



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ – WEB INTELLIGENCE

Ανάπτυξη εφαρμογής παρακολούθησης της ποιότητας αέρα

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΡΚΑΝΗ

Επιβλέπων : Δρ. Περικλής Χατζημίσιος

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2024



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ – WEB
INTELLIGENCE

Ανάπτυξη εφαρμογής παρακολούθησης της ποιότητας αέρα

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΠΕΤΡΟΥ ΚΑΡΚΑΝΗ

Επιβλέπων : Περικλής Χατζημίσιος

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Όνομα Επώνυμο

.....
Όνομα Επώνυμο

.....
Όνομα Επώνυμο

Θεσσαλονίκη, Φεβρουάριος 2024

Περίληψη

Ένα από τα πιο σημαντικά ζητήματα υγείας που αντιμετωπίζουμε σήμερα σε παγκόσμια κλίμακα (κυρίως στις μεγάλες πόλεις) είναι το πρόβλημα της ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα. Πλήθος εταιρειών, ερευνητικών κέντρων και Πανεπιστημίων έχουν προχωρήσει σε εργασίες έρευνας και υλοποίησης συστημάτων, με σκοπό την παρακολούθηση, τη μελέτη, την πρόβλεψη και τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα. Κύριος σκοπός της παρούσης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα. Πρώτα από όλα, η συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζει το φαινόμενο ρύπανσης του ατμοσφαιρικού αέρα, οι επιπτώσεις που αυτό προκαλεί στην υγεία των πολιτών. Έπειτα, παρουσιάζεται μεγάλος αριθμός κινητών εφαρμογών παρακολούθησης της ποιότητας ατμοσφαιρικών συνθηκών σε πραγματικό χρόνο, οι οποίες παρέχουν μία συλλογή εργαλείων, δεδομένων και σχετικών ειδοποιήσεων, με στόχο την ενημέρωση και την ουσιαστική επαγρύπνηση των χρηστών τους. Οι συγκεκριμένες εφαρμογές επιλέχθηκαν έπειτα από έρευνα πλήθους εφαρμογών που διατίθενται στο διαδίκτυο και δοκιμάστηκαν σε Android και IOS smartphones, προκειμένου να εξαχθούν συνεκτικά, λογικά συμπεράσματα. Το πιο σημαντικό συμπέρασμα από αυτή την ανάλυση είναι ότι καμία εφαρμογή δεν υποστηρίζει πολλές λειτουργίες (συνήθως υλοποιείται ένα υποσύνολο από τις διαθέσιμες δυνατότητες). Τέλος, γίνεται μια ανάλυση των σχετικών τεχνολογιών και ζητημάτων που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα. Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, εκτός από την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα ανά περιοχή, παρέχει και την δυνατότητα αποστολής ειδοποιήσεων ανά περιοχή. Για την ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκαν τεχνολογίες τόσο στο front-end όσο και στο backend με την γλώσσα JavaScript. Πιο συγκεκριμένα, για το front-end κομμάτι χρησιμοποιήσαμε το framework Ionic με React και για το backend NodeJS. Το infrastructure της εφαρμογής είναι serverless με Lambda functions και Amazon Web Services (AWS).

Abstract

One of the most significant health issues we face today on a global scale (mainly in large cities) is the issue of air pollution. Numerous companies, research centers, and universities have undertaken research and implemented projects aimed at monitoring, studying, predicting, and improving air quality. The primary purpose of this M.Sc. thesis is to develop an application for monitoring air quality. First and foremost, this work presents the phenomenon of atmospheric air pollution and the impacts it has on the health of citizens. Subsequently, a large number of mobile applications for monitoring the quality of atmospheric conditions in real-time are introduced. These applications provide a collection of tools, data, and related notifications, aiming to inform and significantly raise the awareness of their users. These specific applications were selected after researching numerous applications available on the internet and were tested on Android and IOS smartphones to derive coherent, logical conclusions. The most important conclusion from this analysis is that no application supports many functions (usually, a subset of available features is implemented). Finally, an analysis of the relevant technologies and issues related to air quality is conducted. The application developed as part of this master's thesis, besides monitoring air quality by area, also offers the capability to send notifications by area. The application besides monitoring air quality by region has the ability of region-by-region air quality alerts. For the development of this application, technologies were used both on the front-end and the backend with JavaScript. More specifically, for the front-end part, we used the Ionic framework with React, and for the backend, NodeJS. The application's infrastructure is serverless with Lambda functions and Amazon Web Services (AWS).

Πίνακας περιεχομένων

1.	Εισαγωγή	6
1.1.	Εισαγωγή στην ανάπτυξη εφαρμογής παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα	6
1.2.	Αντικείμενο διπλωματικής	7
1.3.	Οργάνωση κειμένου	7
2.	Θεωρητικό υπόβαθρο	9
2.1.	Εισαγωγή	9
2.2.	Ατμοσφαιρική ρύπανση	9
3.	Άλλες εφαρμογές	17
3.1.	AirVisual	17
3.2.	Hackair	20
4.	Τεχνολογίες	42
4.1	Ionic Framework	43
4.2	ReactJS	43
4.3	Redux	44
4.4	Redux Toolkit	44
4.5	Redux Sagas	45
4.6	Serverless	45
4.7	Amazon Web Services (AWS) Lambda	46
4.8	Node.js	47
5.	Υλοποίηση	48
5.1.	Σελίδα εισόδου χρήστη στην εφαρμογή	48
5.2.	Σελίδα σύντομης περιγραφής	49
5.3.	Σελίδα ανάλυσης καιρού	51
5.4.	Σελίδα ανάλυσης καιρού και air quality σε χάρτη	53
5.5.	Σελίδα ανάλυσης air quality	55
5.6.	Σελίδα ανάλυσης ειδοποιήσεων	56
5.7.	Σελίδα ρυθμίσεων χρήστη	58

6. Συμπεράσματα και μελλοντικές προτάσεις	63
6.1. Συμπεράσματα	63
6.2. Μελλοντικές προτάσεις	65
Βιβλιογραφικές αναφορές	66

1.

Εισαγωγή

1.1. Εισαγωγή στην ανάπτυξη εφαρμογής παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα

Σε πολλές ευρωπαϊκές πόλεις τα μέσα ετήσια επίπεδα μικροσωματιδίων στην ατμόσφαιρα είναι υψηλότερα από το συνιστώμενο όριο του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (Π.Ο.Υ.) [12][14]. Σχεδόν όλοι οι κάτοικοι της ηπείρου αναπνέουν κακής ποιότητας αέρα, που μπορεί να αποβεί μοιραίος για την υγεία, αυξάνοντας τον κίνδυνο αναπνευστικών και καρδιακών παθήσεων και μειώνοντας το προσδόκιμο ζωής. Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί τον μεγαλύτερο περιβαλλοντικό κίνδυνο για την υγεία των ανθρώπων, οδηγώντας σε πάνω από έξι εκατομμύρια θανάτους ετησίως, ενώ το οικονομικό κόστος ισοδυναμεί με πάνω από 8 τρισεκατομμύρια δολάρια (σύμφωνα με την παγκόσμια έκθεση για την ποιότητα του αέρα που δημοσιεύτηκε το 2020 από την ελβετική εταιρεία τεχνολογίας ποιότητας αέρα IQAir [11]).

Σε αυτή την έκθεση, βάσει έρευνας σε 131 χώρες (7.323 πόλεις και περιοχές) διαπιστώνεται πως μόλις 13 πληρούσαν τις κατευθυντήριες γραμμές του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας για τις ετήσιες συγκεντρώσεις $PM_{2.5}$ που έπρεπε να είναι ίσες ή κάτω των $5 \mu g/m^3$ για το 2022. Η IQAir ορίζει τη συγκέντρωση $PM_{2.5}$ ως την ποσότητα σωματιδίων αερολύματος λεπτών σωματιδίων με διάμετρο έως $2,5 \mu m$. Είναι ένας από τους έξι κύριους ατμοσφαιρικούς ρύπους που χρησιμοποιούνται συνήθως στην ταξινόμηση της ποιότητας του αέρα και θεωρείται ευρέως ως ο πιο επιβλαβής, όσον αφορά την επικράτηση του στο περιβάλλον και τις επιπτώσεις που έχει στην υγεία. Αυτές αφορούν την πρόκληση και επιδείνωση καταστάσεων υγείας όπως το άσθμα, ο καρκίνος, οι πνευμονικές ασθένειες, οι καρδιακές παθήσεις και η πρόωγη θνησιμότητα.

Η συνεχής παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα, μετρώντας και παρατηρώντας τις διάφορες τιμές των αερίων που εμπεριέχονται σε αυτόν, όπως και των διακυμάνσεων που αυτές εμφανίζουν, είναι αναγκαία προκειμένου να προστατευτεί ο γενικός πληθυσμός και να βελτιωθεί η ποιότητα της καθημερινής του ζωής. Κινητές (mobile) εφαρμογές και διαδικτυακές (web) εφαρμογές χρησιμοποιούνται παγκοσμίως για την καθημερινή ενημέρωση των πολιτών περί της ποιότητας του αέρα που αναπνέουν, οι οποίες πολλές φορές συνδυάζονται με συσκευές καθαρισμού του αέρα εσωτερικών χώρων (airpurifiers) ή παρακολούθησης της ποιότητάς του, βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής κάθε ανθρώπου. Οι εφαρμογές αυτές βασίζονται στα πολύτιμα δεδομένα που παράγουν.

1.2. Αντικείμενο διπλωματικής

Στόχος της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας αποτελεί η δημιουργία μιας web εφαρμογής για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα ανά περιοχή. Επίσης θα πραγματοποιηθεί ανάλυση και μελέτη των τεχνολογιών που θα χρησιμοποιηθούν για την ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής. Τέλος, θα πραγματοποιηθεί ανάλυση στο θεωρητικό υπόβαθρο για το τι σημαίνει ατμοσφαιρική ρύπανση, τι είναι η ποιότητα αέρα και πως αυτή μετριέται. Έτσι λοιπόν, ο αναγνώστης θα αποκτήσει μια πλήρη εικόνα για το τι είναι και πώς δημιουργείται ένα web application αλλά και τι είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση και η ποιότητα του αέρα.

1.3. Οργάνωση κειμένου

Στο Κεφάλαιο 2 της διπλωματικής εργασίας αναφέρεται το θεωρητικό υπόβαθρο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, οι επιπτώσεις στην υγεία και πως εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό. Στην συνέχεια γίνεται αναφορά των διάφορων ατμοσφαιρικών ρύπων.

Στο Κεφάλαιο 3 παρουσιάζονται δώδεκα mobile εφαρμογές για την παρακολούθηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα σε πραγματικό χρόνο, δίνοντας περισσότερη βαρύτητα σε μετρήσεις συγκέντρωσης αερίων ρύπων σε εξωτερικούς χώρους και στη μεταξύ τους σύγκριση. Καθώς υπάρχει διαθέσιμος ένας μεγάλος αριθμός mobile εφαρμογών στο διαδίκτυο παρόμοιας φιλοσοφίας και δυνατοτήτων, πραγματοποιήθηκε σχετική έρευνα και δοκιμή πολλών από αυτών, σε Android και IOS smartphones, με σκοπό την παρουσίαση των υποκειμενικά καλύτερων, πιο εύχρηστων και πιο ολοκληρωμένων εφαρμογών.

Στο Κεφάλαιο 4 πραγματοποιείται ανάλυση των τεχνολογιών που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη της εφαρμογής για την διπλωματική εργασία. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιείται ανάλυση των τεχνολογιών ανά κομμάτι ανάπτυξης: frontend, backend, infrastructure. Η

ανάπτυξη ενός webapp απαιτεί πολύ καλές γνώσεις πολλών εργαλείων ώστε να γίνει η καλύτερη επιλογή αυτών ανάλογα κάθε φορά με την ανάγκη κάθε εφαρμογής.

Στο Κεφάλαιο 5 πραγματοποιείται αναλυτική παρουσίαση της υλοποίησης της εφαρμογής. Παρουσιάζονται όλα τα δεδομένα της εφαρμογής και οι δυνατότητες που έχει. Σκοπός αυτού του κεφαλαίου είναι ο χρήστης να μπορέσει να κατανοήσει πλήρως τις δυνατότητες της εφαρμογής ώστε να είναι σε θέση να την χρησιμοποιήσει.

Στο Κεφάλαιο 6 παρέχεται μία σύνοψη της διπλωματικής εργασίας στο σύνολό της, αναφέροντας σημαντικά συμπεράσματα που έχουν εξαχθεί από την συγγραφή της, και τέλος καταλήγει με σχετικές μελλοντικές προτάσεις εξέλιξής της.

2.

Θεωρητικό υπόβαθρο

2.1. Εισαγωγή

Ατμοσφαιρική ρύπανση είναι η ρύπανση της ατμόσφαιρας, δηλαδή, η προσθήκη ουσιών (ρύπων) στην ατμόσφαιρα που υπό φυσιολογικές συνθήκες δε θα υπήρχαν. Η ατμοσφαιρική ρύπανση γίνεται κυρίως από οξείδια, όπως οξείδια του αζώτου, του θείου, του άνθρακα και άλλα, και από αιθάλη (άκαυστος άνθρακας σε αέριο μείγμα). Η διασφάλιση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας και του περιβάλλοντος, απαιτεί τη συστηματική παρακολούθηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης.

2.2. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση [15] είναι ένας ευρύς όρος, που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την ύπαρξη στην ατμόσφαιρα διαφόρων παραγόντων (χημικών, φυσικών, βιολογικών ή άλλων), που έχουν αρνητικές επιπτώσεις στους έμβιους οργανισμούς και το περιβάλλον. Οι παράγοντες αυτοί ονομάζονται γενικά ρύποι, αλλοιώνουν τα φυσικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας και έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει την ποιότητα ζωής των ανθρώπων σε παγκόσμιο επίπεδο, και επιπλέον θεωρείται υπεύθυνη για διάφορα αναπνευστικά και άλλα προβλήματα υγείας, καθώς και για τη μείωση του προσδόκιμου ζωής αλλά και για πρόωρους θανάτους. Ο καθορισμός ορίων ποιότητας αέρα (δηλαδή ανώτερων τιμών επιτρεπτών συγκεντρώσεων ρύπων και αριθμού των υπερβάσεων τους ανά έτος), έχει συμβάλει στη μείωση των αρνητικών επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα.

Η εισπνοή μολυσμένου αέρα μπορεί να είναι πολύ κακή για την υγεία μας. Η μακροχρόνια έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση έχει συσχετιστεί με ασθένειες της καρδιάς και των πνευμόνων, καρκίνους και άλλα προβλήματα υγείας [8]. Γι 'αυτό είναι πολύ σημαντικό για εμάς να παρακολουθούμε τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, να λαμβάνουμε μέτρα προστασίας από αυτήν, αλλά και να κάνουμε ό,τι μπορούμε για να την περιορίσουμε.

Τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το όζον αναγνωρίζονται κατά κανόνα ως οι τρεις σημαντικότεροι ρύποι από την άποψη των επιπτώσεων για την υγεία.

Οι ρύποι εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό μέσα από [10]:

- Το αναπνευστικό σύστημα (εισπνοή),
- Το γαστρεντερικό σύστημα (λήψη τροφών και υγρών), και
- Το δέρμα.

2.3. Τύποι ατμοσφαιρικών ρύπων

Στην καθημερινότητά μας, ερχόμαστε αντιμέτωποι με διάφορους ατμοσφαιρικούς ρύπους καθώς λόγω των δραστηριοτήτων μας εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα ένας μεγάλος αριθμός ρύπων. Ανάλογα με την προέλευσή τους, οι ρύποι χωρίζονται στις παρακάτω ευρείες κατηγορίες [5][6]:

- Πρωτογενείς ρύποι, οι οποίοι εκπέμπονται άμεσα από τις πηγές ρύπανσης. Παραδείγματα πρωτογενών ρύπων αποτελούν το διοξείδιο του θείου και το μονοξείδιο του αζώτου. Οι πρωτογενείς ρύποι που συμμετέχουν στη φωτοχημική δημιουργία του όζοντος ονομάζονται πρόδρομοι ρύποι.
- Οι δευτερογενείς ρύποι, οι οποίοι σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα σαν αποτέλεσμα χημικών αντιδράσεων μεταξύ πρωτογενών ρύπων. Τυπικό παράδειγμα δευτερογενούς ρύπου αποτελεί το όζον.

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι που κατά κύριο λόγο απασχολούν τις ανά τον κόσμο υπηρεσίες προστασίας του περιβάλλοντος είναι οι παρακάτω: το διοξείδιο του θείου, το μονοξείδιο του άνθρακα, τα οξείδια του αζώτου (κυρίως το διοξείδιο του αζώτου), οι υδρογονάνθρακες (κυρίως το βενζόλιο), το όζον, τα αιωρούμενα σωματίδια (κυρίως τα PM₁₀ και τα PM_{2.5}) και ο μολυβδος.

Πρωτογενείς ρύποι	Δευτερογενείς ρύποι
CO, CO ₂ , COS, (CH ₃) ₂ S, H ₂ S, SO ₂ , NO, NO ₂ , NH ₃ , Υδρογονάνθρακες, Αλογονομένοι υδρογονάνθρακες, Αερολύματα	O ₃ , SO ₃ , H ₂ SO ₄ , HNO ₃ , NO ₂ , NO ₃ ,

Πίνακας 2.1 Τύποι ρύπων

2.3.1. Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)

Το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα δηλητηριώδες αέριο που γενικότερα εκλύεται κατά τις ατελείς καύσεις. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι εκπομπές από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων έτσι ώστε, σε κλειστούς χώρους στάθμευσης τα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα μπορεί να φτάσουν ακόμη και σε θανατηφόρα επίπεδα. Ο καπνός του τσιγάρου και η έντονη

κυκλοφοριακή κίνηση είναι κυρίως υπεύθυνα για την έκθεση του ανθρώπου σ' αυτήν την ουσία. Το μονοξείδιο του άνθρακα ευθύνεται για τις περισσότερες χημικές δηλητηριάσεις σε σχέση με οποιοδήποτε άλλο στοιχείο, κυρίως λόγω της λανθασμένης χρήσης οικιακών συσκευών σε εσωτερικούς χώρους, όπως για παράδειγμα η χρήση κουζίνας υγραερίου για θέρμανση.

Το μονοξείδιο του άνθρακα υπάρχει οπουδήποτε λαμβάνουν χώρα σημαντικές καύσεις. Για παράδειγμα, οι πυρκαγιές δασών παράγουν τεράστιες ποσότητες, αλλά επειδή οι φωτιές είναι ακανόνιστες στην κατανομή, τα αέρια διαλύονται από τους ανέμους που επικρατούν. Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις στις οποίες οι άνθρωποι συνήθως εκτίθενται (εκτός από το κάπνισμα) παρατηρούνται σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές με μεγάλη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Ο αέρας μέσα αλλά και γύρω από τους δρόμους της πόλης και τους αυτοκινητόδρομους περιέχει υψηλά επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα ειδικά τις ώρες κυκλοφοριακής αιχμής [22]. Το κάπνισμα σε κλειστούς χώρους (π.χ. αυτοκίνητο σε ώρα κυκλοφοριακής αιχμής) μπορεί να προκαλέσει επίπεδα συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα διπλάσια από εκείνο του ορίου ασφαλείας για την προστασία της ανθρώπινης υγείας. Εσωτερικός, μη αεριζόμενος χώρος στάθμευσης, κτίρια κατά μήκος αστικών δρόμων και τούνελ με έντονη κυκλοφορία περιέχουν τα υψηλότερα επίπεδα. Δεκάδες εκατομμύρια άνθρωποι ζουν σε χώρες όπου η ποιότητα του αέρα απειλεί την υγεία. Μεγαλύτερα προβλήματα λόγω της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα αντιμετωπίζουν οι πόλεις με έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση και κακό εξαερισμό.

2.3.2. Οξείδια του αζώτου (NO_2 , NO)

Τα οξείδια του αζώτου είναι ένα σύνολο αέριων ρύπων που παράγονται κατά την ανάφλεξη καύσιμης ύλης καθώς και σε φωτοχημικές αντιδράσεις στην ατμόσφαιρα. Τα δύο κύρια οξείδια του αζώτου είναι το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και το μονοξείδιο του αζώτου (NO). Αυτά συχνά αναφέρονται ως NO_X . Προσβάλλουν άμεσα την υγεία και υποβαθμίζουν το περιβάλλον, υποκινώντας παράλληλα την δημιουργία του όζοντος στην επιφάνεια της γης προκαλώντας περαιτέρω βλάβες. Το διοξείδιο του αζώτου, διαλυμένο στο νερό, την ομίχλη, τη βροχή και το χιόνι, μετατρέπεται σε νιτρικό οξύ προκαλώντας οικολογική βλάβη με τη μορφή όξινης βροχής.

Το μονοξείδιο του αζώτου εκπέμπεται από τα μικρόβια στο χώμα και τα φυτά με τη διαδικασία της απονιτροποίησης, ενώ παράγεται επίσης κατά τις καύσεις ορυκτών καυσίμων (αεροπλάνα, αυτοκίνητα, διωλιστήρια, κλπ.) βιομαζών και με τις φωτοχημικές αντιδράσεις. Η κύρια πηγή διοξειδίου του αζώτου είναι η οξείδωση του μονοξειδίου του αζώτου. Δευτερεύουσες πηγές αποτελούν οι καύσεις ορυκτών καυσίμων και βιομαζών. Πηγές διοξειδίου του αζώτου

εσωτερικών χώρων αποτελούν οι συσκευές που λειτουργούν με αέριο, οι θερμάστρες κηροζίνης, οι θερμάστρες που λειτουργούν με καύση ξύλων (ξύλοσομπες) και τα τσιγάρα. Οι κυριότερες πηγές οξειδίων του αζώτου είναι η καύση ορυκτών καυσίμων σε εγκαταστάσεις παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και εργοστάσια (45%) καθώς και τα μεταφορικά μέσα (49%).

2.3.3. ‘Οζον (O_3)

Το όζον, το κύριο συστατικό της αιθαλομίχλης (αστικό νέφος), είναι υπεύθυνο για μερικά από τα χειρότερα επεισόδια αέριας ρύπανσης. Στην ανώτερη ατμόσφαιρα, το όζον απορροφά την επικίνδυνη υπεριώδη ακτινοβολία, προστατεύοντας τους ανθρώπους από τον καρκίνο του δέρματος. Η μείωσή του στη στρατόσφαιρα οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες που ενδέχεται να οδηγήσουν σε αύξηση των καρκίνων του δέρματος. Στην κατώτερη ατμόσφαιρα, εκεί όπου αναπνέουν οι άνθρωποι και αναπτύσσονται τα φυτά, το όζον έχει πολύ βλαβερές συνέπειες στη υγεία και παράλληλα προκαλεί σημαντικές βλάβες στα δάση και στις καλλιέργειες. Το κοινό οξυγόνο περιέχει δύο άτομα οξυγόνου (O_2) ενώ το όζον αποτελείται από τρία άτομα οξυγόνου (O_3). Είναι οξειδωτικό και προκαλεί τοξικά αποτελέσματα, διότι έχει την ικανότητα να απομακρύνει ηλεκτρόνια από τα μόρια (οξειδωση), ξεκινώντας αλυσιδωτές αντιδράσεις και διαταράσσοντας βασικές δομές στα κύτταρα.

2.3.4. Αιωρούμενα σωματίδια ($PM_{2.5}$, PM_{10})

Ο όρος αιωρούμενα σωματίδια χρησιμοποιείται για να περιγράψει διάφορες ουσίες που υπάρχουν στον ατμοσφαιρικό αέρα σαν διακριτά σωματίδια, άλλοτε σε υγρή και άλλοτε σε στερεή μορφή. Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι από τους πιο επικίνδυνους αέριους ρύπους διότι περιέχουν καρκινογόνες ουσίες όπως ο αμιάντος (asbestos) και ο καπνός (tobacco smoke) και παράλληλα επιδεινώνουν τις βλαβερές συνέπειες άλλων αέριων ρύπων (όπως το διοξειδίου του θείου). Αξίζει να γίνει ξεχωριστή αναφορά στον μόλυβδο ο οποίος προστίθεται ως αντικροτικό στα καύσιμα. Με τη αλλαγή της σύστασης του στόλου των αυτοκινήτων και με τη χρήση της αμόλυβδης βενζίνης παρουσιάζεται σημαντική μείωση στις συγκεντρώσεις του. Πλην των αυτοκινήτων, άλλες πηγές μόλυβδου αποτελούν η χρήση γαιανθράκων, οι βαριές βιομηχανίες, τα χυτήρια μεταλλευμάτων, τα εργοστάσια μπαταριών και η καύση των απορριμμάτων [39]. Το μεγαλύτερο μέρος της μάζας των αερολυμάτων βρίσκεται στην κατώτερη τροπόσφαιρα όπου οι συγκεντρώσεις τους είναι 1-2 τάξεις μεγέθους μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες στην ανώτερη τροπόσφαιρα. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο γεγονός ότι οι σημαντικότερες πηγές εκπομπής βρίσκονται κοντά στο έδαφος οπότε οι μικροί, σχετικά, χρόνοι παραμονής των αερολυμάτων στην ατμόσφαιρα δεν αφήνουν μεγάλα χρονικά

περιθώρια για την μεταφορά τους σε μεγάλα ύψη. Αυτό έχει σαν συνέπεια να βελτιώνεται δραματικά η ορατότητα όταν ξεπεράσουμε τα χαμηλότερα 1-2 χιλιόμετρα της ατμόσφαιρας.

Οι ιδιότητες των αιωρούμενων σωματιδίων είναι δύσκολο να γενικευτούν διότι περιλαμβάνουν διάφορα σωματίδια που προκύπτουν από ένα πολύ μεγάλο εύρος δραστηριοτήτων. Η επικινδυνότητα των σωματιδίων εξαρτάται μεταξύ άλλων από τη διάμετρό τους και η πρόσφατη νομοθεσία διαφοροποιεί τα εισπνευστικά σωματίδια με 29 διάμετρο μικρότερη από 10 μικρά (PM_{10}) και τα σωματίδια με διάμετρο μικρότερη από 2.5 μικρά ($PM_{2.5}$) [36]. Τα $PM_{2.5}$ προκύπτουν από τις πηγές καύσης και από τον χημικό μετασχηματισμό αέριων ρύπων στην ατμόσφαιρα. Το αέριο διοξείδιο του θείου για παράδειγμα γρήγορα μετατρέπεται σε μικρά σωματίδια θείου μετά την απελευθέρωση του από τις εγκαταστάσεις παραγωγής ενέργειας και τα χυτήρια. Τα μικρότερα σωματίδια είναι συνήθως πιο επικίνδυνα από τα μεγαλύτερα διότι εισπνέονται πιο βαθιά στους πνεύμονες, όπου εγκαθίστανται και προκαλούν βλάβες στους ευαίσθητους ιστούς που εμπλέκονται στην ανταλλαγή του αέρα. Τα μικρότερα σωματίδια παρέχουν επίσης μεγαλύτερη συνολικά επιφάνεια (για συγκεκριμένο βάρος σωματιδίων) για την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων, κάνοντας ευκολότερη την προσκόλληση σε αυτά τοξικών ουσιών (όπως τα ίχνη μετάλλου). Τα μικρότερα σωματίδια μπορούν να παραμείνουν στον αέρα για εβδομάδες ή μήνες και επομένως μπορούν να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις από την πηγή τους. Τα μεγαλύτερα σωματίδια κυρίως προέρχονται από τα μεταλλεύματα, τις κατασκευαστικές δραστηριότητες, τις πυρκαγιές και την ατμοσφαιρική σκόνη. Εναποτίθενται γρηγορότερα από τα μικρά σωματίδια και επομένως αποτελούν κίνδυνο κυρίως κοντά στην πηγή τους. Μια άλλη ορολογία η οποία χρησιμοποιείται είναι επίσης τα «ολικά αιωρούμενα σωματίδια» (total suspended particulates) (TSP). Σε αυτή την περίπτωση τα όργανα που χρησιμοποιούνται για την μέτρησή τους συλλέγουν όλα τα σωματίδια που αιωρούνται χωρίς διάκριση μεγέθους. Για την αναγνώριση των πιο επικίνδυνων μικρών σωματιδίων, οι καινούργιες συσκευές βοηθούν στη συλλογή μικρότερων σωματιδίων δίνοντας ακριβέστερη εκτίμηση της αναλογίας εκείνων που θεωρούνται περισσότερο επικίνδυνα.

2.3.5. Διοξείδιο του θείου (SO_2)

Το διοξείδιο του θείου και μερικά από τα προϊόντα των χημικών του αντιδράσεων, όπως το θειικό άλας, είναι υπεύθυνα για αρκετά από τα χειρότερα επεισόδια αέριας ρύπανσης στον αιώνα μας. Η γνωστή ομίχλη του Λονδίνου το 1950, περιείχε μίγμα από διοξείδιο του θείου και καπνό. Χιλιάδες άνθρωποι πέθαναν κατά τη διάρκεια τέτοιων καταστάσεων και αρκετοί νοσηλεύτηκαν με αναπνευστικά προβλήματα. Η λέξη αιθαλομίχλη επινοήθηκε για να περιγράψει το μίγμα καπνού και ομίχλης, ένας συνδυασμός διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων προσκολλημένων σε υδάτινες σταγόνες.

Οι κυριότερες πηγές διοξειδίου του θείου είναι οι καύσεις ορυκτών καυσίμων και η επεξεργασία ορυκτών μεταλλευμάτων. Άλλες πηγές περιλαμβάνουν την οξείδωση των διμεθυλοσουλφιδίων, τις ηφαιστειακές εκπομπές και τις εκπομπές της χημικής βιομηχανίας. Επίσης, το SO₂ ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της χημικής αντίδρασης ανάμεσα στα (CH₃)₂S και H₂S. Συγκεντρωτικά, οι καύσεις είναι υπεύθυνες για το 85% των εκπομπών, ενώ μόλις 7% οφείλεται στα μέσα μεταφοράς.

2.3.6. Αμμωνία (NH₃)

Η αμμωνία είναι ένα άχρωμο, αντιδραστικό και διαλυτό αλκαλικό αέριο με έντονη οσμή. Η αμμωνία βρίσκεται στις γεωργικές δραστηριότητες, στην κτηνοτροφία, στα λιπάσματα, στις εκπομπές των αυτοκινήτων και σε διάφορες βιομηχανικές διεργασίες.

2.4. Ποιότητα του αέρα

Η ποιότητα του αέρα είναι ο βαθμός στον οποίο βρίσκεται ο αέρας και είναι κατάλληλος ή μη για τον άνθρωπο ή το περιβάλλον. Η καλή ποιότητα του αέρα σημαίνει ότι εκείνη η περιοχή και για την συγκεκριμένη χρονική στιγμή ο αέρας είναι απαλλαγμένος από επιβλαβείς ουσίες. Φυσικά ο αέρας δεν μπορεί να είναι απολύτως καθαρός, περιέχει πάντα μικρές ποσότητες στερεών σωματιδίων και χημικών ρύπων που όμως δεν είναι επιβλαβείς για την ανθρώπινη υγεία. Αντιθέτως, η κακή ποιότητα του αέρα περιέχει υψηλά επίπεδα ρύπων και είναι συχνά θολή και επικίνδυνη για την υγεία και το περιβάλλον. Η ποιότητα του αέρα περιγράφεται σύμφωνα με τον Δείκτη ποιότητας αέρα (Air Quality Index - AQI) [13] [41], ο οποίος βασίζεται στη συγκέντρωση των ρύπων που υπάρχουν στον αέρα σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Η ποιότητα του αέρα σε μία περιοχή μπορεί να αλλάξει από μέρα σε μέρα ή ακόμα και από ώρα σε ώρα και αυτό επειδή ο αέρας κινείται πάντα. Επίσης για μία τοποθεσία η ποιότητα του αέρα είναι αποτέλεσμα δύο παραγόντων, της κίνηση του αέρα στην περιοχή και του τρόπου με τον οποίο οι άνθρωποι επηρεάζουν τον αέρα.

Όταν αναφερόμαστε στον ανθρώπινο παράγοντα που επηρεάζει τον αέρα εννοούμε τα γεωγραφικά χαρακτηριστικά, όπως οι οροσειρές, οι ακτές και η γη που έχουν τροποποιηθεί από τους ανθρώπους. Αυτές οι αλλαγές προκαλούν τη συγκέντρωση ατμοσφαιρικών ρύπων ή τη διασπορά τους από μια περιοχή. Οι φυσικές πηγές, όπως η ηφαιστειακή δραστηριότητα και οι καταιγίδες σκόνης, προσθέτουν ορισμένους ρύπους στον αέρα, αλλά οι περισσότεροι ρύποι προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα. Τέλος, άλλα παραδείγματα ανθρωπογενών ατμοσφαιρικών ρύπων είναι τα καυσαέρια των οχημάτων, ο καπνός από σταθμούς ηλεκτροπαραγωγής με καύση άνθρακα και τα τοξικά αέρια από τη βιομηχανία.

Όσον αφορά την κίνηση του αέρα ως παράγοντα που επηρεάζει την ποιότητα του αέρα αναφερόμαστε στα μοτίβα των ανέμων. Για παράδειγμα, μια παράκτια περιοχή με οροσειρά της ενδοχώρας μπορεί να έχει περισσότερη ατμοσφαιρική ρύπανση κατά τη διάρκεια της ημέρας, όταν οι θαλάσσιες αύρες σπρώχνουν ρύπους στη γη και έχει χαμηλότερη ατμοσφαιρική ρύπανση τα βράδια, επειδή η κατεύθυνση του αερίου αντιστρέφει και ωθεί την ατμοσφαιρική ρύπανση έξω από τον ωκεανό [23].

2.5. Δείκτης ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα

Ο δείκτης ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα (AQI) μπορεί να πάρει τιμές από το 0 έως το 500. Όσο υψηλότερη η τιμή του AQI τόσο μεγαλύτερο είναι το επίπεδο ατμοσφαιρικής ρύπανσης και τόσο μεγαλύτερη είναι η ανησυχία για την υγεία των ανθρώπων. Ένα παράδειγμα είναι ότι μία τιμή AQI κοντά στο 50 ή μικρότερή του σημαίνει καλή ποιότητα του αέρα, ενώ μία τιμή πάνω από 300 σημαίνει πολύ επικίνδυνη ποιότητα του αέρα. Το AQI χωρίζεται σε έξι κατηγορίες [4] [9]. Κάθε κατηγορία αντιστοιχεί σε διαφορετικό επίπεδο AQI. Η κάθε κατηγορία έχει επίσης συγκεκριμένο χρώμα για να διευκολύνει τους ανθρώπους να προσδιορίσουν γρήγορα εάν η ποιότητα του αέρα είναι σε ανθυγιεινά επίπεδα ή όχι. Ο AQI είναι ένας δείκτης που δημιουργήθηκε από κυβερνητικές οργανώσεις για να υπάρχει ένα κοινό σημείο αναφοράς και ενημέρωσης προς όλους τους πολίτες [17] [19]. Αν τα επίπεδα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αυξάνονται, αυξάνεται παράλληλα και το AQI, και έτσι υπάρχει μεγάλος κίνδυνος για την υγεία πρώτα των ανθρώπων που βρίσκονται σε ευπαθείς ομάδες, όπως τα άτομα με αναπνευστικά ή καρδιαγγειακά προβλήματα και μετά για τα παιδιά. Διαφορετικές χώρες έχουν τους δικούς τους δείκτες ποιότητας αέρα, που αντιστοιχούν σε διαφορετικά εθνικά πρότυπα ποιότητας του αέρα. Μερικά από αυτά είναι ο Δείκτης Υγείας Ποιότητας του Αέρα του Καναδά, ο Δείκτης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης της Μαλαισίας, ο Δείκτης Πρότυπων Ρύπων της Σιγκαπούρης και ο Δείκτης Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης της Ευρώπης.

Ο Common Air Quality Index (CAQI) είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιεί η Ευρώπη από το 2006. Το 2017 ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος ανακοίνωσε τον Ευρωπαϊκό Δείκτη Ποιότητας Αέρα (EAQI). Το CAQI είναι ένας αριθμός σε κλίμακα από το 1 έως το 100, όπου μια χαμηλή τιμή σημαίνει καλή ποιότητα αέρα και μια υψηλή τιμή σημαίνει κακή ποιότητα αέρα. Το 2012, στο CAQI, προστέθηκαν δύο υποχρεωτικά στοιχεία για τον οδικό δείκτη τα NO₂ και PM₁₀ και τρία υποχρεωτικά στοιχεία για τον δείκτη υποβάθρου, NO₂, PM₁₀ και O₃.

Qualitative name	Index or Sub index	Pollutant (hourly) concentration			
		NO ₂ µg/m ³	PM ₁₀ µg/m ³	O ₃ µg/m ³	PM _{2.5}
Very low	0-25	0-50	0-25	0-60	0-15
Low	25-50	50-100	25-50	60-120	15-30
Medium	50-75	100-200	50-90	120-180	30-55
High	75-100	200-400	90-180	180-240	55-110
Very high	>100	>400	>180	>240	>110

Πίνακας 2.2 Common Air Quality Index (CAQI)

3.

Άλλες εφαρμογές

Καθημερινά η ποιότητα της ατμόσφαιρας όπου όλοι αναπνέουμε τον αέρα της παίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία μας, αλλά και στην καθημερινότητά μας. Για παράδειγμα, ένας ανθυγιεινός αέρας στο περιβάλλον εργασίας μας, ένας κακός νυκτερινός ύπνος λόγω της ποιότητας του αέρα στον χώρο που κοιμόμαστε είναι μερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την ποιότητα ζωής μας [18]. Έτσι λοιπόν, για τους παραπάνω λόγους αλλά και για πολλούς περισσότερους και με την βοήθεια της τεχνολογίας έχουν δημιουργηθεί πολλές εφαρμογές στο διαδίκτυο [3][16].

Μερικές εφαρμογές - σελίδες είναι αξιόπιστες και τα αποτελέσματά τους βασίζονται σε αναγνωρισμένες πηγές ή σε ραντάρ που έχουν τοποθετηθεί ανά τον κόσμο από τις ίδιες τις εταιρείες [1][2]. Ύστερα από μία έρευνα που έγινε θα παρουσιάσουμε δώδεκα εφαρμογές - σελίδες που θεωρούνται έμπιστες ως προς τα αποτελέσματά τους. Τέλος, δημιουργήθηκε ένας πίνακας, προκειμένου να συγκρίνουμε με μια γρήγορη ματιά τις εφαρμογές μεταξύ τους.

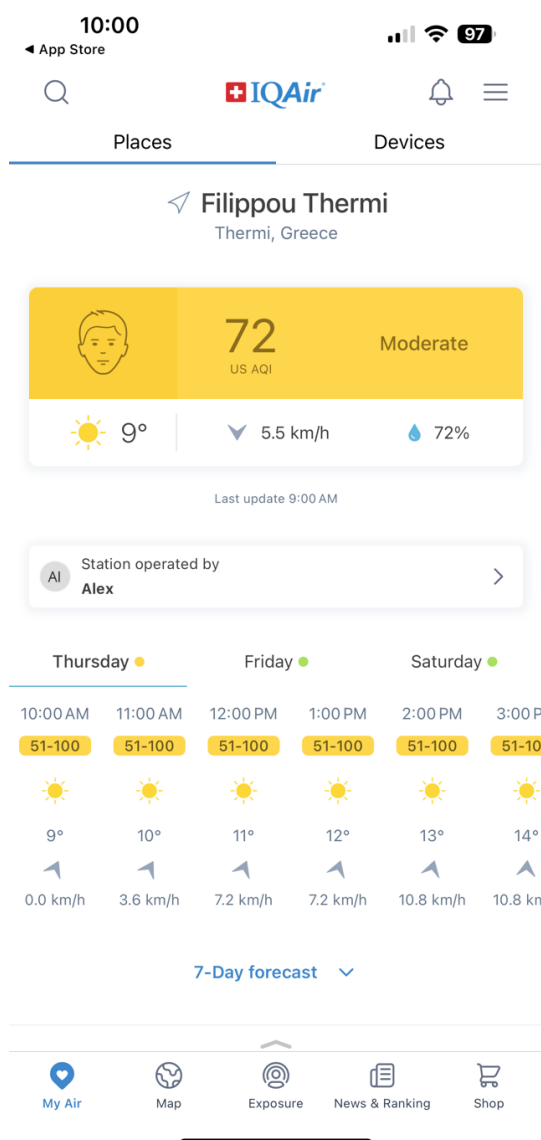
3.1. AirVisual

Η εταιρεία IQAir [25] εκτός από την δημιουργία συσκευών παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, έχει δημιουργήσει και μια εφαρμογή την AirVisual [26]. Η εφαρμογή AirVisual επιτρέπει στον χρήστη να παρακολουθεί δωρεάν την ποιότητα του αέρα δεκάδων χιλιάδων περιοχών σε παγκόσμια κλίμακα, προσφέροντας αξιόπιστα δεδομένα περισσότερων από 60.000 σταθμών παρακολούθησης σε πραγματικό χρόνο.

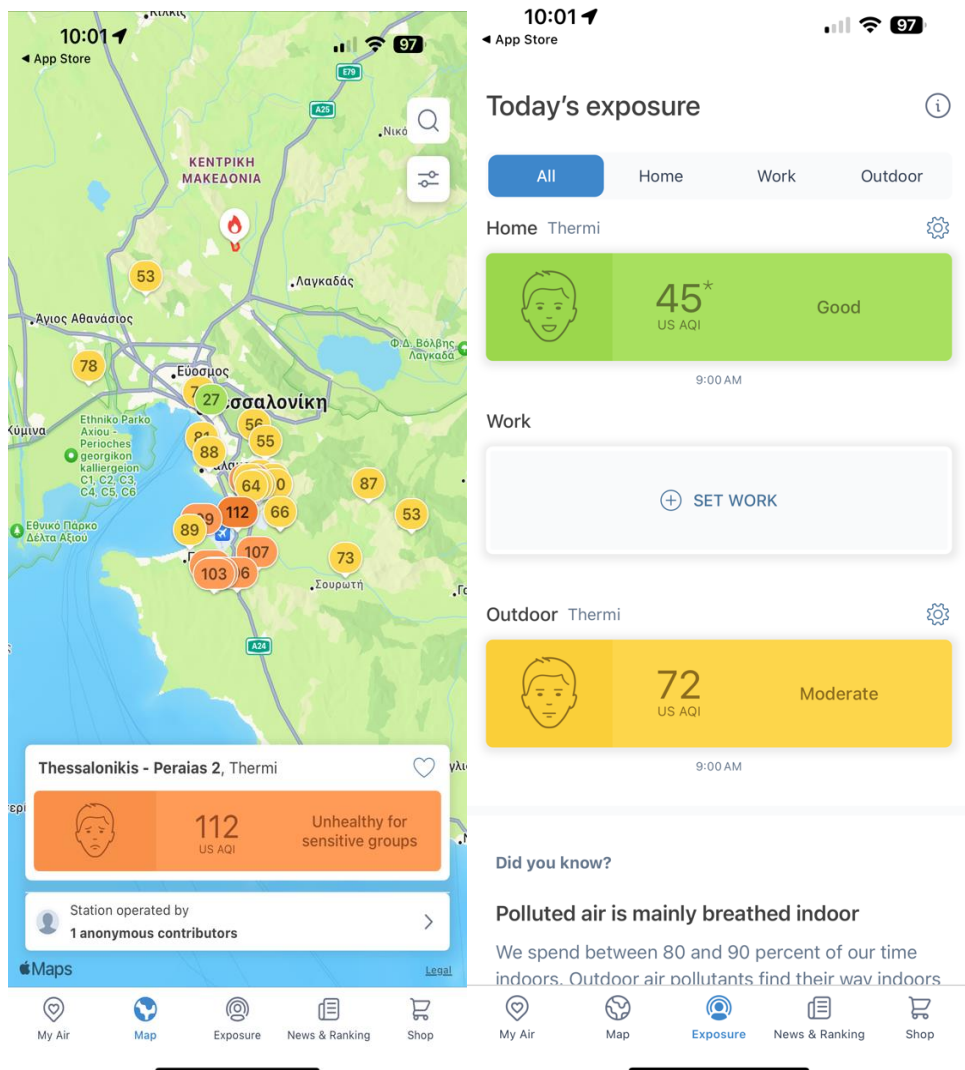
Εντός της εφαρμογής, παρουσιάζονται μετεωρολογικά δεδομένα, δεδομένα του τρέχοντος δείκτη ποιότητας αέρα AQI, ζωντανή παρακολούθηση βασικών ρύπων PM_{2.5}, PM₁₀, όζοντος, διοξειδίου του αζώτου, διοξειδίου του θείου και μονοξειδίου του άνθρακα, σε πραγματικό χρόνο. Ακόμη, παρέχεται επταήμερη πρόγνωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των καιρικών συνθηκών, γραφήματα ιστορικών δεδομένων των τελευταίων 24 ωρών, προτάσεις υγείας, εκπαιδευτικό υλικό σχετικά με την ποιότητα του αέρα, blog με σχετικά νέα και η επιλογή δημιουργίας προσωπικού προφίλ, δωρεάν, με σκοπό την συνεχή παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα που αναπνέει ο χρήστης βάσει της τοποθεσίας του.

Τέλος, η συσκευή AirVisualPRO [27] για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων, καθώς και μια πληθώρα συσκευών οικιακής και επαγγελματικής χρήσης,

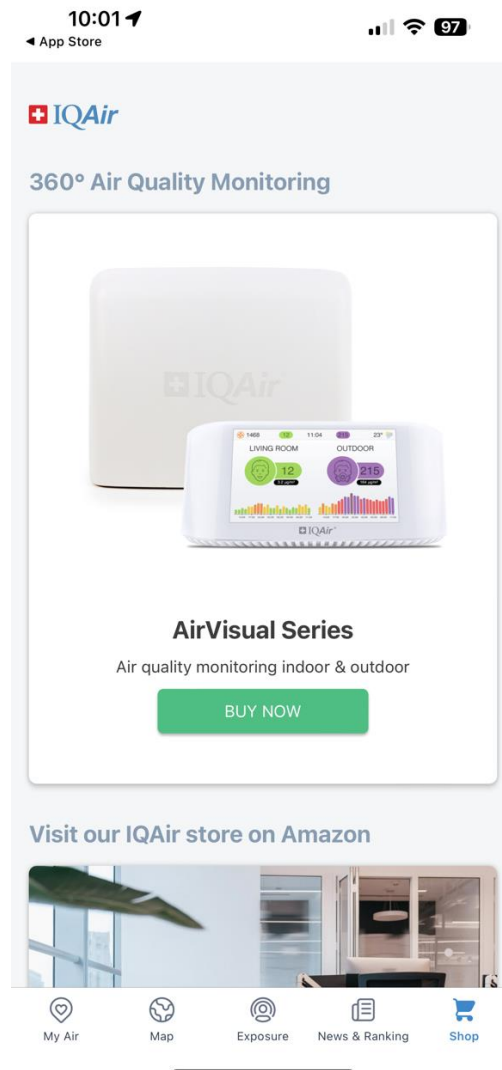
είναι διαθέσιμες μέσω της επίσημης ιστοσελίδας της εταιρείας. Ένα πλεονέκτημα της συγκεκριμένης εφαρμογής, αποτελεί το γεγονός ότι παρέχεται χωρίς την χρήση της συσκευής AirVisualPRO, σχετική εκτίμηση της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων που εισπνέει ο χρήστης, βάσει των εξωτερικών παραγόντων της ποιότητας του αέρα, φυσικά με μικρότερη ακρίβεια σε σχέση με την ύπαρξη συσκευής παρακολούθησης στο χώρο.



Εικόνα 3.1: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής AirVisual



Εικόνα 3.2: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής AirVisual

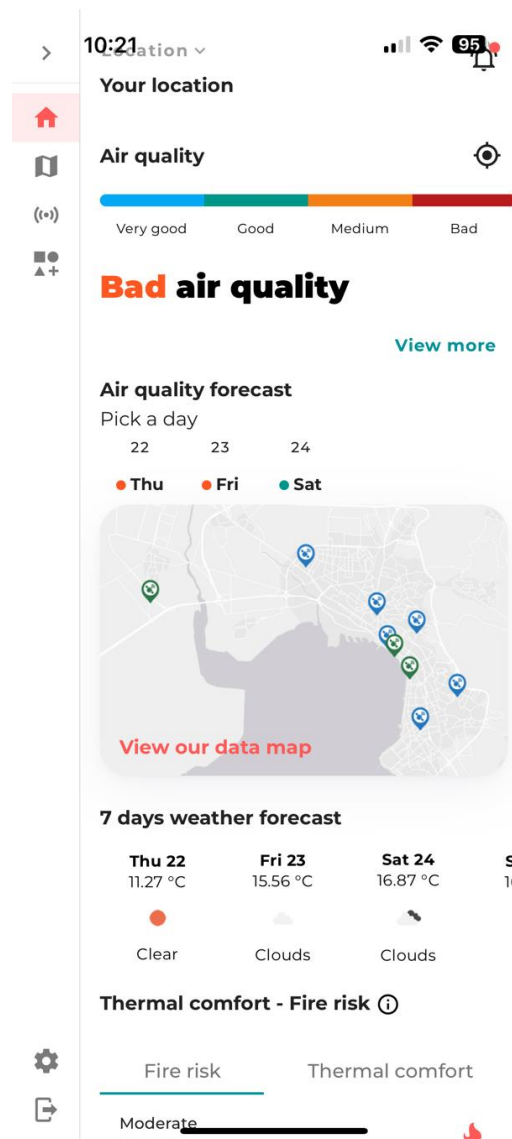


Εικόνα 3.3: Συσκευή παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων της AirVisual

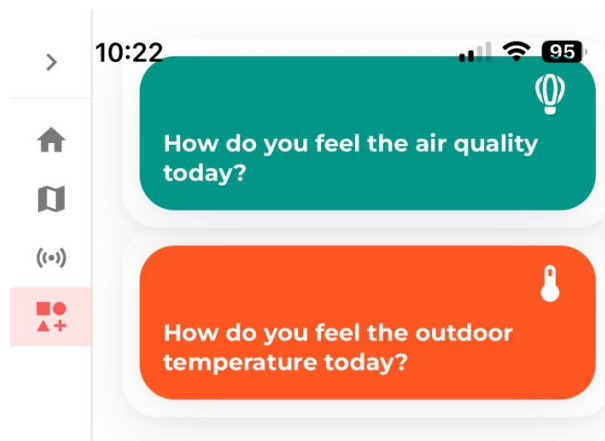
3.2. Hackair

Το HackAIR είναι μία πλατφόρμα που απεικονίζει σε χάρτη δεδομένα ποιότητας αέρα σε πραγματικό χρόνο για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος. Με αυτή την πληροφορία στα χέρια τους, οι χρήστες μπορούν να εντοπίσουν περιοχές με καθαρό αέρα στη γειτονιά τους, καθώς επίσης και περιοχές τις οποίες θα πρέπει να αποφύγουν λόγω υψηλών επιπέδων ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Επιπλέον, όσοι ενδιαφέρονται έχουν τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουν την πλατφόρμα για να επιλέξουν τις καθημερινές τους δραστηριότητες και να εμπλακούν στο δημόσιο διάλογο για την ατμοσφαιρική ρύπανση σε τοπικό και όχι μόνο επίπεδο. Με το HackAIR οι πολίτες έχουν την δυνατότητα να συνεισφέρουν δεδομένα ποιότητας του εξωτερικού αέρα με τους εξής τρόπους:

- Ανεβάζοντας μία φωτογραφία του ουρανού στην εφαρμογή του HackAIR. Ένας αλγόριθμος εκτιμά χονδρικά τα επίπεδα σωματιδιακής ρύπανσης από την ορατότητα του ουρανού.
- Κατασκευάζοντας μια απλή διάταξη που αποτελείται από χαρτόνι αλειμμένο με βαζελίνη. Μετά την έκθεση της διάταξης στον εξωτερικό αέρα, ο χρήστης μπορεί να ανεβάσει μια φωτογραφία της στην εφαρμογή και να έχει μια ένδειξη της ρύπανσης.
- Κατασκευάζοντας και χρησιμοποιώντας αυτοσχέδιες διατάξεις με μικροαισθητήρες. Το HackAIR προσφέρει στους χρήστες οδηγίες βήμα προς βήμα για να κατασκευάσουν τους δικούς τους αισθητήρες. Οι αισθητήρες αυτοί, παρόλο το χαμηλό τους κόστος, παρέχουν δεδομένα υψηλής ποιότητας.
- Υποβάλλοντας τα δεδομένα στους απευθείας στην πλατφόρμα (μέσω του HackAIR API)



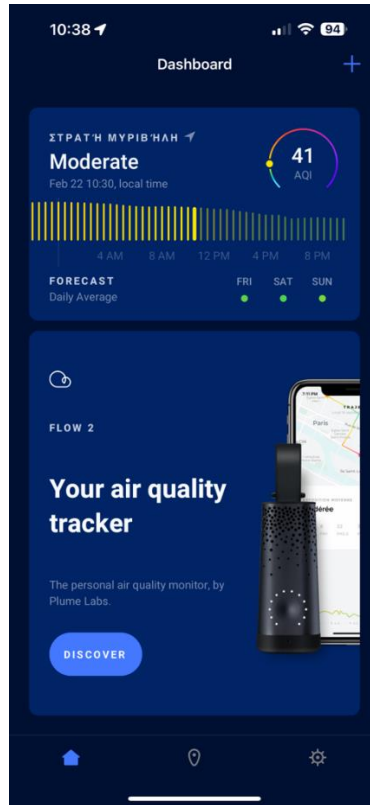
Εικόνα 3.4: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής HackAIR



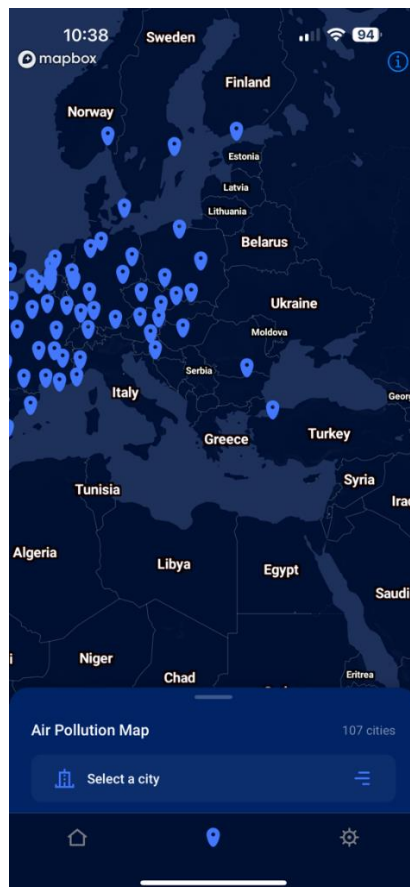
Εικόνα 3.5: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής HackAIR

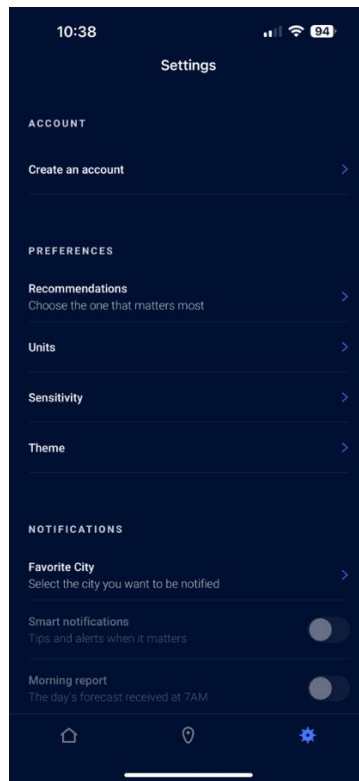
3.3. AIR

Η εφαρμογή AIR, της εταιρείας περιβαλλοντικής τεχνολογίας PlumeLabs, παρέχει τη δυνατότητα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, σε πραγματικό χρόνο, συνδυάζοντας ζωντανά, ιστορικά και προγνωστικά δεδομένα, σε βάθος τεσσάρων ημερών, των σημαντικότερων αέριων ρύπων, σε παγκόσμια κλίμακα αίσθησης (sensing), όπως δεδομένα διοξειδίου του αζώτου, όζοντος και αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{2.5}$ και PM_{10} [43][45]. Ακόμη, παρουσιάζονται προσωποποιημένες πληροφορίες και συστάσεις προς τους χρήστες, με σκοπό να υιοθετήσουν καλύτερες καθημερινές συνήθειες, όσον αφορά τα μέρη τα οποία επισκέπτονται και τις δραστηριότητές τους, βελτιώνοντας έτσι έμπρακτα την ποιότητα της ζωής τους, καθώς σύμφωνα με έρευνες, η γνώση σχετικών πληροφοριών πραγματικού χρόνου, μπορεί να μειώσει την έκθεση του χρήστη σε επιβλαβείς συνθήκες του περιβάλλοντος σε ποσοστό έως και 50%. ΤοAIR χρησιμοποιεί το δικό του προσαρμοσμένο δείκτη ποιότητας αέρα PlumeAQI. Παράλληλα με την παραπάνω εφαρμογή, η εταιρεία έχει υλοποιήσει τη δεύτερη γενιά μίας εμπορικής «έξυπνης», φορητής συσκευής παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, σε πραγματικό χρόνο, που ονομάζεται FLOW2 και είναι εξοπλισμένη με αισθητήρες μέτρησης αιωρούμενων σωματιδίων $PM_{1.0}$, $PM_{2.5}$, PM_{10} , διοξειδίου του αζώτου και πτητικών οργανικών ενώσεων (VOCs). Ο συνδυασμός συσκευής και εφαρμογής, επιτρέπουν στο χρήστη να πάρει καλύτερες και πιο υγιείς αποφάσεις στην καθημερινότητά του, επιλέγοντας για παράδειγμα το λεωφορείο για την μετακίνησή του και όχι το τραμ, γνωρίζοντας πως η ποιότητα του αέρα στην πρώτη περίπτωση θα είναι λιγότερο επιβλαβής για την υγεία του.

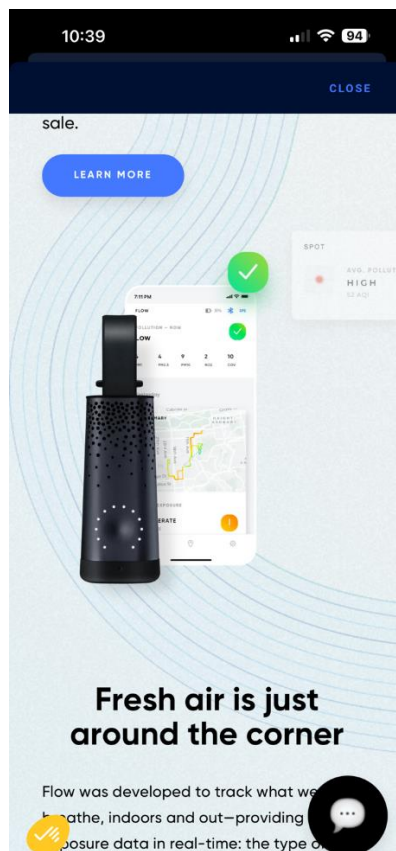


Εικόνα 3.6: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής AIR





Εικόνα 3.7: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής AIR

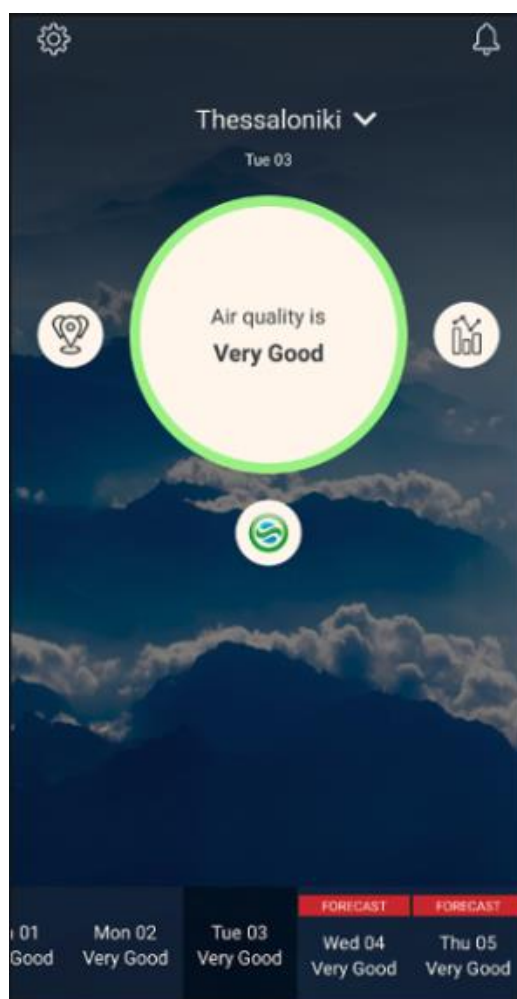


Εικόνα 3.8: Flow 2 Έξυπνη φορητή συσκευή παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, σε πραγματικό χρόνο [30]

3.4. Envi4All

Η ελληνική περιβαλλοντική εταιρεία DRAXIS, με έδρα τη Θεσσαλονίκη, είναι υπεύθυνη για την υλοποίηση της mobile εφαρμογής ENVI4ALL [28][29], η οποία προσφέρεται δωρεάν και παρέχει αξιόπιστα δεδομένα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, όπως δεδομένα μονοξειδίου και διοξειδίου του αζώτου, όζοντος, μονοξειδίου του άνθρακα, διοξειδίου του θείου και αιωρούμενων σωματιδίων PM₁₀ και PM_{2.5}, προερχόμενα από επίσημους επίγειους σταθμούς ανά τον κόσμο, σε πραγματικό χρόνο. Χρησιμοποιώντας δεδομένα 9.000 σταθμών και αισθητήρων, καθώς και δεδομένα ανάδρασης (feedback) χρηστών, το ENVI4ALL παρέχει προσωποποιημένες πληροφορίες και συστάσεις για ειδικές ομάδες του πληθυσμού, χρησιμοποιώντας το δικό του προσαρμοσμένο δείκτη ποιότητας του αέρα, απεικόνιση των δεδομένων σε χάρτη, ιστορικά στοιχεία ποιότητας του αέρα, αξιόπιστη πρόγνωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε επίπεδο δρόμου, καθώς και επεξεργασμένα δεδομένα πρόγνωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από την υπηρεσία του Copernicus, σε βάθος τριών ημερών. Σημειώνεται πως η χρήση της mobile εφαρμογής ENVI4ALL απαιτεί δημιουργία δωρεάν λογαριασμού και δεν παρέχεται επιλογή χρήσης επισκέπτη. Παράλληλα, η DRAXIS υλοποίησε το ερευνητικό έργο Symphía που στοχεύει στην παροχή στοχευμένων πληροφοριών σχετικά με τα τρέχοντα και τα προβλεπόμενα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης, συνδυάζοντας δεδομένα επίσημων επίγειων σταθμών παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, δορυφορικών δεδομένων του Copernicus (CAMS), και μετρήσεις αισθητήρων χαμηλού κόστους που διαχειρίζονται οι ίδιοι οι πολίτες. Τέλος, ένα υψηλής ακρίβειας μοντέλο ποιότητας αέρα, το WRF-Chem, παρέχει τριήμερη πρόγνωση των επιπέδων της αέριας ρύπανσης στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης, για την καλύτερη ενημέρωση του κοινού

Το Envi4All είναι μια νέα εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα η οποία ενημερώνει τον χρήστη για τα προηγούμενα, τρέχοντα και προβλεπόμενα επίπεδα ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μια συγκεκριμένη τοποθεσία. Η εφαρμογή χρησιμοποιεί δημοσίως διαθέσιμα στοιχεία για την ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, καθώς επίσης και πληροφορίες που συγκεντρώνει από τους χρήστες. Μέσω της εφαρμογής, οι χρήστες έχουν τη δυνατότητα να μοιραστούν την προσωπική τους αίσθηση σχετικά με την ποιότητα του αέρα που αναπνέουν και αντίστοιχα να δουν τι έχουν δηλώσει οι άλλοι χρήστες. Όλα τα δεδομένα συλλέγονται και χρησιμοποιούνται αφενός για να εκτιμηθεί η ατμοσφαιρική ρύπανση σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα ανοιχτής πρόσβασης και αφετέρου για να βελτιωθεί η ακρίβεια των δημοσίως διαθέσιμων πληροφοριών. Η εφαρμογή Envi4All επεξεργάζεται όλες τις παραπάνω πληροφορίες για να προσφέρει στους χρήστες εξατομικευμένες ειδοποιήσεις όταν η ποιότητα του αέρα είναι κακή, καθώς επίσης και πρακτικές συμβουλές για να προγραμματίσουν τις δραστηριότητές τους.



Εικόνα 3.9: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Envi4All

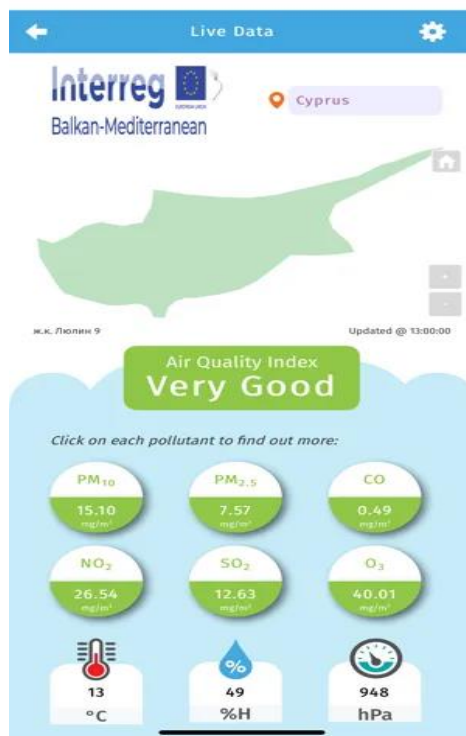
3.5. Balkan-Med Air

Η εφαρμογή Balkan Med Air προσφέρει άμεση πρόσβαση σε ζωντανές μετρήσεις της ποιότητας του αέρα από πέντε βαλκανικές πόλεις, συγκεκριμένα από τη Λευκωσία, τη Θεσσαλονίκη, τη Σόφια, τα Τίρανα και την Οχρίδα. Κύριο στόχο αποτελεί η ενημέρωση και η ευαισθητοποίηση του κοινού για την ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και η έμπρακτη κινητοποίηση δημόσιων φορέων και πολιτών για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα και την υιοθέτηση ενός βιώσιμου μοντέλου και τρόπου ζωής. Με έναν έξυπνο και προσιτό σχεδιασμό, η εφαρμογή είναι φιλική προς τον χρήστη και εύκολη στη χρήση, ώστε να εξυπηρετεί τον απώτερο σκοπό της. Συγκεκριμένα, παρέχει ένα ευρύ φάσμα πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα του αέρα, τους ατμοσφαιρικούς ρύπους αλλά και για μέτρα προστασίας. Μέσω της εφαρμογής, οι πολίτες έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν σε ζωντανό χρόνο μετρήσεις για την ποιότητα του αέρα από 5 σταθμούς που έχουν εγκατασταθεί στον Στρόβολο, τα Λατσιά,

τη Λακατάμια, την Έγκωμη αλλά και στο κτήριο της Βουλής στη Λευκωσία. Οι εν λόγω μετρητές καταγράφουν καθημερινά τα επίπεδα αιωρούμενων σωματιδίων (PM_{2.5} και PM₁₀), διοξειδίου του αζώτου (NO₂), μονοξειδίου του άνθρακα (CO) καθώς και τη θερμοκρασία, ατμοσφαιρική πίεση και υγρασία της περιοχής. Ταυτόχρονα, η εφαρμογή, ανάλογα με το επίπεδο της ποιότητας του αέρα, παρέχει έξυπνες συμβουλές μέσω push notifications, τόσο για την προστασία της υγείας των χρηστών όσο και για το πώς μπορούν να συνδράμουν στον περιορισμό της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ενδεικτικά, ο χρήστης διαμορφώνει το προφίλ του (πχ. αθλητής, έγκυος, οικογενειάρχης) και λαμβάνει συμβουλές προσαρμοσμένες στην κατηγορία που ανήκει.



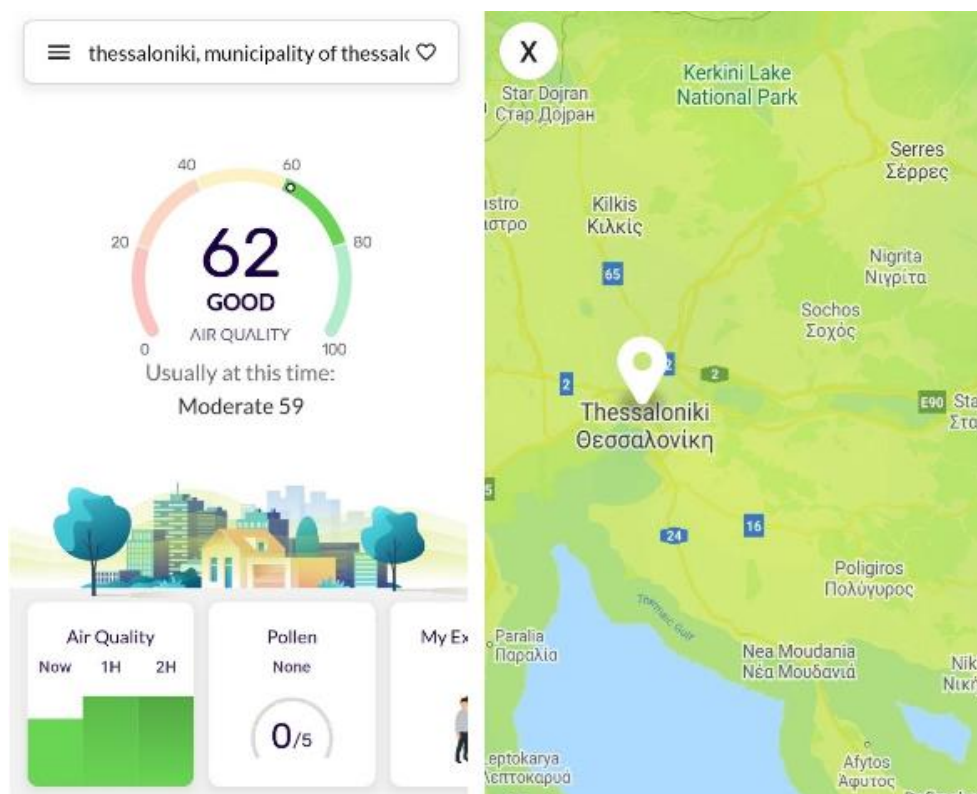
Εικόνα 3.10: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Balkan-med AIR



Εικόνα 3.11: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Balkan-med AIR

3.6. BreezoMeter

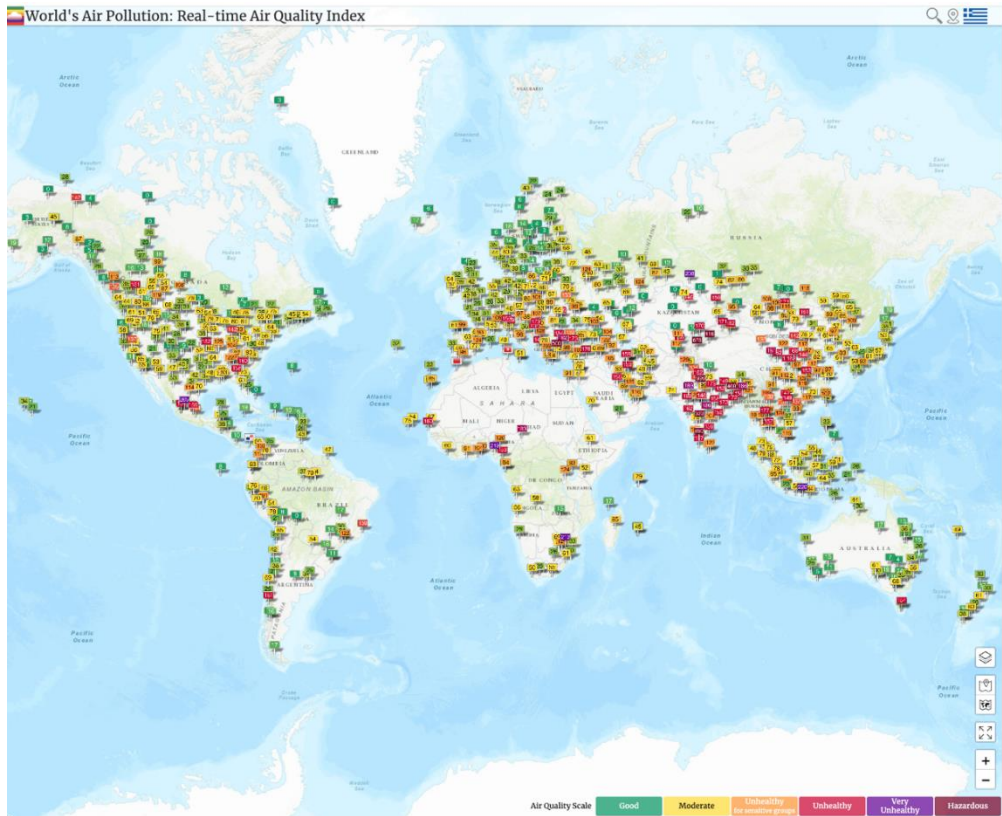
Η συγκεκριμένη mobile [31][32] εφαρμογή παρέχει στο χρήστη δεδομένα παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, γύρης, καθώς και πληροφορίες σχετικά με συμβάντα πυρκαγιών (μόνο μέσω της επίσημης ιστοσελίδας), σε πραγματικό χρόνο. Πιο συγκεκριμένα, παρέχονται χάρτες θερμότητας της ποιότητας του αέρα σε πραγματικό χρόνο, καθημερινές πληροφορίες σχετικά με τη γύρη δένδρων διαφόρων ειδών, γρασιδιού και αγριόχορτου, πρόβλεψη καιρικών συνθηκών, προσωποποιημένες πληροφορίες και συστάσεις προς τους χρήστες, ενώ η εταιρεία BreezoMeter [33] ισχυρίζεται πως τα δεδομένα που παρέχει είναι τόσο ακριβή, που συγκρίνει την ίδια με κυβερνητικούς σταθμούς παρακολούθησης. Ακόμη, η εφαρμογή προσφέρει το δικό της προσαρμοσμένο δείκτη ποιότητας αέρα, BreezoMeter AirQuality Index (BAQI) [34], με σκοπό να παρέχει έναν ομογενή τρόπο σύγκρισης των διαφόρων δεικτών ποιότητας του αέρα που υφίστανται στον πλανήτη(π.χ. USA AQI, CHINA AQI, EUCAQI). Τέλος, οι υπηρεσίες της εταιρείας έχουν χρησιμοποιηθεί σε συνδυασμό με οικιακές εμπορικές συσκευές μεγάλων εταιρειών, με σκοπό τη δημιουργία «έξυπνων σπιτιών», αίσθησης της ποιότητας του αέρα.



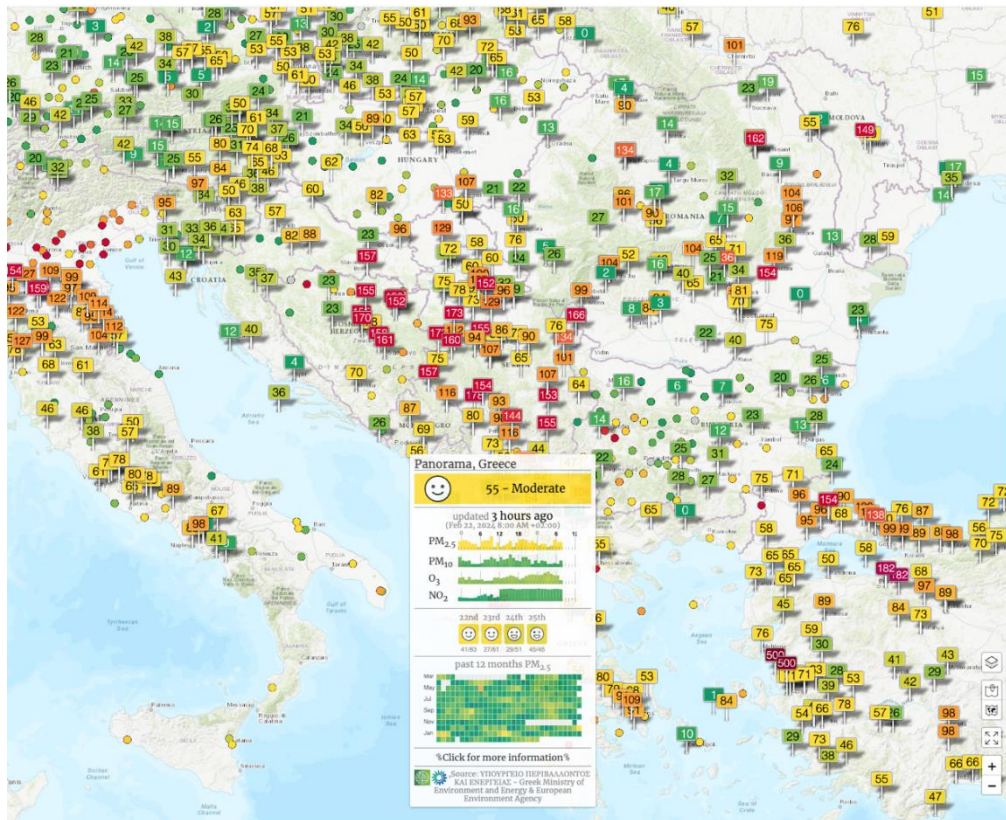
Εικόνα 3.12: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής BreezoMeter

3.7. WAQI.Info: World Air Quality Index

Ο δικτυακός τόπος αυτός παρουσιάζει τον χάρτη που δείχνει την ποιότητα του αέρα σε πραγματικό χρόνο για περισσότερους από 10.000 σταθμούς στον κόσμο και για περισσότερες από 80 χώρες. Οι σταθμοί παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα GAIΑ χρησιμοποιούν αισθητήρες σωματιδίων λέιζερ υψηλής τεχνολογίας για τη μέτρηση της ρύπανσης $PM_{2.5}$ σε πραγματικό χρόνο, η οποία είναι ένας από τους πιο επιβλαβείς ατμοσφαιρικούς ρύπους. Οι σταθμοί παρακολούθησης είναι πολύ εύκολοι στη ρύθμιση, χρειάζονται μόνο ένα σημείο πρόσβασης WIFI και μια τροφοδοσία USB. Μόλις συνδεθούν, τα επίπεδα ρύπανσης της ατμόσφαιρας καταγράφονται στιγμιαία και σε πραγματικό χρόνο στον χάρτη. Ο δείκτης ποιότητας του αέρα βασίζεται στη μέτρηση των σωματιδίων ($PM_{2.5}$ και PM_{10}), του όζοντος (O_3), διοξειδίου του θείου (SO_2) και εκπομπές μονοξειδίου του άνθρακα(CO). Οι περισσότεροι σταθμοί στο χάρτη παρακολουθούν τόσο τα δεδομένα $PM_{2.5}$ όσο και τα PM_{10} , αλλά υπάρχουν λίγες εξαιρέσεις όπου είναι διαθέσιμο μόνο το PM_{10} . Όλες οι μετρήσεις βασίζονται σε ωριαίες αναγνώσεις: Για παράδειγμα, ένα AQI που αναφέρθηκε στις 8AM σημαίνει ότι η μέτρηση έγινε από 7AM έως 8AM. Είναι μεταφρασμένο σε πάρα πολλές γλώσσες, έχει παρατηρήσεις σχετικά με την ποιότητα του αέρα, προβλέψεις για την ποιότητα του αέρα, ιστορικά δεδομένα για την ποιότητα του αέρα, επίσης έχει τις πόλεις με τη χειρότερη ατμοσφαιρική ρύπανση την δεδομένη χρονική στιγμή και τέλος τις 10 χώρες με τον χειρότερο δείκτη ρύπανσης της ατμόσφαιρας. Επίσης, προσφέρει και API για developers.



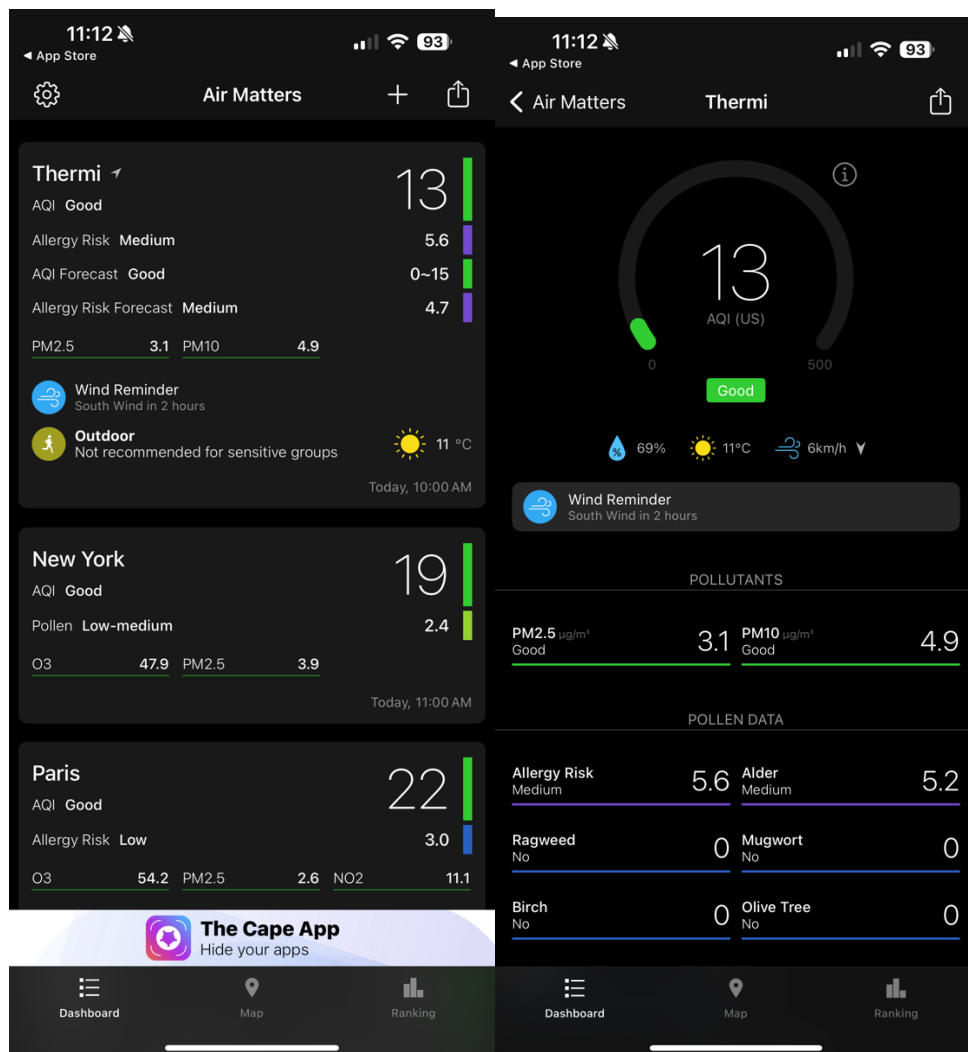
Εικόνα 3.13: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής WAQI.Info



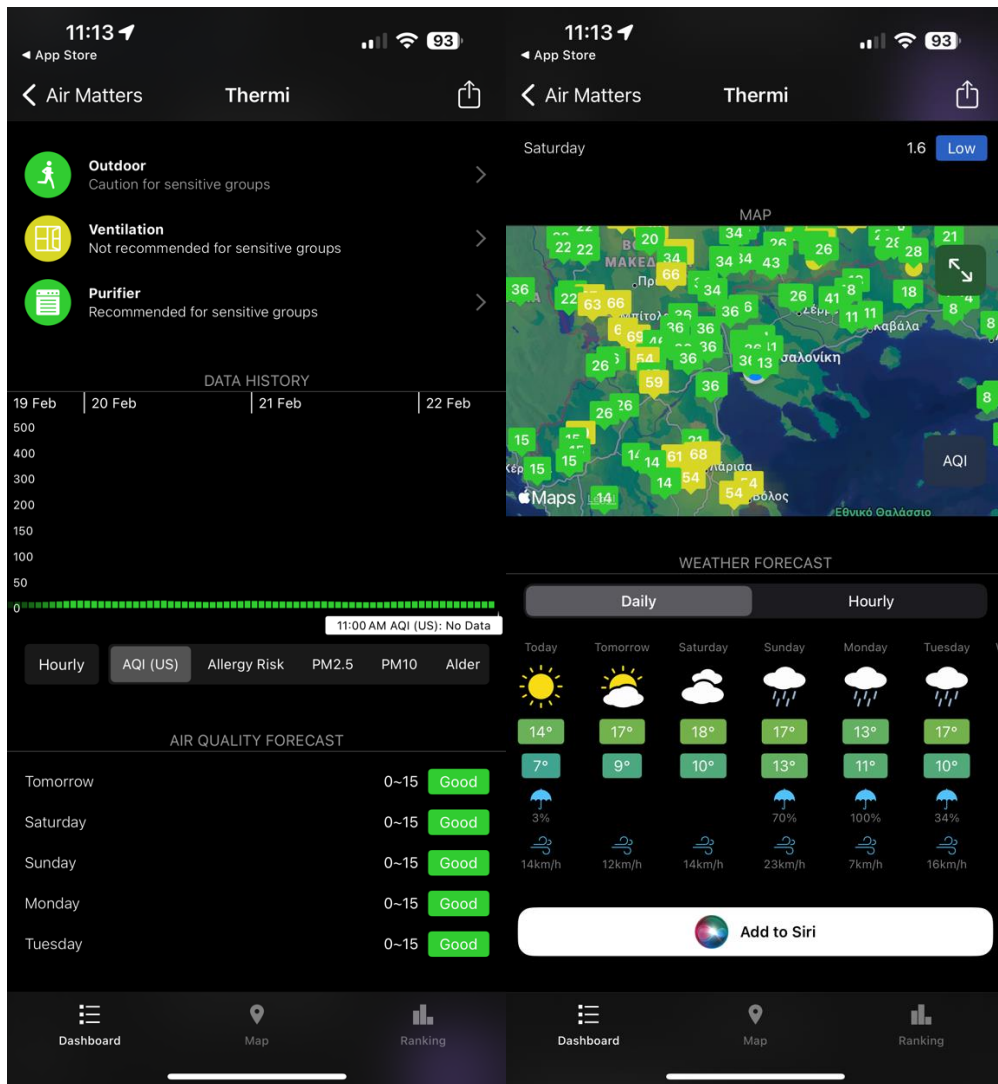
Εικόνα 3.14: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής WAQI.Info

3.8. Air Matters

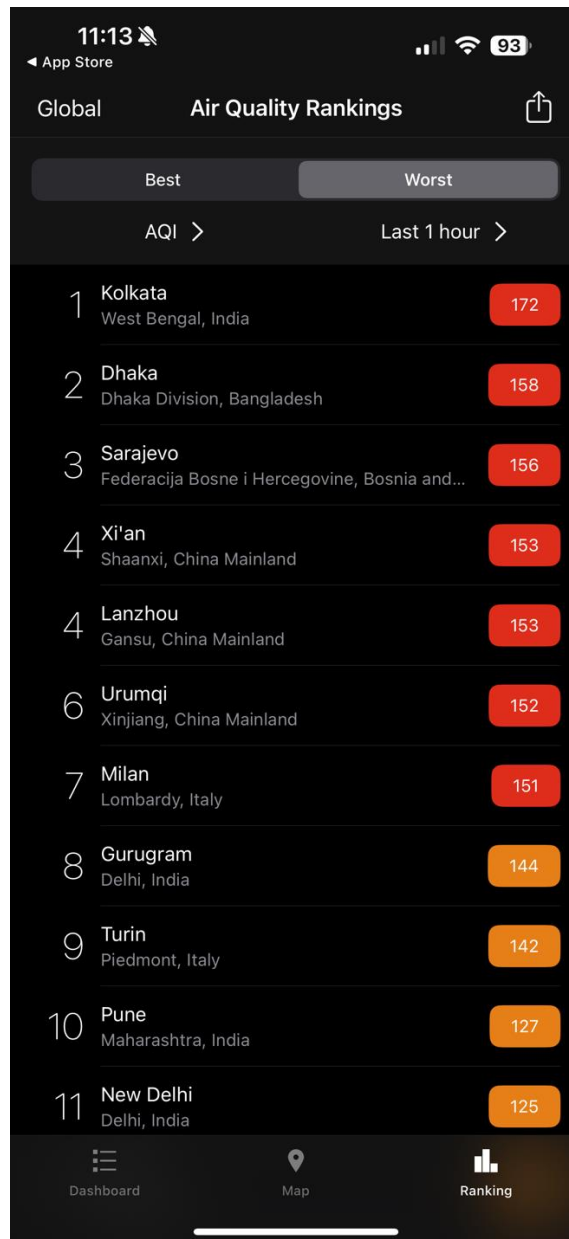
Ένα όμορφο και καθαρό περιβάλλον εργασίας χρήστη UI (UserInterface) καλωσορίζει τους χρήστες στην εφαρμογή AirMatters. Παρακολουθεί την ποιότητα αέρα σε πραγματικό χρόνο για περισσότερες από 180 χώρες. Δείχνει τον δείκτη ποιότητας αέρα λαμβάνοντας δεδομένα από τον πλησιέστερο σταθμό παρακολούθησης. Μαζί με τις πληροφορίες για την ποιότητα του αέρα, η εφαρμογή ενημερώνει για τον καιρό και τα δεδομένα γύρης στις ΗΠΑ και την Ευρώπη. Το AirMatters συνδέεται επίσης με το Philips Smart Air Purifier και το LaserEgg για ποιότητα αέρα εσωτερικού χώρου σε πραγματικό χρόνο. Οι χρήστες μπορούν επίσης να ελέγξουν τον καθαριστή από οπουδήποτε χρησιμοποιώντας την εφαρμογή AirMatters.



Εικόνα 3.15: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής WAQI.Info



Εικόνα 3.16: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής WAQI.Info

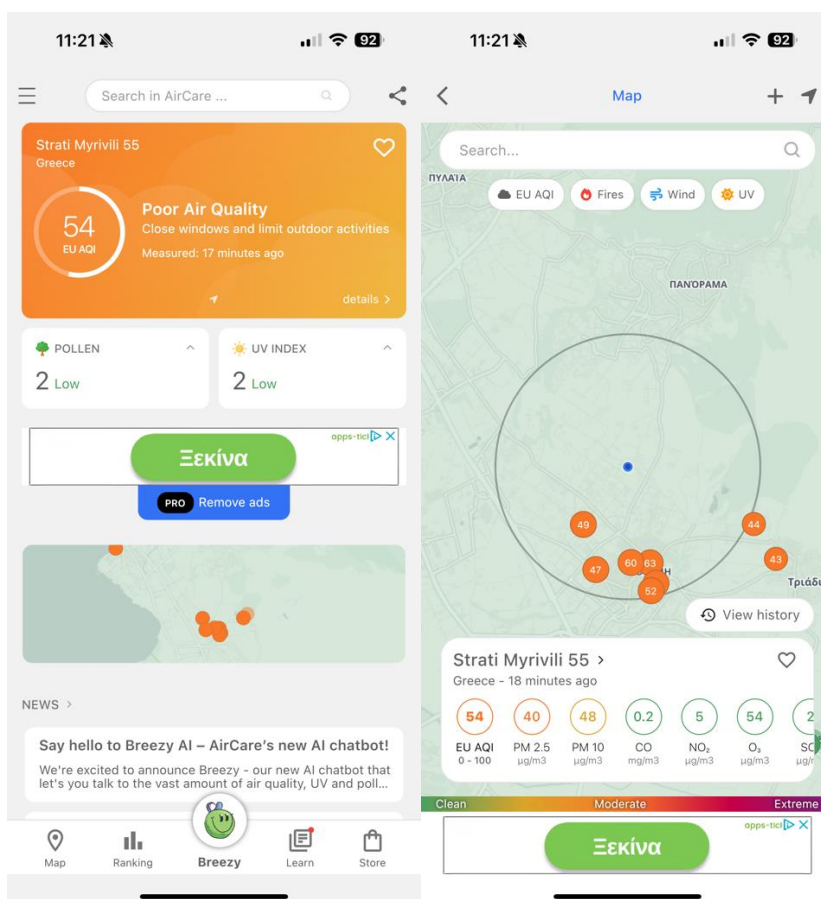


Εικόνα 3.17: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής WAQI.Info

3.9. AirCare

Η αποστολή της AirCare είναι να ενημερώνει κάθε πολίτη για την ποιότητα του αέρα που αναπνέει, συμβάλλοντας στην ευαισθητοποίηση και στην ενδυνάμωση της δράσης. Αυτό που ξεκίνησε ως τοπικό πρόγραμμα ακτιβιστών στην ΠΓΔΜ το 2014, έχει εξελιχθεί σε μια παγκόσμια κοινότητα που δίνει τη δυνατότητα στους πολίτες να βοηθήσουν όχι μόνο να ευαισθητοποιήσουν για την ατμοσφαιρική ρύπανση, αλλά και να ασκήσουν πίεση για πιο πράσινες και καθαρότερες πολιτικές. Το AirCare είναι ένας συσσωρευτής δεδομένων για την ποιότητα του αέρα από πολλά δίκτυα σε όλο τον κόσμο, συμπεριλαμβανομένων των

κυβερνητικών, των εθελοντών και των δορυφορικών δικτύων. Λαμβάνει όλα αυτά τα ακατέργαστα δεδομένα και τα μετατρέπει σε αριθμό AQI μέσω των ευφώνων αλγορίθμων. Στη σελίδα λεπτομερειών για κάθε τοποθεσία, μπορείτε να δει ο χρήστης τις πηγές που χρησιμοποιούνται για τη συγκεκριμένη τοποθεσία για τον υπολογισμό του AQI.

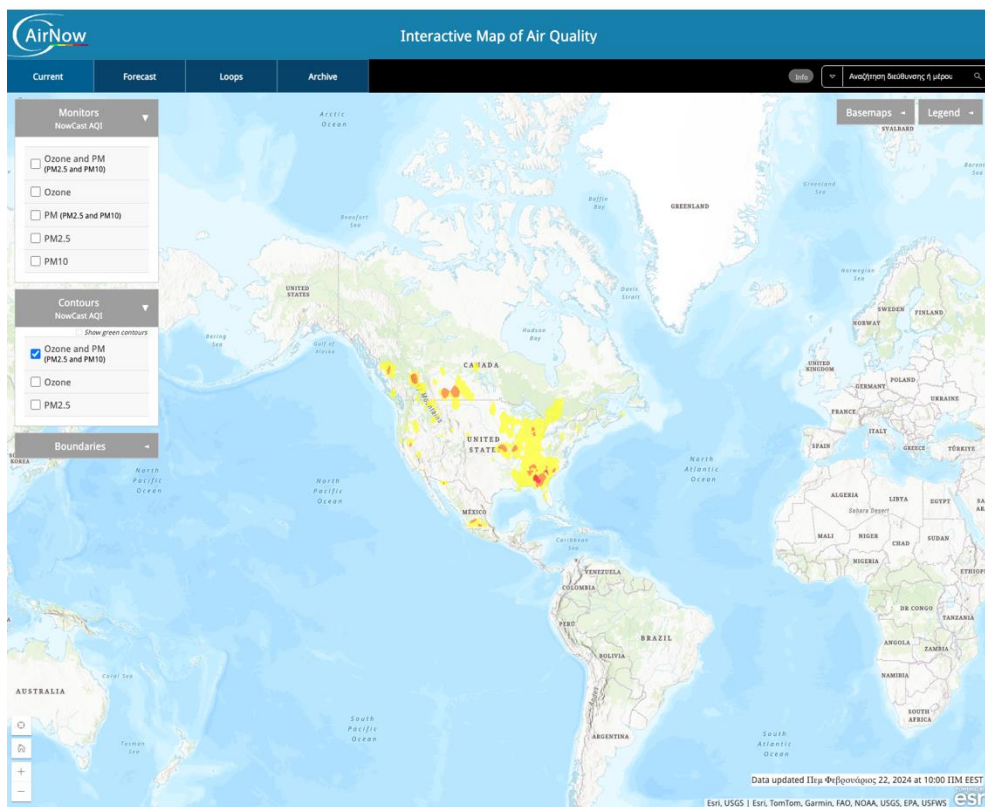


Εικόνα 3.18: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής AirCare

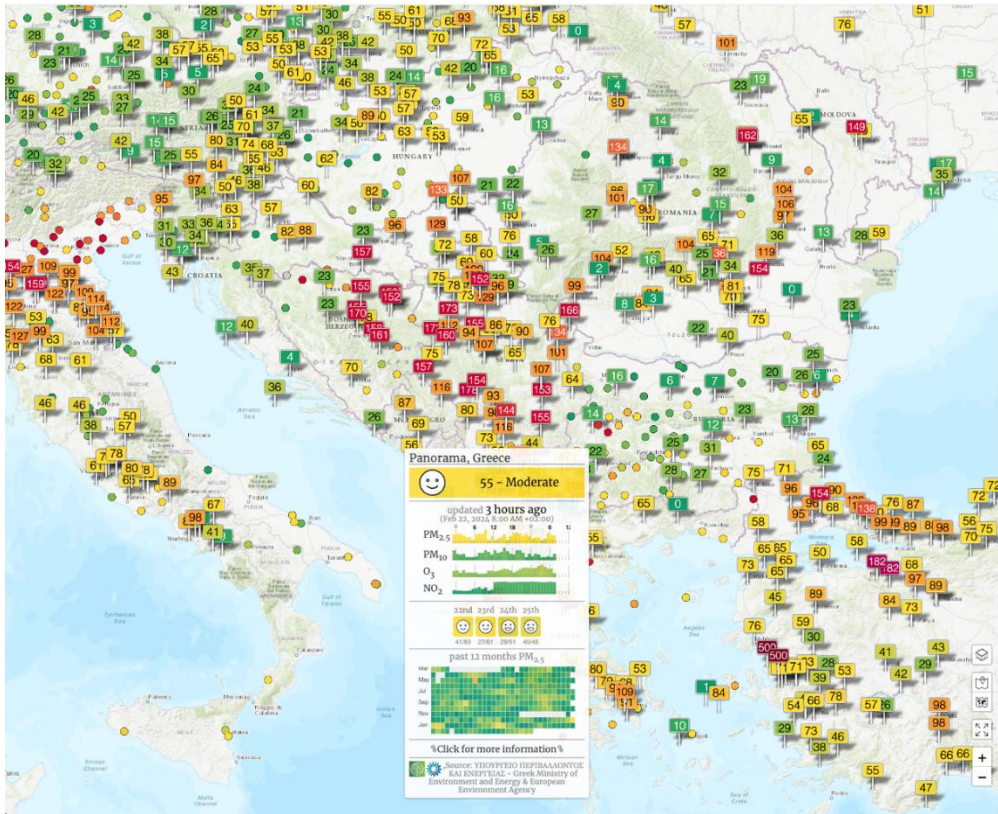
3.10. EPA's AIRNow

Το AirNow είναι μια πηγή δεδομένων για την ποιότητα του αέρα. Ο πρόσφατα επανασχεδιασμένος ισότοπος αναδεικνύει πρώτα την ποιότητα του αέρα στην τοπική περιοχή, ενώ παράλληλα παρέχει πληροφορίες για την ποιότητα του αέρα σε επίπεδο πολιτείας, χώρας και κόσμου. Ένας νέος διαδραστικός χάρτης επιτρέπει ακόμη και να κάνει ο χρήστης ζουμ για να έχετε μια συνολική εικόνα ή να εμβαθύνει για να δει δεδομένα για ένα μόνο όργανο παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα. Το AirNow αναφέρει την ποιότητα του αέρα χρησιμοποιώντας τον επίσημο Δείκτη Ποιότητας Αέρα των ΗΠΑ (AQI), έναν δείκτη με χρωματική κωδικοποίηση που έχει σχεδιαστεί για να σας γνωστοποιεί αν η ποιότητα του αέρα είναι υγιής ή ανθυγιεινή για εσάς. Όταν γνωρίζετε τον δείκτη AQI στην περιοχή σας, μπορείτε

να λάβετε μέτρα για την προστασία της υγείας σας. Το AirNow είναι μια συνεργασία της Υπηρεσίας Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ, της Εθνικής Υπηρεσίας Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA), της Υπηρεσίας Εθνικού Πάρκου, της NASA, των Κέντρων Ελέγχου Ασθενειών και των φυλετικών, πολιτειακών και τοπικών υπηρεσιών ποιότητας του αέρα. Πλήρης κατάλογος των εταίρων του AirNow. Φορείς σε όλη τη χώρα στέλνουν τα δεδομένα παρακολούθησης στο AirNow για προβολή. Το Υπουργείο Εξωτερικών παρέχει δεδομένα από τις πρεσβείες και τα προξενεία των ΗΠΑ για την ενημέρωση του προσωπικού και των πολιτών στο εξωτερικό, ενώ η Δασική Υπηρεσία των ΗΠΑ και η NOAA παρέχουν δεδομένα για τις πυρκαγιές και τον καπνό. Το συγκεντρωτικό σύστημα δεδομένων του AirNow παρέχει ποιοτικό έλεγχο, εθνική συνοχή στις αναφορές και τη δυνατότητα διανομής δεδομένων στο κοινό, τους ερευνητές, τις επιχειρήσεις, τους εκπαιδευτικούς και σε άλλα συστήματα δεδομένων.



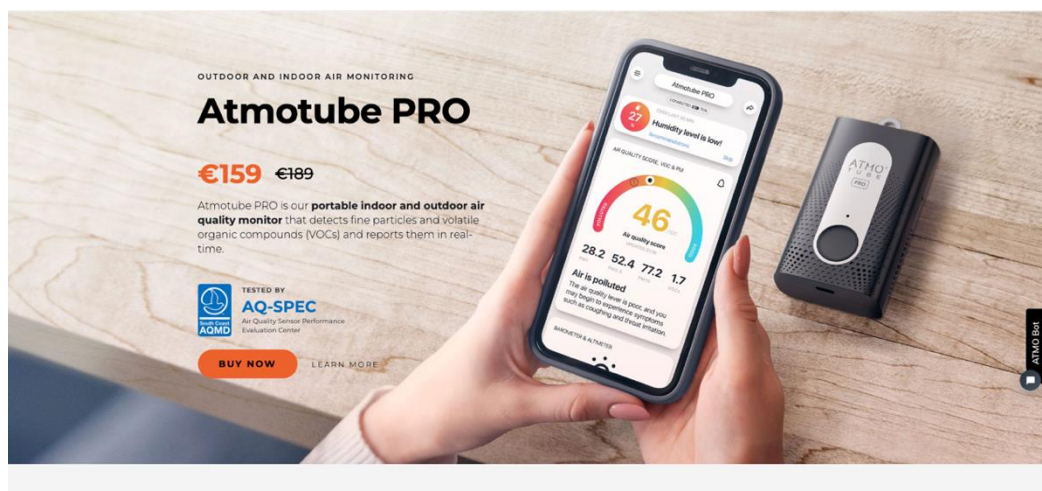
Εικόνα 3.19: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής EPA's AirNow



Εικόνα 3.20: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής EPA’s AirNow

3.11. Atmotube

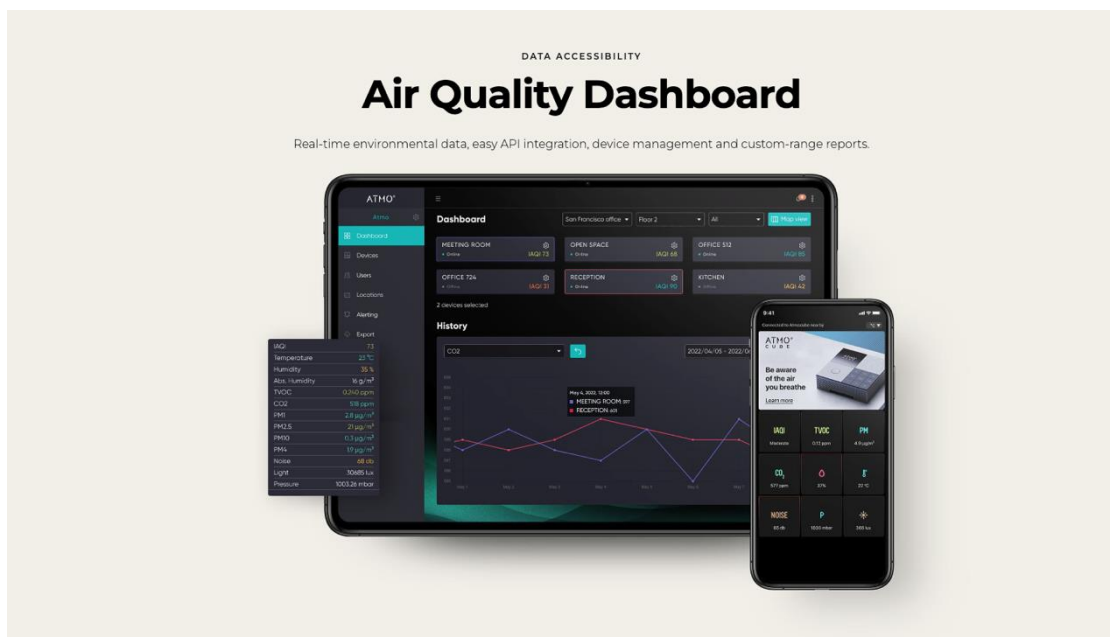
Το Atmotube είναι ένα φορητό σύστημα παρακολούθησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του καιρού που σας επιτρέπει να αναπνέετε καθαρότερο και υγιέστερο αέρα. Παρακολουθεί συνεχώς τον αέρα γύρω σας και σας ειδοποιεί αμέσως όταν δεν είναι ασφαλές να αναπνεύσετε. Το Atmotube μπορεί να αντιλαμβάνεται τις περιβαλλοντικές αλλαγές σε πραγματικό χρόνο, προκειμένου να σας βοηθήσει να κάνετε τις σωστές επιλογές και να ζείτε πιο υγιεινά [24][35].



Εικόνα 3.21: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Atmotube



Εικόνα 3.22: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Atmotube



Εικόνα 3.22: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Atmotube

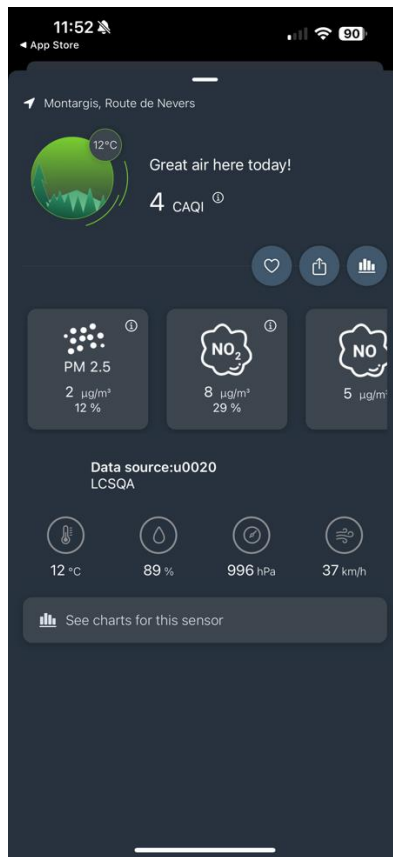
3.12. Airly

Στόχος αυτής της εφαρμογής είναι να καταστήσει την ποιότητα του αέρα ορατή και κατανοητή σε όλους, διότι η γνώση και η εκπαίδευση είναι τα πρώτα βήματα για την επιτυχή αντιμετώπιση των προβλημάτων ποιότητας του αέρα. Αυτό το πετυχαίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- Αύξηση της κοινωνικής ευαισθητοποίησης. Με την ανταλλαγή πληροφοριών σχετικά με την έννοια της ποιότητας του αέρα και την απειλή στην οποία είμαστε εκτεθειμένοι.
- Εμπνέει την αλλαγή συμπεριφοράς. Ενισχύοντας τους πολίτες σε όλο τον κόσμο να απαιτήσουν καθαρότερο αέρα και παρακινώντας τους να συμμετάσχουν σε μεγαλύτερα επίπεδα στη συζήτηση για την ποιότητα του αέρα.
- Εκδημοκρατισμός των πληροφοριών για την ποιότητα του αέρα. Με τη συλλογή και παροχή ανεξάρτητων, αμερόληπτων δεδομένων.
- Βελτίωση της ακρίβειας των δεδομένων. Με τη δημιουργία του μεγαλύτερου και πυκνότερου παγκόσμιου δικτύου παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα στον κόσμο.



Εικόνα 3.23: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Airly



Εικόνα 3.24: Γραφικό περιβάλλον της mobile εφαρμογής Airly

Mobile εφαρμογή	Desktop	Mobile	Track Air Quality	Educate	History Data	Notifications	Sensors /Devices
AirVisual	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hackair	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗
Envi4all	✗	✓	✓	✓	✗	✓	✗
Air	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Balkan-Med Air	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗
BreezoMeter	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✗
WAQI.Info	✓	✗	✓	✓	✓	✗	✓
Air Matters	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗
AirCare	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✗
EPA'SAirNow	✗	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Atmotube	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✓
Airly	✗	✓	✓	✗	✓	✓	✓

Πίνακας 3.1: Σύγκριση εφαρμογών παρακολούθησης της ποιότητας ατμοσφαιρικών συνθηκών

Ο Πίνακας 3.1 παρουσιάζει τα βασικά κριτήρια σύγκρισης των εφαρμογών παρακολούθησης της ποιότητας ατμοσφαιρικών συνθηκών που επιλέχθηκαν, βάσει σχετικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε κατόπιν προσωπικής χρήσης των παραπάνω εφαρμογών και αντίστοιχης αξιολόγησής τους. Μερικές από τις εφαρμογές έχουν αναπτυχθεί και για τα δύο περιβάλλοντα, κινητό τηλέφωνο και ηλεκτρονικό υπολογιστή και άλλα μόνο για ένα από τα δυο περιβάλλοντα. Επίσης, πολλές από τις εφαρμογές εκτός από την ενημέρωση του χρήστη για την ποιότητα του αέρα ανά περιοχή έχουν και έναν εκπαιδευτικό σκοπό, Πολύ σημαντικό είναι ότι οι περισσότερες εφαρμογές προσφέρουν ένα ιστορικό με μετρήσεις ανά περιοχή, Έτσι ο χρήστης μπορεί να ανατρέξει σε παλαιότερες ημέρες για να δει μετρήσεις. Σημαντικό επίσης είναι ότι προσφέρουν live notifications στους χρήστες, έτσι ώστε αν ο χρήστης εκείνη την ώρα δεν είναι μέσα στην εφαρμογή να ενημερώνεται για πιθανή αλλαγή. Τέλος, μερικές εφαρμογές έχουν συνδεσιμότητα με εξωτερικές συσκευές ανίχνευσης ατμοσφαιρικών δεδομένων που παρέχονται από την ίδια την εταιρεία [38][37].

4.

Τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής δημιουργήθηκε ένα web app application. Στη σημερινή ψηφιακή εποχή, οι διαδικτυακές εφαρμογές έχουν γίνει αναπόσπαστο μέρος της καθημερινότητάς μας. Από τις πλατφόρμες μέσω κοινωνικής δικτύωσης έως τα συστήματα ηλεκτρονικών τραπεζικών συναλλαγών [4], οι εφαρμογές αυτές διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο στην παροχή μιας απρόσκοπτης εμπειρίας χρήστη σε διάφορες συσκευές [20][21]. Όσον αφορά τις διαδικτυακές εφαρμογές, υπάρχουν τρεις διαφορετικοί τύποι που καλύπτουν διαφορετικές ανάγκες και απαιτήσεις.

- **Static web applications:** είναι ιδανικές για ιστότοπους που απαιτούν ελάχιστες ενημερώσεις ή αλλαγές, όπως ενημερωτικοί ιστότοποι ή προσωπικά ιστολόγια. Λόγω της απλότητάς τους, είναι εύκολο να αναπτυχθούν και να φιλοξενηθούν. Παρέχουν επίσης εξαιρετικές επιδόσεις, καθώς φορτώνουν γρήγορα και καταναλώνουν λιγότερους πόρους διακομιστή.
- **Dynamic web applications:** Αλληλεπιδραστικότητα και δέσμευση του χρήστη. Σε αντίθεση με τα Static web applications, οι Dynamic web applications προσφέρουν δυναμικό περιεχόμενο που προσαρμόζεται και αλλάζει με βάση τις αλληλεπιδράσεις και τις εισροές του χρήστη [40]. Αυτές οι εφαρμογές κατασκευάζονται με τη χρήση τεχνολογιών από την πλευρά του διακομιστή, όπως η PHP, η Python ή η Ruby on Rails, οι οποίες τους επιτρέπουν να ανακτούν δεδομένα από βάσεις δεδομένων και να δημιουργούν δυναμικό περιεχόμενο εν κινήσει.
- **Progressive web applications (PWA):** Οι PWA αποτελούν μια υβριδική προσέγγιση που συνδυάζει τα πλεονεκτήματα τόσο των διαδικτυακών όσο και των κινητών εφαρμογών. Οι PWA είναι εφαρμογές ιστού που αξιοποιούν σύγχρονες τεχνολογίες ιστού για να παρέχουν στους χρήστες μια εμπειρία που μοιάζει με εφαρμογή, ανεξάρτητα από τη συσκευή που χρησιμοποιούν. Μπορούν να προσπελάσουν μέσω προγραμμάτων περιήγησης ιστού, αλλά έχουν επίσης τη δυνατότητα να εγκατασταθούν στη συσκευή ενός χρήστη όπως μια εγγενής εφαρμογή για κινητά [41].

Για την ανάπτυξη της εφαρμογής Dashboard Air Quality επιλέξαμε μια PWAεφαρμογή. Τόσο στο front-end όσο και στο backend έγινε χρήση της γλώσσας προγραμματισμού JavaScript με κάποιες επιπρόσθετες βιβλιοθήκες. Όσο αναφορά το front-end, δηλαδή το κομμάτι της εφαρμογής που μπορεί να διαχειριστεί ο τελικός χρήστης, χρησιμοποιήθηκε η βιβλιοθήκη Ionic, Redux, Redux Sagas.

Στο backend για την υλοποίηση του χρησιμοποιήθηκε η τεχνολογία serverless με πρόσθετες υπηρεσίες της Amazon και Javascript (node JS).

4.1 Ionic Framework

Το Ionic είναι ένα ανοιχτού κώδικα framework για τη δημιουργία κινητών εφαρμογών (mobile applications [7][44]). Χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάπτυξη υβριδικών εφαρμογών, που είναι εφαρμογές που συνδυάζουν στοιχεία τόσο από την ιστοσελίδα (web) όσο και από τις τοπικές εφαρμογές (native applications). Το Ionic βασίζεται κυρίως σε τεχνολογίες όπως το HTML, το CSS και το JavaScript, και χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με διάφορα εργαλεία όπως το Angular ή το React για τη δημιουργία δυναμικών εφαρμογών.

Στην εφαρμογή χρησιμοποιήθηκε Ionic με React. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του Ionic είναι η δυνατότητα δημιουργίας εφαρμογών που τρέχουν τόσο σε iOS όσο και σε Android συσκευές χρησιμοποιώντας έναν κοινό κώδικα. Αυτό επιτρέπει στους προγραμματιστές να αναπτύσσουν μία εφαρμογή και να την εκτελούν σε διάφορες πλατφόρμες χωρίς την ανάγκη για πλήρη επαναστατική ανάπτυξη για κάθε λειτουργικό σύστημα. Επίσης, το Ionic παρέχει μια σειρά από προεπιλεγμένα στοιχεία και στυλ για τη γρήγορη και εύκολη δημιουργία κινητών εφαρμογών με ευχέρεια.

Συνοψίζοντας, το Ionic είναι ένα framework που επιτρέπει στους προγραμματιστές να δημιουργήσουν ευέλικτες και αποδοτικές υβριδικές κινητές εφαρμογές χρησιμοποιώντας γνωστές web τεχνολογίες.

4.2 ReactJS

Το ReactJS είναι ένα ανοιχτού κώδικα JavaScript βιβλιοθήκη για τη δημιουργία χρήστη διεπαφών (User Interface - UI). Αναπτύχθηκε από την Facebook και κοινοποιήθηκε ως ένα έργο ανοιχτού κώδικα, επιτρέποντας στους προγραμματιστές να χρησιμοποιούν το React δωρεάν.

Ο βασικός σκοπός του React είναι η διευκόλυνση της δημιουργίας επαναχρησιμοποιήσιμων και αποδοτικών χρήστη διεπαφών. Ο τρόπος λειτουργίας του React επικεντρώνεται στη

δημιουργία "συνιστωσών" (components), που είναι ανεξάρτητα μικρά κομμάτια κώδικα που μπορούν να επαναχρησιμοποιούνται και να ενσωματώνονται σε διάφορα μέρη μιας εφαρμογής. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά του React είναι η χρήση της εικονικής DOM (Virtual DOM), η οποία βελτιστοποιεί την απόδοση των εφαρμογών. Αντί να ενημερώνει άμεσα τον πραγματικό DOM κάθε φορά που αλλάζει η κατάσταση (state) μιας εφαρμογής, το React χρησιμοποιεί ένα εικονικό μοντέλο του DOM για να εντοπίσει τις αλλαγές και στη συνέχεια ενημερώνει τον πραγματικό DOM μόνο για τα αναγκαία μέρη. Αυτή η προσέγγιση συμβάλλει σημαντικά στη βελτίωση της απόδοσης των εφαρμογών. Το React συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες τεχνολογίες και βιβλιοθήκες, όπως το Redux ή Redux Toolkit για τη διαχείριση της κατάστασης της εφαρμογής. Είναι επίσης ευρέως χρησιμοποιούμενο στη δημιουργία ενιαίων εφαρμογών σε διάφορες πλατφόρμες, όπως ιστοσελίδες και εφαρμογές για κινητά.

4.3 Redux

Το Redux είναι μια βιβλιοθήκη διαχείρισης κατάστασης (state management) για εφαρμογές γραμμένες σε JavaScript, και συνήθως χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με το React. Δημιουργήθηκε για να διευκολύνει τη διαχείριση της κατάστασης της εφαρμογής, καθιστώντας την προβλέψιμη και ευκολότερη στην κατανόηση. Στο πλαίσιο του Redux, η κατάσταση της εφαρμογής αποθηκεύεται σε έναν κεντρικό αποθηκευτικό χώρο που ονομάζεται "store". Η κατάσταση (state) αναπαρίσταται ως ένα αμετάβλητο αντικείμενο, και οι αλλαγές στην κατάσταση γίνονται μόνο με τη χρήση "ενεργειών" (actions). Οι ενέργειες είναι απλά αντικείμενα που περιγράφουν το τι συνέβη στην εφαρμογή. Όταν μια ενέργεια εκτελείται, αυτή εκπέμπει ένα μήνυμα στο Redux store. Στη συνέχεια, ο "reducer" αναλαμβάνει να αντιδράσει στην ενέργεια, εφαρμόζοντας μια αλλαγή στην κατάσταση. Το Redux παρέχει ένα ολοκληρωμένο σύστημα για τη διαχείριση της κατάστασης, καθιστώντας το ευκολότερο να παρακολουθείται η ροή των δεδομένων σε μια εφαρμογή. Χρησιμοποιείται σε πολλά έργα React, αλλά μπορεί επίσης να συνδυαστεί με άλλα περιβάλλοντα ανάπτυξης όπως Redux Sagas.

4.4 Redux Toolkit

Παρόλο που το Redux είναι ισχυρό, απαιτεί τη συγγραφή αρκετού κώδικα για τη δημιουργία του state της εφαρμογής. Το Redux Toolkit (RTK) είναι πακέτο που απλοποιεί τη ροή εργασίας του Redux. Παρέχει βοηθητικά προγράμματα που απλοποιούν κοινές εργασίες του Redux.

Το RTK χρησιμοποιείται για τη συγγραφή κώδικα redux, αλλά με πιο συνοπτικό τρόπο.

Επίσης λύνει τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι περισσότεροι προγραμματιστές που χρησιμοποιούν το redux σε μια εφαρμογή React.

Τα προβλήματα είναι τα εξής:

- Η διαμόρφωση ενός store είναι περίπλοκη.
- Για την δημιουργία μιας μεγάλης εφαρμογής απαιτούνται πολλά πρόσθετα πακέτα.

4.5 Redux Sagas

Στο πλαίσιο του Redux, ο όρος "Saga" αναφέρεται συνήθως σε Redux Sagas, μια βιβλιοθήκη middleware που χρησιμοποιείται για τη διαχείριση προχωρημένων διαδικασιών (asynchronous operations) στις εφαρμογές Redux. Οι διαδικασίες όπως οι ασύγχρονες κλήσεις δικτύου, η επικοινωνία με API, ή άλλες προχωρημένες λειτουργίες που χρειάζονται χρονικά δομημένη εκτέλεση, μπορούν να γίνουν πιο εύκολα διαχειρίσιμες με τη χρήση Redux Sagas.

Οι Sagas στο Redux χρησιμοποιούν γεννήτριες (generators) της JavaScript για να διαχειριστούν ασύγχρονο κώδικα με έναν καθαρό και δομημένο τρόπο. Ο κώδικας γράφεται με σύγχρονο στυλ, ενώ η Redux Sagas επιτρέπει την εύκολη και καθαρή διαχείριση πολύπλοκων ροών λογικής.

Ο κύριος στόχος της Redux Sagas είναι να καθιστά ευκολότερο τον έλεγχο του ασύγχρονου κώδικα, τον διαχωρισμό των διαδικασιών και τη δημιουργία προγραμμάτων που είναι ευκολότερα συντηρήσιμα και κλιμακούμενα.

4.6 Serverless

Η τεχνολογία serverless (ή λειτουργία χωρίς διακομιστή) αναφέρεται σε ένα πρότυπο ανάπτυξης και φιλοσοφία που στοχεύει στην απλοποίηση του τρόπου που κατασκευάζονται και εκτελούνται εφαρμογές. Στο πλαίσιο της serverless, οι προγραμματιστές δεν πρέπει να φροντίζουν τη διαχείριση του διακομιστή (server) που φιλοξενεί την εφαρμογή.

Οι κύριες χαρακτηριστικές ιδέες της serverless τεχνολογίας περιλαμβάνουν:

- Αυτόματη Κλιμάκωση (Auto-scaling): Οι υπηρεσίες serverless αυξομειώνουν αυτόματα την χωρητικότητα και τους πόρους ανάλογα με τις ανάγκες της εφαρμογής. Δεν απαιτείται χειροκίνητη ρύθμιση για τη διαχείριση του φορτίου.

- Χρέωση Κατά Κατανάλωση (Pay-as-you-go): Οι χρήστες πληρώνουν μόνο για τους πόρους που πραγματικά χρησιμοποιούν κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης της εφαρμογής τους. Δεν υπάρχουν σταθερά αρχικά κόστη.
- Μηδενική Διαχείριση Διακομιστή (Zero Server Management): Οι προγραμματιστές δεν χρειάζεται να φροντίζουν τη συντήρηση, την αναβάθμιση ή τη διαχείριση του υλικού και του λογισμικού του διακομιστή.

Η serverless τεχνολογία συνήθως εφαρμόζεται μέσω υπηρεσιών λειτουργιών (Function-as-a-Service - FaaS), όπου ο κώδικας εκτελείται κατά αίτηση, ανάλογα με τα γεγονότα ή τις εκκλήσεις HTTP, χωρίς την ανάγκη για μια διαρκή λειτουργία του διακομιστή. Παραδείγματα τέτοιων υπηρεσιών είναι το AWS Lambda, το Azure Functions, και το Google Cloud Functions.

4.7 Amazon Web Services (AWS) Lambda

Η AWS Lambda είναι μια υπηρεσία λειτουργιών (Function-as-a-Service - FaaS) που παρέχεται από την AWS. Η σκοπιμότητα της AWS Lambda είναι να επιτρέπει στους προγραμματιστές να εκτελούν κώδικα χωρίς την ανάγκη να διαχειριστούν την υποκείμενη υποδομή. Σε απλά λόγια, ο κώδικας εκτελείται κατά αίτηση, και οι προγραμματιστές πληρώνουν μόνο για τον πραγματικό χρόνο εκτέλεσης.

Οι βασικές ιδέες και χαρακτηριστικά της AWS Lambda περιλαμβάνουν:

- Συμβατότητα με πολλές γλώσσες: Η AWS Lambda υποστηρίζει πολλές γλώσσες προγραμματισμού, συμπεριλαμβανομένων των Node.js, Python, Java, C#, και πολλών άλλων.
- Εκτέλεση κώδικα κατά αίτηση: Ο κώδικας εκτελείται μόνο όταν υπάρχει μια εισερχόμενη εκκίνηση (trigger). Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει ανάγκη για συνεχόμενη λειτουργία του διακομιστή.
- Ευελιξία κλιμάκωσης: Η AWS Lambda αναπροσαρμόζεται αυτόματα σε αυξημένες ανάγκες, εξασφαλίζοντας ότι ο κώδικας εκτελείται αποτελεσματικά ανεξάρτητα από τον όγκο των αιτημάτων.
- Χρέωση όσο υπάρχει χρήση των υπηρεσιών (Pay-as-you-go): Οι χρήστες πληρώνουν μόνο για τον πραγματικό χρόνο εκτέλεσης του κώδικα. Δεν υπάρχουν σταθερά αρχικά κόστη.

- Υποστήριξη συγκεκριμένων εκδόσεων: Οι προγραμματιστές μπορούν να καθορίσουν συγκεκριμένες εκδόσεις των εξαρτήσεων τους και να τρέξουν παλαιότερες εκδόσεις του κώδικα.

Η AWS Lambda χρησιμοποιείται ευρέως για την ανάπτυξη εφαρμογών serverless, διευκολύνοντας τους προγραμματιστές να δημιουργούν ευέλικτες και αποδοτικές λύσεις.

4.8 Node.js

Το Node.js είναι ένα ανοιχτού κώδικα πλαίσιο ανάπτυξης που χρησιμοποιεί τη γλώσσα προγραμματισμού JavaScript για τη δημιουργία δικτυακών εφαρμογών και εξυπηρετητών. Αναπτύχθηκε αρχικά από την Joyent και σήμερα συντηρείται από τον Node.js Foundation.

Οι κύριοι χαρακτηριστικοί του Node.js περιλαμβάνουν:

- Εκτέλεση Στοιχείων στην Πλευρά του Διακομιστή (Server-Side Execution): Το Node.js είναι σχεδιασμένο να εκτελεί κώδικα στην πλευρά του διακομιστή, επιτρέποντας τη δημιουργία δικτυακών εφαρμογών, API και άλλων υπηρεσιών στην πλευρά του διακομιστή.
- Ασύγχρονος Προγραμματισμός (Asynchronous Programming): Ο Node.js χρησιμοποιεί μοντέλα μη-αποκλειστικού ασύγχρονου προγραμματισμού, βασισμένο στο συγκεκριμένο μοντέλο I/O. Αυτό σημαίνει ότι ο κώδικας μπορεί να εκτελείται χωρίς να περιμένει την ολοκλήρωση ορισμένων λειτουργιών, βελτιώνοντας την απόδοση των εφαρμογών.
- Πολλά Πακέτα (NPM): Η κοινότητα του Node.js έχει αναπτύξει ένα πλούσιο οικοσύστημα πακέτων και βιβλιοθηκών μέσω του Node Package Manager (NPM). Οι προγραμματιστές μπορούν να χρησιμοποιήσουν αυτά τα πακέτα για την επέκταση και τη βελτίωση των εφαρμογών τους.
- Επαναχρησιμοποίηση του Κώδικα με Τη Γλώσσα JavaScript: Η δυνατότητα εκτέλεσης κώδικα JavaScript στην πλευρά του διακομιστή και της πελάτισσας επιτρέπει στους προγραμματιστές να επαναχρησιμοποιούν κώδικα μεταξύ των δύο περιβαλλόντων.

5.

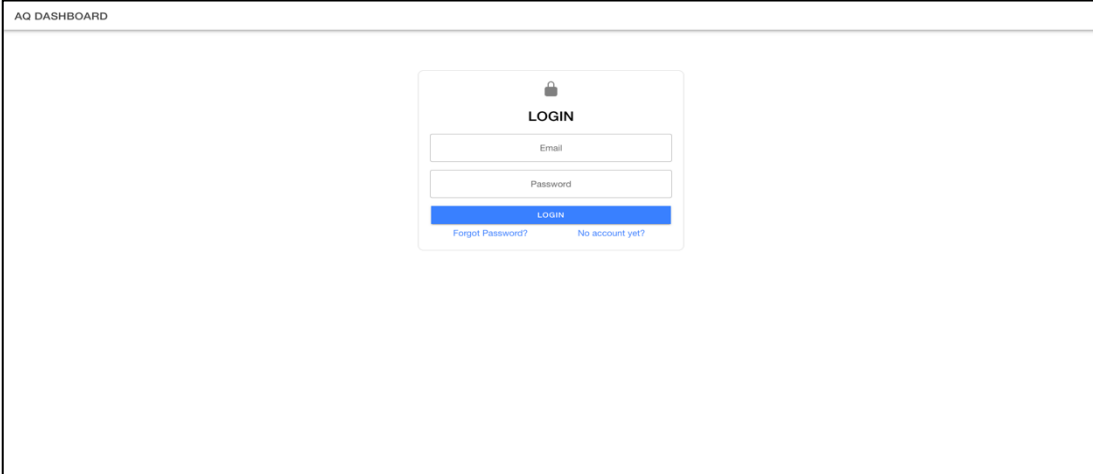
Υλοποίηση

Για να πραγματοποιηθεί η υλοποίηση της εφαρμογής αρχικά διαχωρίστηκε η εφαρμογή σε χαρακτηριστικά. Η εφαρμογή αποτελείται από τα παρακάτω βασικά χαρακτηριστικά:

- Αρχική σελίδα για την είσοδο του χρήστη στην εφαρμογή.
- Σελίδα σύντομης περιγραφής καιρού, air quality και ειδοποιήσεων για τον χρήστη.
- Σελίδα ανάλυσης καιρού.
- Σελίδα ανάλυσης καιρού και air quality πάνω σε χάρτη.
- Σελίδα ανάλυσης air quality.
- Σελίδα ανάλυσης ειδοποιήσεων.
- Σελίδα για τις ρυθμίσεις του χρήστη.

5.1. Σελίδα εισόδου χρήστη στην εφαρμογή

Η σελίδα εισόδου του χρήστη είναι η πρώτη σελίδα που θα συναντήσει ο χρήστης μόλις επισκεφτεί την εφαρμογή. Μέσω αυτής της σελίδας δίνουμε την δυνατότητα στον χρήστη είτε να πραγματοποιήσει είσοδο στην εφαρμογή με το email του και το συνθηματικό του, είτε να δημιουργήσει έναν νέο χρήστη, είτε να κάνει ανανέωση το συνθηματικό του σε περίπτωση που το έχει ξεχάσει.



Εικόνα 5.1 Σελίδα εισόδου χρήστη

AQ DASHBOARD

REGISTER

First Name

Last Name

Email

Password

REGISTER

[Already have an account? Login](#)

Εικόνα 5.2 Σελίδα δημιουργία νέου χρήστη

AQ DASHBOARD

LOGIN

Email

Password

Reset Password

Email

New Password

Confirm Password

[Forgot Password?](#) [Don't have an account yet?](#)

CANCEL **SAVE**

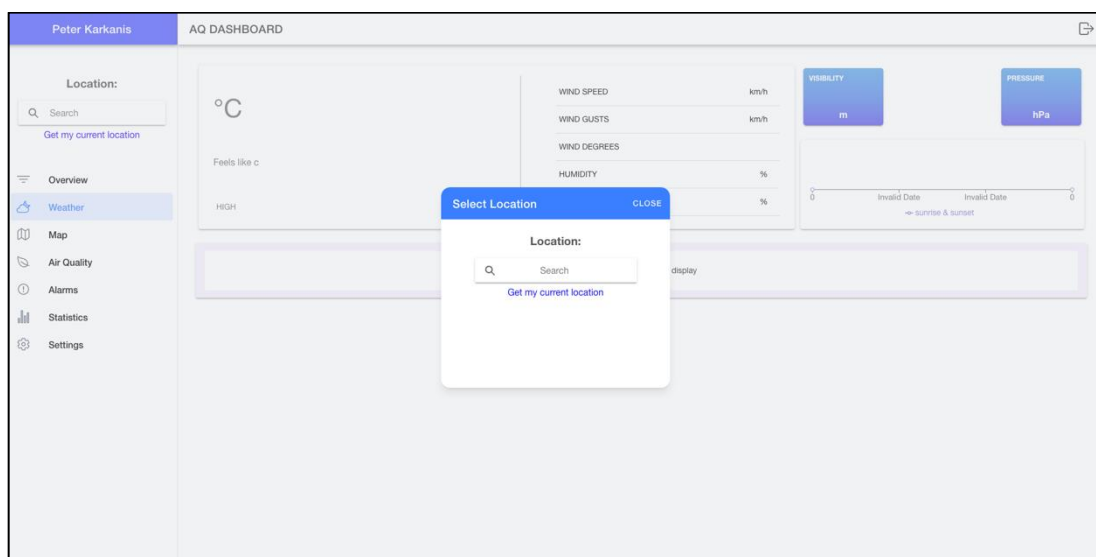
Εικόνα 5.3 Σελίδα ανανέωσης συνθηματικού

5.2. Σελίδα σύντομης περιγραφής

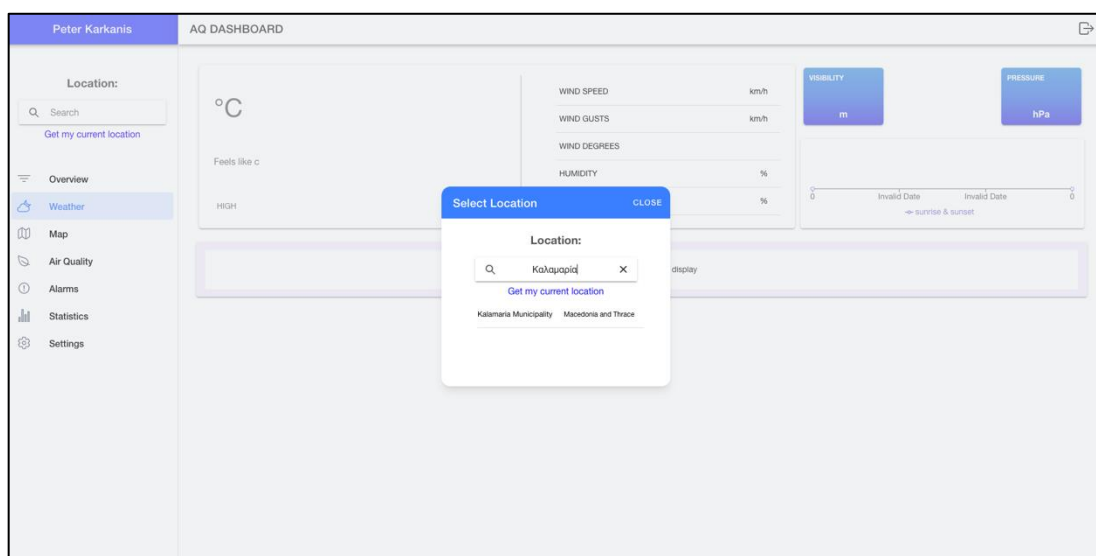
Η επόμενη σελίδα που θα συναντήσει ο χρήστης μόλις πραγματοποιήσει την επιτυχής είσοδο του θα είναι η σελίδα σύντομης περιγραφής. Πριν όμως ο χρήστης μπει στην συγκεκριμένη σελίδα υπάρχει μία δυνατότητα για τούς νέους χρήστες. Εάν ο χρήστης κάνει είσοδο για πρώτη φορά στην εφαρμογή θα ερωτηθεί για πια τοποθεσία επιθυμεί να λαμβάνει πληροφορίες. Ο χρήστης έχει την δυνατότητα εκτός από τον εντοπισμό, με σύστημα εντοπισμού θέσης, της τοποθεσίας του να κάνει και αναζήτηση μίας συγκεκριμένης τοποθεσίας. Μόλις ο χρήστης επιλέξει την τοποθεσία πλέον θα αρχίσει να λαμβάνει δεδομένα για την τοποθεσία που επέλεξε.

Σε κάθε επόμενη του είσοδο στην εφαρμογή θα παίρνει δεδομένα από την τελευταία τοποθεσία που έχει επιλέξει. Έχει την δυνατότητα να αλλάζει τοποθεσία από το αριστερό μενού που υπάρχει στην εφαρμογή.

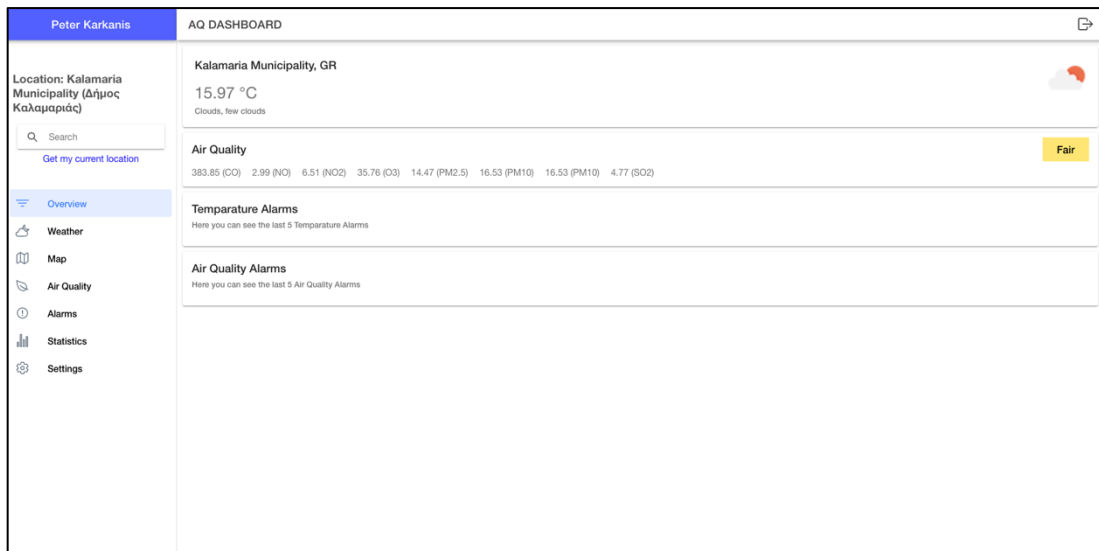
Στην συνέχεια θα μεταφερθεί στην κεντρική σελίδα της εφαρμογής που αποτελείται από ένα μενού στα αριστερά και στα δεξιά οι σελίδες της εφαρμογής. Η πρώτη σελίδα από το μενού είναι η σελίδα σύντομης περιγραφής. Στην σελίδα σύντομης περιγραφής ο χρήστης μπορεί να δει μία σύντομη περιγραφή του καιρού του air quality και με γραφικά και αν έχει δημιουργήσει ειδοποιήσεις, μπορεί να δει τις τελευταίες 5 ειδοποιήσεις για κάθε κατηγορία που έχει πραγματοποιήσει (καιρού και air quality).



Εικόνα 5.4 Επιλογή τοποθεσίας για νέους χρήστες



Εικόνα 5.5 Αναζήτηση τοποθεσίας



Εικόνα 5.6 Σελίδα σύντομης περιγραφής

5.3. Σελίδα ανάλυσης καιρού

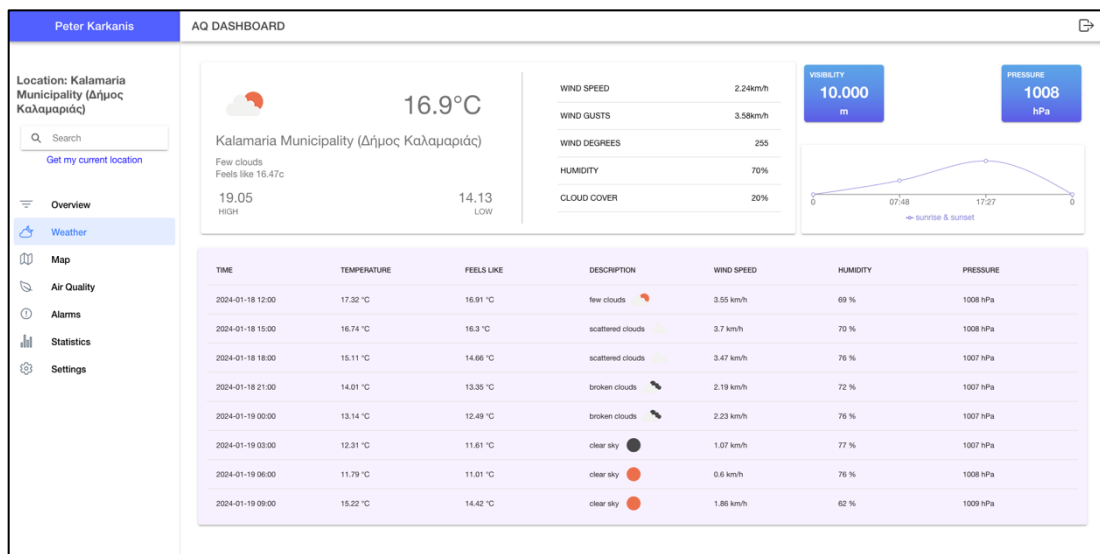
Στην σελίδα ανάλυσης του καιρού ο χρήστης μπορεί να δει εκτενέστερες πληροφορίες για τον καιρό για την τοποθεσία που έχει επιλέξει. Αρχικά στην σελίδα καιρού ο χρήστης μπορεί να δει την τρέχουσα θερμοκρασία και την υψηλότερη ή χαμηλότερη θερμοκρασία και ένα γραφικό για την τρέχουσα κατάσταση του καιρού. Στην συνέχεια μπορεί να βρει πληροφορίες σχετικά με :

- Αίσθηση θερμοκρασίας
- Ταχύτητα ανέμου
- Ριπή ανέμου
- Θερμοκρασία ανέμου
- Υγρασία
- Ποσοστό κάλυψης από σύννεφα

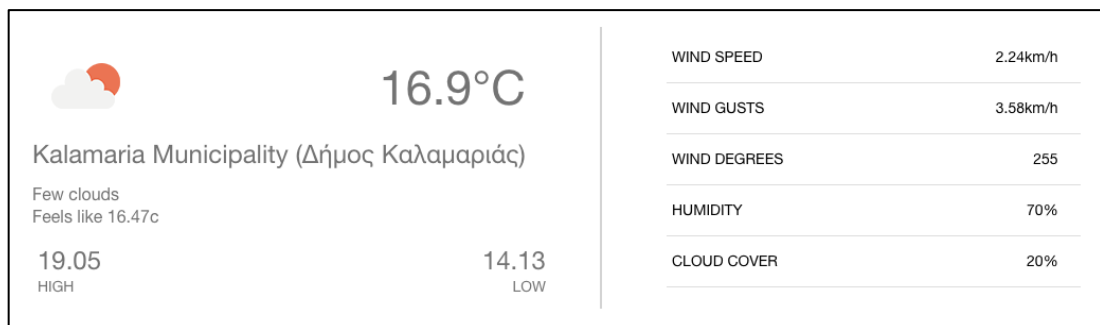
Δίπλα από αυτές τις πληροφορίες ο χρήστης μπορεί να ενημερωθεί για την ορατότητα και για την ατμοσφαιρική πίεση. Μετά ακολουθεί ένα γράφημα για την ανατολή και δύση του ήλιου βάσει της ώρας. Στην συνέχεια ακολουθεί ένας πίνακας με αναλυτική ημερήσια πρόβλεψη καιρού ανά χρονικά διαστήματα.

Στον πίνακα μπορεί να βρει πληροφορίες όπως:

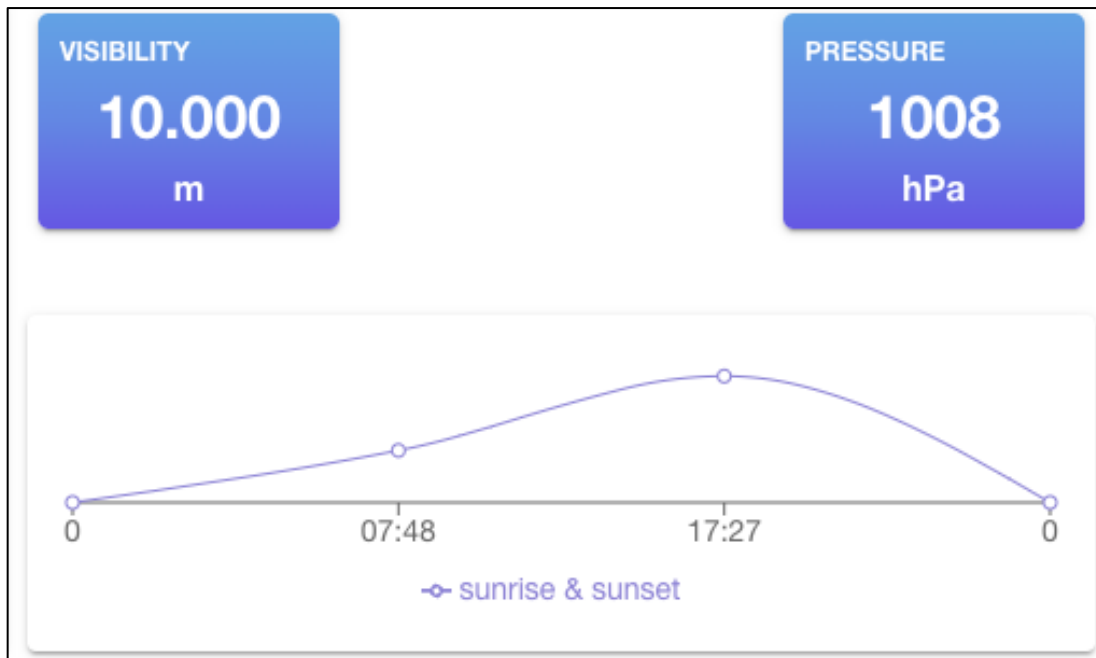
- Ημερομηνία και ώρα
- Θερμοκρασία
- Αίσθηση θερμοκρασίας
- Γραφική πληροφορία καιρού
- Ταχύτητα ανέμου
- Υγρασία
- Ατμοσφαιρική πίεση



Εικόνα 5.7 Σελίδα καιρού



Εικόνα 5.8 Πληροφορίες καιρού βάση τοποθεσίας



Εικόνα 5.9 Πληροφορίες ορατότητας, πίεσης και ανατολής/δύσης ηλίου

TIME	TEMPERATURE	FEELS LIKE	DESCRIPTION	WIND SPEED	HUMIDITY	PRESSURE
2024-01-18 12:00	17.32 °C	16.91 °C	few clouds 🌤️	3.55 km/h	69 %	1008 hPa
2024-01-18 15:00	16.74 °C	16.3 °C	scattered clouds 🌥️	3.7 km/h	70 %	1008 hPa
2024-01-18 18:00	15.11 °C	14.66 °C	scattered clouds 🌥️	3.47 km/h	76 %	1007 hPa
2024-01-18 21:00	14.01 °C	13.35 °C	broken clouds 🌧️	2.19 km/h	72 %	1007 hPa
2024-01-19 00:00	13.14 °C	12.49 °C	broken clouds 🌧️	2.23 km/h	76 %	1007 hPa
2024-01-19 03:00	12.31 °C	11.61 °C	clear sky 🌑	1.07 km/h	77 %	1007 hPa
2024-01-19 06:00	11.79 °C	11.01 °C	clear sky 🌞	0.6 km/h	76 %	1008 hPa
2024-01-19 09:00	15.22 °C	14.42 °C	clear sky 🌞	1.86 km/h	62 %	1009 hPa

Εικόνα 5.10 Πίνακας ημερήσιας πρόβλεψης

5.4. Σελίδα ανάλυσης καιρού και air quality σε χάρτη

Στην σελίδα ανάλυσης καιρού και air quality σε χάρτη ο χρήστης μπορεί μέσω του διαδραστικού χάρτη να ενημερωθεί για την τρέχουσα θερμοκρασία ή το air quality ανάλογα με το τι έχει επιλέξει ο χρήστης να δει. Η πινέζα πάνω στον χάρτη μπορεί να μετακινηθεί σε οποιοδήποτε σημείο πάνω στον παγκόσμιο χάρτη και να δει τις τρέχουσες τιμές του καιρού ή του air quality στην τοποθεσία που έχει βάλει την πινέζα.

Στην περίπτωση που ο χρήστης έχει επιλέξει να βλέπει δεδομένα για το air quality η πινέζα είναι διαδραστική με τον χρήστη και ανάλογα με το air quality Index διαμορφώνεται και το χρώμα της.

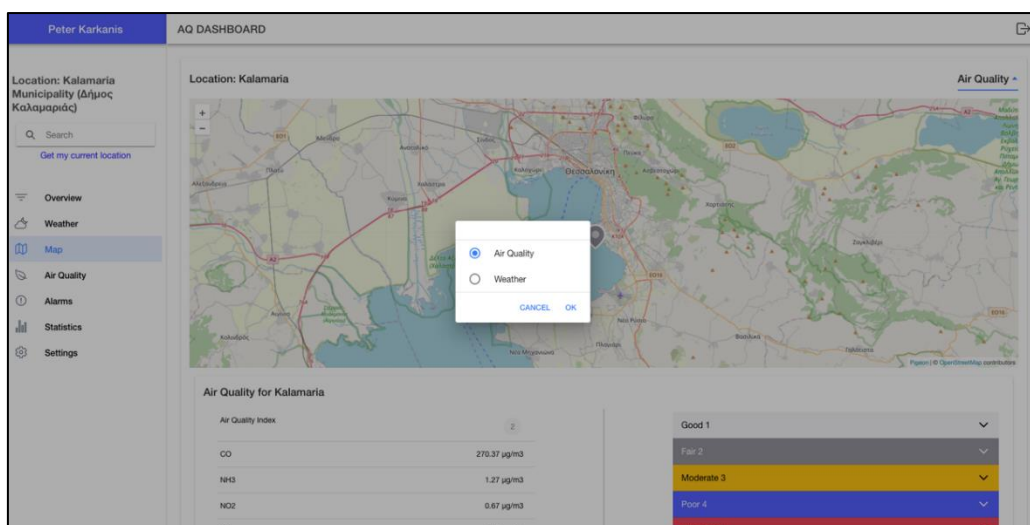
Αφού ο χρήστης τοποθετήσει την πινέζα σε μια τοποθεσία πάνω στον χάρτη τότε λαμβάνει και τις πληροφορίες για την τοποθεσία που επέλεξε, στον πίνακα κάτω από τον χάρτη.

Στον πίνακα μπορεί να δει την ανάλυση του air quality με βάση του:

- CO
- NH₃
- NO₂
- O₃
- PM_{2.5}
- PM₁₀
- SO₂

Όπως βέβαια και το air quality Index.

Δεξιά του πίνακα υπάρχει μια ανάλυση για τα τέσσερα (4) στάδια του air quality και η ανάλυση αυτών. Αν ο χρήστης επιλέξει να βλέπει δεδομένα καιρού στον χάρτη τότε οι πληροφορίες που θα δει κάτω από τον χάρτη θα είναι οι τρέχων καιρικές τιμές της τοποθεσίας που έχει επιλέξει.



Εικόνα 5.11 Επιλογή δεδομένων air quality ή καιρού

The screenshot shows the 'Air Quality for Kalamaria' dashboard. It displays the Air Quality Index (AQI) and a table of pollutant concentrations. To the right, there is a vertical scale for the AQI from Good 1 to Very poor 5.

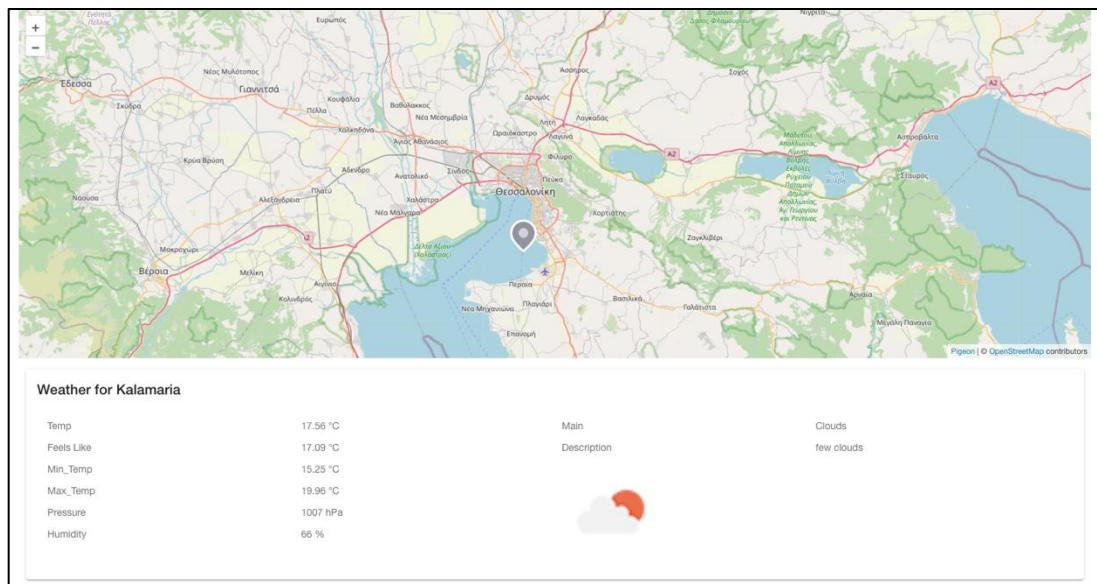
Air Quality for Kalamaria	
Air Quality Index	2
CO	270.37 µg/m ³
NH ₃	1.27 µg/m ³
NO ₂	0.67 µg/m ³
O ₃	60.6 µg/m ³
PM _{2.5}	8.41 µg/m ³
PM ₁₀	12.11 µg/m ³
SO ₂	2.89 µg/m ³

Good 1
Fair 2
Moderate 3
Poor 4
Very poor 5

Εικόνα 5.12 Πληροφορίες για το air quality

Good 1	^
CO	0 - 4400
NO2	0 - 40
O3	0 - 60
PM2.5	0 - 10
PM10	0 - 20
SO2	0 - 20
Fair 2	v
Moderate 3	v
Poor 4	v
Very poor 5	v

Εικόνα 5.13 Ανάλυση για τα τέσσερα στάδια air quality

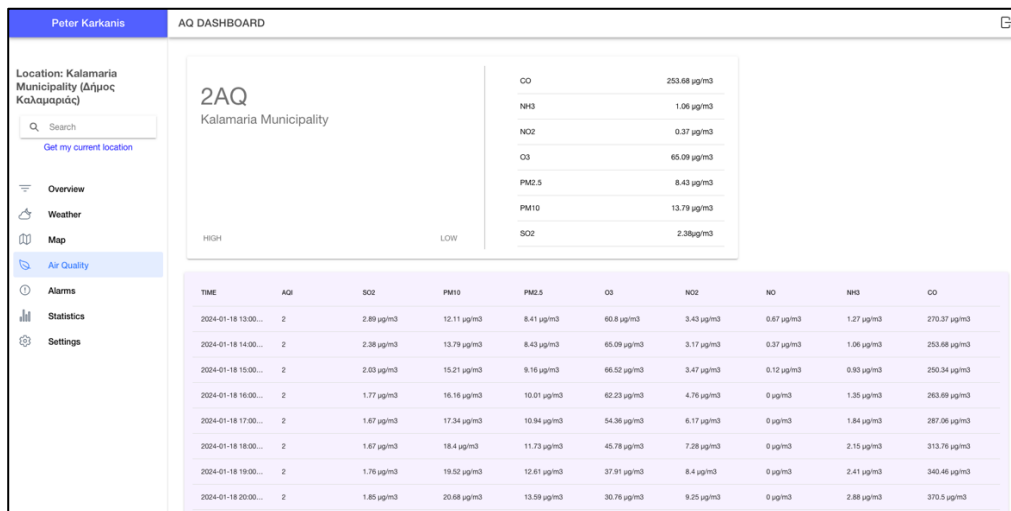


Εικόνα 5.14 Τρέχον καιρικές τιμές επιλεγμένης τοποθεσίας από χάρτη

5.5. Σελίδα ανάλυσης air quality

Στην σελίδα ανάλυσης του air quality ο χρήστης μπορεί να δει μια αναλυτική παρουσίαση των δεδομένων για το air quality της περιοχής που έχει επιλεγμένο στον λογαριασμό του. Αρχικά αποτελείται από τα τρέχοντα δεδομένα για το air quality της τοποθεσίας του όπως είναι το air quality Index και τα υπόλοιπα χημικά συστατικά που απαρτίζουν το air quality.

Στην συνέχεια μπορεί να δει σε έναν αναλυτικό πίνακα μία πενθήμερη πρόβλεψη, αλλά και βάση ώρας, air quality για την τοποθεσία που έχει επιλέξει.



Εικόνα 5.15 Παρουσίαση δεδομένων για το air quality

5.6. Σελίδα ανάλυσης ειδοποιήσεων

Στην σελίδα ανάλυσης ειδοποιήσεων ο χρήστης μπορεί να βρει ειδοποιήσεις για την θερμοκρασία αλλά και το air quality που έχει ορίσει και για όποιες τοποθεσίες αυτός θέλει.

Για να ορίσεις αυτές τις ειδοποιήσεις θα πρέπει να μεταβεί στην σελίδα των ρυθμίσεων.

Αν ο χρήστης δεν έχει ορίσει να λαμβάνει ειδοποιήσεις για κάποια τοποθεσία δεν θα μπορεί να δει κάτι στην σελίδα αυτή.

Αντίθετα αν ο χρήστης έχει ορίσει να λαμβάνει ειδοποιήσεις τότε στον πρώτο πίνακα θα μπορεί να βλέπεις τις ειδοποιήσεις ανά περιοχή για την θερμοκρασία. Επίσης η κάθε ειδοποίηση περιέχει τις πληροφορίες όπως:

- Ημερομηνία και ώρα
- Τοποθεσία
- Ανώτατο όριο τιμής θερμοκρασίας που έχει θέσει ο χρήστης για την συγκεκριμένη τοποθεσία
- Τρέχουσα τιμή θερμοκρασίας στην συγκεκριμένη περιοχή

Στον δεύτερο πίνακα θα μπορεί να δει τις ειδοποιήσεις για το air quality. Στο πίνακα αυτόν ο χρήστης μπορεί και βλέπει για συγκεκριμένη τοποθεσία που έχει ορίσει ο χρήστης τις παρακάτω πληροφορίες:

- Ημερομηνία και ώρα
- Τοποθεσία
- Ανώτατο όριο τιμής air quality Index που έχει θέσει ο χρήστης για την συγκεκριμένη τοποθεσία
- Τρέχουσα τιμή air quality Index στην συγκεκριμένη περιοχή



Εικόνα 5.16 Σελίδα ειδοποιήσεων

Temperature
Temperature Alarms

Date of the Alarm	Location	Alarm set to x °C	Actual Status
19.01.2024 09:00	Θέρμη	15 °C	11,7°C
19.01.2024 08:00	Θέρμη	15 °C	11,13°C
19.01.2024 07:00	Θέρμη	15 °C	11,76°C
19.01.2024 06:00	Θέρμη	15 °C	12,4°C
19.01.2024 05:00	Θέρμη	15 °C	12,43°C

Rows per page: 10 | 1-5 of 5 | < >

Εικόνα 5.17 Ειδοποιήσεις για θερμοκρασία

Air Quality
Air Quality Alarms

Date of the Alarm	Location	Alarm set to x Status	Actual
19.01.2024 10:31	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 10:30	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 10:19	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 10:16	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 10:01	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 10:00	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 09:46	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 09:45	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 09:31	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)
19.01.2024 09:30	Θέρμη	4 (Poor)	3 (Moderate)

Rows per page: 10 | 1-10 of 45 | < >



Εικόνα 5.18 Ειδοποιήσεις για το air quality

5.7. Σελίδα ρυθμίσεων χρήστη

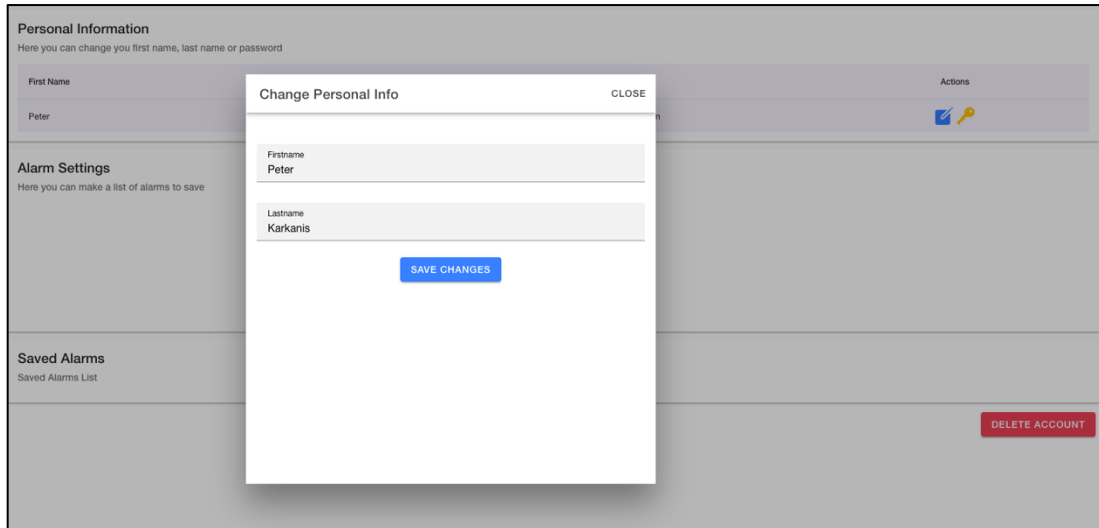
Οι σελίδα ρυθμίσεων χωρίζεται σε 3 κομμάτια. Στο πρώτο κομμάτι ο χρήστης μπορεί να δει και να επεξεργαστεί κάποιες προσωπικές του πληροφορίες. Μπορεί να δει το όνομά του και το επίθετό του όπως και το email που χρησιμοποιεί στην εφαρμογή. Έχει επίσης την δυνατότητα να επεξεργαστεί το όνομα και το επίθετο του όπως και να αλλάξει το συνθηματικό που χρησιμοποιεί για την είσοδο του στην εφαρμογή. Στο δεύτερο κομμάτι της σελίδας ρυθμίσεων ο χρήστης μπορεί να θέσει τις ειδοποιήσεις που θέλει να δέχεται ανά συγκεκριμένη περιοχή και για συγκεκριμένες τιμές τις θερμοκρασίας και του air quality. Έτσι μπορεί να δημιουργήσει μια λίστα με ειδοποιήσεις και στην πορεία να τις σώσει. Για την δημιουργία μιας ειδοποίησης ο χρήστης μπορεί μέσα από ένα παράθυρο να επιλέξει την τοποθεσία για την οποία επιθυμεί να λαμβάνει ειδοποιήσεις και να θέσει την τιμή για την οποία θέλει να ειδοποιηθεί όσο αναφορά θερμοκρασία και air quality. Στο πεδίο της θερμοκρασίας ο χρήστης απλά προσθέτει την επιθυμητή θερμοκρασία για την οποία θέλει να λαμβάνει ειδοποίηση για το air quality διαλέγει το Index για το οποίο θέλει να λαμβάνει ειδοποίηση. Αφού ο χρήστης δημιουργήσει την ειδοποίηση και την αποθήκευση τότε δημιουργείτε μια λίστα με τις ειδοποιήσεις που αναφέρει για κάθε μία την:

- Τοποθεσία
- Θερμοκρασία
- Air quality Index

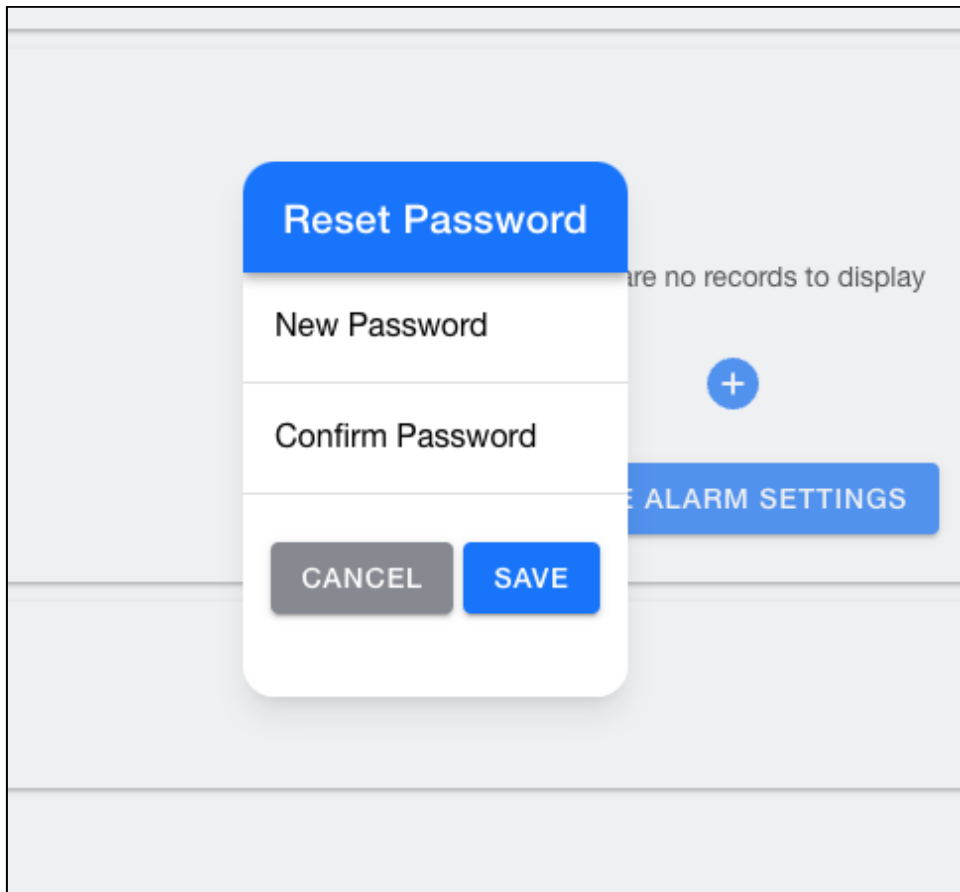
Επιπλέον έχει την δυνατότητα να διαγράψει όποια ειδοποίηση θέλει από την λίστα. Όταν ο χρήστης έχει δημιουργήσει τις ειδοποιήσεις που θέλει μπορεί να τις αποθηκεύσει και πλέον όλες οι ενεργές ειδοποιήσεις είναι ορατές στο 3 κομμάτι της σελίδας ρυθμίσεων. Τέλος ο χρήστης μέσα από τις ρυθμίσεις μπορεί να διαγράψει τον λογαριασμό του. Εάν τον διαγράψει δεν θα έχει πλέον προσβάσεις στην εφαρμογή.

Personal Information			
Here you can change you first name, last name or password			
First Name	Last Name	Email	Actions
Peter	Karkanis	petros751@hotmail.com	 

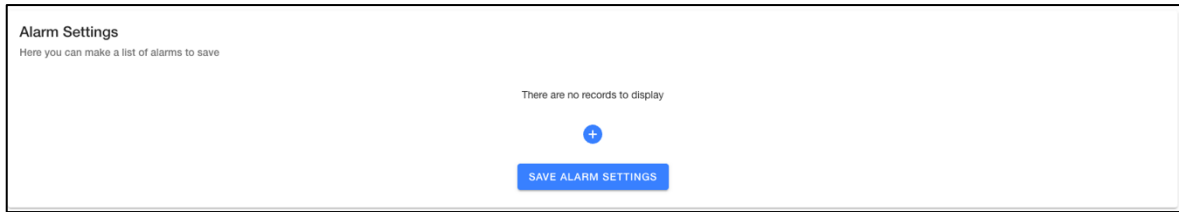
Εικόνα 5.19 Προσωπικές πληροφορίες χρήστη στην σελίδα ρυθμίσεων



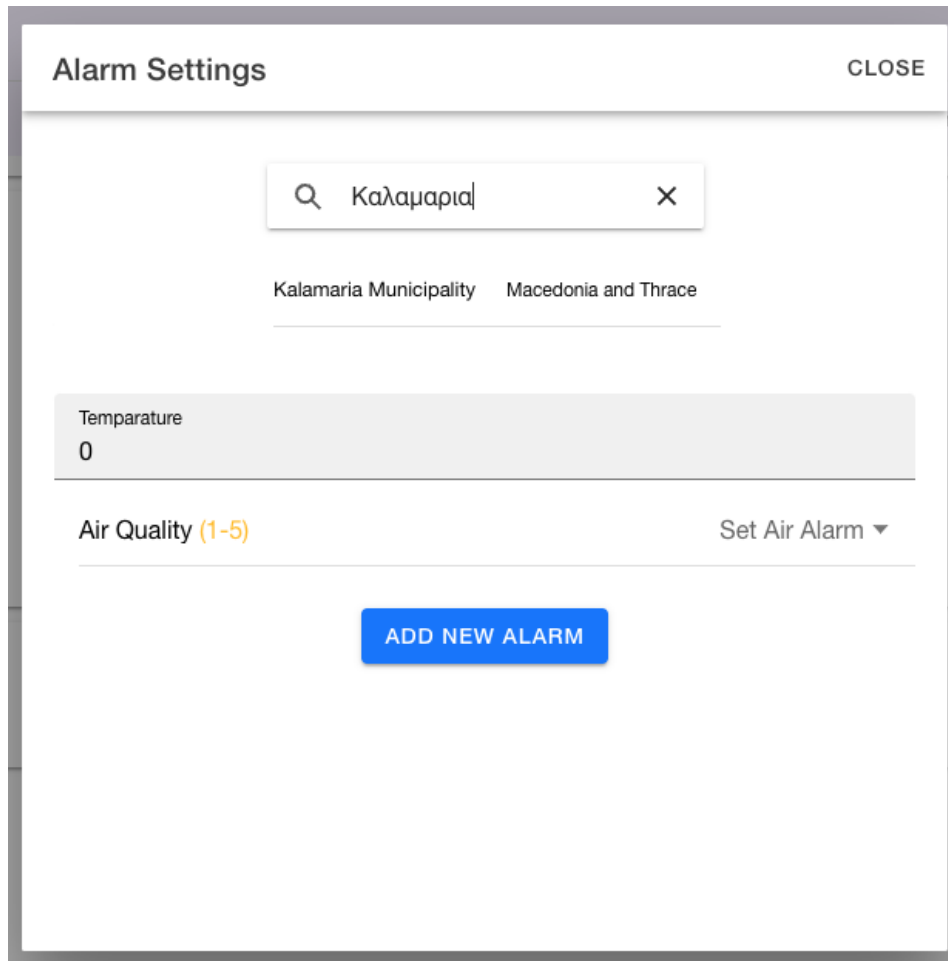
Εικόνα 5.20 Αλλαγή προσωπικών δεδομένων χρήστη



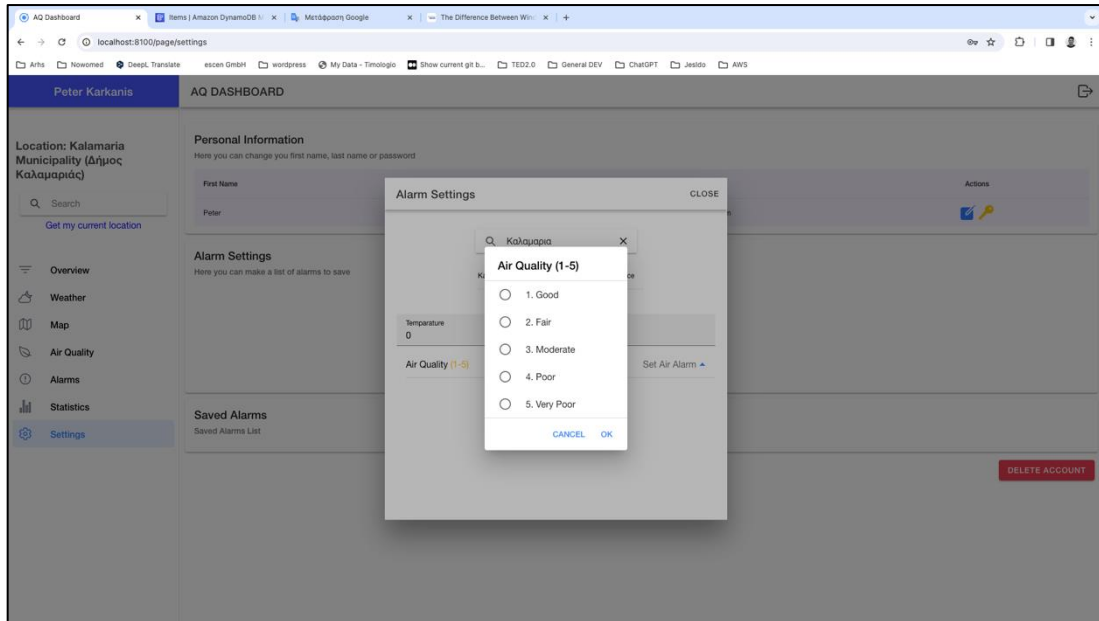
Εικόνα 5.21 Αλλαγή συνθηματικού χρήστη



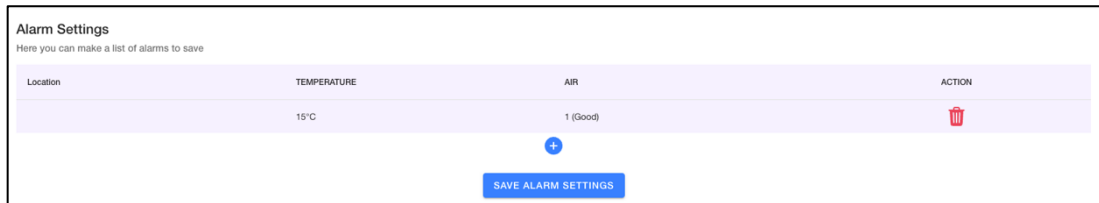
Εικόνα 5.22 Δημιουργία ειδοποιήσεων για θερμοκρασία και air quality



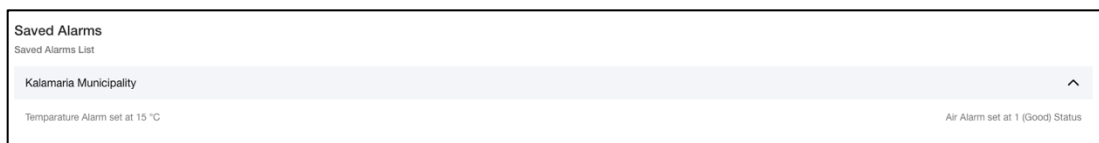
Εικόνα 5.23 Δημιουργία νέας ειδοποίησης



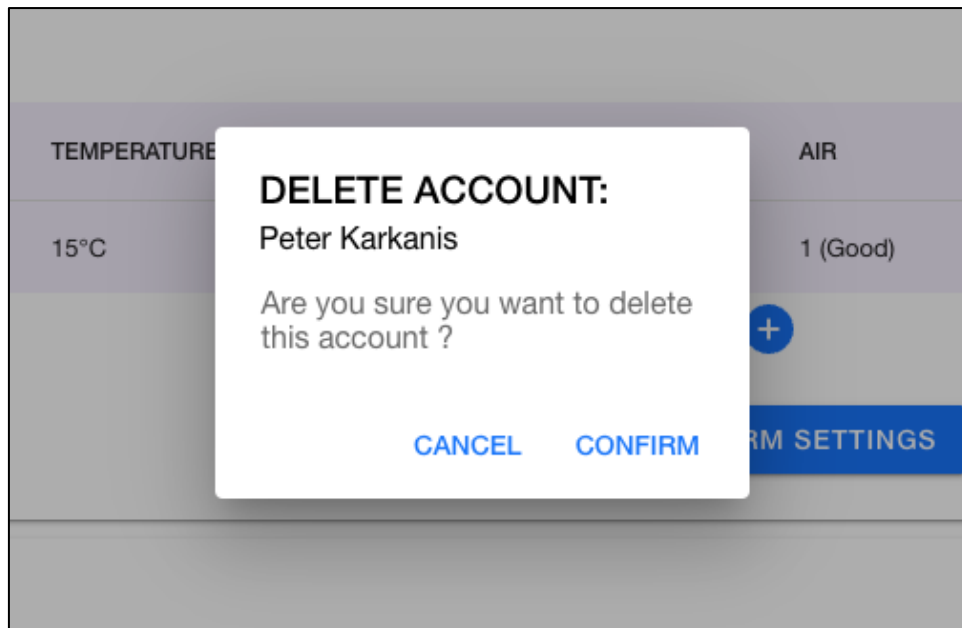
Εικόνα 5.24 Επιλογή Index για το air quality



Εικόνα 5.25 Λίστα με ειδοποιήσεις



Εικόνα 5.26 Λίστα με ενεργές ειδοποιήσεις



Εικόνα 5.27 Διαγραφή λογαριασμού χρήστη

6.

Συμπεράσματα και

μελλοντικές προτάσεις

6.1. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, πραγματοποιήθηκε μια εφαρμογή για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα αλλά και μία μελέτη του φαινομένου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Πολλές χώρες ανά τον κόσμο έχουν αντιληφθεί ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση έχει αγγίξει τα όρια της επικινδυνότητας τόσο για τον άνθρωπο, αλλά και για την ίδια τη γη. Έτσι λοιπόν, είναι επιτακτική η ανάγκη πρόληψης και φυσικά ουσιαστικών μέτρων από τις εκάστοτε κυβερνήσεις που άλλοτε είναι πιο ελαστικές και άλλοτε αυστηρότερες.

Ένα από τα μέτρα πρόληψης είναι και οι διάφορες εφαρμογές που υπάρχουν στο διαδίκτυο όπου πλέον ο χρήστης μπορεί να έχει μια τέτοια εφαρμογή όχι μόνο στον υπολογιστή του αλλά και στο smartphone του και smartwatch του. Μέσω μιας τέτοιας εφαρμογής μπορεί ο χρήστης να ενημερώνεται για την τρέχουσα κατάσταση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην περιοχή του αλλά και όχι μόνο μέσω notifications στο smartphone ή στο smartwatch του.

Εκτός από την ενημέρωση οι εφαρμογές αυτές έχουν επίσης και τον σκοπό της εκπαίδευσης του πολίτη, αλλά βέβαια και την προστασία των ανθρώπων που ανήκουν σε ευπαθείς ομάδες.

Η εφαρμογή που αναπτύχθηκε για αυτή την εργασία έχει στόχευση στην ενημέρωση του πολίτη για τα επίπεδα της ποιότητας του αέρα ανάλογα με την περιοχή που έχει επιλέξει να παίρνει ειδοποιήσεις τόσο για την ποιότητα του αέρα, αλλά όσο και τον καιρό στην συγκεκριμένη περιοχή. Είναι μια ολοκληρωμένη εφαρμογή όπου μπορεί να γίνει χρήση από χρήστες. Όσον αφορά τα εργαλεία ή τις τεχνολογίες που χρησιμοποιήθηκαν για την ανάπτυξη αυτής της εφαρμογής η επιλογή τους έγινε ύστερα από ανάλυση διαφόρων τεχνολογιών που υπάρχουν και επιλέχθηκαν τεχνολογίες που είναι πιο δημοφιλής την δεδομένη χρονική στιγμή. Πάντα όταν μιλάμε για ανάπτυξη εφαρμογής πρέπει να συμπεριληφθούν πολλοί παράγοντες υπόψη για να γίνει η σωστή επιλογή των εργαλείων που θα χρησιμοποιηθούν για την δημιουργία της.

Οι παράγοντες αυτοί είναι το μέγεθος της εφαρμογής, σε ποια περιβάλλοντα θα βρίσκεται η εφαρμογή αν θα είναι δηλαδή μόνο για υπολογιστές ή μόνο για κινητά τηλέφωνα ή και τα δυο, τέλος την ροή των δεδομένων ώστε να γίνει η κατάλληλη επιλογή του infrastructure.

Βάση λοιπόν των παραπάνω για την ανάπτυξη της εφαρμογής αρχικά επιλέξαμε μια serverless τεχνολογία με auto Scale και όλο το backend είναι γραμμένο με ανεξάρτητες functions (Lambda functions) για να είναι πιο εύκολη η διαχείριση του backend. Όσον αφορά το frontend κομμάτι επιλέξαμε να χρησιμοποιήσουμε hybrid ανάπτυξη. Η hybrid ανάπτυξη ή αλλιώς Progressive WebApp (PWA) είναι applications τα οποία από μόνα τους καταλαβαίνουν το περιβάλλον στο οποίο βρίσκονται και προσαρμόζονται ανάλογα. Έτσι λοιπόν είτε το app είναι στο κινητό ή στον υπολογιστή και ανάλογα με το λειτουργικό σύστημα παίρνει και την ανάλογη μορφή. Όλη αυτή την τεχνολογία μας την δίνει το Ionic framework. Επίσης στην υλοποίηση της εφαρμογής έχουν χρησιμοποιηθεί διάφορα framework με σκοπό να έχουμε όσο πιο απλά component και να αφαιρέσουμε το functionality από αυτά σε άλλα services. Αυτό δίνει την δυνατότητα οι εφαρμογή να είναι κατανοητή στο στήσιμο της και εύκολα διαχειρίσιμη από τους προγραμματιστές.

Από τον μεγάλο αριθμό εφαρμογών που υπάρχουν στο διαδίκτυο μπορούμε να συμπεράνουμε ότι όλο και περισσότεροι άνθρωποι ευαισθητοποιούνται γύρω από το ζήτημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης αλλά και από την καθημερινή ποιότητα του αέρα που αναπνέουν στην περιοχή τους.

Μια τέτοια εφαρμογή μπορεί να έχει πάρα πολλές χρήσεις στην καθημερινότητα των πολιτών. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί από αθλητές ή και ολόκληρους αθλητικούς συλλόγους για να μπορούν να προβλέπουν την ποιότητα του αέρα για την καλύτερη προπόνηση των αθλητών ώστε να μην επιβαρύνουν την υγεία τους και να έχουν καλύτερες επιδόσεις.

Επίσης από γιατρούς και ασθενείς για την πρόληψη προβλημάτων σε ανθρώπους με αναπνευστικά προβλήματα ή προβλήματα στην καρδιά.

Ορισμένες εφαρμογές, όπως η AirVisual, προσφέρουν τη δυνατότητα εκτίμησης της ποιότητας του αέρα εσωτερικών χώρων χωρίς την απαραίτητη χρήση ειδικής εσωτερικής συσκευής. Χρησιμοποιεί επίσημα δεδομένα της εξωτερικής ποιότητας του αέρα που παρέχονται από διεθνείς φορείς, προσπαθώντας να εξομαλύνουν το γεγονός απουσίας μίας εξειδικευμένης συσκευής για τον συγκεκριμένο σκοπό. Πολύ θετικό γεγονός είναι ότι στη χώρα μας υπάρχουν εταιρίες που ασχολούνται με το αντικείμενο της παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα και την ατμοσφαιρική ρύπανση, όπως η DRAXIS, και έχουν προχωρήσει στο σχεδιασμό και την υλοποίηση αξιόπιστων εφαρμογών παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα σε παγκόσμια κλίμακα. Πιο συγκεκριμένα, η εφαρμογή ENVI4ALL της DRAXIS, προσφέρει υπηρεσίες παρακολούθησης και πρόβλεψης της συγκέντρωσης ατμοσφαιρικών ρύπων σε πραγματικό χρόνο, χρησιμοποιώντας το συνδυασμό δεδομένων 9.000 σταθμών και αισθητήρων, καθώς και δεδομένων ανάδρασης (feedback) χρηστών, παρέχοντας προσωποποιημένες πληροφορίες και συστάσεις για ειδικές ομάδες του πληθυσμού. Έτσι λοιπόν εκτός από την επιτυχία μια ελληνικής εταιρείας στον κλάδο αυτό σε παγκόσμιο επίπεδο δημιουργείται και ένα άνοιγμα

στην Ελλάδα για νέες θέσεις εργασίας ώστε να απορροφήσουν άτομα τα οποία εργάζονται ή έχουν σπουδάσει πάνω στην πληροφορική και όχι μόνο.

6.2. Μελλοντικές προτάσεις

Μελλοντικά θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε συσκευές όπου θα στέλνουν στην εφαρμογή real-time τα δεδομένα της περιοχής όπου τα έχει τοποθετήσει ο χρήστης. Έτσι, με αυτό τον τρόπο προσφέρουμε στους χρήστες μια ολοκληρωμένη λύση για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα. Μια άλλη μελλοντική προσθήκη θα ήταν η εφαρμογή Artificial intelligence (AI) στην εφαρμογή. Η προσθήκη AI θα δώσει στην εφαρμογή την δυνατότητα να μπορεί και να συλλέγει συνήθειες του χρήστη και να του προτείνει ή να του αποτρέπει να επισκεφτεί μέρη που θα είναι επιβλαβή για την υγεία του με βάση τις συνήθειες του ή και το αντίθετο. Όπως επίσης, να μπορεί ο χρήστης να περνάει στο σύστημα και αποτελέσματα ιατρικών εξετάσεων και με βάση αυτά αλλά και άλλα δεδομένα του χρήστη όπως ηλικία, βάρος, συνήθειες, να προσφέρει ειδοποιήσεις για την περιοχή που βρίσκεται χωρίς να πρέπει ο χρήστης να μπει στην διαδικασία δημιουργίας ειδοποιήσεων για την συγκεκριμένη περιοχή. Σίγουρα μια μελλοντική πρόταση είναι η εφαρμογή να ανέβει στα store της Apple και Android έτσι ώστε, να μπορεί ο οποιοσδήποτε να κατεβάσει την εφαρμογή στην κινητή συσκευή του.

Βιβλιογραφικές αναφορές

- [1] H. R. Galappaththi, G. Thilini Weerasuriya (2020). Survey on Wireless Sensor Networks (WSNs) Implemented for Environmental Sensing.
- [2] R. Kingsy Grace, S. Manju (2019). A Comprehensive Review of Wireless Sensor Networks Based Air Pollution Monitoring Systems.
- [3] Reghavendra Khot, Prof. Vidya Chitre (2017). Survey on Air Monitoring Systems.
- [4] Wei Ying Yi, Kin Ming Lo, Terrence Mak, Kwong Sak Leung, Yee Leung, Mei Ling Meng (2015). A Survey of Wireless Sensor Network Based Air Pollution Monitoring Systems.
- [5] World Health Organization. 7 Million Premature Deaths Annually Linked to Air Pollution(2015).<http://www.who.int/mediacenter/news/releases/2014/air-pollution/en/>
- [6] World Health Organization. Ambient Air Quality and Health (2015).<http://www.who.int/mediacenter/factsheets/fs313/en/>
- [7] Lanjewar, U. M., & Shan, J. J. (2012). Air pollution monitoring and tracking system using mobile sensors and analysis of data using data mining.
- [8] M. Kampa, E. Castanas (2008), Human health effects of air pollution.
- [9] Chen Xiaojun, Liu Xianpeng, Xu Peng,IOT (2015). Based Air Pollution Monitoring and Forecasting System.
- [10] D. Melas, “Ατμοσφαιρική Διάχυση και Διασπορά: Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Κλίμακες Διασποράς”, Aristotle University of Thessaloniki – Department of Physics, 2007.
- [11] World Health Organisation, “Health Impacts of Air Pollution,” World Health Organisation, 2020.
- [12] National Geographic, “Air Pollution,” National Geographic, 2020.
- [13] L. Mishra, Vikash, and S. Varma, "Measurement of Air Quality Index using Internet of Things," InProc. 2019 International Conference on Electrical, Electronics and Computer Engineering (UPCON), ALIGARH, India, 2019, pp. 1-5.
- [14] Environmental Protection UK, “National Air Quality Law and Policy,” Environmental Protection UK, 2020.
- [15] Greek Ministry of Environment and Energy, “Ποιότητα Ατμόσφαιρας”, Greek Ministry of Environment and Energy, 2020.
- [16] I. Lee, and K. Lee, "The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises," Business Horizons, vol. 58, no. 4, pp. 431-440, Jul. 2015.
- [17] Components101, “MQ-135 - Gas Sensor for Air Quality,” Components101, 2018. [Online]. Available: <https://components101.com/sensors/mq135-gas-sensor-for-air-quality>.

- [18] M. M. Ahmed, S. Banu, and B. Paul, "Real-time air quality monitoring system for Bangladesh's perspective based on Internet of Things," In Proc. 2017 3rd International Conference on Electrical Information and Communication Technology (EICT), Khulna, 2017, pp. 1-5.
- [19] L. Chen, H. Huang, C. Wu, Y. Tsai, and Y. Chang, "A LoRa-Based Air Quality Monitor on Unmanned Aerial Vehicle for Smart City," In Proc. 2018 International Conference on System Science and Engineering (ICSSE), New Taipei, 2018, pp. 1-5.
- [20] L. Zhao, W. Wu, and S. Li, "Design and Implementation of an IoT-Based Indoor Air Quality Detector With Multiple Communication Interfaces," IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no. 6, pp.9621-9632, Dec. 2019.
- [21] M. Hussain, S. Aleem, A. Karim, F. Ghazanfar, M. Hai and K. Hussain, "Design of Low Cost, Energy Efficient, IoT Enabled, Air Quality Monitoring System with Cloud Based Data Logging, Analytics and AI," In Proc. 2020 International Conference on Emerging Trends in Smart Technologies (ICETST), Karachi, Pakistan, 2020, pp. 1-6.
- [22] T. Rymarczyk, T. Cieplak, G. Kłosowski, and E. Kozłowski, "Monitoring the natural environment with the use of IoT based system," In Proc. 2019 Applications of Electromagnetics in Modern Engineering and Medicine (PTZE), Janow Podlaski, Poland, 2019, pp. 151-155.
- [23] M. Y. Thu, W. Htun, Y. L. Aung, P. E. E. Shwe, and N. M. Tun, "Smart Air Quality Monitoring System with LoRaWAN," In Proc. 2018 IEEE International Conference on Internet of Things and Intelligence System (IOTAIS), Bali, 2018, pp. 10-15.
- [24] K. Rastogi, D. Lohani, and D. Acharya, "An IoT-based System to Evaluate Indoor Air Pollutants Using Grey Relational Analysis," In Proc. 2020 International Conference on COMmunication Systems & NETworkS (COMSNETS), Bengaluru, India, 2020, pp. 762-767.
- [25] IQAir, "Our History," IQAir, 2020. [Online]. Available: <https://www.iqair.com/about-iqair/our-history>.
- [26] Google Play, "Air Quality | AirVisual," Google Play, 2020. [Android Application]. Available:https://play.google.com/store/apps/details?id=com.airvisual&hl=en_US.
- [27] IQAir, "AirVisual Pro," IQAir, 2020. [Online]. Available: <https://www.iqair.com/air-quality-monitors/airvisual-pro>.
- [28] ENVI4ALL, "Envi4All Main Page," ENVI4ALL, 2019. [Online]. Available: <http://envi4all.eu>.
- [29] Google Play, "Envi4All," Google Play, 2020. [Android Application]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=gr.draxis.envi4all>.
- [30] Plume Labs, "Plume Labs Main Page," Plume Labs, 2020. [Online]. Available: <https://plumelabs.com>.

- [31] Google Play, "Plume Labs: Air Quality App," Google Play, 2020. [Android Application]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.plumelabs.air>.
- [32] BreezoMeter, "BreezoMeter Main Page," BreezoMeter, 2020. [Online]. Available: <https://breezometer.com>.
- [33] Google Play, "Air Quality Index, Pollen & Fires - BreezoMeter," Google Play, 2020. [Android Application]. Available: <https://play.google.com/store/apps/details?id=app.breezometer>.
- [34] S. Friedman, "BreezoMeter's Global Air Quality Index: Real-time & Micro-Local (BAQI)," BreezoBuzz, 2018. [Online]. Available: <https://blog.breezometer.com/breezometers-air-quality-index>.
- [35] F. Pradityo, and N. Surantha, "Indoor Air Quality Monitoring and Controlling System based on IoT and Fuzzy Logic," In Proc. 2019 7th International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT), Kuala Lumpur, Malaysia, 2019, pp. 1-6.
- [36] W. Song, J. Han, J. Xie, Y. Gao, and L. Song, "System for Detecting and Forecasting PM_{2.5} Concentration Levels Using Long Short-Term Memory and LoRa," In Proc. 2019 International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData), Atlanta, GA, USA, 2019, pp. 834-841.
- [37] V. Choudhary, J. H. Teh, V. Beltran, and H. B. Lim, "AirQ: A Smart IoT Platform for Air Quality Monitoring," In Proc. 2020 IEEE 17th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC), Las Vegas, NV, USA, 2020, pp. 1-2.
- [38] S. R. Enigella, and H. Shahnasser, "Real Time Air Quality Monitoring," In Proc. 2018 10th International Conference on Knowledge and Smart Technology (KST), Chiang Mai, 2018, pp. 182-185.
- [39] R. Rushikesh, and C. M. R. Sivappagari, "Development of IoT based vehicular pollution monitoring system," In Proc. 2015 International Conference on Green Computing and Internet of Things (ICGCIoT), Noida, 2015, pp. 779-783.
- [40] S. Dhingra, R. B. Madda, A. H. Gandomi, R. Patan, and M. Daneshmand, "Internet of Things Mobile–Air Pollution Monitoring System (IoT-Mobair)," IEEE Internet of Things Journal, vol. 6, no.3, pp. 5577-5584, Jun. 2019
- [41] K. Zheng, S. Zhao, Z. Yang, X. Xiong, and W. Xiang, "Design and Implementation of LPWA-Based Air Quality Monitoring System," IEEE Access, vol. 4, pp. 3238-3245, Jul. 2016.
- [42] S. Kaivonen, and E. C.-H. Ngai, "Real-time air pollution monitoring with sensors on city bus," Digital Communications and Networks, vol. 6, no. 1, pp. 23-30, Feb. 2020.
- [43] J.-I. Hernández-Vega, E.R. Varela, N.H. Romero, C. Hernández-Santos, J.L.S. Cuevas, and D.G.P. Gorham, "Internet of Things (IoT) for Monitoring Air Pollutants with an

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in a Smart City,” In Proc. Smart Technology, 2018, pp. 108-120.

- [44] Y. Gao et al., "Mosaic: A low-cost mobile sensing system for urban air quality monitoring," In Proc. IEEE INFOCOM 2016 - The 35th Annual IEEE International Conference on Computer Communications, San Francisco, CA, 2016, pp. 1-9.
- [45] G. Lo Re, D. Peri, and S. D. Vassallo, “Urban Air Quality Monitoring Using Vehicular Sensor Networks,” in Advances onto the Internet of Things, vol. 260, Springer, Cham, 2014, pp. 311-323.