάταξη αυτών, αλλά και συνολικός χρόνος φόρτωσης της ιστοσελίδας.

Οι λέξεις-κλειδιά που εμπεριέχονται στο περιεχόμενο του ιστότοπου αλλά και δηλώνονται μέσα από ετικέτες είναι αυτές, που στη βάση τους, ορίζουν τη συμπερίληψη μιας ιστοσελίδας στους όρους αναζήτησης αυτών των λέξεων.

Ωστόσο, η βελτιστοποίηση SEO βασίζεται σε αλγόριθμους όπως και η επισκεψιμότητα που αποτελεί μια πρώτη εκτίμηση ή αξιολόγηση μιας ιστοσελίδας και μπορεί να μετρηθεί και με το PageRank. Ο αλγόριθμος PageRank αφορά μια κατανομή πιθανοτήτων που χρησιμοποιείται για να εκπροσωπήσει την πιθανότητα ότι ένα άτομο κάνοντας τυχαία κλικ σε συνδέσμους, θα καταλήξει σε κάποια συγκεκριμένη σελίδα.

Προκειμένου οι Μηχανές Αναζήτησης να κερδίσουν ή να διατηρήσουν εν τη προκειμένου τη προτίμηση του κόσμου, πρέπει να αποβάλλουν από τη μια, τις ιστοσελίδες με φτωχό περιεχόμενο, ασύμβατο περιεχόμενο ή/και τεχνικά χαρακτηριστικά κι από την άλλη να προβάλλουν τις καλύτερες ιστοσελίδες βάση των όρων αναζήτησης. Για να γίνει αυτό

χρησιμοποιούνται αλγόριθμοι – οι οποίοι κι ανανεώνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα για την εξασφάλιση της ενημερότητας και της επικαιρότητας.

Έτσι, έχει αναπτυχθεί ένας ολόκληρος κλάδος της επιστήμης των υπολογιστών που έχει να κάνει με τις μηχανές αναζήτησης αλλά και δημιουργηθήκαν και νέες θέσεις εργασίας σε εταιρίες πληροφορικής ή ως freelancers (SEO Expert) για τη προώθηση ιστοσελίδων ψηλά στην αναζήτηση.

Τα τελευταία χρόνια, οι παρακάτω ενημερώσεις των αλγόριθμων που χρησιμοποιεί η Google για την αναζήτηση των αποτελεσμάτων, άλλαξαν ολόκληρο τον κλάδο κι αποτελούν μεταξύ άλλων και παράμετροι που σχετίζονται με τις SEO κατατάξεις των ιστοσελίδων:

Google Panda	Το Google Panda αξιολογεί ιστότοπους με βάση την ποιότητα του περιεχομένου τους. Οι σελίδες με περιεχόμενο υψηλής ποιότητας ανταμείβονται με υψηλότερες θέσεις κατάταξης.
Google Penguin	Το Penguin έχει πολλά κοινά με το Panda, αλλά αξιολογεί τους ιστότοπους για τα προφίλ των υπερσυνδέσεων τους.
Google Pigeon	Οι κατατάξεις ενός ιστότοπου καθορίζονται πλέον από την τοποθεσία και την απόσταση της αντίστοιχης επιχείρησης από τον χρήστη: όσο πιο κοντά, τόσο υψηλότερη.
Google Hummingbird	Το Hummingbird είχε ως στόχο να βελτιώσει την ίδια την αναζήτηση: ερμηνεύοντας την πρόθεση του χρήστη πίσω από ένα ερώτημα, έκανε τον αλγόριθμο να επιστρέφει ιστοσελίδες που θα ήταν οι πιο κατάλληλες.
Google Payday Loan	Στοχεύει ιστότοπους που χρησιμοποιούν μεθόδους SEO υψηλού κινδύνου (όπως ανεπιθύμητους συνδέσμους) για να κατατάξει τις παραπάνω λέξεις-κλειδιά: ιστότοπους με ακατάλληλο περιεχόμενο, ιστότοπους δανείων, καζίνο και ούτω καθεξής.
Google Mobile-Friendly update (Mobilegeddon)	Αφορά την ποιότητα εμπειρίας χρήστη όταν προβάλλεται σε μικρές οθόνες.
Google Fred	Αφορά ενημερώσεις στον αλγόριθμο αναζήτησης της Google που γίνονται κάθε μέρα με έμφαση στο περιεχόμενο σε σχέση με τα έσοδα από διαφημίσεις,

Πίνακας 18 Κύριες ενημερώσεις αλγόριθμων της Google

«Σε αντίθεση με τη χρήση SEO Εργαλείων καθώς και με τεχνικές προώθησης και διαφήμισης και μεθόδους και στρατηγικές για την αύξηση της κατάταξης της θέσης της ιστοσελίδας και εν τέλει της επισκεψιμότητας ενός ιστότοπου, που έχουν να κάνουν με το τι

μπορεί γίνει για τη βελτιστοποίηση από τις μηχανές αναζήτησης, υπάρχει και μια σειρά από θέματα και πρακτικές που βελτιώνουν τη κατάταξη, εφόσον αποφεύγονται.

- Το περιεχόμενο, δεν θα πρέπει να σχεδιάζεται με βάση τις μηχανές αναζήτησης αλλά με βάση τον επισκέπτη – αναγνώστη.
- Η φόρτωση όλου του περιεχομένου θα πρέπει να είναι γρήγορη.
- Το φτωχό περιεχόμενο, αναξιόπιστο, χαμηλής-ποιότητας υλικό χωρίς αναφορές
- Η κακή εμπειρία χρήσης και η μη-βελτιστοποίηση για πλήθος οθονών
- Η Επιθετική Διαφήμιση και τα αναδυόμενα παράθυρα
- Το διπλό περιεχόμενο ή αντιγραφή άλλων ιστοσελίδων
- Η επανάληψη σε μεγάλο βαθμό των λέξεων κλειδιών
- Οι υπερσύνδεσμοι που δεν σχετίζονται με το περιεχόμενο ή δεν έχουν τοποθετηθεί σωστά κι οδηγούν σε αναξιόπιστες πηγές
- Η μη αναφορά της τοποθεσίας και της γλώσσας
- Η μη-βελτιστοποίηση των εικόνων από πλευράς θέσης, ευκρίνειας κι ανταπόκρισης
- Οι κενοί χώροι μέσα στο περιεχόμενο,
- Ο περισσότερος κώδικας από όσο χρειάζεται (excessive code) καθώς κι άλλα.» (SEJ, 2021)

Τονίζεται το γεγονός πως στα πλαίσια της συνεχούς βελτίωσης κι ενώ η ίδια η ιστοσελίδα θα παραμένει στη διεύθυνση που είναι ήδη, η ίδια η ιστοσελίδα μπορεί να αλλάξει μορφή (layout, γραμματοσειρές, εικόνες κλπ) και ιδιότητες. Ιδίως επί του παρόντος, όπου η βελτίωση της γίνεται με σχόλια από την ανατροφοδότηση συγκεκριμένων επισκεπτών.

Στην ανάπτυξη της ιστοσελίδας που μπορεί να γίνει στο μέλλον, θα γίνει προσπάθεια για εμπλουτισμό του περιεχομένου της, με επιστημονικά άρθρα και πληροφορίες και συνδέσεις σε άλλες ιστοσελίδες με θέμα την ατμοσφαιρική ρύπανση και τη ποιότητα του αέρα ακόμη και τη σύνδεση ενός low-cost σταθμού μετρήσεων της τοπικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Ζούμε στην εποχή της πληροφορίας. Η πληροφορία είναι το μέγεθος που, αυξανόμενο, προσδίδει σημασία στα δεδομένα και παράγει γνώση. Τα δεδομένα δεν είναι πληροφορία, όταν δεν έχουν λάβει από τη νόηση συγκεκριμένη σημασία, ενώ η πληροφορία είναι δεδομένα με σημασία κι έχουν «ουσιαστικό» περιεχόμενο.

Ο Τόμας Έλιοτ έβλεπε την κατάληξη της ειδίκευσης της γνώσης αλλά και την κατάληξη της γνώσης σε αχρηστία μέσα από έναν ωκεανό πληροφοριών - το αδιέξοδο με άλλα λόγια του πνευματικού ανθρώπου, που έχασε τη σωματικότητά του και την επαφή του με τη φύση, μεταλλασσόμενος σε μια κινούμενη μηχανή χωρίς αισθήματα και ιδέες.

«Πού είναι όλη η σοφία που χάσαμε μέσα στη γνώση; Πού είναι όλη η γνώση που χάσαμε μέσα στην πληροφόρηση;»

«Τον Δεκέμβριο του 2020, πάρθηκε μια απόφαση σταθμός στην ιστορία, όταν Βρετανικό Δικαστήριο αποφάσισε πως για το θάνατο ενός 9-χρονου κοριτσιού από το νοτιοανατολικό Λονδίνο, ευθύνεται η ατμοσφαιρική ρύπανση. Σύμφωνα με το πόρισμα του ιατροδικαστή, *‘η ατμοσφαιρική ρύπανση έπαιξε κομβικό ρόλο στο θάνατο της εννιάχρονης Ella Adoo-Kissi-Debrah, το 2013’*» (<https://www.bbc.com/news/uk-england-london-55330945>)

Το 2020, ο καθηγητής του ΑΠΘ και Διευθυντής του Εργαστηρίου Περιβαλλοντικής Μηχανικής, Δημοσθένης Σαρηγιάννης, επικαλούμενος μελέτες του Εργαστηρίου του ΑΠΘ, αλλά και του Πανεπιστημίου του Χάρβαρντ, υποστήριξε ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα από τον Covid-19 σε βάθος χρόνου, κάτι που φαίνεται από τις διαφοροποιήσεις που παρατηρήθηκαν στον αστικό ιστό, στις μεγάλες πόλεις, σε σχέση με την περιφέρεια. Στις μεγάλες πόλεις, που υπάρχει μεγαλύτερη ρύπανση, υπάρχουν περισσότερο εξασθενημένοι οργανισμοί και παρατηρήθηκαν περισσότερα κρούσματα - εδώ ο καθηγητής αναφέρεται στη τρωτότητα που δημιουργεί η ατμοσφαιρική ρύπανση στους οργανισμούς και πως αυτή, επηρεάζει αρνητικά την αντίδραση αυτών των οργανισμών στον κορωνοϊό.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι ο άνθρωπος τον τελευταίο αιώνα έχει επιδείξει ιδιαίτερο ταλέντο, στην επικράτηση του επί των οικοσυστημάτων, στην ολοένα αυξανόμενη πληθυσμιακή του ανάπτυξη, στη συνεχή κατασπατάληση κι ανεύρεση νέων πόρων και στις ραγδαίες εξελίξεις στην μαζική αποδοχή τεχνολογιών μέσα σε σύντομους χρόνους από τη

κοινωνία, θα πρέπει να επαναφέρει στην ανθρωποκεντρική του θεώρηση την έννοια του φυσικού περιβάλλοντος και της διαβίωσης του μέσα σε αυτό.

«Η ανθρώπινη κοινωνία –ως σύνολο– καλείται να λάβει γενναίες αποφάσεις, το συντομότερο δυνατόν, και να επαναξιολογήσει το επίπεδο της ευημερίας και τον ασυγκράτητο κομφορμισμό της προκειμένου να εξασφαλίσει τη ζωή στον πλανήτη και την υγεία στα βιολογικά όντα που τον κατοικούν. Αλλιώς, ο αγώνας για οικονομική, πολιτική και πολιτιστική ανάπτυξη θα αποβεί μια σισύφεια επιχείρηση. Ο ιατρικός κόσμος, με μοναδικό γνώμονα το *primum non nocere*²³, οφείλει να αναλάβει άμεσα δράση υπέρ του κοινωνικού συνόλου, ακόμη και εάν χρειαστεί να εναντιωθεί στον ασφαλιστικό οργανισμό, στα οικονομικά και στα πολιτικά κατεστημένα, καθώς και στην ίδια την αδρανούς κοινωνία των πολιτών.» (Οι δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία, 2020)



Εικόνα 83 Η σισύφεια «περιπέτεια» της οικονομικής ανάπτυξης (Μαθιουδάκης κα)

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα πολυδιάστατο φαινόμενο που αντικατοπτρίζει την κατάσταση στην οποία το οικονομικό σύστημα και η παγκόσμια αγορά προάγει τη τεχνολογική εξέλιξη και τη κοινωνική πρόοδο μέσω της εκβιομηχάνισης και της υπέρμετρης παραγωγής καταναλωτικών αγαθών. Αυτό όμως έρχεται με ένα τίμημα το οποίο φαίνεται πως το πληρώνει η ίδια η ανθρώπινη υγεία αλλά και το φυσικό περιβάλλον.

²³ "πρώτα, μην βλάπτεις"

«Από τη σκοπιά ενός ανώτερου κοινωνικού και οικονομικού σχηματισμού, η ατομική ιδιοκτησία της γης θα φαίνεται εξίσου παράλογη όσο και ένας άνθρωπος να αποτελεί ιδιοκτησία άλλων ανθρώπων. Ακόμη και ολόκληρη η κοινωνία ενός έθνους ή και το σύνολο όλων των κοινωνιών που υπάρχουν ταυτόχρονα στον κόσμο δεν είναι ιδιοκτήτες της γης. Είναι απλά οι δικαιούχοι της, που οφείλουν να τη παραδώσουν σε βελτιωμένη κατάσταση στις γενιές που θα τις διαδεχτούν». Karl Marx²⁴

Ο τοπικός κι ο παγκόσμιος χαρακτήρας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης διακρίνεται όχι μόνο από τις τεράστιες διαφορές στη ποιότητα του αέρα, μεταξύ των χωρών του κόσμου, π.χ. Καναδάς και Ινδία, αλλά κι από το γεγονός ότι οι ρύποι μεταφέρονται ακόμα και χιλιάδες χιλιόμετρα μακριά. Ως εκ τούτου, η ίδια η αντιμετώπιση του προβλήματος βλέπουμε πως περιλαμβάνει δράσεις επίλυσης τόσο σε παγκόσμια όσο και στη τοπική κλίμακα.

Στα χρόνια που έρχονται, θα αυξηθούν τόσο οι πληροφορίες που αφορούν δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης (IoT, cloud, drones, smart-cities, low-cost stations) κι αναμένεται τόσο η επιδημιολογική στατιστική όσο και η ιατρική έρευνα να διαφωτίσουν τους ακριβείς μηχανισμούς με τους οποίους η ατμοσφαιρική ρύπανση επιδρά βλαπτικά στην ανθρώπινη υγεία.

Όμως, μόνο όταν η ανωτέρω γνώση αποκτήσει το απαιτούμενο κοινωνικό βάρος μέσω της συλλογικής συνείδησης (κοινωνικής, περιβαλλοντικής και πλανητικής) για την αναζήτηση της αλήθειας (α-λήθη = να θυμηθώ πράγματα που έχω ξεχάσει) τότε θα έχουν συμβεί οι απαραίτητες ενέργειες ώστε να επανέλθει η πραγματική σχέση του ανθρώπου με το περιβάλλον. Τότε θα είναι εφικτή και η πραγματική αειφορική παραγωγή αγαθών κι όχι η αειφορία στη παραγωγή αγαθών που δημιουργούν πλαστές ανάγκες ή η παραγωγή τους συνδέεται με οποιαδήποτε μορφή ρύπανση και μόλυνση του περιβάλλοντος ή/και έχουν βλαπτικές συνέπειες στην ανθρώπινη υγεία. Το πρόβλημα που διογκώνεται με τη πρώτη βιομηχανική επανάσταση και την αύξηση του πληθυσμού δεν θα λυθεί στη ρίζα του με πολιτικά μέτρα ή κάποιες καινοτόμες τεχνολογίες αν δεν γίνει πρώτα κατανοητό πως η ατμοσφαιρική ρύπανση, οι δευτερογενείς επιδράσεις της κι εν γένει η εναντίωση στη φύση κι υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων από τον άνθρωπο δημιουργεί αντιδράσεις των οποίων οι συνέπειες εν τέλει βλάπτουν τη μοίρα όλων των πολιτών του κόσμου, αδιάκριτα.

²⁴Το Κεφάλαιο, πρώτη δημοσίευση στις 14 Σεπτεμβρίου 1867

Βιβλιογραφία

Albany.edu. 2021. The Stratospheric Aerosol Layer. [Ηλεκτρονικό] 2021. <https://www.albany.edu/faculty/rgk/atm101/junge.htm>.

Bitesize. 2020. Bitesize. *Client-side and server-side scripts*. [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 2020 12 17.] <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/znkqn39/revision/3>.

Davis Instruments. 2020. How Weather Affects Air Quality. [Ηλεκτρονικό] 10 2020. <https://www.davisinstruments.com/blog/meteorology-101-how-weather-affects-air-quality/>.

Dolske, Donald A. 1995. Deposition of atmospheric pollutants to monuments, statues, and buildings. *Science of The Total Environment*. 167, 1995. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)04566-J..](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)04566-J..)

Ecoweather. 2021. Ecoweather. *Άνεμος*. [Ηλεκτρονικό] 2021. <https://www.ecoweather.gr/anemos>.

EPA. 2021. USA EPA. [Ηλεκτρονικό] 2021. <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>.

EU Clean Air. 2020. Clean Air Programme. [Ηλεκτρονικό] 2020. https://ec.europa.eu/environment/air/clean_air/index.htm.

EU Council/Policies. 2020. Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης. [Ηλεκτρονικό] 25 02 2020. <https://www.consilium.europa.eu/el/policies/clean-air/>.

Gephart, L. & Lewis, J. & Roberts, P. & Salter, E. & White, Lizette & Post, L. 2006. Analysis of the CAFE cost benefit analysis. *CONCAWE Reports*. 2006. https://www.researchgate.net/publication/289061672_Analysis_of_the_CAFE_cost_benefit_analysis.

Google Blogger. 2021. Blogger. [Ηλεκτρονικό] Google, 2021. [Παραπομπή: 17 12 2020.] <https://www.blogger.com/about/?bpli=1>.

ip.gr. 2020. ip.gr: Joomla! [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 21 01 2021.] https://www.ip.gr/Web_Development/%CF%84%CE%B9-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CF%84%CE%BF-joomla-247.html.

Johnston, Harold S. 2009. *Pollution of the Stratosphere.* s.l. : Cambridge University Press, 2009.

Maynard. 2009. *Air Pollution Environmental and Ecotoxicology.* 2009.

Mike Holland, EMRC. 2014. Cost-benefit Analysis of Final Policy Scenarios for the EU Clean Air Package. *CBA for the Clean Air Policy Package.* [Ηλεκτρονικό] 10 2014. [Παραπομπή: 12 03 2020.] <https://ec.europa.eu/environment/air/pdf/TSAP%20CBA.pdf>.

Nichols, Megan Ray. 2018. The IOT Magazine. *Smart Cities Invest in the IoT to Track Air Pollution.* [Ηλεκτρονικό] 18 07 2018. [Παραπομπή: 27 02 2020.] <https://theiotmagazine.com/smart-cities-invest-in-the-iot-to-track-air-pollution-76c603d0f1cd>.

North meteo. 2018. North Meteo. [Ηλεκτρονικό] 12 9 2018. <https://northmeteo.gr/astiki-thermiki-nisida>.

Peters R, Ee N, Peters J, Booth A, Mudway I, Anstey KJ. 2019. Air Pollution and Dementia: A Systematic Review. *J Alzheimers Dis.* 2019, σσ. 145-163. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30775976/>.

printmag. 2020. printmag. *8 Phases of the Web Design Process.* [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 17 01 2021.] <https://www.printmag.com/post/phases-of-the-web-design-process>.

SEJ. 2021. Search Engine Journal. *7 Google Algorithm Updates Every SEO Should Know.* [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 06 02 2021.] <https://www.searchenginejournal.com/7-laws-of-the-google-universe-algorithm-updates-every-seo-should-know/238815/>.

techterms. 2009. The Tech Terms Computer Dictionary. [Ηλεκτρονικό] 12 07 2009. [Παραπομπή: 17 01 2021.] <https://techterms.com/definition/staticwebsite>.

Tutorials Point. 2020. Web Page tutorialspoint.com. *Tutorials Point.* [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 17 01 2021.] https://www.tutorialspoint.com/internet_technologies/web_pages.htm.

website.com - webhosts. 2020. website.com - webhosts. *How to estimate your web hosting needs.* [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 2020 12 17.] <https://www.website.com/beginnerguides/webhosts/7/6/how-to-estimate-your-web-hosting-needs.ws>.

WHO. 2021. WHO Air Pollution. *Ambient air pollution: Pollutants*. [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 16 01 2021.] <https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>.

Wikipedia Exosphere. 2021. WikipediaExosphere. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 16 01 2021.] <https://en.wikipedia.org/wiki/Exosphere>.

Wikipedia Great Smog of London. 2021. Great Smog of London. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] 27 01 2021. https://en.wikipedia.org/wiki/Great_Smog_of_London.

Wikipedia R language. 2020. R programming language. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] 2020. [https://en.wikipedia.org/wiki/R_\(programming_language\)](https://en.wikipedia.org/wiki/R_(programming_language)).

Wikipedia Smog. 2020. smog. *wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 10 12 2020.] <https://en.wikipedia.org/wiki/Smog>.

Wikipedia Υγρασία Ατμόσφαιρας. 2020. Wikipedia Υγρασία Ατμόσφαιρας. [Ηλεκτρονικό] 06 02 2020. https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A5%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1_%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1%CF%82.

Wikipedia: Drupal. 2020. Wikipedia: Drupal. [Ηλεκτρονικό] 21 12 2020. [Παραπομπή: 10 12 2020.] <https://el.wikipedia.org/wiki/Drupal>.

Wix: Studycare. 2020. Wix: Studycare. [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 21 01 2021.] <https://studycare.gr/wix-website-builder/>.

Wordpress. 2021. Wordpress. [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 17 01 2021.] <https://wordpress.com/?aff=27964>.

YPEN. 2021. YPIEN. [Ηλεκτρονικό] 2021. <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/>.

Zhao, Y.L., Tang, J., Huang, H.P., Wang, Z., Chen, T.L., Chiang, C.W. and Chiang, P.C. 2020. Development of IoT Technologies for Air Pollution Prevention and Improvement. *Aerosol Air Qual. Res.* 2020. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2020.05.0255>.

Αθανασιάδου, Δρ Μάρθα Λαζαρίδου. 2021. 5. ANEMOI. *Μάθημα: Μετεωρολογίας-Κλιματολογίας*. [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 16 01 2021.] <http://www.teidasoponias.gr/site/news/xtra/morfologia/anemoi.pdf>.

ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας. 2021. ΑΠΘ. Εργαστήριο Φυσικής της Ατμόσφαιρας. [Ηλεκτρονικό] 2021.

<http://lap.physics.auth.gr/atmdiasp/simeiwseis/chapter2.pdf>.

ΑΠΘ-Γεωλογία. 2021. Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ. *Σημειώσεις*. [Ηλεκτρονικό] 2021.

<http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/1000/kathypsos.html>.

ΑΠΘ-Μετεωρολογία. 2021. ΑΠΘ, Τομέας Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. *ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ*. [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 16 01 2021.]

<http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc318y/th/math2.html>.

ΑΠΘ-Φυσικής. 2021. ΑΠΘ Σημειώσεις Τμήμα Φυσικής. [Ηλεκτρονικό] 2021.

http://pms.physics.auth.gr/lap/wp-content/uploads/sites/4/2017/10/WEB_POLLUTIONsm.pdf.

Βικιπαίδεια Βιογεωχημικός κύκλος. 2020. Βιογεωχημικός κύκλος. *Wikipedia*. [Ηλεκτρονικό] 17 01 2020. [Παραπομπή: 05 03 2020.]

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%92%CE%B9%CE%BF%CE%B3%CE%B5%CF%89%CF%87%CE%B7%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CE%BF%CF%82.

Γεντεκάκης, Ιωάννης Β. 2010. *Ατμοσφαιρική ρύπανση*. s.l. : Κλειδάριθμος, 2010. 9604613944.

Δαλέζιος, Νικόλαος. 2015. Βασική μετεωρολογία για τη γεωργία. *Αγρομετεωρολογία: ανάλυση και προσομοίωση*. [Ηλεκτρονικό] 2015. [Παραπομπή: 16 01 2021.]

<https://repository.kallipos.gr/handle/11419/3745>.

ΕΕΑ. 2018. Ειδική Έκθεση Αρ. 23 2018. *Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής (23/2018)*. [Ηλεκτρονικό] 2018. [Παραπομπή: 16 01 2021.]

<https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/el/>. ISBN 978-92-847-0633-4 ISSN 1977-5660 doi:10.2865/170737.

Ζάνη, Πρόδρομος. 2014. *ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΧΗΜΕΙΑ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ*. Θεσσαλονίκη : Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 2014.

Ζιώμας, Γιάννης. 2007. *ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ –ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ*. Αθήνα : s.n., 2007.

Θοδωρής Μ. Γιάνναρος, Φυσικός – Δρ. Φυσικής Περιβάλλοντος. 2020. North Meteo. *Composition of the atmosphere.* [Ηλεκτρονικό] 04 10 2020. <https://northmeteo.gr/composition-of-the-atmosphere/>.

Κ.Π. Μουστρής. 2020. Ενότητα #7: Δείκτες Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. *Τεχνολογία Περιβαλλοντικών Μετρήσεων.* [Ηλεκτρονικό] 18 12 2020. <http://eclass.teipir.gr/openeclass/modules/document/file.php/MECH111/7%CE%B7%20%CE%95%CE%BD%CF%8C%CF%84%CE%B7%CF%84%CE%B1%20-%20%CE%A4%CE%B5%CF%87%CE%BD%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%AF%CE%B1%20%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%B1%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD%CF%>.

Καρρής, Γιώργος. 2020. Βιογεωχημικοί κύκλοι άνθρακα και αζώτου, Φωσφόρου. *Γενική Οικολογία - Τμήμα Τεχνολόγων Περιβάλλοντος [3η και 4η Ενότητα].* [Ηλεκτρονικό] 2020. [Παραπομπή: 02 04 2020.]

Κατσαφάδος. 2015. Κεφάλαιο 8 Φαινόμενο του Θερμοκηπίου. [συγγρ. βιβλίου] Ηλίας Μαυροματίδης Πέτρος Κατσαφάδος. *Εισαγωγή στη Φυσική της Ατμόσφαιρας και τη Κλιματική Αλλαγή.* Αθήνα : ΣΕΑΒ, 2015.

Κουτρής, Όμηρος. 2021. ΑΠΘ Σημειώσεις Μαθήματα. *Όμηρος Κουτρής.* [Ηλεκτρονικό] Σημειώσεις Τμ. Φυσικής ΑΠΘ, 2021. [Παραπομπή: 16 01 2021.] <https://www.okoutris.gr>.

Μ. Ασσαέλ, Κ. Κακοσίμος. *Υπολογισμός Επιπέδων Συγκέντρωσης Σωματιδίων PM10 στο Ιστορικό Κέντρο της Θεσσαλονίκης.* Θεσσαλονίκη : s.n.

Μελάς, Δημήτρης. 2000. *ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΡΥΠΑΝΣΗ [Οδηγός εκπαιδευτικών].* Αθήνα : s.n., 2000.

—. 2007. *Φυσική Ατμοσφαιρικού Περιβάλλοντος.* Θεσσαλονίκη : s.n., 2007.

Μπαλαφούτης. 2021. Σημειώσεις [Lesson05_Humidity, Lesson09_Pollution]. *Γεν. Κλιματολογία - Κλίμα Μεσογείου κι Ελλάδα.* [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 04 03 2020.] http://www.geo.auth.gr/431/th/Lesson05_Humidity.pdf.

Οι δυσμενείς επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην υγεία. **ΜΑΘΙΟΥΔΑΚΗΣ, Δ. Γ., ΜΑΘΙΟΥΔΑΚΗΣ, Α. Γ. και ΜΑΘΙΟΥΔΑΚΗΣ, Γ. Α. 2020.** 37.5., s.l. : Archives of Hellenic Medicine/Arheia Ellenikes Iatrikes,, 2020.

Παπαδόπουλου. 2019. liberal. *Θεοφάνη Παπαδόπουλου.* [Ηλεκτρονικό] 25 03 2019. <https://www.liberal.gr/apopsi/4i-biomichaniki-epanastasi/245382>.

Παπαμανώλης, Νίκος. 2015. *Δομική Φυσική και Αρχές Περιβαλλοντικού Σχεδιασμού Κτιρίων*. s.l. : ΣΕΑΒ, 2015. σσ. 15-19. ISBN: 978-960-603-072-7.

Πέννας, Πέτρος. 2021. ΓΕΝΙΚΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ. ΑΠΘ - Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας. [Ηλεκτρονικό] ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ, 2021. [Παραπομπή: 16 01 2021.] <http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/1000/kathypsos.html>.

Ποιότητα του Αέρα (Thermi Air). 2021. Δήμος Θέρμης. *Ποιότητα του Αέρα (Thermi Air)*. [Ηλεκτρονικό] 2021. <http://www.thermiair.gr/project/air-quality/>.

ΣΕΟΒ. 2021. ΑΝΕΜΟΙ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (ΜΟΝΙΜΟΙ - ΠΛΑΝΗΤΙΚΟΙ ΑΝΕΜΟΙ). [Ηλεκτρονικό] 2021. [Παραπομπή: 20 01 2021.] <http://hmga.gr/storehouse/word-acrobat/meteo/meteo/MeteoWinds.html>.

Τράπεζα της Ελλάδος. 2011. *ΟΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ, ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ*. 2011.

Τσιλιγκιρίδης, Γιώργος. 2015. *Πηγές Ρύπανσης*. Θεσσαλονίκη : ΑΠΘ, 2015.

ΥΠΕΝ. 2019. *ΕΤΗΣΙΑ ΕΚΘΕΣΗ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ*. 2019.

Χαλδούπης, Χρήστος. 2015. *Εισαγωγή στην Ατμοσφαιρική Φυσική*. s.l. : ΣΕΑΒ, 2015. σσ. 15, . ISBN: 978-960-603-143-4.