



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
**Σύγχρονα Συστήματα Επικοινωνιών
και Διαδίκτυο των Πραγμάτων**
Τμήμα Ψηφιακών Συστημάτων

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία
Σχεδιασμός και Υλοποίηση Συστήματος Διαδικτύου των
Αντικειμένων για την Αξιολόγηση του Επιπέδου του
Θορύβου σε Σχολικές Μονάδες και την Περιβαλλοντική
Επιτήρηση τους

Του μεταπτυχιακού φοιτητή
Δημητρίου Γιώργου, Α.Μ. Μ023122002

Επιβλέπων
Δρ. Γκιουλέκας Φώτιος

Λάρισα, Οκτώβριος 2024

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	1
Ευχαριστίες.....	3
Αποποίηση Ευθυνών.....	4
Πρόλογος.....	5
1. Εισαγωγή στο Internet of Things (IoT)	7
1.1 Γενικά.....	7
1.2 Ιστορική Αναδρομή	7
1.3 Βασικές Τεχνολογίες του IoT.....	7
1.3.1 Αισθητήρες και Δέκτες	7
1.3.2 Δικτύωση και Επικοινωνία	8
1.3.3 Πλατφόρμες Cloud	8
1.3.4 Τεχνητή Νοημοσύνη και Ανάλυση Δεδομένων.....	8
1.4 Εφαρμογές του IoT.....	8
1.4.1 Έξυπνα Σπίτια	8
1.4.2 Υγεία και Ιατρική	8
1.4.3 Βιομηχανία 4.0	8
1.4.4 Έξυπνες Πόλεις	9
1.4.5 Αγροτική Παραγωγή	9
1.5 Προκλήσεις και Προοπτικές.....	9
1.5.1 Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα.....	9
1.5.2 Διαλειτουργικότητα.....	9
1.5.3 Κλίμακα και Κόστος	9
2. Σκοπός της εργασίας.....	10
3. Θόρυβος στα σχολεία	11
3.1 Γενικά για τον θόρυβο.....	11
3.2 Διεθνή όρια θορύβου.....	12
3.2.1 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ)	12
3.3 Ελληνική νομοθεσία.....	12
3.4 Προβλήματα από την έκθεση σε υψηλό θόρυβο.....	13
3.5 Θόρυβος στα σχολεία	15
4. Η αρχιτεκτονική του δικτύου που υλοποιήθηκε	17
4.1 Περιβαλλοντικές μεταβλητές που μετρήθηκαν.	17
4.2 Ασύρματη ζεύξη με τηλεπικοινωνιακό σύστημα LoRa.....	18
4.2.1 Βασικά Χαρακτηριστικά του LoRa	18

4.2.2	Αρχιτεκτονική Δικτύου LoRa	19
4.3	Η χωροταξική υλοποίηση του δικτύου	19
4.4	Η τοποθέτηση των σταθμών στα κτήρια.....	21
4.5	Η αρχιτεκτονική της λειτουργίας του δικτύου.....	22
5.	Hardware.....	24
5.1	WiFi boards	24
5.2	LoRa boards	24
5.3	Αισθητήρες	25
5.3.1	Ήχου	25
5.3.2	Θερμοκρασίας - Υγρασίας	31
5.4	Σταθμοί μέτρησης – μετάδοσης.....	32
5.4.1	Σχεδιασμός σταθμών.....	32
5.4.2	Υλοποίηση σταθμών	34
6.	Λογισμικό	36
6.1	Προγραμματισμός Wemos	36
6.2	Προγραμματισμός LoRa.....	42
6.3	Cloud	42
6.3.1	Διακομιστής MQTT Broker.....	42
6.3.2	Επεξεργαστής ροών Node-RED.....	43
6.3.3	Βάση δεδομένων χρονοσειρών InfluxDB.....	51
6.3.4	Πλατφόρμα ανάλυσης και οπτικοποίησης δεδομένων Grafana	52
7.	Στατιστικά.....	54
7.1	Τα δεδομένα	54
7.2	Σχεδιασμός μελέτης – επεξεργασία δεδομένων.....	55
7.2.1	Επεξεργασία δεδομένων θορύβου.....	55
7.2.2	Επεξεργασία όλων των δεδομένων	56
7.3	Περιγραφικά στατιστικά.....	57
7.3.1	Θόρυβος.....	57
7.3.2	Θερμοκρασία – Υγρασία – Μικροσωματίδια	58
7.3.3	Δεδομένα ομαδοποιημένα ανά ώρα (60 λεπτά).....	59
7.4	Συγκρίσεις.....	61
7.4.1	Θόρυβος - κτήριο	62
7.4.2	Θερμοκρασία - κτήριο	62
7.4.3	Υγρασία - κτήριο	62
7.4.4	Θόρυβος – ώρα.....	63
8.	Συμπεράσματα	64

8.1	Στατιστικά.....	64
8.2	Κόστος υλοποίησης δικτύου	64
8.3	Περιορισμοί.....	65
8.4	Προτάσεις χρήσης	66
9.	Επίλογος.....	68
	Βιβλιογραφία – αναφορές – διαδικτυακές πηγές	69
	Παράρτημα.....	71

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 3.1 : Το εύρος της λογαριθμικής κλίμακας έντασης θορύβου. Πηγή: ΕΛΙΝΥΑΕ «Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ»	11
Εικόνα 3.2 : Επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία. Πηγή: ΕΛΙΝΥΑΕ «Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ»	14
Εικόνα 4.1 : Απόσταση σταθμού WAQI από το σχολικό συγκρότημα.	17
Εικόνα 4.2 : Το σχολικό συγκρότημα στο οποίο έγινε η εγκατάσταση.....	20
Εικόνα 4.3 : Χωροταξική τοποθέτηση των σταθμών μέτρησης του δικτύου IoT.	21
Εικόνα 4.4 : Η θέση του σταθμού 10 στο 1 ^ο κτήριο.	21
Εικόνα 4.5 : Η θέση του σταθμού 21 στο 2 ^ο κτήριο.	22
Εικόνα 4.6 : Η θέση του σταθμού 10 και του δέκτη LoRa στο 1 ^ο κτήριο.	22
Εικόνα 4.7 : Η αρχιτεκτονική του δικτύου.	23
Εικόνα 5.1 : Wemos D1 R2.....	24
Εικόνα 5.2 : WiFi LoRa 32(V3) – Heltec Automation	25
Εικόνα 5.3 : Οι αισθητήρες SEN0232 (αριστερά) και SEN12642 (δεξιά).	25
Εικόνα 5.4 : Digital Sound Level Meter GM1351	26
Εικόνα 5.5 : Η διάταξη αξιολόγησης του SEN0232. Σε κόκκινο κύκλο ο μετρητής GM1351.	27
Εικόνα 5.6 : Η «ησυχία» μετρήθηκε τοποθετώντας τους αισθητήρες σ’ ένα μονωμένο κουτί.	28
Εικόνα 5.7 : Οι δύο αισθητήρες «ακούνε» από την ίδια απόσταση.....	28
Εικόνα 5.8 : Αναλογική έξοδος αισθητήρα. Σχέση Volt - Decibel.....	30
Εικόνα 5.9 : DHT11 (αριστερά) και AHT10 (δεξιά)	31
Εικόνα 5.10 : Κόμβος LoRa.....	32
Εικόνα 5.11 : Κόμβος Gateway LoRa με Wi-Fi	33
Εικόνα 5.12 : Κόμβος Wi-Fi με αισθητήρα θερμοκρασίας – υγρασίας DHT11	33
Εικόνα 5.13 : Κόμβος Wi-Fi με αισθητήρα θερμοκρασίας – υγρασίας AHT10	34
Εικόνα 5.14 : Ο σταθμός 10 : Wemos D1 R2 + DHT11 + SEN0232.....	34
Εικόνα 5.15 : Ο σταθμός 20 : Wemos D1 R2 + AHT10 + SEN0232.....	35
Εικόνα 5.16 : Ο σταθμός 30 : Heltec WiFi LoRa 32(V3) + DHT11 + SEN0232	35
Εικόνα 5.17 : Gateway Heltec WiFi LoRa 32(V3)	35
Εικόνα 6.1 : Μία ροή του Node-RED	44
Εικόνα 6.2 : Οι ρυθμίσεις του mqtt node	44

Εικόνα 6.3 : Το λογισμικό στο function node	45
Εικόνα 6.4 : Οι ρυθμίσεις του influxDB node.....	45
Εικόνα 6.5 : Οι ροές συλλογής, επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων των κτηρίων 1 και 2.	46
Εικόνα 6.6 : Η ροή συλλογής, επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων του κτηρίου 3.	46
Εικόνα 6.7 : Τα δεδομένα ήχου λαμβάνονται κάθε 5 λεπτά.....	47
Εικόνα 6.8 : Λήψη και επεξεργασία δεδομένων World Air Pollution Index.	47
Εικόνα 6.9 : Τα δεδομένα συγκέντρωσης μικροσωματιδίων λαμβάνονται με http request.	47
Εικόνα 6.10 : Ροές παρουσίασης θορύβου, θερμοκρασίας, υγρασίας, κτήριο 1 - ισόγειο.	48
Εικόνα 6.11 : Ρυθμίσεις του chart node θερμοκρασίας, κτήριο 1 - ισόγειο.	48
Εικόνα 6.12 : Ροή παρουσίασης θορύβου, θερμοκρασίας, υγρασίας, κτήριο 3 – ισόγειο (LoRa).	49
Εικόνα 6.13 : Ροή παρουσίασης θορύβου όλων των κτηρίων.....	49
Εικόνα 6.14 : Απεικόνιση καταγραφής θορύβου (24 ώρες), σταθμός 10 (κτήριο 1 – ισόγειο).	49
Εικόνα 6.15 : Απεικόνιση καταγραφής θορύβου (2 εβδομάδες), σταθμός 20 (κτήριο 2 – ισόγειο).	50
Εικόνα 6.16 : Απεικόνιση καταγραφής υγρασίας (2 ημέρες), σταθμός 20 (κτήριο 2 – ισόγειο).	50
Εικόνα 6.17 : Απεικόνιση καταγραφής θερμοκρασίας (2 ημέρες) όλων των κτηρίων .	50
Εικόνα 6.18 : Απεικόνιση καταγραφής υγρασίας (2 ημέρες) όλων των κτηρίων	51
Εικόνα 6.19 : Απεικόνιση ποιότητας αέρα (2 ημέρες), σταθμός δικτύου WAQI.	51
Εικόνα 6.20 : Απεικόνιση θερμοκρασίας (24 ώρες), σταθμός 10 (κτήριο 1 – ισόγειο).	52
Εικόνα 6.21 : Ιστορική απεικόνιση (αρχή μετρήσεων έως τώρα), ωριαίων μέσων τιμών θορύβου, σταθμός 20 (κτήριο 2 – ισόγειο).	53
Εικόνα 6.22 : Απεικόνιση θορύβου (24 ώρες), όλων των κτηρίων.	53

Πίνακας Συντομογραφιών

ΕΛΙΝΥΑΕ	Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας
WAQI	World Air Quality Index

Περίληψη

Στόχος της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι ο σχεδιασμός και η εγκατάσταση ενός δικτύου αισθητήρων IoT σε σχολικές μονάδες της Λάρισας με την επακόλουθη στατιστική ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν. Το δίκτυο αποτελείται από σταθμούς οι οποίοι θα έχουν αισθητήρες μέτρησης υγρασίας, θερμοκρασίας και θορύβου. Επίσης λαμβάνονται τιμές συγκέντρωσης σωματιδίων pm10 και pm2.5 από σταθμό μέτρησης κοντά στο σχολικό συγκρότημα. Τα δεδομένα συλλέγονται, αποστέλλονται, αποθηκεύονται σε απομακρυσμένο server (cloud) απ' όπου μέσω πλατφορμών IoT είναι διαθέσιμα για επεξεργασία.

Η εγκατάσταση υλοποιήθηκε στο 3^ο Γυμνάσιο και 3^ο Λύκειο Λάρισας. Η κυρίως εγκατάσταση έγινε στο γυμνάσιο. Στο Λύκειο τοποθετήθηκε ένας κόμβος που στέλνει τα δεδομένα στο Γυμνάσιο μέσω δικτύου LoRa Peer to Peer σε άλλο κόμβο που λειτουργεί τόσο ως κόμβος αισθητήρων αλλά και ως πύλη για την αποστολή μέσω πρωτοκόλλου MQTT πάνω από Wi-Fi των δεδομένων LoRa στο Cloud. Οι υπόλοιποι κόμβοι συλλέγουν και αποστέλλουν τις μετρήσεις από τους αισθητήρες τους, μέσω επίσης πρωτοκόλλου MQTT, στην πλατφόρμα Node-RED, η οποία είναι εγκαταστημένη σε υποδομή cloud ενώ επίσης γίνεται χρήση της Βάσης Δεδομένων χρονοσειράς InfluxDB για την αποθήκευση των δεδομένων. Η στατιστική ανάλυση των μετρήσεων κατέδειξε την ανάγκη να προωθηθούν οι τεχνολογίες του IoT για την περιβαλλοντολογική επιτήρηση των σχολικών υποδομών και, συνεπώς, να οδηγήσουν τις απαραίτητες βελτιώσεις των κτηρίων για τον μετριασμό του θορύβου και την επίτευξη υψηλής ποιότητας στη διδασκαλία.

Abstract

The main objective in this thesis is to design and install an IoT sensor network in Larissa's school units along with the associated statistical analysis of the data collected. The network consists of IoT nodes that integrate humidity, temperature and noise sensors. Furthermore, PM10 and PM2.5 data is received from a measurement station nearby the school complex. The data is collected, shipped, stored in a remote Cloud server where IoT platforms are utilized for processing and analysis purposes.

Specifically, the IoT infrastructure has been deployed to the 3rd High School and the 3rd Senior High School of Larissa. An IoT Node that has been installed in the Senior High School transmits the collected sensor data via a LoRa Peer to Peer Network to another node located at the High School that not only does operate as sensor node but also it acts as a gateway to send LoRa data via the MQTT Protocol over Wi-Fi to the cloud. The rest of the IoT nodes acquire and send the measurements from their sensors also via the MQTT protocol to the Node-RED platform installed in a cloud infrastructure, and further stored at the InfluxDB Timeseries Database. The statistical analysis of the received data has indicated the necessity to foster IoT technologies to environmentally monitor school infrastructures, and thus to prompt for improvements regarding the building facilities towards noise mitigation and achieving high quality in teaching.

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστώ τον επιβλέποντα μου Δρ. Φώτιο Γκιουλέκα για την υποστήριξη και καθοδήγηση κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας. Επίσης ευχαριστώ τη διευθύντρια του 3^{ου} Γυμνασίου Λάρισας κα Ιωάννα Θεοδοροπούλου για τη συνεργασία και υποστήριξη που μου παρείχε καθώς και τον διευθυντή του 3^{ου} Λυκείου Λάρισας κ. Ηλία Τανό για τη συνεργασία του. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω και το Τμήμα Πληροφορικής του ΑΠΘ για την παραχώρηση της υποδομής cloud και συγκεκριμένα τον Καθηγητή του τμήματος κ. Παναγιώτη Κατσαρό για την υποστήριξή του.

Αποποίηση Ευθυνών

Επισημαίνουμε ότι τηρώντας τον Γενικό Κανονισμό Προστασίας Προσωπικών Δεδομένων (GDPR), τα δεδομένα που επεξεργάστηκαν και αποθηκεύτηκαν δεν περιλαμβάνουν ευαίσθητα προσωπικά δεδομένα καθηγητών, μαθητών και λοιπού προσωπικού των σχολικών συγκροτημάτων. Τα δεδομένα αφορούν αποκλειστικά σε περιβαλλοντικά δεδομένα (θόρυβος στα κτίρια, υγρασία, θερμοκρασία, PM10 & PM2.5). Δεν υπήρξε κάποια συσχέτιση με καθηγητές, μαθητές και λοιπό προσωπικό. Επιπλέον, υπογράφηκε πρωτόκολλο συνεργασίας μεταξύ του ΠΜΣ και της Διεύθυνσης των Σχολικών Μονάδων για την εγκατάσταση των μετρητικών σταθμών (κόμβων) και την καταγραφή των ανωτέρω περιβαλλοντικών δεδομένων.

Πρόλογος

Το πρώτο κεφάλαιο είναι μια εισαγωγή όπου παρουσιάζεται θεωρητικά η έννοια του Internet of Things.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφεται ο σκοπός της παρούσας εργασίας. Δεδομένου ότι ο κύριος σκοπός είναι η χρήση τεχνολογίας IoT για τη μέτρηση του θορύβου στο σχολικό περιβάλλον, στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται ο ορισμός, τα χαρακτηριστικά και οι επιπτώσεις του θορύβου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η λειτουργία, η σκοπιμότητα, η χωροταξική τοποθέτηση και η αρχιτεκτονική του λογισμικού του δικτύου IoT που υλοποιήθηκε. Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το Υλισμικό (Hardware) που χρησιμοποιήθηκε. Περιγράφεται η αξιολόγηση και η επιλογή των αισθητήρων καθώς και ο σχεδιασμός και η υλοποίηση των κόμβων IoT.

Στο έκτο κεφάλαιο αναλύεται το Λογισμικό (Software) που αναπτύχθηκε καθώς και η λειτουργία του δικτύου (επιτήρηση σε πραγματικό χρόνο – αποθήκευση, επεξεργασία δεδομένων).

Στο έβδομο κεφάλαιο γίνεται η στατιστική επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν και τέλος στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν και ακολουθεί ο επίλογος στο ένατο κεφάλαιο.

1.Εισαγωγή στο Internet of Things (IoT)

1.1 Γενικά

Το Internet of Things (IoT), ή Διαδίκτυο των Πραγμάτων, είναι μια από τις πλέον καινοτόμες και ραγδαία αναπτυσσόμενες τεχνολογίες της τελευταίας δεκαετίας. Αναφέρεται στη σύνδεση καθημερινών αντικειμένων και συσκευών στο διαδίκτυο, επιτρέποντάς τους να συλλέγουν, να ανταλλάσσουν και να αναλύουν δεδομένα [1]. Το IoT δημιουργεί νέες δυνατότητες και προκλήσεις σε διάφορους τομείς της κοινωνίας και της οικονομίας, από την υγεία και την ασφάλεια μέχρι την παραγωγή και τις έξυπνες πόλεις [2].

Οι δυνατότητες που προσφέρει είναι μείζονος σημασίας, από την αύξηση της αποδοτικότητας και τη βελτίωση της ποιότητας της ζωής μέχρι τη δημιουργία νέων επιχειρηματικών ευκαιριών [1]. Ωστόσο, για να επιτευχθεί αυτό το όραμα, πρέπει να αντιμετωπιστούν οι προκλήσεις που σχετίζονται με την ασφάλεια, τη διαλειτουργικότητα και το υψηλό κόστος υλοποίησης [3]. Με την κατάλληλη προσέγγιση, το IoT μπορεί να προσφέρει σημαντικά οφέλη και να οδηγήσει σε έναν πιο συνδεδεμένο και έξυπνο κόσμο.

1.2 Ιστορική Αναδρομή

Η ιδέα πίσω από το IoT έχει τις ρίζες της στη δεκαετία του 1980, όταν οι ερευνητές άρχισαν να εξετάζουν τις δυνατότητες της σύνδεσης συσκευών στο διαδίκτυο [2]. Ωστόσο, η πραγματική έκρηξη του IoT ξεκίνησε τη δεκαετία του 2010, χάρη στις προόδους στην ασύρματη τεχνολογία, τους αισθητήρες και την τεχνολογία cloud [4]. Η αύξηση της υπολογιστικής ισχύος και η μείωση του κόστους των ηλεκτρονικών συσκευών συνέβαλαν επίσης σημαντικά στην εξάπλωση του IoT [5].

1.3 Βασικές Τεχνολογίες του IoT

1.3.1 Αισθητήρες και Δέκτες

Οι αισθητήρες είναι συσκευές που συλλέγουν δεδομένα από το εγγύς περιβάλλον τους, όπως θερμοκρασία, υγρασία, φως, κίνηση και άλλες φυσικές παραμέτρους [1]. Οι δέκτες λαμβάνουν αυτά τα δεδομένα και τα μεταδίδουν μέσω του διαδικτύου σε νεφοϋπολογιστικά περιβάλλοντα για περαιτέρω επεξεργασία.

1.3.2 Δικτύωση και Επικοινωνία

Οι τεχνολογίες δικτύωσης, όπως το Wi-Fi, το Bluetooth, τα ασύρματα Zigbee και LoRa καθώς και τα δίκτυα κινητής τηλεφωνίας, επιτρέπουν τη σύνδεση των συσκευών στο διαδίκτυο και την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ τους [4].

1.3.3 Πλατφόρμες Cloud

Οι πλατφόρμες cloud προσφέρουν την υποδομή για την αποθήκευση, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που συλλέγονται από τις συσκευές IoT [6]. Παρέχουν επίσης εργαλεία για τη διαχείριση και την ασφαλή πρόσβαση σε αυτά τα δεδομένα.

1.3.4 Τεχνητή Νοημοσύνη και Ανάλυση Δεδομένων

Η τεχνητή νοημοσύνη (AI) και οι τεχνικές ανάλυσης δεδομένων χρησιμοποιούνται για την εξαγωγή σημαντικών πληροφοριών από τα δεδομένα που συλλέγονται [2]. Αυτό επιτρέπει τη δημιουργία προγνωστικών μοντέλων και την αυτοματοποίηση διαδικασιών.

1.4 Εφαρμογές του IoT

1.4.1 Έξυπνα Σπίτια

Οι έξυπνες οικιακές συσκευές, όπως οι θερμοστάτες, οι λάμπες, οι κάμερες ασφαλείας και οι οικιακές συσκευές, επιτρέπουν την απομακρυσμένη παρακολούθηση και έλεγχο του σπιτιού μέσω smartphone ή άλλων συσκευών [7].

1.4.2 Υγεία και Ιατρική

Οι συσκευές IoT στην υγεία περιλαμβάνουν φορητές συσκευές παρακολούθησης υγείας, όπως οι αισθητήρες καρδιακού ρυθμού και οι συσκευές παρακολούθησης γλυκόζης, οι οποίες βοηθούν στη συνεχή παρακολούθηση της υγείας των ασθενών και στην έγκαιρη ανίχνευση προβλημάτων υγείας [2].

1.4.3 Βιομηχανία 4.0

Οι βιομηχανικές εφαρμογές του IoT περιλαμβάνουν την παρακολούθηση και τον έλεγχο των μηχανημάτων και των γραμμών παραγωγής, τη διαχείριση της ενέργειας και την πρόληψη των βλαβών μέσω της προγνωστικής συντήρησης [8].

1.4.4 Έξυπνες Πόλεις

Οι τεχνολογίες IoT χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση των υποδομών των πόλεων, όπως ο φωτισμός, η κυκλοφορία και η διαχείριση αποβλήτων. Αυτό επιτρέπει την αποδοτικότερη χρήση των πόρων και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των πολιτών [9].

1.4.5 Αγροτική Παραγωγή

Οι αισθητήρες IoT χρησιμοποιούνται στη γεωργία για την παρακολούθηση των καλλιεργειών και των ζώων, τη διαχείριση του νερού και των λιπασμάτων και τη βελτιστοποίηση των διαδικασιών παραγωγής [7].

1.5 Προκλήσεις και Προοπτικές

Παρά τις πολλές δυνατότητες του IoT, υπάρχουν σημαντικές προκλήσεις που πρέπει να ληφθούν υπόψη και να αντιμετωπιστούν:

1.5.1 Ασφάλεια και Ιδιωτικότητα

Η συλλογή και αποθήκευση μεγάλου όγκου δεδομένων εγείρει ανησυχίες για την ασφάλεια και την ιδιωτικότητα των χρηστών. Οι διαρροές δεδομένων και οι κυβερνοεπιθέσεις είναι σοβαροί κίνδυνοι που απαιτούν ισχυρές λύσεις ασφάλειας [3].

1.5.2 Διαλειτουργικότητα

Η ύπαρξη πολλών διαφορετικών συσκευών και πλατφορμών IoT δημιουργεί προβλήματα διαλειτουργικότητας. Η ανάπτυξη κοινών προτύπων είναι απαραίτητη για τη διασύνδεση και την αποτελεσματική συνεργασία των συσκευών [10].

1.5.3 Κλίμακα και Κόστος

Η κλίμακα των δικτύων IoT και το κόστος εγκατάστασης και συντήρησης αυτών των δικτύων μπορεί να είναι ιδιαίτερα υψηλά. Η ανάπτυξη οικονομικά αποδοτικών λύσεων είναι σημαντική για την ευρεία υιοθέτηση του IoT [2].

2. Σκοπός της εργασίας

Στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Ελλάδας ο χρόνος καθημερινής λειτουργίας θα μπορούσε να χωριστεί σε δύο κατηγορίες: α) τη λειτουργία εντός τάξης, που απλά συνηθίζουμε να λέμε «ώρα μαθήματος» και β) τη λειτουργία εκτός τάξης που συνήθως περιγράφεται ως «ώρα διαλείμματος».

Συνήθως όταν εξετάζουμε τις συνθήκες εργασίας μαθητών και εκπαιδευτικών σε μια σχολική μονάδα εστιάζουμε κυρίως στις ώρες μαθημάτων. Σ' αυτές η λειτουργία είναι στενά επιτηρούμενη και ελεγχόμενη από τον εκπαιδευτικό της τάξης. Οι συνθήκες μέσα στην τάξη διαμορφώνονται από πολλούς και διαφορετικούς παράγοντες όπως το είδος του μαθήματος, η δράση που εκτελείται, η διαμόρφωση του χώρου κλπ. Έτσι μπορεί να έχουμε ένα πολυπαραγοντικό και ευμετάβλητο περιβάλλον αλλά σε κάθε περίπτωση αυστηρά ελεγχόμενο.

Τα διαλείμματα όμως, αποτελούν ένα σημαντικό κομμάτι (περίπου το 20%) μιας καθημερινής σχολικής ημέρας. Σ' αυτά δεν υπάρχουν οι περιορισμοί της τάξης οπότε πολύ συχνά αναπτύσσονται καταστάσεις έντονης κινητικότητας και υψηλού θορύβου. Αυτές οι θορυβώδεις καταστάσεις επηρεάζουν το εργασιακό περιβάλλον των εκπαιδευτικών αλλά και των μαθητών και όταν υπερβαίνουν τα ανεκτά όρια επηρεάζουν αρνητικά την ψυχική και σωματική υγεία αλλά και την κοινωνική συμπεριφορά τους [11] [12].

Στόχος λοιπόν αυτής της εργασίας είναι να δημιουργηθεί ένα δίκτυο βασισμένο στην τεχνολογία του Internet of Things ως εργαλείο μέτρησης του θορύβου [13] [16] [17] αλλά και άλλων περιβαλλοντικών συνθηκών [18] ενός σχολικού συγκροτήματος σε κοινόχρηστους χώρους. Δηλαδή θα καταγράφονται οι συνθήκες εκτός των τάξεων διδασκαλίας οι οποίες επηρεάζουν το περιβάλλον στις ώρες διαλειμμάτων αλλά πολλές φορές συνεχίζουν και επηρεάζουν και τη διαδικασία του μαθήματος.

Το δίκτυο αυτό θα μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ερευνητές για καταγραφή, μελέτη και εξαγωγή συμπερασμάτων για τις συνθήκες εργασίας και κυρίως για τα επίπεδα θορύβου [19], καθώς και το πώς αυτά συσχετίζονται με τα περιβαλλοντικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά του σχολείου και πώς τελικά επηρεάζουν την ψυχοκοινωνική υγεία στις σχολικές μονάδες.

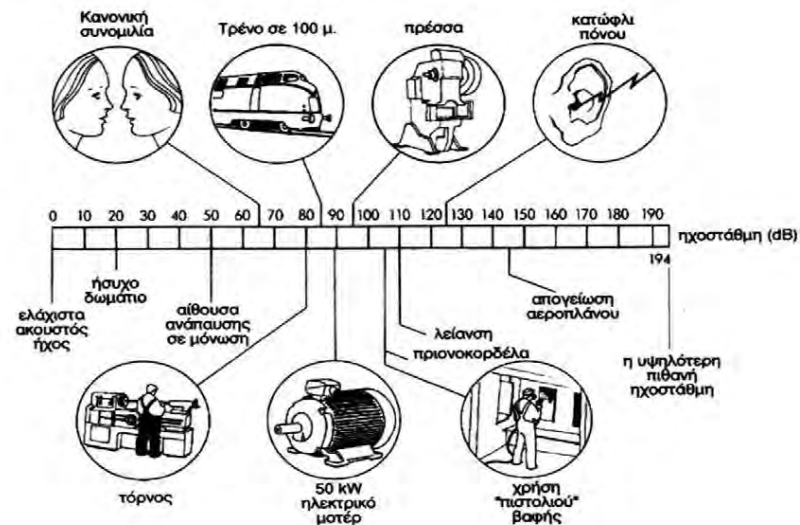
3.Θόρυβος στα σχολεία

3.1 Γενικά για τον θόρυβο

Ο άνθρωπος μπορεί να αντιληφθεί ήχους που βρίσκονται μέσα στην περιοχή συχνοτήτων από 16 έως 20.000 Hz. Ως ένταση ήχου ορίζεται το ποσό της ηχητικής ενέργειας που διέρχεται από μία επιφάνεια, κάθετη στην ακτίνα μετάδοσης του ηχητικού κύματος, στη μονάδα του χρόνου (Watt/m^2). Στην πράξη όμως και για πρακτικούς λόγους, ως μονάδα μέτρησης της ηχητικής έντασης χρησιμοποιείται το decibel (dB).

Συχνά χρησιμοποιείται το dBA, για τον υπολογισμό του οποίου γίνεται στάθμιση A – weighting. Δηλαδή υποβαθμίζονται οι συχνότητες που δεν ανήκουν ή βρίσκονται στα άκρα του ακουστικού εύρους του ανθρώπινου αυτιού, δηλαδή του διαστήματος [20Hz, 20.000Hz], ώστε τα αποτελέσματα να αντανακλούν την αίσθηση θορύβου όπως την αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος.

Η κλίμακα των decibel είναι λογαριθμική, πράγμα που σημαίνει ότι μία αύξηση της ηχοστάθμης κατά 3dB αντιστοιχεί σε διπλασιασμό της έντασης του ήχου, δηλαδή το διπλάσιο των 80dB δεν είναι τα 160 αλλά τα 83dB [14]. Η παρακάτω εικόνα δείχνει το εύρος της λογαριθμικής κλίμακας έντασης θορύβου.



Εικόνα 3.1 : Το εύρος της λογαριθμικής κλίμακας έντασης θορύβου. Πηγή: ΕΛΙΝΥΑΕ «Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ» [14]

3.2 Διεθνή όρια θορύβου

3.2.1 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ)

Τα όρια που θέτει ο ΠΟΥ [15], ανά δραστηριότητα, είναι:

Κατοικίες: Για τα υπνοδωμάτια, η κατευθυντήρια γραμμή είναι 30 dBA για την αποφυγή διαταραχών ύπνου, με 45 dBA max για μεμονωμένα γεγονότα. Τα επίπεδα θορύβου σε εξωτερικούς χώρους δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 55 dBA κατά τη διάρκεια της ημέρας ή τα 45 dBA τη νύχτα για να επιτραπεί ο ύπνος με ανοιχτά παράθυρα.

Σχολεία και Νηπιαγωγεία: Στις τάξεις, το επίπεδο θορύβου δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 35 dBA, με ακόμα χαμηλότερα επίπεδα για παιδιά με προβλήματα ακοής. Στους εξωτερικούς χώρους παιχνιδιού, τα επίπεδα θορύβου πρέπει να διατηρούνται κάτω από τα 55 dBA.

Νοσοκομεία: Προτείνονται 30 dBA και 40 dBA max για τα θαλάμους ασθενών τη νύχτα. Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται σε κρίσιμες μονάδες όπως οι μονάδες εντατικής θεραπείας και οι χειρουργικές αίθουσες.

Τελετές και Ψυχαγωγικά Γεγονότα: Η έκθεση των παρευρισκομένων πρέπει να περιορίζεται σε 100 dBA για έως και 4 ώρες, και το μέγιστο πρέπει να παραμένει κάτω από τα 110 dBA.

Ακουστικά: Για την αποφυγή βλάβης στην ακοή, η έκθεση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 70 dBA (μέση τιμή 24 ωρών), και το μέγιστο πρέπει να παραμένει κάτω από τα 110 dB.

Έντονοι Ήχοι: Για παιχνίδια, πυροτεχνήματα και πυροβόλα όπλα, οι ενήλικες δεν πρέπει να εκτίθενται σε επίπεδα θορύβου άνω των 140 dB κορυφής, ενώ για τα παιδιά, τα παιχνίδια πρέπει να παραμένουν κάτω από τα 120 dB κοντά στα αυτιά.

3.3 Ελληνική νομοθεσία

Στην Ελληνική νομοθεσία τα ανώτατα επιτρεπτά όρια θορύβου ορίζονται κατ' αρχήν από το Π.Δ. 1180/81 (ΦΕΚ 293/Α/6-10-1981). Τα ανώτατα επιτρεπόμενα όρια θορύβου που

επιτρέπει το Προεδρικό Διάταγμα, ανάλογα με την περιοχή, εμφανίζονται στον παρακάτω πίνακα :

Περιοχή	Ανώτατο όριο θορύβου dB(A)
Νομοθετημένες βιομηχανικές περιοχές	70
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το βιομηχανικό στοιχείο	65
Περιοχές στις οποίες επικρατεί εξ ίσου το βιομηχανικό και το αστικό στοιχείο	55
Περιοχές στις οποίες επικρατεί το αστικό στοιχείο	50

Επιπλέον Π.Δ. 149/2006, σε εναρμόνιση με την οδηγία 2003/10/EK της Ευρωπαϊκής Ένωσης, θεσπίζει τις παρακάτω στάθμες συνεχούς έκθεσης για δώρη εργασία και τις μέγιστες αντίστοιχες τιμές :

- 80 dBA ή 135 dB κατώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης
- 85 dBA ή 137 dB ανώτερες τιμές έκθεσης για ανάληψη δράσης και
- 87 dBA ή 140 dB οριακές τιμές έκθεσης.
-

Υπάρχουν πολλοί ακόμα νόμοι και νομολογία που εξειδικεύουν τα όρια ανάλογα με τη δραστηριότητα και το περιβάλλον, υιοθετούν σχετικές οδηγίες της Ευρωπαϊκής Ένωσης και επιβάλλουν μέτρα περιορισμού και αντιμετώπισης.

3.4 Προβλήματα από την έκθεση σε υψηλό θόρυβο

Η συνεχής και επαναλαμβανόμενη έκθεση σε υψηλό θόρυβο μπορεί να προκαλέσει σοβαρά προβλήματα υγείας, τόσο βραχυπρόθεσμα όσο και μακροπρόθεσμα. Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν τόσο τη σωματική όσο και την ψυχολογική ευεξία του ανθρώπου.

Πρώτα απ' όλα, η συνεχής έκθεση σε δυνατούς θορύβους μπορεί να προκαλέσει προβλήματα ακοής, όπως είναι η προσωρινή ή μόνιμη απώλεια ακοής. Η υπερβολική ένταση ήχου προκαλεί βλάβες στα κύτταρα του εσωτερικού αυτιού, τα οποία είναι υπεύθυνα για τη μετατροπή των ηχητικών κυμάτων σε ηλεκτρικά σήματα που κατανοούνται από τον εγκέφαλο [14]. Η βλάβη αυτή είναι συχνά μη αναστρέψιμη, ειδικά όταν η έκθεση είναι συχνή ή παρατεταμένη (θορυβογενής απώλεια ακοής).

Εκτός από τα προβλήματα ακοής, η έκθεση σε υψηλά επίπεδα ήχου μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένα επίπεδα στρες και άγχους. Οι δυνατοί θόρυβοι, ιδίως σε περιβάλλοντα όπου δεν μπορούν να αποφευχθούν, όπως οι πόλεις ή οι βιομηχανικές ζώνες, επηρεάζουν το νευρικό σύστημα και προκαλούν αύξηση στην παραγωγή των ορμονών του στρες. Αυτό μπορεί να οδηγήσει σε καρδιαγγειακά προβλήματα, όπως είναι η υπέρταση και οι καρδιακές αρρυθμίες.

Επιπλέον, η συνεχής έκθεση σε δυνατούς ήχους διαταράσσει τον ύπνο και την ποιότητα της ζωής. Η έλλειψη επαρκούς και ποιοτικού ύπνου μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ψυχολογική κατάσταση του ατόμου, οδηγώντας σε προβλήματα όπως η κατάθλιψη και η μειωμένη συγκέντρωση και παραγωγικότητα κατά τη διάρκεια της ημέρας.



Εικόνα 3.2 : Επιπτώσεις του θορύβου στην υγεία. Πηγή: ΕΛΙΝΥΑΕ «Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΣΤΟΥΣ ΧΩΡΟΥΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ» [14]

3.5 Θόρυβος στα σχολεία

Η έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου στα σχολεία μπορεί να έχει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις τόσο στους μαθητές όσο και στους δασκάλους και το υπόλοιπο προσωπικό. Το περιβάλλον μάθησης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο σε θορυβώδεις συνθήκες, και η ηχητική ρύπανση επηρεάζει την αποτελεσματικότητα της εκπαίδευσης και την υγεία όλων των εμπλεκομένων [11].

Πρώτα απ' όλα, για τους μαθητές, ο θόρυβος μπορεί να επηρεάσει άμεσα την ικανότητά τους να συγκεντρωθούν και να κατανοήσουν τις πληροφορίες που παρέχονται στο μάθημα. Ο δυνατός ή συνεχόμενος θόρυβος, είτε προέρχεται από εξωτερικές πηγές, όπως δρόμοι και κατασκευές, είτε από εσωτερικές πηγές, όπως οι φωνές των συμμαθητών ή οι δυνατοί ήχοι μέσα στην τάξη, αποσπά την προσοχή των μαθητών. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την πτώση της ακαδημαϊκής απόδοσης, καθώς δυσκολεύονται να αφομοιώσουν τις γνώσεις και να συμμετάσχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία.

Επιπλέον, οι μαθητές που εκτίθενται σε υψηλά επίπεδα θορύβου ενδέχεται να αναπτύξουν υψηλά επίπεδα άγχους και στρες. Ο θόρυβος αυξάνει την αίσθηση της αναστάτωσης και της κόπωσης, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διάθεσή τους για μάθηση και η ικανότητά τους να αποδώσουν σε σχολικές εργασίες και εξετάσεις. Η συνεχής έκθεση σε θόρυβο μπορεί, επίσης, να επηρεάσει την ψυχοκοινωνική τους ανάπτυξη, καθώς οι μαθητές γίνονται πιο ευερέθιστοι και δυσκολεύονται να αναπτύξουν θετικές σχέσεις με τους συμμαθητές τους.

Οι δάσκαλοι και το υπόλοιπο προσωπικό των σχολείων δεν είναι άμοιροι των συνεπειών του θορύβου. Η συνεχής έκθεση σε υψηλά επίπεδα θορύβου μπορεί να τους προκαλέσει κόπωση και άγχος, επηρεάζοντας την ικανότητά τους να διατηρήσουν την ηρεμία και την υπομονή που απαιτούνται στην τάξη. Οι δυνατοί θόρυβοι δυσκολεύουν επίσης την επικοινωνία, με αποτέλεσμα οι δάσκαλοι να αναγκάζονται να υψώνουν τη φωνή τους για να γίνουν κατανοητοί, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε φωνητική κόπωση ή προβλήματα με τις φωνητικές χορδές.

Επιπρόσθετα, το διοικητικό και υποστηρικτικό προσωπικό των σχολείων που εργάζεται σε θορυβώδη περιβάλλοντα μπορεί να αντιμετωπίσει προβλήματα υγείας, όπως αυξημένα επίπεδα στρες, μειωμένη αποδοτικότητα στην εργασία και προβλήματα συγκέντρωσης [20]. Η συνεχής ηχητική ρύπανση μπορεί να επηρεάσει τη γενικότερη ποιότητα ζωής τους, τόσο εντός όσο και εκτός του εργασιακού περιβάλλοντος.

Οι τρεις πρώτες μεταβλητές (θερμοκρασία – υγρασία – θόρυβος) καταγράφονται από τους εγκατεστημένους αισθητήρες. Η τέταρτη, λαμβάνεται μέσω internet (http RESTful API) από σταθμό μέτρησης του διεθνούς δικτύου WAQI (World Air Quality Index) που βρίσκεται σε απόσταση 1400m από το σχολικό συγκρότημα, στην οδό Σκιάθου (εικόνα 4.1) και είναι ο εγγύτερος σταθμός : <https://aqicn.org/station/greece-larissa-σκιάθου>.

Η επιλογή των συγκεκριμένων μεγεθών έγινε διότι επηρεάζουν σημαντικά την ποιότητα του εργασιακού χώρου και τη διάθεση των εργαζομένων. Οι μετρήσεις έγιναν σε κοινόχρηστους χώρους των σχολείων (διαδρόμους) και όχι σε αίθουσες διδασκαλίας οι οποίες ειδικά στο θέμα του θορύβου αποτελούν ελεγχόμενο χώρο.

4.2 Ασύρματη ζεύξη με τηλεπικοινωνιακό σύστημα LoRa

Η τεχνολογία LoRa (Long Range) αποτελεί μια καινοτόμο λύση στον τομέα των ασύρματων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων, σχεδιασμένη ειδικά για εφαρμογές Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT). Το LoRa είναι ένα πρωτόκολλο ασύρματης επικοινωνίας που επιτρέπει τη μετάδοση δεδομένων σε μεγάλες αποστάσεις με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, καθιστώντας το ιδανικό για συσκευές που λειτουργούν με μπαταρίες. Η τεχνολογία LoRa αποτελεί έναν σημαντικό παράγοντα στην ανάπτυξη του Διαδικτύου των Πραγμάτων, υποστηρίζοντας αξιόπιστη, ασφαλή και οικονομικά αποδοτική ασύρματη επικοινωνία σε μεγάλες αποστάσεις. Με τη συνεχή ανάπτυξη και βελτίωση των εφαρμογών IoT, η χρήση του LoRa αναμένεται να επεκταθεί περαιτέρω, προσφέροντας νέες δυνατότητες και βελτιώσεις στην καθημερινή μας ζωή [1][2][3].

4.2.1 Βασικά Χαρακτηριστικά του LoRa

4.2.1.1 Μεγάλη Εμβέλεια

Το LoRa μπορεί να επιτύχει εμβέλεια μετάδοσης έως και 15 χιλιόμετρα, ανάλογα με την πυκνότητα των κτηρίων, το περιβάλλον (αστικό – αγροτικό) και την ισχύ του πομπού [2].

4.2.1.2 Χαμηλή Κατανάλωση Ενέργειας

Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα του LoRa είναι η εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, επιτρέποντας στις συσκευές να λειτουργούν για χρόνια με μια απλή μπαταρία [3]. Στο δικό μας δίκτυο δεν χρησιμοποιήσαμε μπαταρία αλλά τροφοδοτικό αφού υπήρχε παροχή ρεύματος κοντά.

4.2.1.3 Χαμηλό Κόστος

Το κόστος υλοποίησης και λειτουργίας ενός δικτύου LoRa είναι σχετικά χαμηλό σε σύγκριση με άλλες τεχνολογίες όπως τα κυψελωτά δίκτυα, καθιστώντας το προσιτό για πολλές εφαρμογές [3].

4.2.1.4 Ασφάλεια

Το LoRa υποστηρίζει ισχυρά πρωτόκολλα κρυπτογράφησης, διασφαλίζοντας την προστασία των δεδομένων κατά τη μετάδοση [1].

4.2.2 Αρχιτεκτονική Δικτύου LoRa

Η αρχιτεκτονική ενός δικτύου LoRa αποτελείται κυρίως από τρία μέρη:

4.2.2.1 Τερματικές Συσκευές

Είναι οι συσκευές IoT που συλλέγουν δεδομένα και τα μεταδίδουν μέσω του δικτύου LoRa. Παραδείγματα τέτοιων συσκευών περιλαμβάνουν αισθητήρες περιβαλλοντικών παραμέτρων, έξυπνους μετρητές και άλλες συσκευές IoT. Στο δικό μας δίκτυο εγκαταστάθηκε μία τερματική συσκευή στο ισόγειο του λυκείου (θα παρουσιαστεί αναλυτικά παρακάτω).

4.2.2.2 Πύλες (Gateways)

Οι Πύλες λαμβάνουν τα δεδομένα από τις τερματικές συσκευές LoRa και τα μεταδίδουν στο κεντρικό σύστημα διαχείρισης μέσω ενσύρματων ή ασύρματων δικτύων [2]. Λειτουργούν ως μονάδες διεπαφής και διασύνδεσης των ετερογενών δικτύων. Στο δίκτυό μας εγκαταστάθηκε πύλη στο ισόγειο του 1^{ου} κτηρίου του γυμνασίου για τη διασύνδεση των δεδομένων LoRa με υποδομή Cloud.

4.2.2.3 Κεντρικό Σύστημα Διαχείρισης (Network Server)

Το κεντρικό σύστημα διαχείρισης, το οποίο συνήθως είναι κάποιος cloud server, επεξεργάζεται και αποθηκεύει τα δεδομένα που λαμβάνει από τους σταθμούς βάσης, ενώ παράλληλα διαχειρίζεται την επικοινωνία μεταξύ των τερματικών συσκευών και των εφαρμογών IoT [2].

4.3 Η χωροταξική υλοποίηση του δικτύου

Το σχολικό συγκρότημα στο οποίο στεγάζονται το 3^ο γυμνάσιο και το 3^ο λύκειο Λάρισας περιγράφεται στην παρακάτω γεωγραφική κάτοψη (εικόνα 4.2).



Εικόνα 4.2 : Το σχολικό συγκρότημα στο οποίο έγινε η εγκατάσταση.

1: 3ο Γυμνάσιο κτήριο Α

3: 3ο Λύκειο κτήριο Α

5: Οδός Καρδίτσης

2: 3ο Γυμνάσιο κτήριο Β

4: 3ο Λύκειο κτήριο Β

6: Σκεπαστή αγορά

Η σταθμοί (κόμβοι) συλλογής δεδομένων τοποθετήθηκαν στα κτήρια 1, 2 και 3.

Ειδικότερα:

Στα κτήρια 1 και 2 τοποθετήθηκαν από δύο σταθμοί μέτρησης θορύβου, υγρασίας και θερμοκρασίας, ένας σε κάθε όροφο. Οι σταθμοί συλλέγουν δεδομένα και μέσω του wi-fi του σχολείου τα στέλνουν σ' έναν cloud server.

Στο κτήριο 3 τοποθετήθηκε ένας σταθμός μέτρησης θορύβου, υγρασίας και θερμοκρασίας ο οποίος συλλέγει δεδομένα και τα στέλνει μέσω δικτύου LoRa στο κτήριο 1 απ' όπου πάλι μέσω του Wi-Fi ανεβαίνουν στον cloud server.

Οι σταθμοί μέτρησης ονομάστηκαν ανάλογα με τη θέση τους. Το όνομα αποτελείται από δύο ψηφία (εικόνα 4.3). Το πρώτο αντιστοιχεί στο κτήριο (1, 2, 3) και το δεύτερο στον όροφο (0 : ισόγειο, 1 : 1^{ος} όροφος).

Ειδικότερα :

Σταθμός 10 (Wi-Fi): κτήριο 1 όροφος 0 – ισόγειο

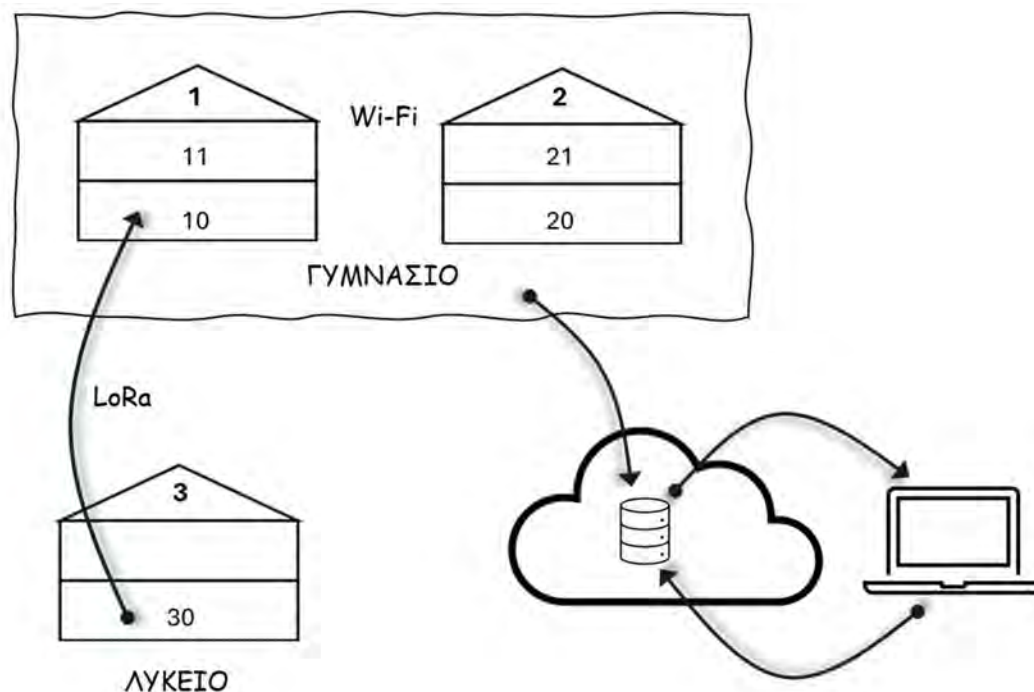
Σταθμός 11 (Wi-Fi): κτήριο 1 όροφος 1 – 1^{ος}

Σταθμός 20 (Wi-Fi): κτήριο 2 όροφος 0 – ισόγειο

Σταθμός 21 (Wi-Fi): κτήριο 2 όροφος 1 – 1^{ος}

Σταθμός 30 (LoRa): κτήριο 3 όροφος 0 – ισόγειο

Η χωροταξική τοποθέτηση φαίνεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα (4.3).



Εικόνα 4.3 : Χωροταξική τοποθέτηση των σταθμών μέτρησης του δικτύου IoT.

10 : κτήριο 1 όροφος 0 (ισόγειο)

11 : κτήριο 1 όροφος 1 (1^{ος})

20 : κτήριο 2 όροφος 0 (ισόγειο)

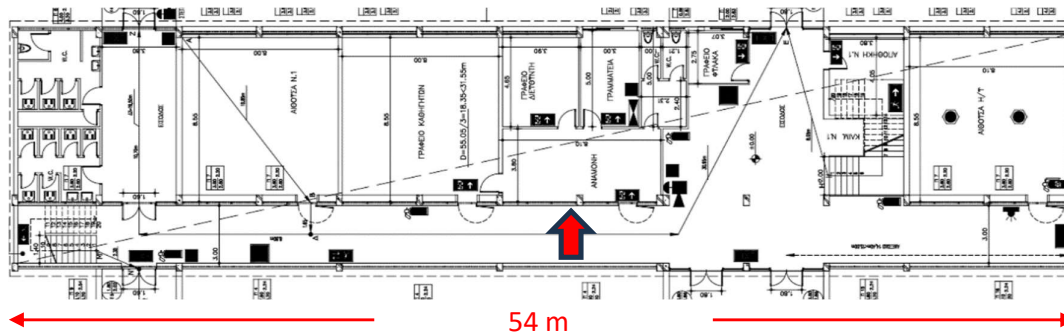
21 : κτήριο 2 όροφος 1 (1^{ος})

30 : κτήριο 3 όροφος 0 (ισόγειο)

Εγκαταστάθηκαν πέντε σταθμοί μέτρησης και μετάδοσης δεδομένων διάσπαρτοι στα τρία κτίρια. Επιπλέον, υπάρχει και ένας δέκτης LoRa (πύλη) στο 1^ο κτήριο ο οποίος λαμβάνει τα δεδομένα που στέλνει ο σταθμός 30. Συνολικά εγκαταστάθηκαν έξι κόμβοι δεδομένων.

4.4 Η τοποθέτηση των σταθμών στα κτήρια.

Οι σταθμοί τοποθετήθηκαν στους διαδρόμους των κτηρίων περίπου στο μέσο του μήκους τους που είναι συνολικά 54m σε σημεία όπου συνήθως υπάρχει αυξημένη δραστηριότητα (είσοδος – έξοδος γραφείων, πυκνή διέλευση μαθητών - εκπαιδευτικών).

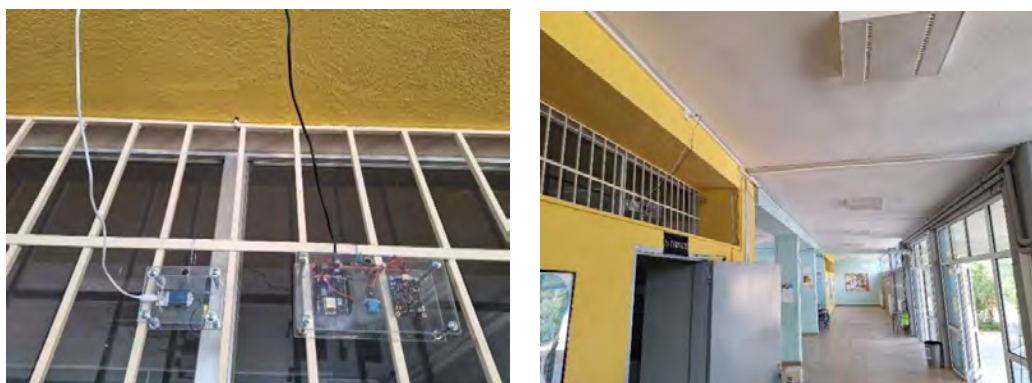


Εικόνα 4.4 : Η θέση του σταθμού 10 στο 1^ο κτήριο.

Στην παραπάνω εικόνα (4.4) φαίνεται η θέση του σταθμού 10 στο ισόγειο του γυμνασίου (κτήριο 10). Αντίστοιχη είναι και η τοποθέτηση στα άλλα κτήρια (εικόνες 4.5 και 4.6).



Εικόνα 4.5 : Η θέση του σταθμού 21 στο 2^ο κτήριο.



Εικόνα 4.6 : Η θέση του σταθμού 10 και του δέκτη LoRa στο 1^ο κτήριο.

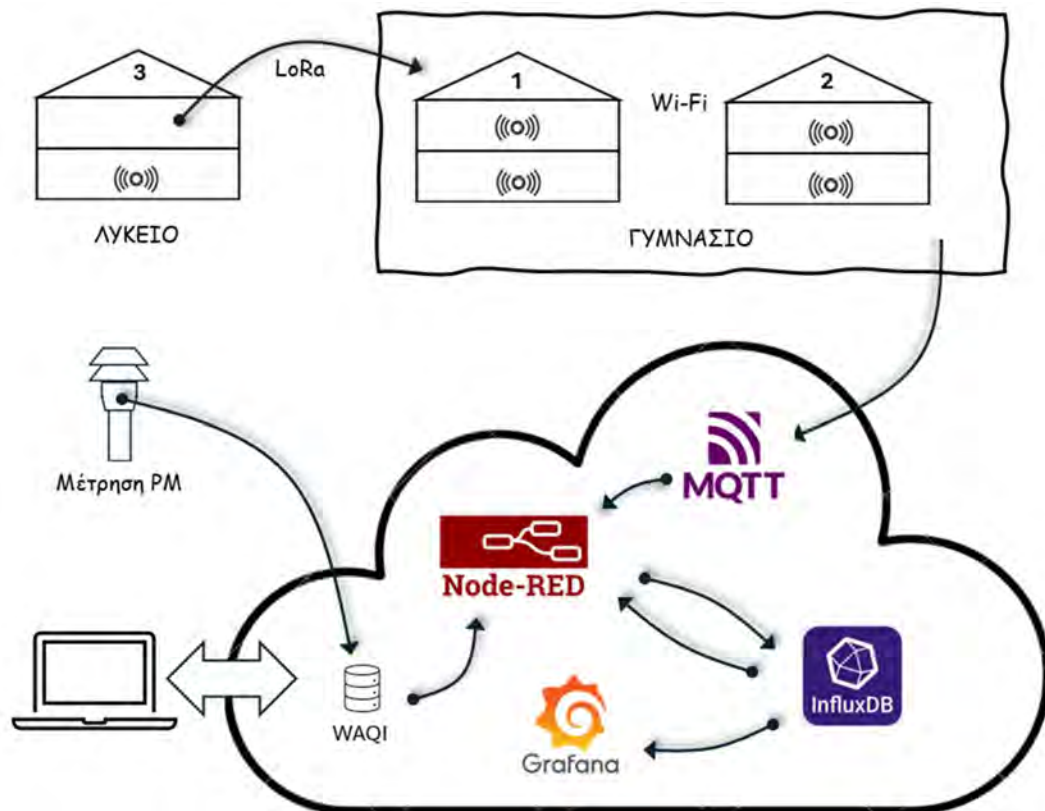
4.5 Η αρχιτεκτονική της λειτουργίας του δικτύου.

Για τη συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι σταθμοί που περιγράψαμε παραπάνω. Η επεξεργασία και η αποθήκευσή τους έγινε με το κατάλληλο λογισμικό. Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν οι εφαρμογές ελεύθερου λογισμικού Node-RED [21], InfluxDB [22] και Grafana [23], οι οποίες εγκαταστάθηκαν σε υποδομή cloud.

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (4.7) τα δεδομένα προέρχονται από δύο πηγές: α) τους αισθητήρες που είναι τοποθετημένοι στο σχολικό συγκρότημα και β) τον σταθμό μέτρησης ποιότητας αέρα πλησίον του σχολείου.

Οι καταγραφές των μεταβλητών περιβάλλοντος από τους αισθητήρες των σχολείων δημοσιεύονται σ' έναν MQTT Broker, απ' όπου λαμβάνονται με συνδρομή απ' το Node-RED. Επίσης απ' το Node-RED λαμβάνονται τα αντίστοιχα δεδομένα απ' τον server του δικτύου WAQI (World Air Quality Index).

Εκεί, αφού γίνει η κατάλληλη επεξεργασία (η οποία περιγράφεται αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο), τα δεδομένα στέλνονται και αποθηκεύονται στην βάση δεδομένων InfluxDB. Επιπλέον στο Node-RED δημιουργήθηκαν πίνακες ελέγχου (dashboards) με τους οποίους μπορεί κάποιος να παρακολουθήσει τις καταγραφές των αισθητήρων σε ζωντανό χρόνο.



Εικόνα 4.7 : Η αρχιτεκτονική του δικτύου.

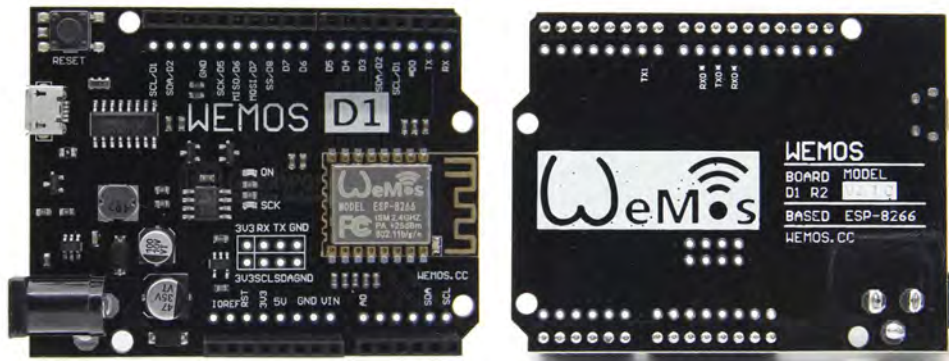
Τέλος υλοποιήθηκαν dashboards στο περιβάλλον του Grafana όπου παρουσιάζονται δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, ιστορικά και στατιστικά.

Οι εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν και οι λύσεις που υλοποιήθηκαν περιγράφονται αναλυτικά στο κεφάλαιο 6 – Λογισμικό.

5.Hardware

5.1 WiFi boards

Για τη συλλογή και μετάδοση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το WeMos D1 R2 [24]. Το Wemos είναι μια πλακέτα με επεξεργαστή ESP-8266 και ενσωματωμένο WiFi.



Εικόνα 5.1 : Wemos D1 R2

Τα χαρακτηριστικά της πλακέτας είναι :

Συμβατή με Arduino development enviroment

Μικροεπεξεργαστής : ESP-8266EX

Τάση λειτουργίας : 3.3V

Ψηφιακά Pin Εισόδου/Εξόδου (I/O) :11

Αναλογικά Pin Εισόδου :1(Max input: 3.2V)

Ταχύτητα Ρολογιού : 80MHz/160MHz

Μνήμη Flash: 4M bytes

Θύρα Micro USB (I/O & power)

Τροφοδοσία : Power jack, 9-24V

Διαστάσεις (mm) : 68.6 x 53.4

Βάρος : 25g

5.2 LoRa boards

Για τη συλλογή και απομακρυσμένη μετάδοση των δεδομένων – από το κτήριο του λυκείου στο κτήριο του γυμνασίου - χρησιμοποιήθηκε το WiFi LoRa 32 (V3) της Heltec Automation [25]. Είναι μια πλακέτα με επεξεργαστή ESP32-S3FN8 και ενσωματωμένα WiFi και LoRa .



Εικόνα 5.2 : WiFi LoRa 32(V3) – Heltec Automation

Τα βασικά χαρακτηριστικά της πλακέτας είναι :

Συμβατή με Arduino development environment uino

Μικροεπεξεργαστής : ESP32-S3FN8 (Xtensa® 32-bit, dual core, up to 240 MHz).

Τάση λειτουργίας : 3.3V

Ψηφιακά Pin Εισόδου/Εξόδου (I/O) :15

Ταχύτητα Ρολογιού : 80MHz/160MHz

Μνήμη Flash: 8Mbytes

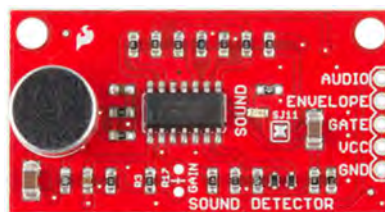
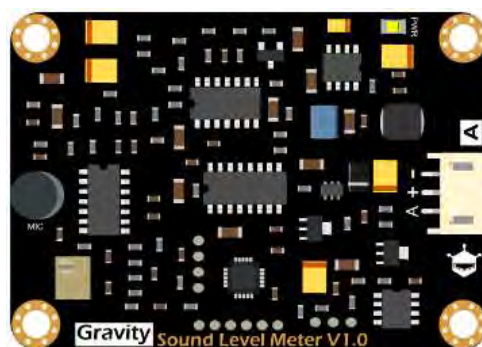
Θύρα Type-C (I/O & power)

Διαστάσεις (mm) : 50.2 x 25.5

5.3 Αισθητήρες

5.3.1 Ήχου

Για τη μέτρηση του θορύβου μετά από έρευνα σε σχετική αρθρογραφία επελέγησαν δύο αισθητήρες ο SEN0232 της DFRobot [26] και ο SEN12642 της SparkFun [27].



Εικόνα 5.3 : Οι αισθητήρες SEN0232 (αριστερά) και SEN12642 (δεξιά).

Ο SEN0232 έχει ενσωματωμένο λογισμικό που δίνει μια αναλογική τιμή για τον μετρούμενο ήχο, που αντιστοιχεί σε μια τιμή έντασης dBA, άρα μετράει dBA. Ο SEN12642

αντίθετα δεν μετράει dBA, δηλαδή δίνει μια αναλογική τιμή που δεν αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη τιμή έντασης και αυτό θα μπορούσε ενδεχομένως να γίνει εκ των υστέρων με κατάλληλο αλγόριθμο. Έτσι ενώ ο 0232 μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανεπιφύλακτα, για τον 12642 χρειάστηκε να γίνει αξιολόγηση.

5.3.1.1 Αξιολόγηση και επιλογή αισθητήρα μέτρησης ήχου.

Οι αισθητήρες αυτοί αξιολογήθηκαν κατά πόσο μπορούν να δώσουν αξιόπιστα αποτελέσματα για την ένταση του μετρούμενου ήχου σε decibel. Η αξιολόγηση έγινε στατιστικά, με λήψη ηχητικών δειγμάτων από τους δύο αισθητήρες και σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα αντίστοιχα ενός ντεσιμπελόμετρου Digital Sound Level Meter GM1351 [28].

Στην αρχή έγινε ένας έλεγχος αξιοπιστίας του SEN0232. Οι τιμές που έδινε (σε dBA) συγκρίθηκαν με τις αντίστοιχες που έδινε το ντεσιμπελόμετρο GM1351, όπου υπήρξε ταύτιση των αποτελεσμάτων σε διάφορες στάθμες θορύβου (30 – 130 dBA).



Εικόνα 5.4 : Digital Sound Level Meter GM1351

Για τον SEN12642 έγινε η παρακάτω διαδικασία:

Η συνάρτηση που δίνει την ένταση σε dBA είναι λογαριθμική της μορφής

$$dBA = 20\log(ax + b)$$

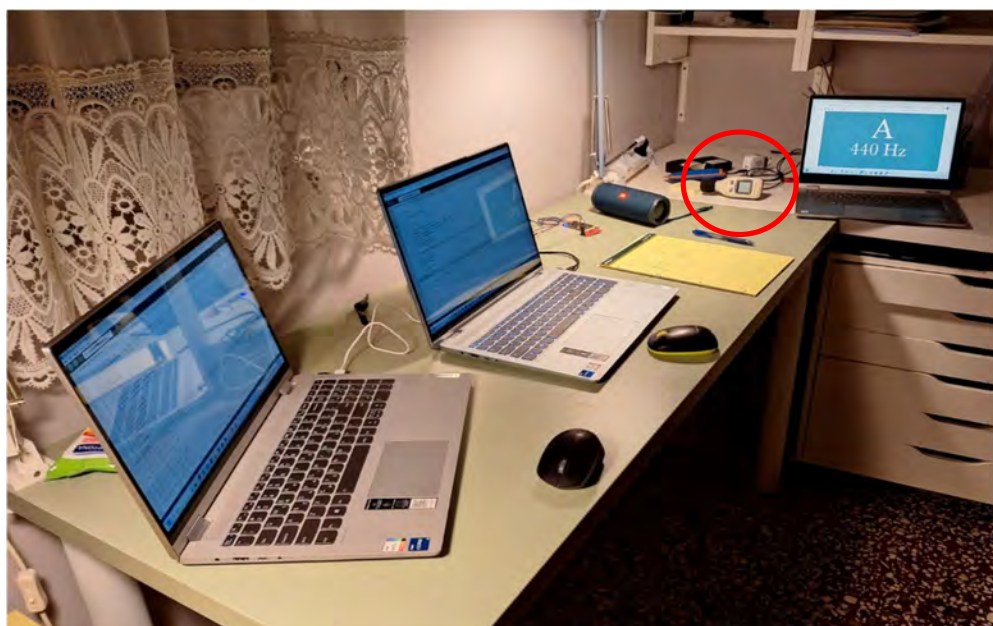
όπου το όρισμα $ax+b$ θεωρούμε πως είναι γραμμική συνάρτηση της αναλογικής τιμής που δίνει ο αισθητήρας. Έτσι έχουμε :

$$dBA = 20\log(ax + b) \Leftrightarrow ax + b = 10^{\frac{dBA}{20}} \Leftrightarrow ax + b = y$$

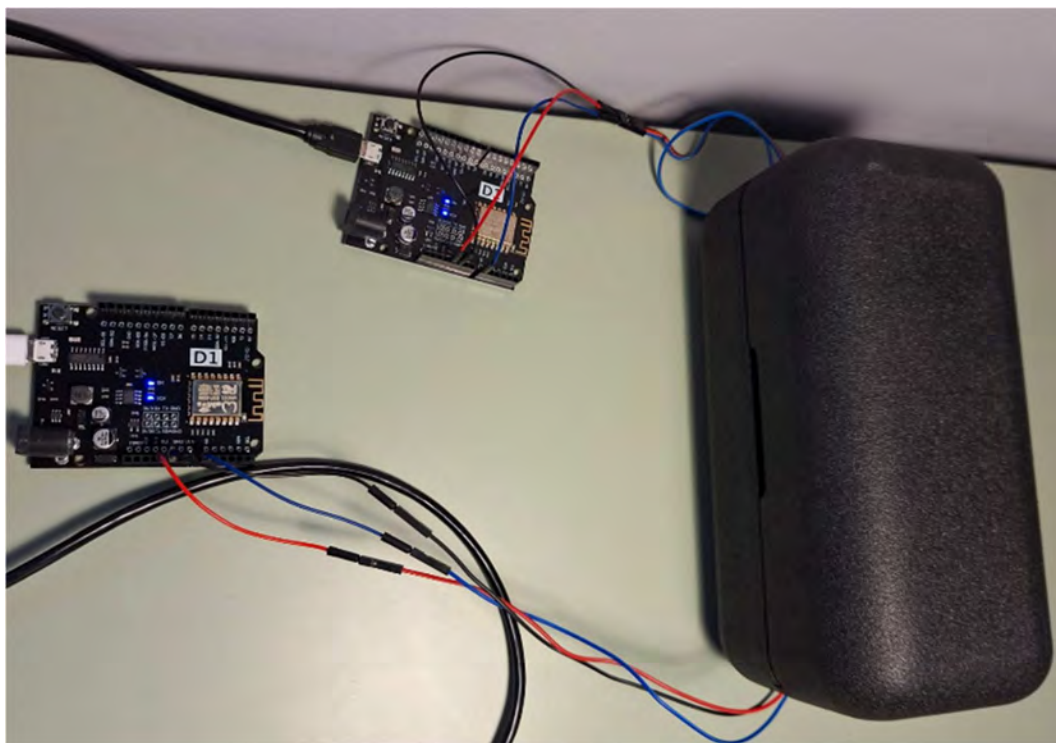
$$\text{όπου } y = 10^{\frac{dBA}{20}}$$

Έτσι δημιουργείται μια γραμμική σχέση μεταξύ x και y την οποία θα εκτιμήσουμε στατιστικά. Δηλαδή θα γίνει δειγματοληψία και θα εφαρμόσουμε γραμμική παλινδρόμηση (μέθοδος ελάχιστων τετραγώνων) ώστε να υπολογίσουμε εκτιμητές για τα α και β . Τότε θα έχουμε τη σχέση μεταξύ x και y . Το x είναι η αναλογική τιμή που δίνει ο αισθητήρας και το y η ποσότητα $10^{\frac{dBA}{20}}$. Για κάθε x θα παίρνουμε την αντίστοιχη ένδειξη σε dBA από τον μετρητή GM1351 και θα υπολογίζουμε το y και το αντίστοιχο x . Έτσι με αυτή τη δειγματοληψία δημιουργούμε ζεύγη (x, y) τα οποία με γραμμική παλινδρόμηση θα μας δώσουν την ευθεία άρα και τον τύπο που συνδέει τις δυο μεταβλητές, τον οποίο θα χρησιμοποιήσουμε για να φτιάξουμε το λογισμικό μετατροπής των αναλογικών ενδείξεων του 0232 σε dBA.

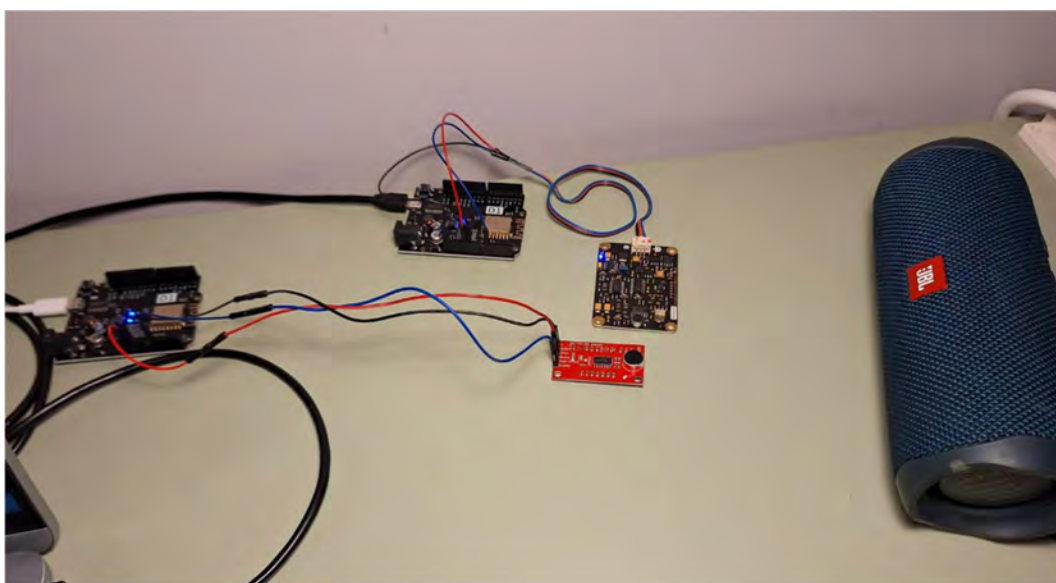
Για την υλοποίηση της παραπάνω διαδικασίας χρησιμοποιήθηκε διάταξη που αποτελούνταν από τρεις υπολογιστές (laptop). Στον πρώτο συνδέθηκε ο αισθητήρας 0232, στον δεύτερο ο 12642 και ο τρίτος παρήγαγε ένα σταθερό ήχο συχνότητας 440 Hz (μεσαία νότα Λα) μέσω ενός ηχείου 20W σε διάφορες στάθμες έντασης στο διάστημα 30 έως 130 dBA. Η έλλειψη θορύβου μετρήθηκε τοποθετώντας τους αισθητήρες σ' ένα μονωμένο κουτί (εικόνες 5.5, 5.6 και 5.7).



Εικόνα 5.5 : Η διάταξη αξιολόγησης του SEN0232. Σε κόκκινο κύκλο ο μετρητής GM1351.



Εικόνα 5.6 : Η «ησυχία» μετρήθηκε τοποθετώντας τους αισθητήρες σ' ένα μονωμένο κουτί.



Εικόνα 5.7 : Οι δύο αισθητήρες «ακούνε» από την ίδια απόσταση.

Στη συνέχεια αυξάνεται η ένταση σταδιακά και για κάθε στάθμη καταγράφονται οι ενδείξεις : αναλογική έξοδος 12642 (μεταβλητή x - envelop function), Volt 12642, Volt 0232 και dBA 0232. Για κάθε μέτρηση υπολογίζεται το y από τον τύπο $y=10^{\frac{dBA}{20}}$.

Έγινε συλλογή 62 δειγμάτων διαφόρων εντάσεων (διαθέσιμα στο παράρτημα) και στα 62 αυτά ζεύγη εφαρμόστηκε γραμμική παλινδρόμηση, τα αποτελέσματα της οποίας φαίνονται παρακάτω:

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0,994489142
R Square	0,989008653
Adjusted R Square	
Standard Error	31747,08033
Observations	62

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>
Intercept	-34192,9495	5471,92989	-6,2487916	4,7016E-08
X Variable 1	1292,017349	17,58401822	73,47679767	1,7575E-60

Προκύπτουν λοιπόν για τα α και β οι εκτιμητές $\alpha=1292,0173$ και $\beta=-34192,9495$ σε στάθμη σημαντικότητας $p < 0,5$ και με πολύ καλή προσαρμογή $R^2 = 0,989$.

Έτσι η ευθεία που μας δίνει τη τον τύπο μετατροπής σε dBA είναι :

$$Y = 1292,02X - 34192,95$$

Ο παραπάνω τύπος χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή λογισμικού ώστε να μετατρέπονται οι αναλογικές τιμές που δίνει ο SEN12642 σε dBA. Ο κώδικας που αναπτύχθηκε είναι ο παρακάτω :

```
#define PIN_ANALOG_IN A0
const float referenceVoltage = 5.0; // Voltage supplied to the sensor
const float sensitivity = referenceVoltage / 1024.0; // Sensitivity of the sensor
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}
void loop()
{
```

```

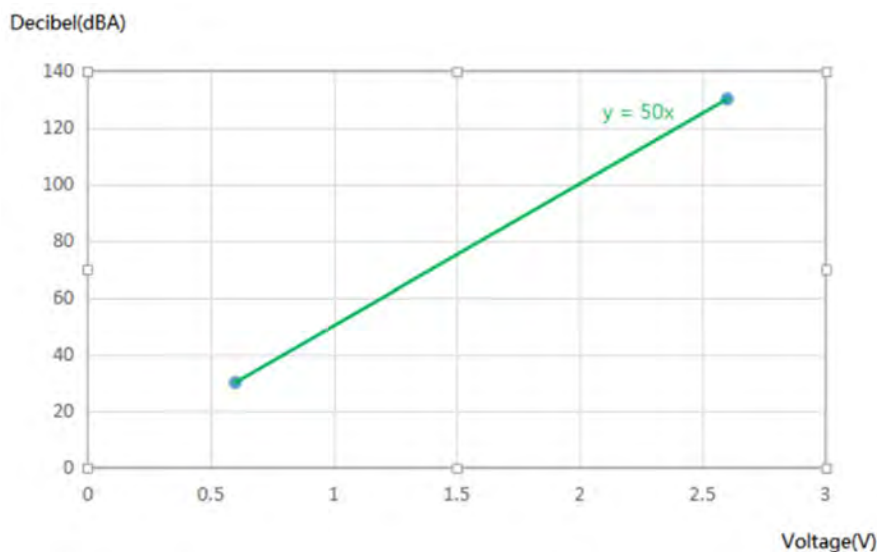
int sensorValue;
// Check the envelope input
sensorValue = analogRead(PIN_ANALOG_IN);
float voltage = sensorValue * sensitivity;
float dB = 20 * log10(1292.017349*sensorValue-34192.9495);
Serial.print("Sensor Value: ");
Serial.print(sensorValue);
Serial.print(", Voltage: ");
Serial.print(voltage);
Serial.print("V, dB: ");
Serial.print(dB);
delay(1000); // pause for 1 second
}

```

Ο παραπάνω κώδικας έχει καλή προσαρμογή για υψηλές τιμές θορύβου (>90 dBA), ενώ παρουσιάζει κάποια μικρή απόκλιση όσο οι τιμές μικραίνουν και δεν δίνει καθόλου τιμές για εντάσεις μικρότερες των 56 dBA.

Τελικά ο SEN12642 απορρίφτηκε διότι είχε μεγάλη απόκλιση από τις πραγματικές τιμές, ειδικά στις χαμηλές και μέτριες εντάσεις (30 – 80 dB). Έτσι χρησιμοποιήθηκε μόνο ο SEN0232.

Ο SEN0232 είναι ένας αναλογικός αισθητήρας ο οποίος δίνει ως έξοδο τάση ρεύματος 0,6V – 2,6V που βρίσκεται σε γραμμική σχέση με την κλίμακα decibel όπως φαίνεται στο διάγραμμα που ακολουθεί :



Εικόνα 5.8 : Αναλογική έξοδος αισθητήρα. Σχέση Volt - Decibel

Όπως φαίνεται από την παραπάνω γραφική παράσταση ο συντελεστής που συνδέει τα δύο μεγέθη είναι το 50. Έτσι πολλαπλασιάζοντας την έξοδο (Volt) του αισθητήρα με 50 παίρνουμε την ένταση του ήχου σε decibel (dBA).

Επιπλέον γίνεται, από τον ίδιο τον αισθητήρα, στάθμιση A – weighting. Έτσι τα αποτελέσματα προκύπτουν σε dBA αντί για dB.

Τα βασικά χαρακτηριστικά του SEN0232 είναι :

Εύρος μέτρησης : 30dBA ~ 130dBA

Λάθος μέτρησης : $\pm 1.5\text{dB}$

Στάθμιση συχνотήτων : A Weighted

Τάση εισόδου : 3.3 ~ 5.0V

Ρεύμα εισόδου : 22mA@3.3V, 14mA@5.0V

Τάση εξόδου : 0.6 ~ 2.6V

Διαστάσεις (mm) : 60 x 43

5.3.2 Θερμοκρασίας - Υγρασίας

Για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικοί αισθητήρες ο DHT11 [29] που κατασκευάζεται από πολλές εταιρίες κυρίως Κινέζικες και ο AHT10 της Aosong Elec [30]. Στον AHT10 τα head pins ήταν ξεχωριστά από την πλακέτα του αισθητήρα, οπότε χρειάστηκε συγκόλληση.



Εικόνα 5.9 : DHT11 (αριστερά) και AHT10 (δεξιά)

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αισθητήρων είναι :

DHT11

Τάση λειτουργίας : 3- 5VDC.

Σφάλμα μέτρησης υγρασίας $\pm 5\%$

Σφάλμα μέτρησης θερμοκρασίας $\pm 2^{\circ}\text{C}$
Πρωτόκολλο διασύνδεσης : Single Wire
Διαστάσεις σε mm (μ-π-υ) : 31 x 13 x 8,5

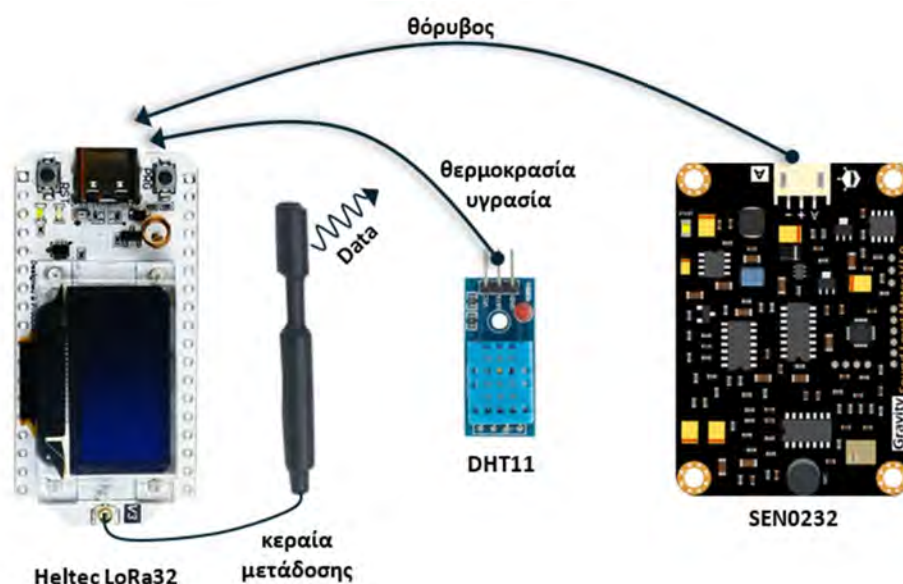
AHT10

Τάση λειτουργίας : 1.8 - 6VDC
Σφάλμα μέτρησης υγρασίας : $\pm 2\%$
Ακρίβεια μέτρησης υγρασίας : 0.024%
Σφάλμα μέτρησης θερμοκρασίας : $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$
Ακρίβεια μέτρησης θερμοκρασίας : 0.01°C
Πρωτόκολλο διασύνδεσης : I2C
Διαστάσεις σε mm (μ-π-υ) : 15.4 x 10.8 x 3

5.4 Σταθμοί μέτρησης – μετάδοσης

5.4.1 Σχεδιασμός σταθμών

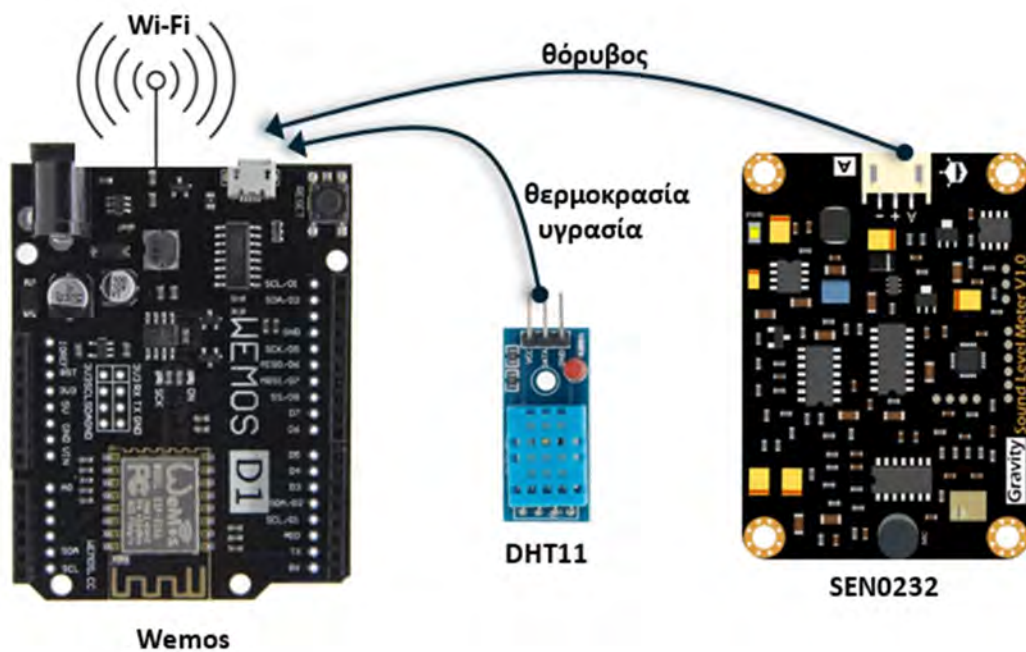
Με βάση το παραπάνω hardware σχεδιάστηκαν τέσσερις κόμβοι συλλογής και μετάδοσης δεδομένων IoT. Ειδικότερα σχεδιάστηκε ένας κόμβος LoRa, ένας Gateway LoRa με Wi-Fi και δύο κόμβοι Wi-Fi. Τα σχέδια παρουσιάζονται με τα παρακάτω δομικά διαγράμματα (εικόνες 5.10, 5.11, 5.12 και 5.13):



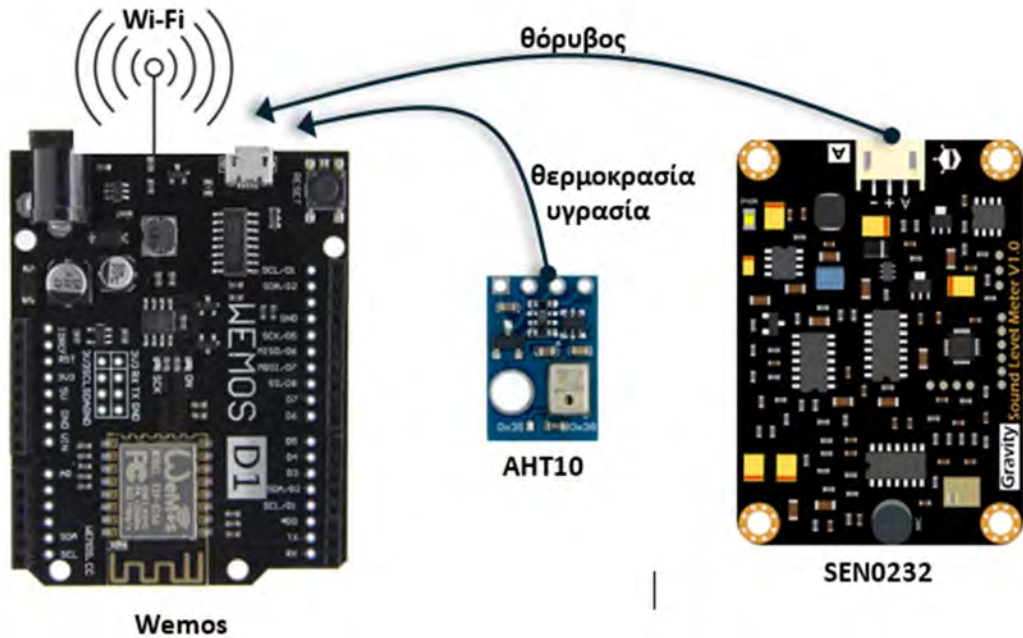
Εικόνα 5.10 : Κόμβος LoRa



Εικόνα 5.11 : Κόμβος Gateway LoRa με Wi-Fi



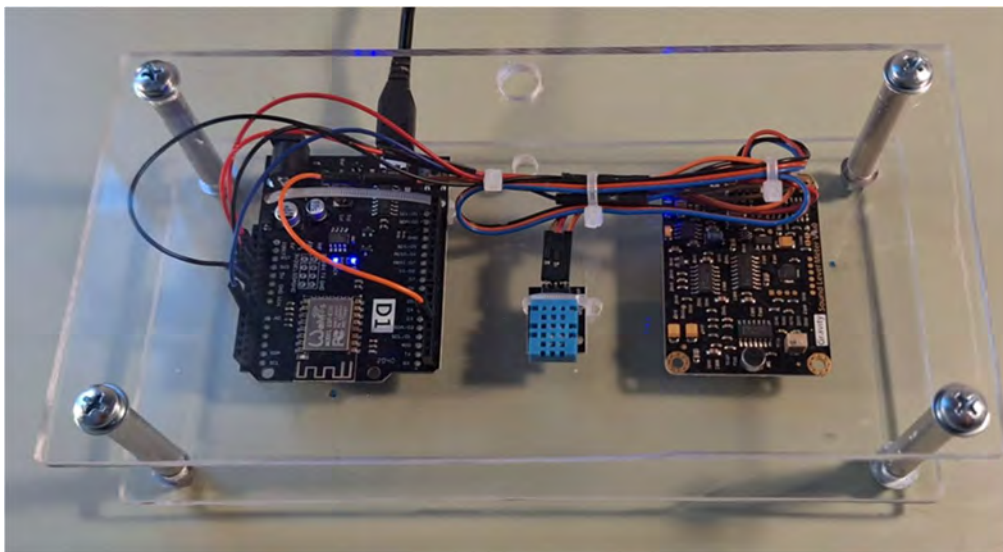
Εικόνα 5.12 : Κόμβος Wi-Fi με αισθητήρα θερμοκρασίας – υγρασίας DHT11



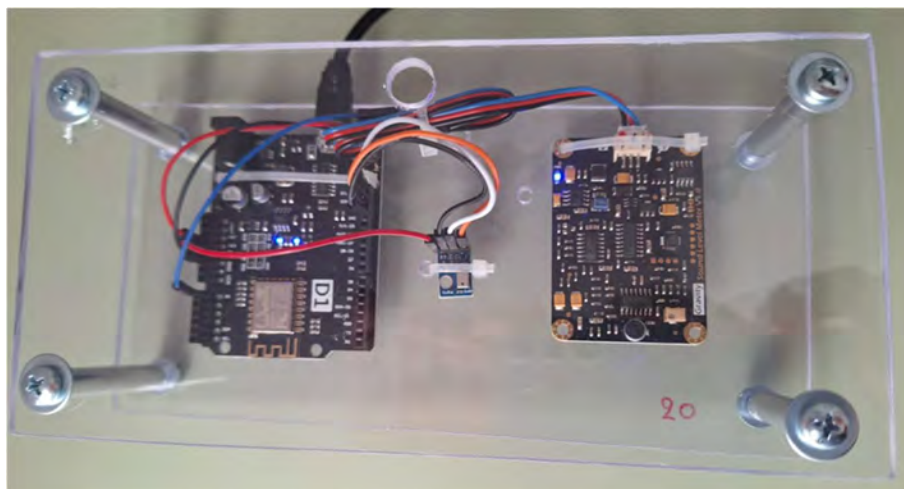
Εικόνα 5.13 : Κόμβος Wi-Fi με αισθητήρα θερμοκρασίας – υγρασίας AHT10

5.4.2 Υλοποίηση σταθμών

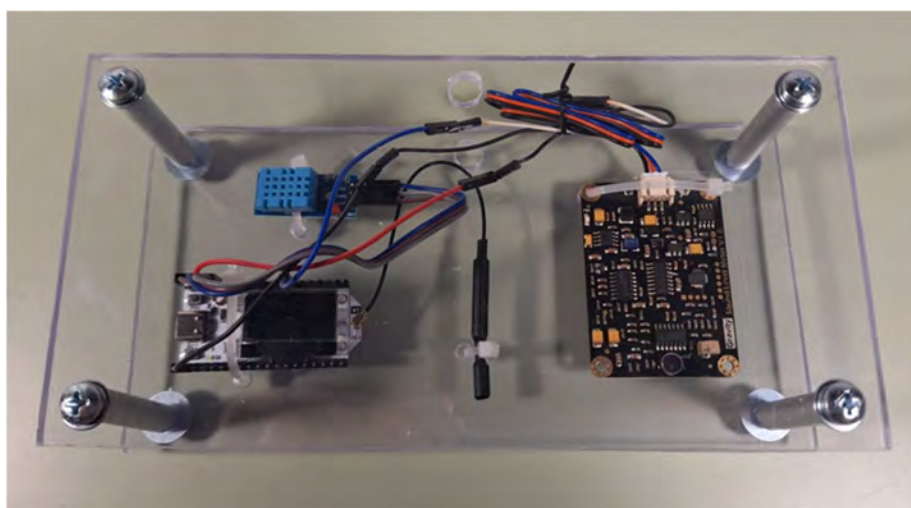
Με βάση τον παραπάνω σχεδιασμό κατασκευάστηκαν πέντε (5) σταθμοί μέτρησης και μετάδοσης δεδομένων και ένας σταθμός λήψης και μετάδοσης δεδομένων που τοποθετήθηκαν στα κτήρια του συγκροτήματος όπως περιγράψαμε στο προηγούμενο κεφάλαιο. Για την κατασκευή των σταθμών χρησιμοποιήθηκε plexiglass 3mm και στηρίγματα από σωλήνα αλουμινίου διαμέτρου 8mm (εικόνες 5.14, 5.15, 5.16, 5.17).



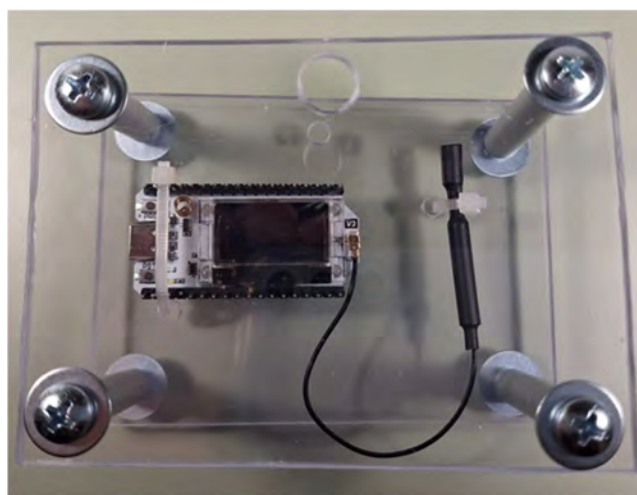
Εικόνα 5.14 : Ο σταθμός 10 : Wemos D1 R2 + DHT11 + SEN0232



Εικόνα 5.15 : Ο σταθμός 20 : Wemos D1 R2 + AHT10 + SEN0232



Εικόνα 5.16 : Ο σταθμός 30 : Heltec WiFi LoRa 32(V3) + DHT11 + SEN0232



Εικόνα 5.17 : Gateway Heltec WiFi LoRa 32(V3)

6.Λογισμικό

6.1 Προγραμματισμός Wemos

Για τον προγραμματισμό του Wemos χρησιμοποιήθηκε το περιβάλλον Arduino IDE 2.3.2 [31]. Βιβλιοθήκες που εγκαταστάθηκαν στο Arduino IDE :

Στο Boards Manager : 1. Arduino AVR Boards by Arduino
2. esp8266 by ESP8266 community

Στο Library Manager : 1. Adafruit AHT10 by Adafruit
2. Adafruit_BusIO by Adafruit
3. Adafruit_ESP8266 by Adafruit
4. Adafruit_MQTT_Library by Adafruit
5. ArduinoJson by Benoit Blanchon
6. ESP8266MQTTClient by Tuan PM
7. PubSubClient by Nick O' Leary

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναπτύχθηκε λογισμικό (Arduino sketch) για κάθε σταθμό εργασίας. Στη συνέχεια παρουσιάζεται και αναλύεται το sketch του σταθμού 10 (1^ο κτήριο – ισόγειο). Τα υπόλοιπα παρατίθενται στο παράρτημα.

```
// BUILDING 10 SCHOOL VERSION
```

```
#include <DHTesp.h>
```

```
#include <ESP8266WiFi.h>
```

```
#include <PubSubClient.h>
```

```
// DHT11
```

```
#define DHTPIN D2 // Digital Input
```

```
DHTesp dht;
```

```
//Gravity Sound Sensor (GSS)
```

```
#define SoundSensorPin A0 //this pin read the analog voltage from the sound level meter
```

```
#define VREF 3.3 //voltage on AREF pin,default:operating voltage
```

```

char* nodeName = "b10";
char* eSensor = "DHT11";
char* noiseTopic = "noise/b10";
char* meteoTopic = "meteo/b10";

// sound sample rate every "soundrate"/1000 seconds
int soundRate=1000; // 1 sec
int soundPublish=300; // publish every 300 seconds = 5 minutes

// meteo sample rate every (soundRate/1000)*meteoRate seconds (once after "meteoRate" sound sam-
ples)
int meteoRate=1200; // every 20 minutes
int counter=1;
//SHCOOL WIFI
const char* ssid = "SSID";
const char* password = "*****";

const char* mqtt_server = "IP ADDRESS";
const int mqtt_port = PORT NUMBER;

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

// connect to local wifi
void setup_wifi() {
  delay(10);
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);

  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }

  Serial.println("");

```

```

Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

// Try to reconnect to MQTT broker if connection failed
void reconnect() {
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    if (client.connect("NODE10")) {
      Serial.println("connected");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 5 seconds");
      delay(5000);
    }
  }
}

// ***** meteo *****
// read temperature and humidity values from DHT11, construct a json string and publish it to MQTT
void read_publish_DHT11(char* node) {
  // read temperature and humidity values from DHT11 sensor
  float temp = dht.getTemperature();
  float hum = dht.getHumidity();

  // check if values have been read
  if (isnan(temp) || isnan(hum))
  {
    Serial.println("DHT11 Read Data ERROR!");
    return;
  }

  // Convert temperature from float to a string and copy to the tempStr
  char tempStr[10]; // Define a character array to store the converted counter value !!!
  dtostrf(temp, 5, 2, tempStr);

```

```

// Convert humidity from float to a string and copy to the humStr
char humStr[10]; // Define a character array to store the converted counter value
dtostrf(hum, 5, 2, humStr);

//Construct the message from DHT11 to be an influxdb point
char jsonString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
strcpy(jsonString, "{\"building\":\"\"");
strcat(jsonString, node);
strcat(jsonString, "\",\"eSensor\":\"\"");
strcat(jsonString, eSensor);
strcat(jsonString, "\",\"temperature\":\"\"");
strcat(jsonString, tempStr);
strcat(jsonString, "\",\"humidity\":\"\"");
strcat(jsonString, humStr);
strcat(jsonString, "\"}");

Serial.println(jsonString); // check

// Publish temperature and humidity
client.publish(meteoTopic, jsonString);
}

// ***** noise *****
// read voltage value from GSS, turn it to a sound dB value, construct a json string and publish it to
MQTT
void read_publish_GSS(char* node){

// Read noise data from Gravity Sound Sensor
float voltageValue,dbValue;
voltageValue = analogRead(SoundSensorPin) / 1024.0 * VREF;

// check if values have been read
if (isnan(voltageValue)) {
  Serial.println("Sound Sensor Read Data ERROR!");
  return;
}

dbValue = voltageValue * 50.0; //convert voltage to decibel value

```

```

// Convert dbValue from float to a string and copy to the dbStr
char dbStr[10]; // Define a character array to store the converted counter value !!!
dtostrf(dbValue, 5, 2, dbStr);

//Construct the message from GSS to be an influxdb point
char jsonsString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
strcpy(jsonsString, "{\"building\":\"\"");
strcat(jsonsString, node);
strcat(jsonsString, "\",\"noise\":\"");
strcat(jsonsString, dbStr);
strcat(jsonsString, "\"}");

Serial.println(jsonsString); // check

// Publish the temperature
client.publish(noiseTopic, jsonsString);

}

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  Serial.print("INITIALIZATION OF DHT11");
  dht.setup(DHTPIN, DHTesp::DHT11);

  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);

}

void loop() {

  if (counter<meteoRate) {
    // publish noise value if it is over 85dB otherwise every 300 seconds
    if (analogRead(SoundSensorPin)>527 || counter%soundPublish==0){
      if (!client.connected()) {

```

```

    reconnect();
  }
  read_publish_GSS(nodeName);
}
counter++;
delay(soundRate-280);
}

if (counter==meteoRate) {
  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  read_publish_GSS(nodeName);
  read_publish_DHT11(nodeName);
  counter=1;
}
}

```

Ανάλυση :

Με τη συνάρτηση `read_publish_DHT11` διαβάζονται οι τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας οι οποίες στη συνέχεια μετατρέπονται σε string. Τέλος δημιουργείται ένα αντικείμενο JSON (Java Script Object Notation) ή πιο απλά ένα Json String που περιέχει τα στοιχεία: Κτήριο στο οποίο έγινε η μέτρηση (building), αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε (eSensor), θερμοκρασία (temperature) και υγρασία (humidity). Η μεταβλητή json-String που περιέχει όλα τα παραπάνω στοιχεία δημοσιεύεται σ' έναν MQTT Broker στο topic `meteo/b10`. Η δρομολόγηση προς τον Broker γίνεται μέσω συγκεκριμένης IP και θύρας. Ακριβώς με τον ίδιο τρόπο η συνάρτηση `read_publish_GSS` δημοσιεύει την ένταση του θορύβου στο κτήριο στο topic `noise/b10`. Από τον Broker τα δεδομένα λαμβάνονται, αποθηκεύονται και επεξεργάζονται με επιπλέον λογισμικό που θα δούμε παρακάτω.

Τα δεδομένα θερμοκρασίας – υγρασίας λαμβάνονται κάθε 20 λεπτά ενώ του θορύβου κάθε 5 λεπτά. Επιπλέον στους σταθμούς που είναι εγκατεστημένοι στο χώρο του γυμνασίου, όταν εντοπιστεί γεγονός υψηλής έντασης θορύβου (>85dBA) τότε η καταγραφή πυκνώνει και γίνεται ανά ένα δευτερόλεπτο μέχρι το τέλος του συμβάντος, δηλαδή μέχρι

να εντοπιστεί ήχος ≤ 85 dBA ξανά. Έτσι μέσω του δικτύου μπορεί να μετρηθεί η διάρκεια ήχων υψηλής έντασης που ενδεχομένως θα ενδιέφεραν σε μια μελέτη συνθηκών εργασίας και διαβίωσης στο χώρο του σχολείου.

6.2 Προγραμματισμός LoRa

Για τον προγραμματισμό του LoRa χρησιμοποιήθηκε το Arduino IDE 1.8.18 [32] διότι οι μεταγενέστερες εκδόσεις 2.x.x είχαν προβλήματα συμβατότητας. Επιπλέον βιβλιοθήκες που εγκαταστάθηκαν στο Arduino IDE :

1. Arduino_ESP32_OTA by Arduino
2. Adafruit SH110X by Adafruit
3. Heltec ESP32_Dev Boards by Heltec Automation

Η καταγραφή δεδομένων από τους αισθητήρες είναι πυκνή και γίνεται περίπου κάθε τρία δευτερόλεπτα. Έτσι ο χρόνος δειγματοληψίας για τις τιμές που θα αποθηκευτούν καθορίζεται σε επόμενο λογισμικό με το οποίο θα γίνει διαχείριση των δεδομένων στο cloud. Να σημειωθεί εδώ ότι με τον αρχικό προγραμματισμό οι τιμές ήχου που έδινε ο αναλογικός αισθητήρας ήταν πολύ μεγάλες, έξω απ' το εύρος των φυσιολογικών τιμών. Αυτό συνέβαινε διότι ο ADC (Analog to Digital Converter) του Heltec LoRa module έχει ακρίβεια 12-bit (4096 στάθμες), ενώ του wemos 10-bit (1024 στάθμες). Έτσι χρησιμοποιώντας το ίδιο λογισμικό με το wemos παίρναμε τιμές τέσσερις φορές μεγαλύτερες. Το πρόβλημα εντοπίστηκε και διορθώθηκε. Το λογισμικό που παρήχθη παρατίθεται στο παράρτημα.

6.3 Cloud

6.3.1 Διακομιστής MQTT Broker

Ο MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) Broker είναι ένας διακομιστής που διαχειρίζεται την αποστολή και τη λήψη μηνυμάτων μεταξύ πολλών συσκευών. Χρησιμοποιεί ένα ελαφρύ πρωτόκολλο επικοινωνίας που βασίζεται στη λειτουργία της συνδρομής (subscribe) και δημοσίευσης (publish). Ο Broker λαμβάνει δεδομένα από εκδότες (publishers) τα οποία δημοσιεύονται (δηλ. αποθηκεύονται) σ' ένα topic (δηλ. στη μνήμη του με συγκεκριμένο όνομα) απ' όπου προωθούνται στους αντίστοιχους συνδρομητές

(subscribers). Η χρήση ενός Broker επιτρέπει την απομακρυσμένη σύνδεση των συσκευών, χωρίς να χρειάζεται να γνωρίζουν η μία την ύπαρξη της άλλης. Ο MQTT Broker χρησιμοποιείται ευρέως στο Διαδίκτυο των Πραγμάτων (IoT).

Οι συσκευές (clients) συνδέονται στον MQTT Broker χρησιμοποιώντας το πρωτόκολλο MQTT πάνω από TCP. Κατά τη σύνδεση, παρέχουν ένα μοναδικό αναγνωριστικό (Client ID).

Στο δικό μας δίκτυο υλοποιήθηκε ένας MQTT Broker στο cloud (σε απομακρυσμένο server). Εκεί δημιουργήθηκαν topics δύο topics για κάθε σταθμό μέτρησης του γυμνασίου (meteo/b10, noise/b10, κ.λ.π.) και ένα για το σταθμό του λυκείου (loraheltec/sensordata). Τα δεδομένα δημοσιεύονται στα παραπάνω topics ως JSON strings και ανακτώνται με συνδρομή μέσω λογισμικού (Node-RED) που περιγράφεται παρακάτω.

6.3.2 Επεξεργαστής ροών Node-RED

Το Node-RED είναι ένα εργαλείο βασισμένο σε ροές (flows) για την οπτική ανάπτυξη εφαρμογών Internet of Things (IoT). Αναπτύχθηκε από την IBM και παρέχεται ως μία ανοικτού κώδικα πλατφόρμα IoT. Για το δίκτυο που υλοποιήθηκε, αναπτύχθηκαν ροές επεξεργασίας και διαχείρισης δεδομένων που περιγράφονται παρακάτω.

Οι ροές του Node-RED αποτελούνται από κόμβους (nodes). Οι κόμβοι σε μια σειριακή αλληλουχία και με τη συνδρομή κατάλληλου λογισμικού που αναπτύσσεται και ενσωματώνεται στη ροή οδηγούν στην επιθυμητή διαχείριση των δεδομένων μας. Θα περιγράψουμε αναλυτικά μια πρώτη ροή και στη συνέχεια θα παρουσιάσουμε το σύνολο των ροών που αναπτύχθηκαν. Το σύνολο των ροών που δημιουργήθηκαν καθώς και του λογισμικού που αναπτύχθηκε παρατίθενται στο παράρτημα.

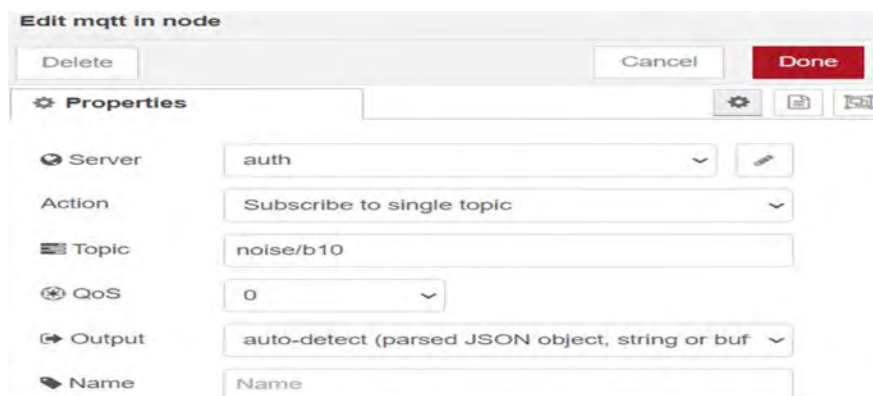
6.3.2.1 Αναλυτική παρουσίαση μιας ροής.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται μια πρώτη ροή που δημιουργήθηκε η οποία παίρνει τα δεδομένα από τον αισθητήρα ήχου του σταθμού 10 (γυμνάσιο, κτήριο 1 – ισόγειο), προσθέτει χρονοσήμανση και τα αποθηκεύει στη βάση δεδομένων (influxDB).



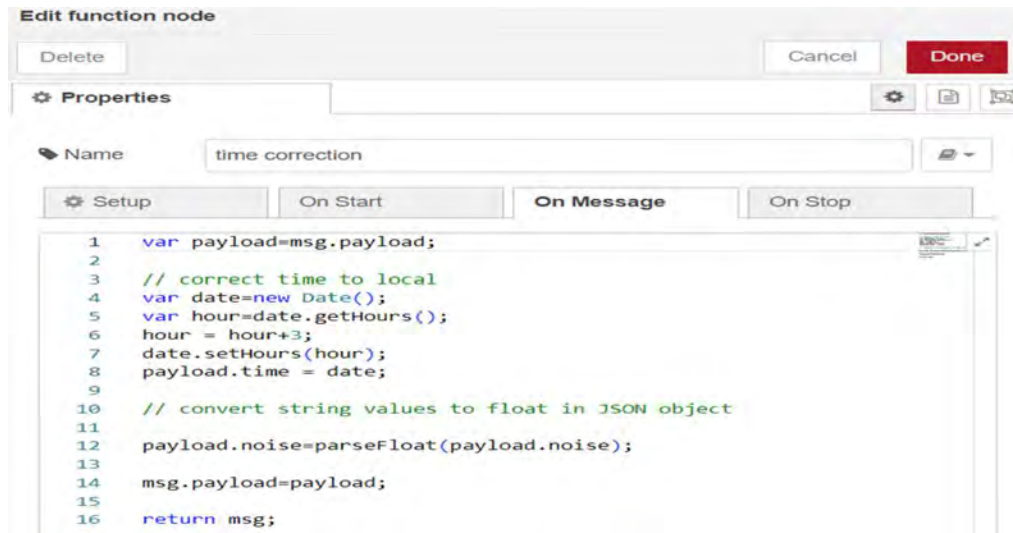
Εικόνα 6.1 : Μία ροή του Node-RED

Η παραπάνω ροή αποτελείται από τέσσερις κόμβους (nodes). Ο πρώτος (mqtt node) συνδέεται ως συνδρομητής (subscriber) στον MQTT Broker, στο topic “noise/b10”. Σ’ αυτό το topic όπως είδαμε νωρίτερα δημοσιεύονται (publishing) οι τιμές που καταγράφει ο αισθητήρας ήχου SEN0232 του σταθμού 10. Η δημοσίευση έχει οριστεί από το λογισμικό στο wemos να γίνεται κάθε πέντε λεπτά. Έτσι κάθε 5 λεπτά – εφ’ όσον ο αισθητήρας λειτουργεί σωστά - λαμβάνεται μία τιμή ή οποία προωθείται στον επόμενο κόμβο.



Εικόνα 6.2 : Οι ρυθμίσεις του mqtt node

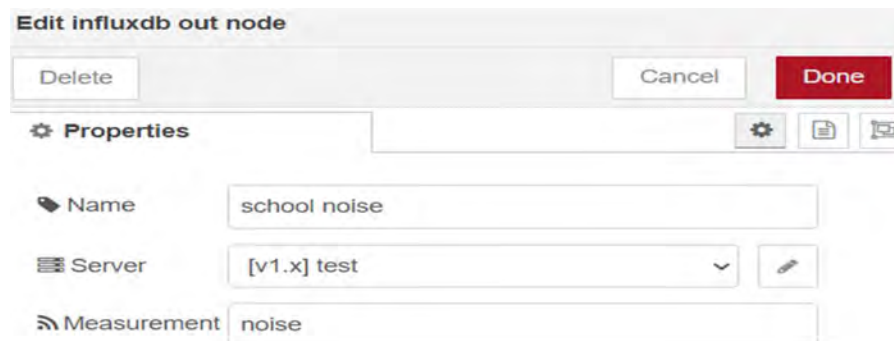
Ο δεύτερος κόμβος (function node) περιέχει το λογισμικό που αναπτύχθηκε για τη διαχείριση των δεδομένων. Πρώτα μετατρέπεται η ώρα του συστήματος σε τοπική ώρα (το Node-RED χρησιμοποιεί ως default UTC time zone) και στη συνέχεια προστίθεται στα δεδομένα η χρονική στιγμή λήψης τους (χρονοσήμανση ή timestamp). Στη συνέχεια, επειδή τα δεδομένα έρχονται από τον σταθμό λήψης σε μορφή JSON string, η τιμή του θορύβου μετατρέπεται σε float ώστε να μπορεί να επεξεργαστεί όπου χρειαστεί. Μετά από αυτές τις παρεμβάσεις τα δεδομένα αποστέλλονται στους επόμενους κόμβους.



Εικόνα 6.3 : Το λογισμικό στο function node

Οι επόμενοι δύο κόμβοι δέχονται ταυτόχρονα τα αποτελέσματα της προηγούμενης ροής. Ο κόμβος debug είναι ένας κόμβος ελέγχου μέσω του οποίου μπορούμε να δούμε σε αντίστοιχο παράθυρο ελέγχου τα αποτελέσματα της ροής.

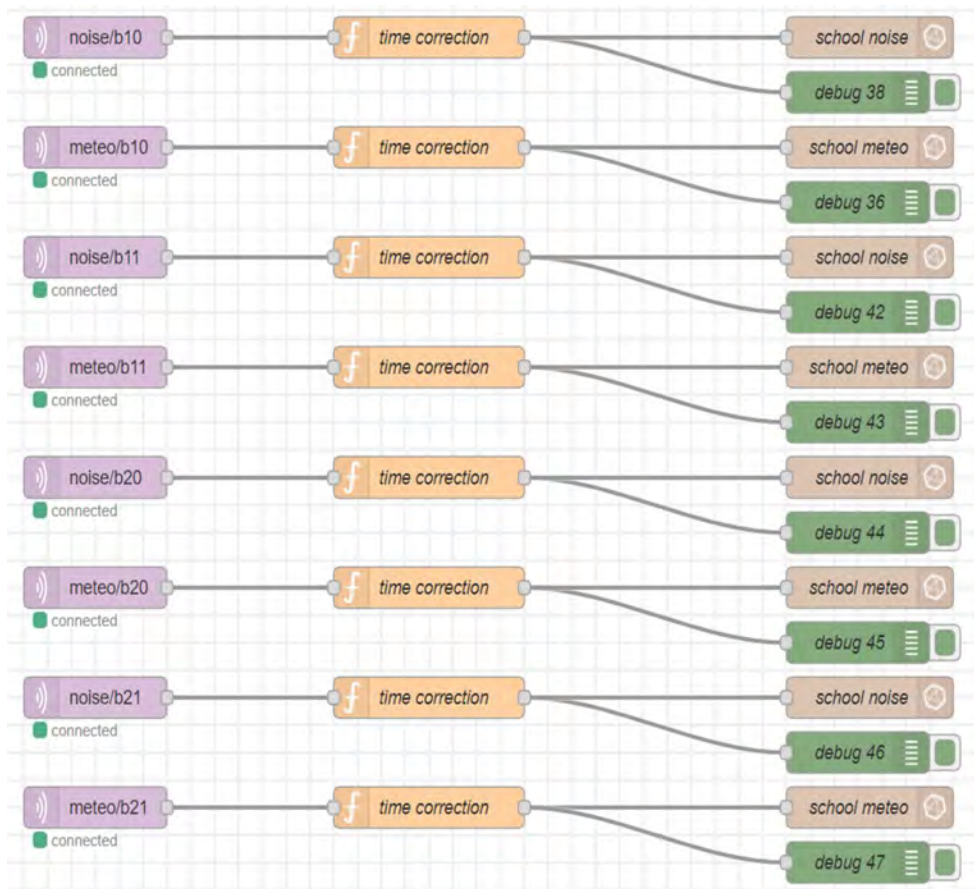
Ο τελευταίος school noise node (influxDB node) αποθηκεύει τα επεξεργασμένα πλέον δεδομένα στην influxDB, στο measurement “noise”.



Εικόνα 6.4 : Οι ρυθμίσεις του influxDB node

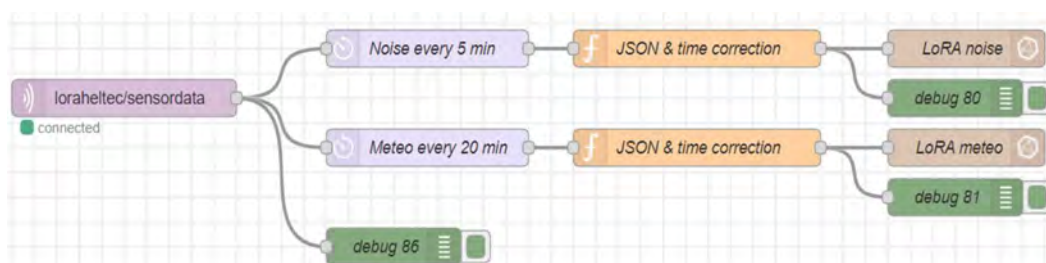
6.3.2.2 Οι ροές επεξεργασίας δεδομένων.

Αντίστοιχα με την παραπάνω πρώτη ροή, υλοποιήθηκαν ροές για όλους τους σταθμούς των κτηρίων 1 και 2 οι οποίες φαίνονται στην παρακάτω εικόνα 6.5:



Εικόνα 6.5 : Οι ροές συλλογής, επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων των κτηρίων 1 και 2.

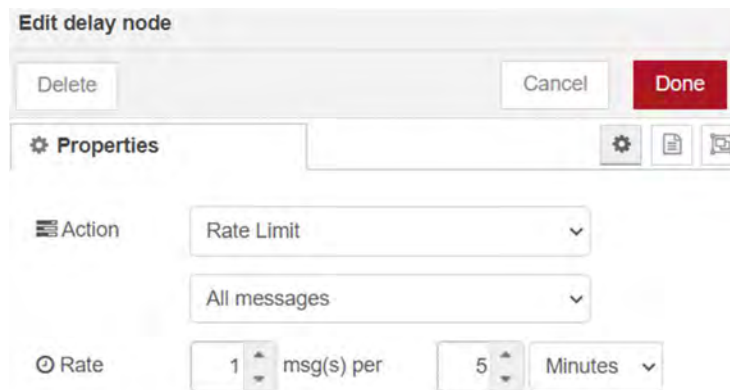
Για τον σταθμό 30 (λύκειο κτήριο 3 – ισόγειο) από τον οποίο οι τιμές στέλνονται μέσω δικτύου LoRa δημιουργήθηκε η παρακάτω ροή (εικόνα 6.6):



Εικόνα 6.6 : Η ροή συλλογής, επεξεργασίας και αποθήκευσης δεδομένων του κτηρίου 3.

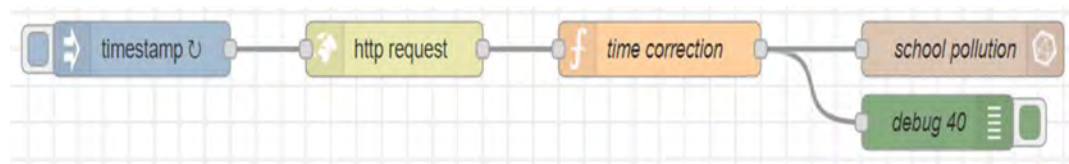
Εδώ προστέθηκαν επιπλέον δύο κόμβοι καθυστέρησης (delay nodes) διότι όπως έχει ήδη αναφερθεί στον σταθμό 30 δεν προγραμματίστηκε ρυθμός αποστολής δεδομένων, οπότε αφέθηκε να στέλνει συνεχώς τιμές και ο σχετικός προγραμματισμός γίνεται εδώ με το

Node-RED. Επιπλέον δημιουργείται ένα JSON string το οποίο επίσης δεν έγινε στον αρχικό προγραμματισμό και έτσι αποστέλλονται τα δεδομένα στην influxDB σε συχνότητα και μορφή ίδια με αυτά των υπόλοιπων σταθμών (εικόνα 6.7).

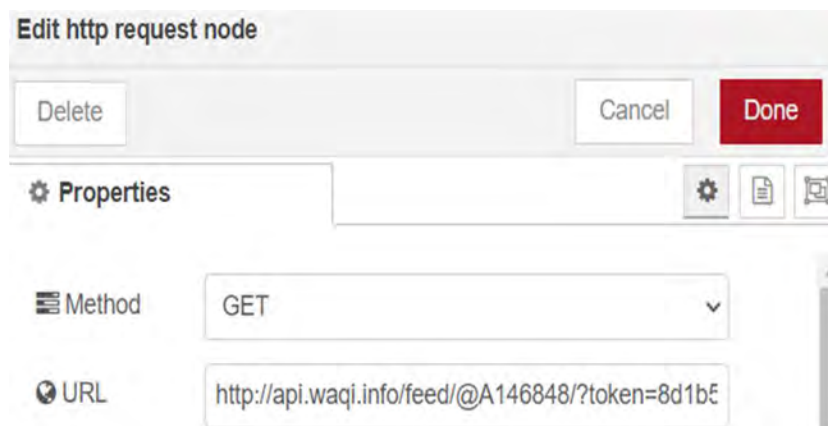


Εικόνα 6.7 : Τα δεδομένα ήχου λαμβάνονται κάθε 5 λεπτά.

Τέλος για τα δεδομένα της συγκέντρωσης μικροσωματιδίων στην ατμόσφαιρα δημιουργήθηκε η παρακάτω ροή (εικόνα 6.8):



Εικόνα 6.8 : Λήψη και επεξεργασία δεδομένων World Air Pollution Index. Εδώ έχει προστεθεί ένας http request κόμβος ο οποίος αντλεί τα επιθυμητά δεδομένα από τον αντίστοιχο server του δικτύου WAQI (εικόνα 6.8).

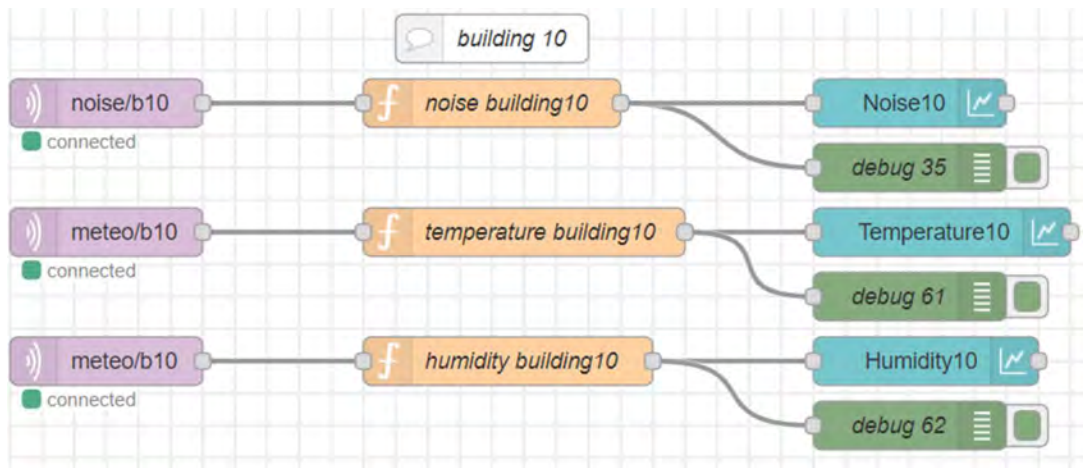


Εικόνα 6.9 : Τα δεδομένα συγκέντρωσης μικροσωματιδίων λαμβάνονται με http request.

6.3.2.3 Οι ροές παρουσίασης των δεδομένων (dashboards).

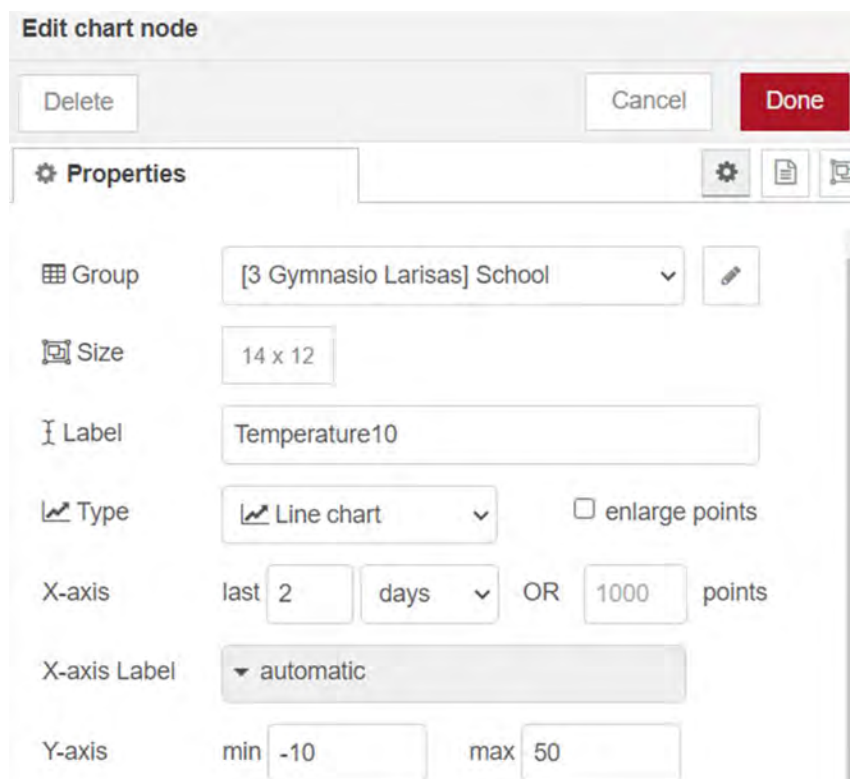
Πλέον των ροών αποθήκευσης δεδομένων αναπτύχθηκαν και ροές παρουσίασης - οπτικοποίησής τους. Η παρουσίαση εδώ γίνεται κατευθείαν, άμα τη λήψη τους, χωρίς να

προηγηθεί αποθήκευση. Αυτό επισημαίνεται διότι έχουν γίνει και άλλες παρουσιάσεις με τη Grafana, που θα παρουσιαστούν παρακάτω, αλλά εκεί τα δεδομένα ανακτώνται από τη βάση στην οποία είναι αποθηκευμένα . Και αυτό είναι μια σημαντική διαφορά.



Εικόνα 6.10 : Ροές παρουσίασης θορύβου, θερμοκρασίας, υγρασίας, κτήριο 1 - ισόγειο.

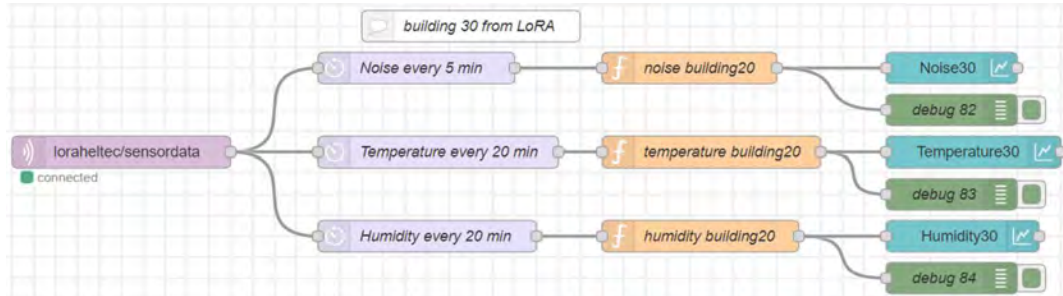
Για τη δημιουργία dashboard προστέθηκε ένα chart node για κάθε μεταβλητή (εικόνα 6.11).



Εικόνα 6.11 : Ρυθμίσεις του chart node θερμοκρασίας, κτήριο 1 - ισόγειο.

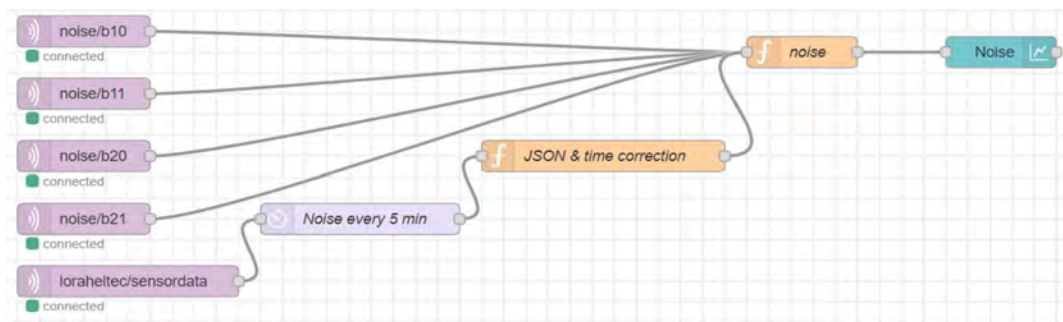
Για τις υγρασία, θερμοκρασία τα γραφήματα δίνουν τις τιμές των δύο τελευταίων ημερών ενώ τα αντίστοιχα του θορύβου της μίας τελευταίας ημέρας.

Για τα δεδομένα του κτηρίου 3 (LoRa) έγιναν ξανά οι κατάλληλες προσαρμογές (εικόνα 6.12 & 6.13).



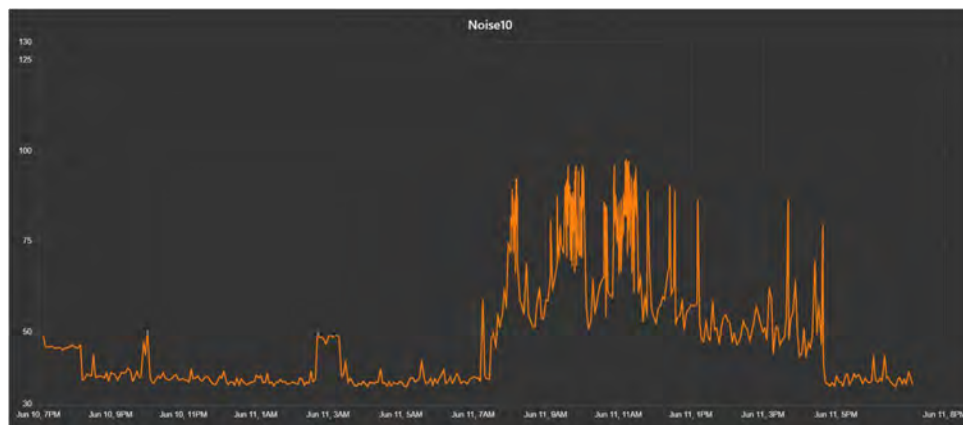
Εικόνα 6.12 : Ροή παρουσίασης θορύβου, θερμοκρασίας, υγρασίας, κτήριο 3 – ισόγειο (LoRa).

Τέλος υλοποιήθηκε ένα dashboard που δείχνει ταυτόχρονα – συγκριτικά τα δεδομένα όλων των κτηρίων.

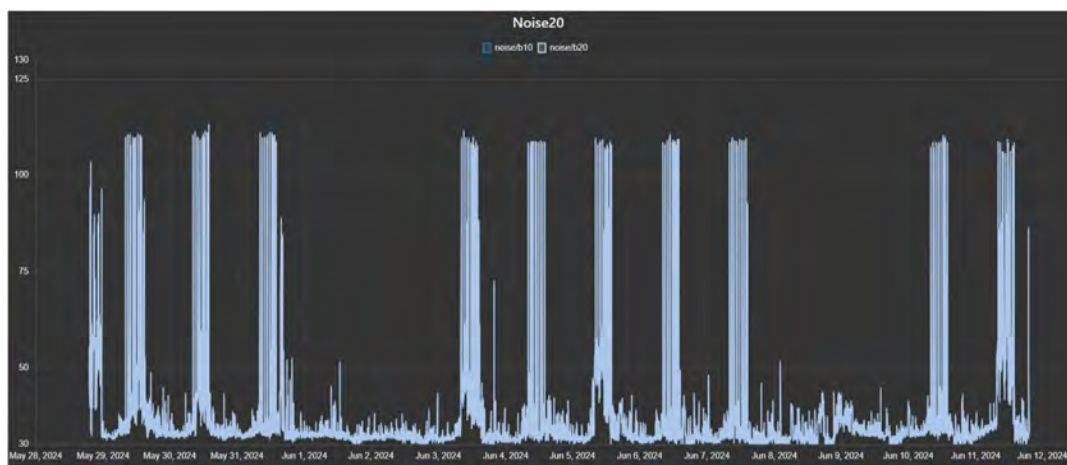


Εικόνα 6.13 : Ροή παρουσίασης θορύβου όλων των κτηρίων.

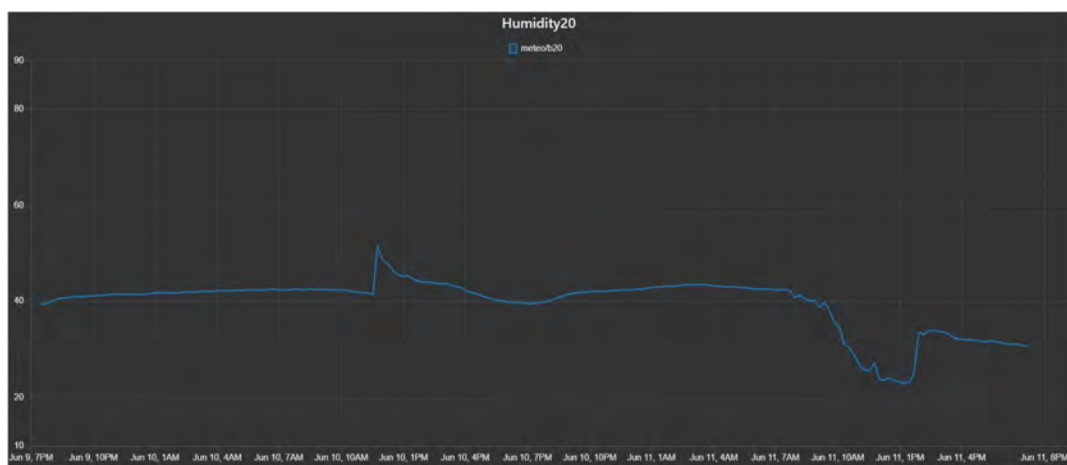
Οι παραπάνω ροές δημιούργησαν γραφήματα παρακολούθησης των περιβαλλοντικών μεταβλητών του σχολικού συγκροτήματος. Ενδεικτικά παρουσιάζονται κάποια από αυτά (εικόνες 6.14, 6.15, 6.16, 6.17, 6.18, 6.19).



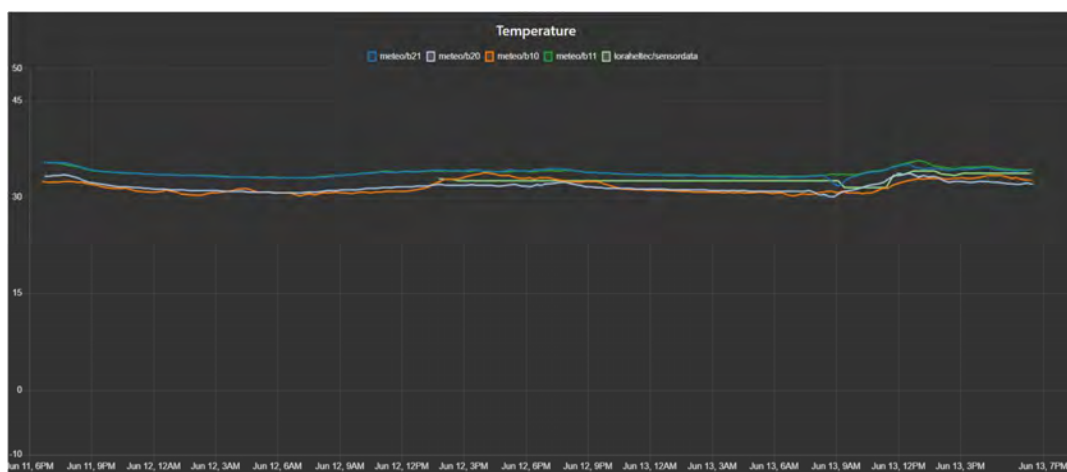
Εικόνα 6.14 : Απεικόνιση καταγραφής θορύβου (24 ώρες), σταθμός 10 (κτήριο 1 – ισόγειο).



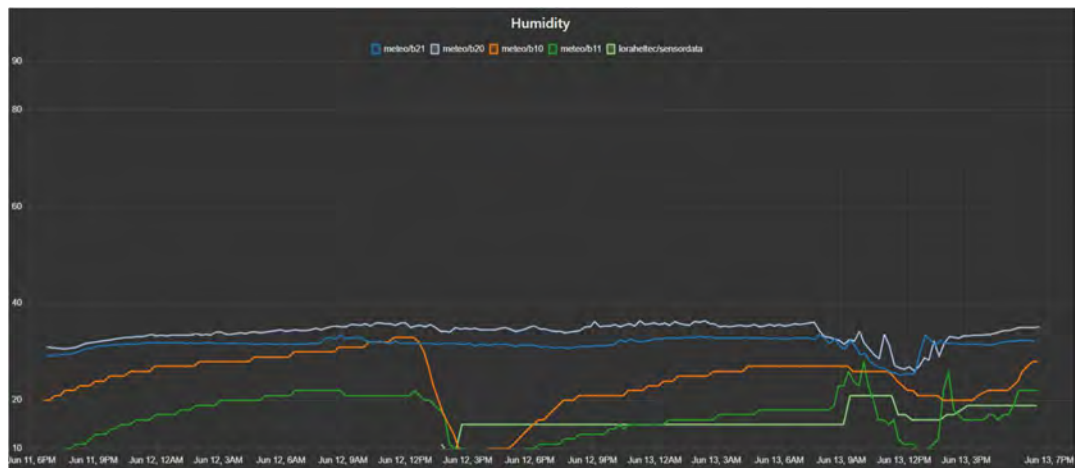
Εικόνα 6.15 : Απεικόνιση καταγραφής θορύβου (2 εβδομάδες), σταθμός 20 (κτήριο 2 – ισόγειο).



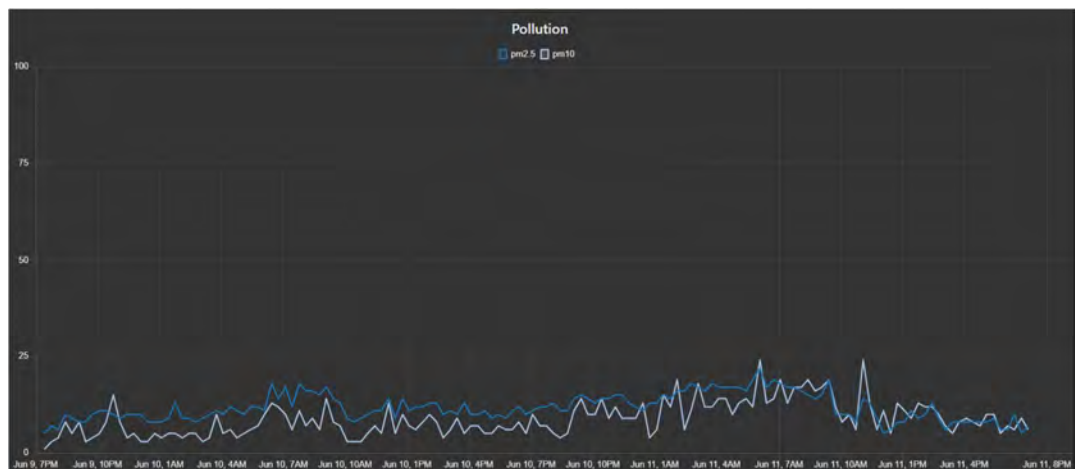
Εικόνα 6.16 : Απεικόνιση καταγραφής υγρασίας (2 ημέρες), σταθμός 20 (κτήριο 2 – ισόγειο).



Εικόνα 6.17 : Απεικόνιση καταγραφής θερμοκρασίας (2 ημέρες) όλων των κτηρίων .



Εικόνα 6.18 : Απεικόνιση καταγραφής υγρασίας (2 ημέρες) όλων των κτηρίων .



Εικόνα 6.19 : Απεικόνιση ποιότητας αέρα (2 ημέρες), σταθμός δικτύου WAQI.

6.3.3 Βάση δεδομένων χρονοσειρών InfluxDB

Η InfluxDB είναι μια εξειδικευμένη βάση δεδομένων ανοικτού κώδικα σχεδιασμένη για την αποθήκευση και διαχείριση χρονοσειρών δεδομένων (time series data). Αναπτύχθηκε από την εταιρεία InfluxData και είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για εφαρμογές που απαιτούν την καταγραφή και ανάλυση δεδομένων που σχετίζονται με το χρόνο.

Χρησιμοποιείται κυρίως για την αποθήκευση και ανάκτηση μεγάλου όγκου χρονοσειρών δεδομένων, τα οποία είναι δεδομένα που περιλαμβάνουν χρονικές σφραγίδες. Αυτά τα δεδομένα συχνά προέρχονται από αισθητήρες, εφαρμογές παρακολούθησης, και άλλες πηγές που παράγουν δεδομένα σε τακτά χρονικά διαστήματα. Στο δικό μας δίκτυο όλα τα δεδομένα που συλλέγονται αποθηκεύονται στην influxDB.

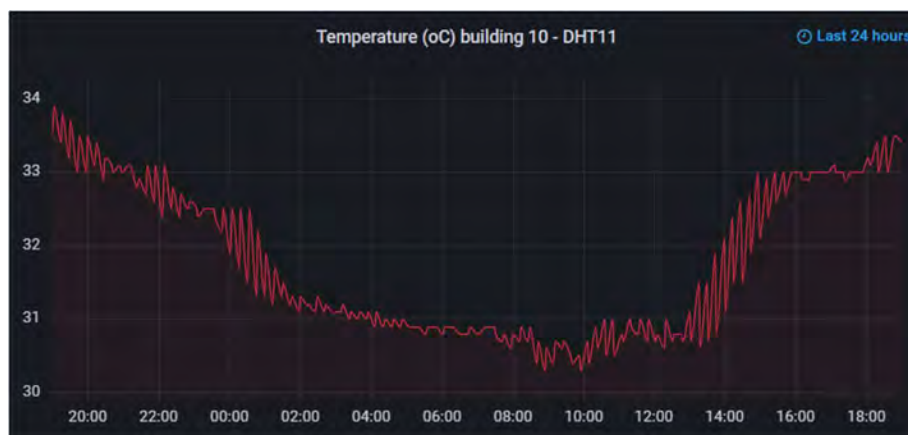
6.3.4 Πλατφόρμα ανάλυσης και οπτικοποίησης δεδομένων Grafana

Το Grafana είναι ένα ανοικτού κώδικα εργαλείο για την ανάλυση και την οπτικοποίηση δεδομένων, ευρέως χρησιμοποιούμενο για την παρακολούθηση και την ανάλυση συστημάτων πληροφορικής, εφαρμογών, και δικτύων. Επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν πίνακες ελέγχου (dashboards) και να οπτικοποιούν δεδομένα από διάφορες πηγές. Παρέχει τη δυνατότητα προσαρμογής των γραφημάτων και των ειδοποιήσεων, ώστε οι χρήστες να μπορούν να παρακολουθούν και να αναλύουν εύκολα τα δεδομένα τους. Στο δικό μας δίκτυο συνδέεται με την influxDB απ' όπου αντλεί δεδομένα για τη δημιουργία dashboards.

Τα dashboards δημιουργήθηκαν με ανάκληση αποθηκευμένων δεδομένων από την influxDB. Αυτό γίνεται με κατάλληλες εντολές (queries). Π.χ. με το query :

```
SELECT temperature FROM meteo WHERE building = 'b10'
```

ανακτήθηκαν τιμές με τις οποίες δημιουργήθηκε το διάγραμμα που φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 6.20:



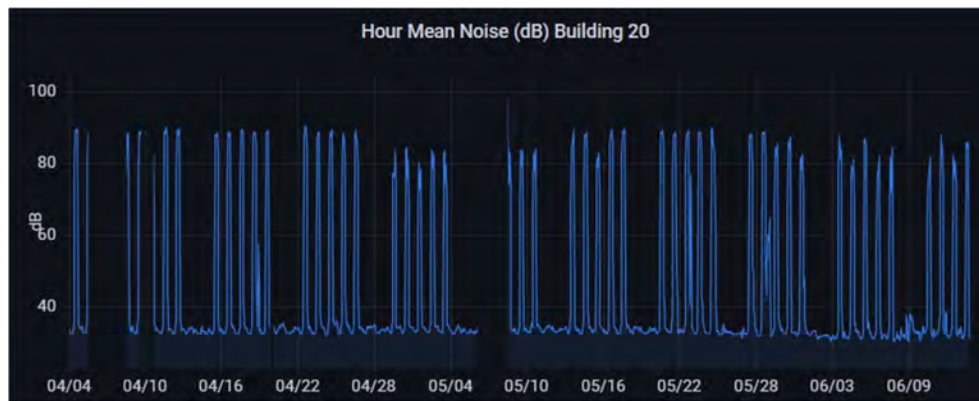
Εικόνα 6.20 : Απεικόνιση θερμοκρασίας (24 ώρες), σταθμός 10 (κτήριο 1 – ισόγειο).

Οι ρυθμίσεις που αφορούν στο βάθος χρόνου και στη μορφοποίηση του διαγράμματος γίνονται από επιλογές που δίνει η εφαρμογή Grafana.

Αντίστοιχα με την εντολή (query) :

```
SELECT mean("noise") FROM "noise" WHERE ("building" = 'b20')  
AND $timeFilter GROUP BY time(60m) fill(null)
```

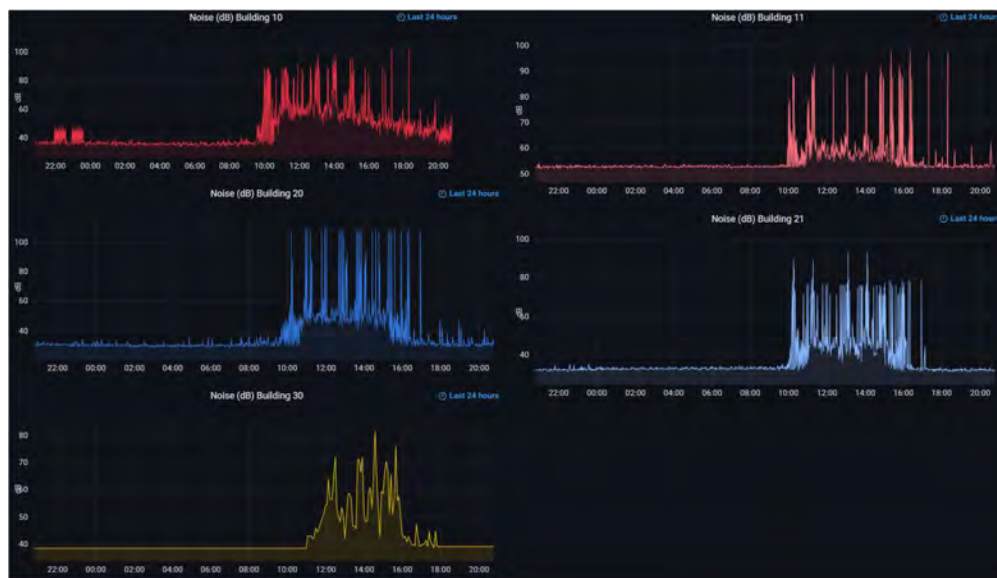
δημιουργήθηκε διάγραμμα με τις ωριαίες μέσες τιμές της στάθμης θορύβου στο κτήριο 20 από την αρχή των μετρήσεων (4/4/2024) μέχρι σήμερα, που φαίνεται παρακάτω (εικόνα 6.21).



Εικόνα 6.21 : Ιστορική απεικόνιση (αρχή μετρήσεων έως τώρα), ωριαίων μέσων τιμών θορύβου, σταθμός 20 (κτήριο 2 – ισόγειο).

Παρατηρήστε ότι στο παραπάνω διάγραμμα καταγράφονται - ως κενά - και διακοπές στη μετάδοση λόγω προβλημάτων συνδεσιμότητας.

Ενδεικτικά παρατίθεται ένα στιγμιότυπο από dashboard με διαγράμματα υγρασίας όλων των κτηρίων (εικόνα 6.22):



Εικόνα 6.22 : Απεικόνιση θορύβου (24 ώρες), όλων των κτηρίων.

7. Στατιστικά

Ο σχεδιασμός του δικτύου IoT της παρούσας εργασίας ξεκίνησε το φθινόπωρο του 2023. Στη συνέχεια έγινε η υλοποίησή του και τέλος η εγκατάστασή του στις σχολικές μονάδες περίπου στα τέλη Φεβρουαρίου του 2024. Στη συνέχεια έγιναν δοκιμές λειτουργίας όπου αντιμετωπίστηκαν διάφορα προβλήματα τεχνικής αλλά και σχεδιαστικής φύσεως, έτσι ώστε να έχουμε ένα δίκτυο που λειτουργεί και παράγει αξιόπιστα αποτελέσματα. Σ' αυτήν την πλήρη και αξιόπιστη λειτουργία καταλήξαμε στο τέλος Μαρτίου. Έτσι τα δεδομένα που έχουν αντληθεί και είναι συνεχή και αξιοποιήσιμα είναι μόνο οι μετρήσεις του μηνός Απριλίου. Κι αυτό διότι τα σχολεία στο τέλος Απριλίου έκλεισαν για διακοπές του Πάσχα και στη συνέχεια, ξεκίνησε η περίοδος των εξετάσεων άρα δεν υπήρχε κανονική λειτουργία όπως πριν. Έτσι τα στατιστικά που θα παρουσιαστούν στο κεφάλαιο αυτό αφορούν ένα μικρό μέρος του σχολικού έτους. Παρά το μικρό μέγεθος όμως του δείγματος θα δούμε ότι προκύπτουν ενδιαφέροντα συμπεράσματα που επιβεβαιώνουν αρκετές εμπειρικές παρατηρήσεις. Η στατιστική επεξεργασία έγινε με το πρόγραμμα στατιστικής επεξεργασίας IBM SPSS Statistics, έκδοση 29.0.20 που διατίθεται από το Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας με σύνδεση μέσω VPN.

Για διευκόλυνση της ανάγνωσης του κεφαλαίου υπενθυμίζεται ότι τα κτήρια στους πίνακες που θα ακολουθήσουν συμβολίζονται ως εξής (B από το αγγλικό Building) :

B10 : κτήριο 10 – γυμνάσιο, 1^ο κτήριο, ισόγειο

B11 : κτήριο 11 – γυμνάσιο, 1^ο κτήριο, 1^{ος} όροφος

B20 : κτήριο 10 – γυμνάσιο, 2^ο κτήριο, ισόγειο

B21 : κτήριο 11 – γυμνάσιο, 2^ο κτήριο, 1^{ος} όροφος

B30 : κτήριο 30 – λύκειο, 1^ο κτήριο, ισόγειο

7.1 Τα δεδομένα

Για τους λόγους που αναφέραμε, αντλήθηκαν δεδομένα από τη βάση για το διάστημα από 2/4/2024 έως και 25/4/2024. Η Παρασκευή 26/4 δεν συμπεριλήφθηκε διότι ως τελευταία ημέρα πριν τις διακοπές δεν ήταν ημέρα κανονικής λειτουργίας (εκκλησιασμός – εκδηλώσεις κλπ.). Τα δεδομένα αποθηκεύτηκαν σε αρχείο excel. Επειδή σκοπός αυτής

της εργασίας είναι η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών μεταβλητών κατά τη διάρκεια λειτουργίας των σχολείων δηλαδή τις εργάσιμες ημέρες και ώρες 08:00 έως 14:00, στα δεδομένα έγινε η παρακάτω επεξεργασία:

- Από τις παραπάνω ημερομηνίες (2/4 έως 25/4) αφαιρέθηκαν τα Σαββατοκύριακα.
- Κρατήθηκαν τα δεδομένα εντός ωραρίου (08:00 έως 14:00) και αφαιρέθηκαν όλα τ' άλλα.

Η παραπάνω επεξεργασία έγινε για όλες τις περιβαλλοντικές μεταβλητές (θόρυβος, θερμοκρασία, υγρασία, σωματίδια PM_{2.5} και PM₁₀) και για όλα τα κτήρια στα οποία υπάρχει σταθμός μέτρησης (κτήρια 10, 11, 20, 21 και 30). Η επεξεργασία έγινε με κώδικα Python και χρήση της βιβλιοθήκης pandas απ' όπου προέκυψαν νέα αρχεία excel με τα «καθαρά» πλέον δεδομένα. Ο κώδικας παρατίθεται στο παράρτημα.

7.2 Σχεδιασμός μελέτης – επεξεργασία δεδομένων

Ο σχεδιασμός της στατιστικής μελέτης περιλαμβάνει την παραγωγή περιγραφικών στατιστικών (μέση τιμή, διάμεσος, τυπική απόκλιση κλπ.) για όλες τις περιβαλλοντικές μεταβλητές καθώς και συγκρίσεις απ' όπου θα προκύψουν και ερευνητικά συμπεράσματα.

7.2.1 Επεξεργασία δεδομένων θορύβου

Όπως έχει ήδη αναφερθεί η δειγματοληψία του θορύβου στους τέσσερις σταθμούς του γυμνασίου (κτήρια 10, 11, 20, 21) είναι μία μέτρηση ανά πέντε λεπτά εκτός εάν διαπιστωθεί γεγονός υψηλής έντασης (>85 dBA) οπότε η δειγματοληψία πυκνώνει και γίνεται μία μέτρηση κάθε δευτερόλεπτο όσο διαρκεί το γεγονός. Αυτό γίνεται για να εντοπίζονται και να καταγράφονται τα γεγονότα υψηλής έντασης τα οποία διαφορετικά ο ερευνητής ή ο επιτηρητής του συστήματος δεν θα τα έβλεπαν. Έτσι όμως οι υψηλές εντάσεις υπερεκπροσωπούνται στο τελικό δείγμα και τα μέτρα θέσης στα περιγραφικά στατιστικά θα δίνουν μεγαλύτερες - λανθασμένες - τιμές από τις πραγματικές, όπως θα φανεί και στη στατιστική επεξεργασία.

Για να διορθωθεί αυτό το δειγματοληπτικό πρόβλημα, τα δεδομένα ομαδοποιήθηκαν σε χρονικά διαστήματα των πέντε λεπτών, υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι αυτών των πεντάλεπτων διαστημάτων και δημιουργήθηκαν νέα επεξεργαστικά φύλλα όπου κάθε πεντάλεπτο εκπροσωπείται από το μέσο όρο των μετρήσεων του διαστήματος. Έτσι έχουμε μία καταγραφή ανά πέντε λεπτά από την οποία έχει εξαλειφθεί η στάθμιση υπέρ των

υψηλών εντάσεων η οποία μας δίνει τη σωστή εικόνα σχετικά με τον θόρυβο στο σχολικό συγκρότημα. Στον παρακάτω πίνακα (5.1) παρουσιάζονται συγκριτικά οι μέσες τιμές πριν και μετά την ομαδοποίηση. Η διαφορά είναι εμφανής.

Σύγκριση μέσων τιμών		
Κτήριο	Χωρίς Ομαδοποίηση	Με 5-λεπτη Ομαδοποίηση
B10	84,50	61,00
B11	60,19	44,73
B20	87,40	56,24
B21	77,20	54,88
B30	46,70	46,70

Πίνακας 5.1 : Πριν την ομαδοποίηση οι μετρήσεις υπερεκτιμούν το θόρυβο.

Όσον αφορά στο σταθμό που τοποθετήθηκε στο λύκειο (κτήριο 30), εκεί υπήρχε σταθερή δειγματοληψία, μία μέτρηση ανά πέντε λεπτά οπότε, όπως φαίνεται και από τον πίνακα δεν υπήρξε υπερεκτίμηση. Παρ' όλα αυτά έγινε και εκεί ομαδοποίηση σε διαστήματα των πέντε λεπτών η οποία φυσικά δίνει τα ίδια στατιστικά. Η παραπάνω επεξεργασία και η δημιουργία των νέων αρχείων έγινε με κώδικα σε Python που παρατίθεται στο παράρτημα.

7.2.2 Επεξεργασία όλων των δεδομένων

Είναι ευνόητο ότι ο ήχος μπορεί να παρουσιάσει μεγάλες διακυμάνσεις σε μικρό χρόνο, άρα χρειάζεται πυκνή δειγματοληψία (5 λεπτά ή συχνότερα αν χρειαστεί), ενώ αντίθετα δεν περιμένουμε σημαντικές αλλαγές π.χ. θερμοκρασίας σε διάστημα λίγων λεπτών οπότε καταγράφουμε τιμές σε μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα (20 λεπτών), ώστε χωρίς να χάνουμε σε ακρίβεια, να έχουμε μικρότερες ροές δεδομένων στο δίκτυο αλλά και μικρότερες απαιτήσεις σε χώρο αποθήκευσης. Έτσι όμως η δειγματοληψία είχε διαφορετικό ρυθμό ανάλογα με τη μεταβλητή.

Για να αποκτήσουν λοιπόν μια ομοιογένεια τα δεδομένα ώστε να μπορούν να ταξινομηθούν και να συγκριθούν καλύτερα έγινε μια επιπλέον ομαδοποίηση ανά μία ώρα (60 λεπτά). Έτσι δημιουργήθηκαν επιπρόσθετα επεξεργαστικά φύλλα όπου όλα τα δεδομένα – και αυτά του θορύβου - όλων των σταθμών μέτρησης εκπροσωπούνται από τις ωριαίες

μέσες τιμές τους. Η επεξεργασία και η δημιουργία των νέων αρχείων έγινε και εδώ με κώδικα σε Python που παρατίθεται στο παράρτημα.

7.3 Περιγραφικά στατιστικά

7.3.1 Θόρυβος

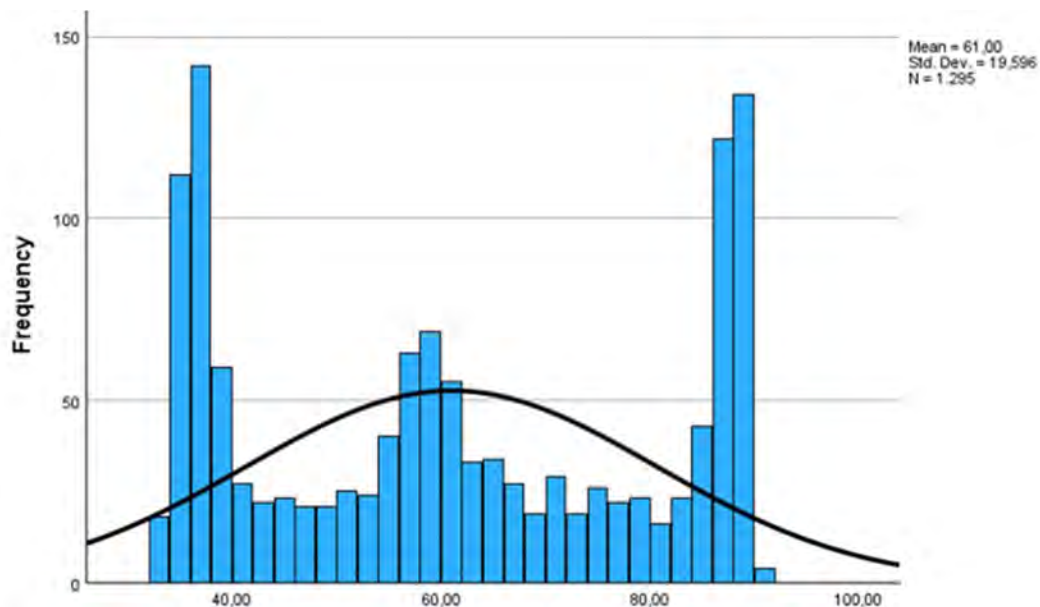
7.3.1.1 Δεδομένα ομαδοποιημένα ανά 5 λεπτά

Η ομαδοποίηση έγινε στα χρονικά διαστήματα [08:00-08:05), [08:05-08:10), κλπ. έως και [13:55-14:00] για κάθε ημέρα. Κάθε διάστημα εκπροσωπείται από τη μέση τιμή.

ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΝΑ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ 5 ΛΕΠΤΩΝ						
Κτήριο	Αριθμός Μετρήσεων	Ελάχιστη Τιμή	Μέγιστη Τιμή	Μέση τιμή	Διάμεση Τιμή	Τυπική Απόκλιση
B10	1295	32,40	90,80	61,00	59,23	19,60
B11	1222	32,23	87,78	44,73	40,30	11,05
B20	1149	32,13	108,45	56,24	51,60	20,74
B21	1125	32,20	121,43	54,88	54,80	18,15
B30	996	35,10	96,50	46,70	41,80	11,42

Πίνακας 7.1 : Στατιστικά θορύβου – ομαδοποίηση ανά 5-λεπτο.

Στο παρακάτω ιστόγραμμα φαίνεται η κατανομή των τιμών θορύβου στο κτήριο B10.



Ιστόγραμμα τιμών θορύβου ανά 5 λεπτά στο κτήριο B10. Τα δεδομένα δεν προσαρμόζονται στην καμπύλη κανονικής κατανομής.

Είναι προφανές - όπως ήταν αναμενόμενο, λόγω της φύσης των δεδομένων – ότι οι τιμές δεν ακολουθούν κανονική κατανομή . Πλήρης παρουσίαση ιστογραμμάτων γίνεται στο παράρτημα

Σύμφωνα με την εμπειρία τα γυμνάσια γενικά είναι πιο θορυβώδη από τα λύκεια. Ο παραπάνω πίνακας επαληθεύει αυτή την εμπειρική εκτίμηση. Να σημειωθεί εδώ ότι στο λύκειο δεν υπήρξε ούτε μία στιγμιαία καταγραφή μεγαλύτερη ή ίση των 100 dBA ενώ στο γυμνάσιο καταγράφηκαν τέτοιες εντάσεις απ’ όλους τους σταθμούς μέτρησης όπως φαίνεται στον παρακάτω πίνακα (7.2):

Κτήριο	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη
B10	26292	32,20	112,63
B11	40864	31,85	120,45
B20	20218	31,40	114,24
B21	60904	31,90	131,65
B30	996	35,10	96,50

Πίνακας 7.2 : Μέγιστες – Ελάχιστες πραγματικές τιμές θορύβου.

Στους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε ότι υπάρχουν διαφορές στον αριθμό μετρήσεων (missing data). Αυτό οφείλεται σε τρεις λόγους :

1. Αλλαγή ρυθμού δειγματοληψίας σε υψηλές εντάσεις
2. Διακοπές ρεύματος ή αποσύνδεση των σταθμών καταγραφής
3. Διακοπή της ροής του δικτύου LoRa.

Ο τρίτος λόγος κυρίως, αλλά και ο δεύτερος, εξηγούν τη μεγάλη διαφορά που έχει το κτήριο B30. Επιπλέον στο B30 η δειγματοληψία ήταν σταθερά αργή. Τα σχετικά ιστογράμματα παρατίθενται στο παράρτημα.

7.3.2 Θερμοκρασία – Υγρασία – Μικροσωματίδια

Οι παρακάτω πίνακες (7.3, 7.4, 7.5) παρουσιάζουν περιγραφικά στατιστικά των αποθηκευμένων μετρήσεων (χωρίς ομαδοποίηση).

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ						
Κτήριο	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπική Απόκλιση
B10	747	20,50	24,90	22,42	22,20	1,11
B11	716	22,10	27,10	24,06	23,80	1,20
B20	714	16,70	25,60	22,22	22,00	1,42
B21	691	21,80	26,60	23,71	23,30	1,32
B30	238	19,20	25,30	23,14	22,60	1,28

Πίνακας 7.3 : Περιγραφικά στατιστικά θερμοκρασίας.

Ο πίνακας επιβεβαιώνει την εμπειρική γνώση ότι σε ψηλότερο όροφο του ίδιου κτηρίου αναμένονται μεγαλύτερες τιμές θερμοκρασίας (B11, B10 : 24,06 > 22,42 και B21, B20 : 26,60 > 25,60)

ΥΓΡΑΣΙΑ						
Κτήριο	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπική Απόκλιση
B10	747	29,00	61,00	38,19	36,00	7,03
B11	716	18,00	57,00	33,82	32,00	8,56
B20	721	30,70	65,80	42,69	41,10	6,63
B21	692	31,70	55,90	41,62	40,60	4,86
B30	238	23,00	57,00	36,74	37,00	9,31

Πίνακας 7.4 : Περιγραφικά στατιστικά υγρασίας.

Ο πίνακας επιβεβαιώνει την εμπειρική γνώση ότι σε ψηλότερο όροφο του ίδιου κτηρίου αναμένονται μικρότερες τιμές υγρασίας (B11, B10 : 33,82 < 38,19 και B21, B20 : 41,62 < 42,69)

ΜΙΚΡΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ						
Είδος	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπ. Απόκλιση
PM2.5	647	2	63	16,47	13,00	12,18
PM10	647	1	68	12,37	9,00	9,35

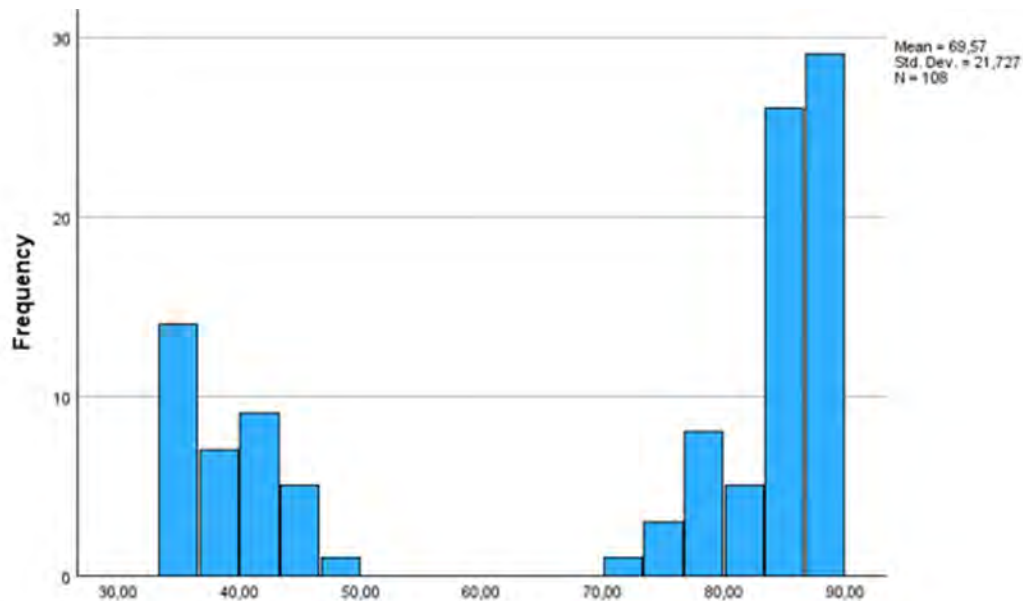
Πίνακας 7.5 : Περιγραφικά στατιστικά συγκεντρώσεων μικροσωματιδίων.

7.3.3 Δεδομένα ομαδοποιημένα ανά ώρα (60 λεπτά)

Η ομαδοποίηση έγινε σε έξι χρονικά διαστήματα [08:00-09:00), [09:00-10:00), [10:00-11:00), [11:00-12:00), [12:00-13:00) και [13:00-14:00] για κάθε ημέρα (πίνακες 7.6, 7.7, 7.8, 7.9). Κάθε διάστημα εκπροσωπείται από τη μέση τιμή των μετρήσεων που περιλαμβάνει. Μαζί με τους πίνακες παρατίθενται ενδεικτικά και κάποια ιστογράμματα. Πλήρης παρουσίαση των ιστογραμμάτων γίνεται στο παράρτημα.

ΘΟΡΥΒΟΣ ΑΝΑ ΩΡΑ						
Κτήριο	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπ. Απόκλιση
B10	108	35,11	88,76	69,57	84,08	21,73
B11	102	32,51	66,60	52,92	58,91	11,12
B20	99	33,67	108,41	75,37	84,77	23,10
B21	95	32,90	88,97	63,46	75,46	19,50
B30	84	35,55	72,48	46,74	41,95	10,02

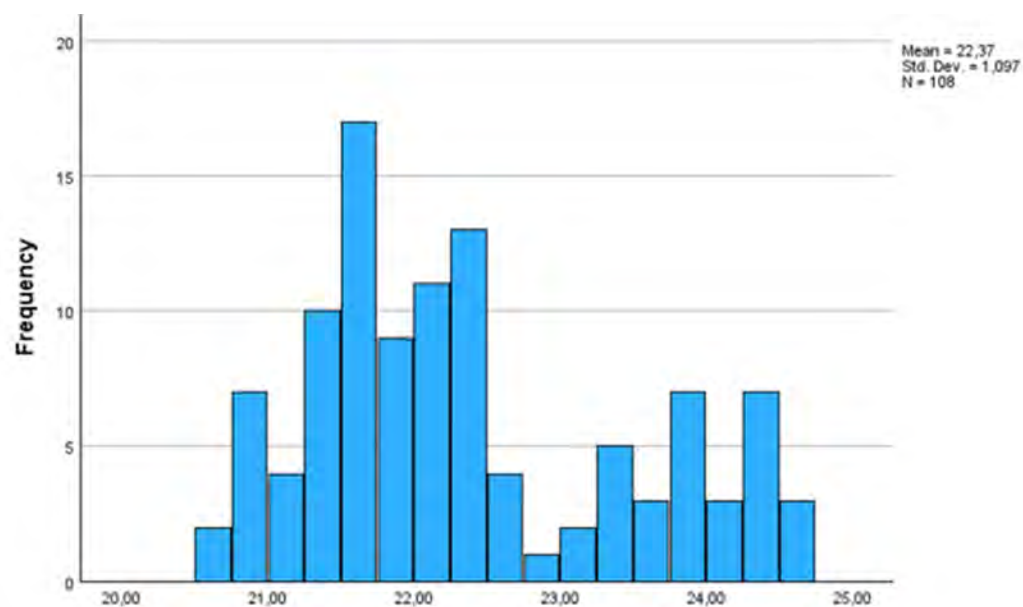
Πίνακας 7.6 : Περιγραφικά στατιστικά ωριαίων τιμών θορύβου.



Ιστογράμμα τιμών θορύβου ανά 60 λεπτά στο κτήριο B10.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΑΝΑ ΩΡΑ						
Κτήριο	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπ. Απόκλιση
B10	108	20,65	24,72	22,37	22,16	1,10
B11	101	22,10	26,50	24,07	23,78	1,25
B20	96	19,21	25,10	22,18	21,80	1,31
B21	95	21,93	26,33	23,66	23,26	1,31
B30	84	19,90	25,30	23,09	22,58	1,24

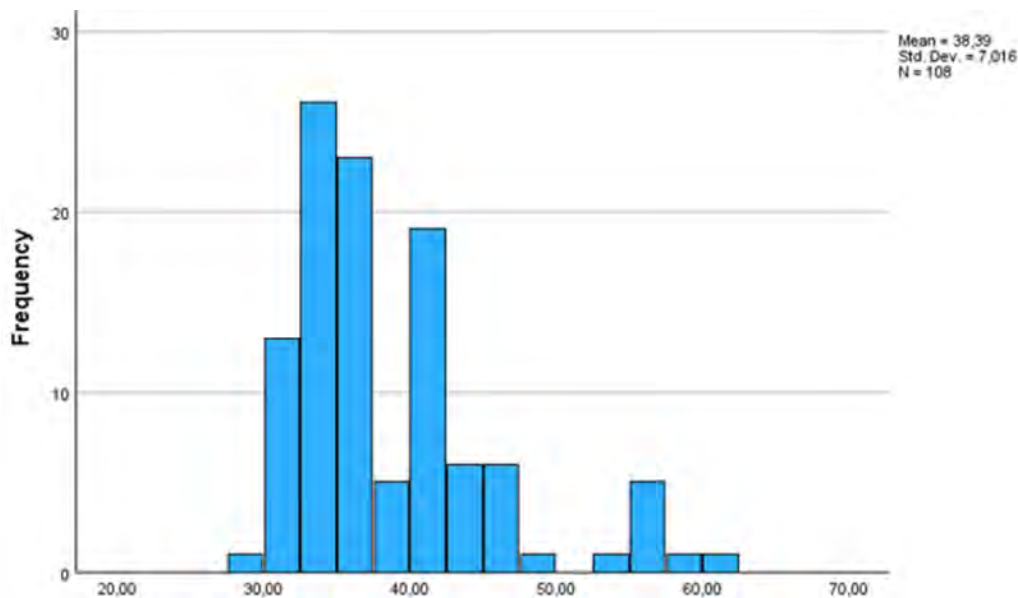
Πίνακας 7.7 : Περιγραφικά στατιστικά ωριαίων τιμών θερμοκρασίας.



Ιστογράμμα τιμών θερμοκρασίας ανά 60 λεπτά στο κτήριο B10.

ΥΓΡΑΣΙΑ ΑΝΑ ΩΡΑ						
Κτήριο	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπ. Απόκλιση
B10	108	29,60	60,14	38,39	35,78	7,02
B11	101	19,00	55,38	34,03	32,14	8,62
B20	96	33,62	61,18	42,54	40,84	6,41
B21	95	33,57	55,35	41,76	40,57	4,96
B30	84	23,67	56,33	36,97	37,17	9,35

Πίνακας 7.8 : Περιγραφικά στατιστικά ωριαίων τιμών υγρασίας.



Ιστογράμμο τιμών υγρασίας ανά 60 λεπτά στο κτήριο B10.

ΜΙΚΡΟΣΩΜΑΤΙΔΙΑ ΑΝΑ ΩΡΑ						
Κτήριο	Μετρήσεις	Ελάχιστη	Μέγιστη	Μέση τιμή	Διάμεσος	Τυπ. Απόκλιση
PM2.5	108	2,33	57,00	16,47	13,42	11,67
PM10	108	2,83	40,33	12,37	9,75	8,03

Πίνακας 7.9 : Περιγραφικά στατιστικά ωριαίων τιμών συγκέντρωσης μικροσωματιδίων.

7.4 Συγκρίσεις

Όπως φαίνεται από τα ιστογράμματα, τα δεδομένα δεν ακολουθούν κανονική κατανομή. Έτσι, για τη στατιστική μελέτη επελέγησαν μη παραμετρικά τεστ. Το Kruskal-Wallis H test [33] για τις γενικές (overall) συγκρίσεις και Mann-Whitney U test [34] για τις συγκρίσεις δύο δειγμάτων. Χρησιμοποιήθηκαν τα ομαδοποιημένα ανά ώρα δεδομένα.

7.4.1 Θόρυβος - κτήριο

Το Kruskal-Wallis H test έδειξε ότι η ένταση του θορύβου διαφοροποιείται σε σχέση με το κτήριο $H(4)=114,365$, $P < 0.001$.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε ένα Mann-Whitney U test για συγκριθεί η ένταση του θορύβου μεταξύ των κτηρίων B10 και B11. Προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τον θόρυβο μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 2801,00$, $p < 0,001$.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε ένα Mann-Whitney U test για συγκριθεί η ένταση του θορύβου μεταξύ των κτηρίων B20 και B21. Προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τον θόρυβο μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 2469,00$, $p < 0,001$.

Τέλος εκτελέστηκε ένα Mann-Whitney U test για συγκριθεί η ένταση του θορύβου μεταξύ των κτηρίων B10 και B30. Προέκυψε ξανά στατιστικά σημαντική διαφορά για τον θόρυβο μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 2152,00$, $p < 0,001$.

7.4.2 Θερμοκρασία - κτήριο

Το Kruskal-Wallis H test έδειξε ότι η θερμοκρασία διαφοροποιείται σε σχέση με το κτήριο $H(4)=131,657$, $P < 0.001$.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε ένα Mann-Whitney U test για συγκριθεί η θερμοκρασία μεταξύ των κτηρίων B10 και B11. Προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη θερμοκρασία μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 9141,00$, $p < 0,001$.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε ένα Mann-Whitney U test για συγκριθεί η θερμοκρασία μεταξύ των κτηρίων B20 και B21. Προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για τη θερμοκρασία μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 7143,00$, $p < 0,001$.

Τέλος εκτελέστηκε ένα Mann-Whitney U test για συγκριθεί η θερμοκρασία μεταξύ των κτηρίων B10 και B30. Προέκυψε ξανά στατιστικά σημαντική διαφορά για τη θερμοκρασία μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 6425,00$, $p < 0,001$.

7.4.3 Υγρασία - κτήριο

Το Kruskal-Wallis H test έδειξε ότι η υγρασία διαφοροποιείται σε σχέση με το κτήριο $H(4)=77.576$, $p < 0.001$.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε ένα Mann-Whitney U test για συγκριθεί η υγρασία μεταξύ των κτηρίων B10 και B11. Προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για την υγρασία μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 3697.50$, $p < 0.001$.

Στη συνέχεια εκτελέστηκε ένα Mann–Whitney U test για συγκριθεί η υγρασία μεταξύ των κτηρίων B20 και B21. Δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για την υγρασία μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 4493.50$, $p = 0.862$.

Τέλος εκτελέστηκε ένα Mann–Whitney U test για συγκριθεί η υγρασία μεταξύ των κτηρίων B10 και B30. Δεν προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά για την υγρασία μεταξύ των δύο κτηρίων, $z = 3959.00$, $p < 0.131$.

7.4.4 Θόρυβος – ώρα

Ο παρακάτω έλεγχος έγινε για την εξέλιξη της έντασης του θορύβου ανά ώρα σε όλο το σχολικό συγκρότημα. Το Kruskal-Wallis H test έδειξε (πίνακας 7.10) ότι η ένταση του θορύβου διαφοροποιείται σε σχέση με τη ώρα λειτουργίας $H(5)=232.851$, $p < 0.001$.

α/α	Διάστημα	Μέση τιμή	Τυπική απόκλιση
1	08:00-09:00	40,72	15,29
2	09:00-10:00	43,56	15,81
3	10:00-11:00	66,21	17,19
4	11:00-12:00	73,05	14,85
5	12:00-13:00	74,98	13,55
6	13:00-14:00	74,45	13,25

Πίνακας 7.10 : Η ένταση του θορύβου ανά ώρα

Η 1^η ώρα είναι πιο «ήσυχη» από την 3^η ($p = 0.000$), από την 4^η ($p = 0.000$), από την 5^η ($p = 0.000$) και από την 6^η ($p = 0.000$). Αντίστοιχα η 2^η ώρα είναι επίσης πιο «ήσυχη» από την 3^η ($p = 0.000$), από την 4^η ($p = 0.000$), από την 5^η ($p = 0.000$) και από την 6^η ($p = 0.000$). Τέλος η 3^η ώρα είναι πιο «ήσυχη» από την 4^η ($p = 0.034$), από την 5^η ($p = 0.004$) και από την 6^η ($p = 0.003$).

8. Συμπεράσματα

8.1 Στατιστικά

Αν και - όπως ήδη έχει αναφερθεί – το δείγμα ήταν σχετικά μικρής χρονικής διάρκειας, τα στατιστικά αποτελέσματα επιβεβαιώνουν εντυπωσιακά τα εμπειρικά συμπεράσματα που θα έβγαζε ένας επαγγελματίας της εκπαίδευσης. Ειδικότερα :

- Στους ψηλότερους ορόφους έχουμε μεγαλύτερη θερμοκρασία και χαμηλότερη υγρασία.
- Το γυμνάσιο είναι πιο θορυβώδες από το λύκειο.
- Η ένταση του θορύβου εξελίσσεται κατά τη διάρκεια του ωραρίου. Δηλαδή οι πρώτες ώρες είναι πιο ήσυχες και οι τελευταίες πιο θορυβώδεις.

8.2 Κόστος υλοποίησης δικτύου

Το κόστος υλοποίησης του δικτύου ήταν 698,5 ευρώ και περιγράφεται αναλυτικά από τους παρακάτω πίνακες :

ΚΟΜΒΟΣ 1ου ΚΤΗΡΙΟΥ	
Υλικό	Κόστος
Μικροελεγκτής Wemos D1 R2	9,90 €
Αισθητήρας DHT11	2,40 €
Αισθητήρας Analog Sound Meter	49,90 €
Σύνολο	62,20 €

ΚΟΜΒΟΣ 2ου ΚΤΗΡΙΟΥ	
Υλικό	Κόστος
Μικροελεγκτής Wemos D1 R2	9,90 €
Αισθητήρας AHT10	2,60 €
Αισθητήρας Analog Sound Meter	49,90 €
Σύνολο	62,40 €

ΚΟΜΒΟΣ 3ου ΚΤΗΡΙΟΥ	
Υλικό	Κόστος
Μικροελεγκτές Lora Heltec 32 V3	47,00 €
Αισθητήρας DHT11	2,40 €
Αισθητήρας Analog Sound Meter	49,90 €
Σύνολο	99,30 €

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΚΟΣΤΟΣ			
Είδος	Ποσότητα	Κόστος	Σύνολο
Κόμβοι 1ου κτηρίου	2	62,20 €	124,40 €
Κόμβοι 2ου κτηρίου	2	62,40 €	124,80 €
Κόμβοι LoRa	1	99,30 €	99,30 €
Κουτιά	6	20,00 €	120,00 €
Τροφοδοτικά	6	5,00 €	30,00 €
Εγκατάσταση παροχών	1	100,00 €	100,00 €
Διάφορα	1	100,00 €	100,00 €
Σύνολο			698,50 €

Με εξαίρεση την εγκατάσταση παροχών τροφοδοσίας ρεύματος όλες οι άλλες κατασκευές έγιναν με προσωπική εργασία που δεν επιβάρυνε το κόστος. Στη γραμμή «Διάφορα» εισάγεται κατά προσέγγιση ένα κόστος 100 ευρώ που αφορά στους αισθητήρες Sparkfun που δοκιμάστηκαν και απορρίφθηκαν, σε μια πλακέτα wemos που χάλασε και σε έναν ελαττωματικό αισθητήρα Analog Sound Meter που αντικαταστάθηκε. Τέλος θα μπορούσε να υπάρξει κόστος χρήσης του server που στη δική μας περίπτωση ήταν δωρεάν.

8.3 Περιορισμοί

Στο πλαίσιο της υλοποίησης της συγκεκριμένης εργασίας και του χρονικού περιορισμού της για την ολοκλήρωσή της, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, αποθηκεύτηκαν και επεξεργάστηκαν ήταν περίπου για 2 μήνες, από τα οποία μόνο αυτά του δεύτερου μήνα, αφού πλέον ήταν βέβαιη η σωστή λειτουργία του δικτύου, αξιοποιήθηκαν για τη στατιστική ανάλυση.

Στο πρώτο στάδιο, πριν ακόμα από τη έναρξη συλλογής πραγματικών δεδομένων, απαιτήθηκε χρόνος για το σχεδιασμό, προγραμματισμό, την κατασκευή και τον έλεγχο λειτουργίας των κόμβων. Ειδικά στον προγραμματισμό, όπως συμβαίνει συνήθως, χρειάστηκε αρκετός χρόνος για πολλές δοκιμές για το εντοπισμό κάποιων πρώτων λαθών ή εμποδίων και τη διόρθωσή τους. Στη συνέχεια, χρειάστηκε επίσης αρκετός χρόνος όπου έγιναν επανειλημμένες δοκιμές των εφαρμογών και οι κατάλληλες προσαρμογές μέχρι το επιθυμητό αποτέλεσμα. Επιπλέον, στο θέμα της κατασκευής και του εξοπλισμού κάποια από τα στοιχεία που χρησιμοποιήθηκαν παραγγέλθηκαν από το εξωτερικό. Ένα από αυτά ήταν ελαττωματικό και χρειάστηκε να γίνει νέα παραγγελία που προσέθεσε χρόνο καθυστέρησης.

Στο δεύτερο στάδιο έγινε εγκατάσταση στις σχολικές μονάδες. Εκεί υπήρξαν προβλήματα έλλειψης υποδομών (παροχές ρεύματος στα επιλεγμένα σημεία) όπου τελικά έγινε η εγκατάσταση παροχών με μια μικρή καθυστέρηση. Επίσης υπήρξαν και προβλήματα επιτήρησης του εγκατεστημένου δικτύου. Κάποιοι μαθητές περιεργαζόμενοι τους κόμβους, τους αποσύνδεαν οπότε σταματούσε η καταγραφή.

Επιπλέον χρόνος απαιτήθηκε για να γίνει έλεγχος λειτουργίας σε πραγματικές συνθήκες και κάποιες διορθώσεις. Έτσι φτάσαμε οριακά να μπορέσουμε να συλλέξουμε δεδομένα λίγο πριν από το τέλος της σχολικής χρονιάς.

Τέλος δαπανήθηκε χρόνος για τη σωστή παραμετροποίηση και ασφαλή πρόσβαση στο server της υποδομής cloud που μας παρασχέθηκε.

Πέρα όμως από τους χρονικούς περιορισμούς, η χρήση αισθητήρων χαμηλού κόστους μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα αξιοπιστίας. Στη δική μας εργασία, μετά την εγκατάσταση του δικτύου παρατηρήθηκε ότι ο αισθητήρας μέτρησης ήχου που τοποθετήθηκε στο κτήριο 11 (γυμνάσιο, 1^ο κτήριο, 1^{ος} όροφος) παρουσίασε μετατόπιση (offset) στις τιμές που καταγράφει. Συγκεκριμένα έδινε καταγραφές μεγαλύτερες κατά περίπου 20 έως 35 dBA ανάλογα με την τιμή (στις μικρές τιμές μικρότερη απόκλιση, στις μεγάλες μεγαλύτερη). Ο αισθητήρας τοποθετήθηκε κυκλικά στις θέσεις 10, 11, 20, 21 και η σύγκριση των τιμών που έδινε σε σχέση με τους υπόλοιπους αισθητήρες στις ίδιες θέσεις επιβεβαίωσε την παραπάνω απόκλιση. Η έλλειψη χρόνου δεν επέτρεψε την αντικατάστασή του και έτσι έγινε διόρθωση των δεδομένων (calibration). Η διόρθωση έγινε με γραμμική παρεμβολή. Συγκεκριμένα, υπολογίστηκαν οι μέσοι όροι των ελάχιστων και των μέγιστων τιμών των μετρήσεων των υπόλοιπων αισθητήρων ήχου. Προέκυψε λοιπόν ένα ελάχιστο και ένα μέγιστο μεταξύ των οποίων προσαρμόστηκαν με γραμμική παρεμβολή οι καταγραφές του προβληματικού αισθητήρα.

8.4 Προτάσεις χρήσης

Θα μπορούσε το δίκτυο που υλοποιήθηκε να αποτελέσει μια πιλοτική εφαρμογή εκπαίδευσης, έρευνας και τεχνολογίας σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης. Η χρήση του δεν

περιορίζεται μόνο σε σχολεία δευτεροβάθμιας αλλά μπορεί να υλοποιηθεί και να παράγει αποτελέσματα και στην πρωτοβάθμια και στην τριτοβάθμια.

Η φύση της τεχνολογίας που χρησιμοποιήθηκε αλλά και ο σχεδιασμός που έγινε καθιστούν το δίκτυο ευέλικτο και επεκτάσιμο. Η επέκταση μπορεί να γίνει και ως προς το μέγεθος αλλά και ως προς την λειτουργικότητά του. Μπορούν να προστεθούν επιπλέον – χωρίς όριο – κόμβοι οπότε να γίνονται πιο λεπτομερείς και σε μεγαλύτερο εύρος καταγραφές. Επίσης μπορούν εύκολα να προστεθούν και άλλοι αισθητήρες μέτρησης επιπλέον περιβαλλοντικών μεταβλητών αλλά και ενεργοποιητές οι οποίοι ανάλογα με τις καταγραφόμενες τιμές θα ανταποκρίνονται με κάποια ενέργεια. Για παράδειγμα θα μπορούσε σ' ένα χώρο συγκέντρωσης ανθρώπων (αίθουσα διδασκαλίας, χώρος αναμονής κλπ.) να μετρούνται τα επίπεδα του μονοξειδίου του άνθρακα (CO) και όταν αυτά ξεπερνούν κάποιο όριο να ανοίγουν αυτόματα τα παράθυρα ή ο εξαερισμός. Επίσης, στο υλοποιηθέν δίκτυο θα μπορούσε να προστεθεί ένας συναγερμός όπου όταν ο θόρυβος ξεπερνά ένα όριο να εμφανίζεται σε μία οθόνη μια σχετική ειδοποίηση, κάτι που προβλέπεται και από τη σχετική νομοθεσία.

Η εγκατάσταση του δικτύου σ' ένα σχολείο θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί για εκπαιδευτικούς λόγους στα μαθήματα της τεχνολογίας για το γυμνάσιο, της πληροφορικής για γυμνάσιο και λύκειο και για τα μαθήματα ειδικότητας στην τεχνική εκπαίδευση.

Επιπλέον αποτελεί ένα πλήρες ερευνητικό εργαλείο. Πολλές και διάφορες έρευνες θα μπορούσαν να γίνουν για τις συνθήκες εργασίας εκπαιδευτικών και μαθητών και πως αυτές επηρεάζουν τη υγεία και την απόδοσή τους. Γενικότερα, θα μπορούσε να ερευνηθεί πως επηρεάζεται η μαθησιακή διαδικασία και η παραγωγικότητα του σχολείου. Τα στατιστικά που εκπονήθηκαν στη παρούσα εργασία αποτελούν ένα μικρό δείγμα μιας ερευνητικής προσέγγισης. Θα μπορούσε να γίνει έλεγχος της εξέλιξης του θορύβου ανάλογα με την εποχή του χρόνου, συσχετισμός θορύβου και θερμοκρασίας σε βάθος χρόνου, όπου οι μεταβολές θερμοκρασίας θα είναι σημαντικές και άλλα πολλά.

9. Επίλογος

Η παρούσα εργασία υπήρξε προϊόν μιας αναζήτησης και ενός προβληματισμού που απασχολεί πολλούς εκπαιδευτικούς. Σε μια εποχή που όλα γύρω μας αλλάζουν με μεγάλη ταχύτητα, η εκπαίδευση δεν μπορεί να ακολουθήσει τις αλλαγές αυτές με την ίδια ταχύτητα και παρακολουθεί πολλές από αυτές μάλλον με αμηχανία. Τα προβλήματα και η υστέρηση υπάρχουν στο επίπεδο της μεθοδολογίας, στο επίπεδο των υποδομών και στο επίπεδο της διαχείρισης του έμψυχου δυναμικού (εκπαιδευτές – εκπαιδευόμενοι).

Ένας τρόπος για να κινηθούμε ταχύτερα, αποτελεί η ενσωμάτωση της τεχνολογικής πρόοδου και η προσαρμογή στις κοινωνικές εξελίξεις είναι η εύρεση τρόπων αξιολόγησης της εκπαιδευτικής λειτουργίας, ο εντοπισμός αδυναμιών όπου υφίστανται και οι διορθωτικές παρεμβάσεις. Αυτό δεν είναι πάντα εύκολο διότι υπάρχουν δομικά στοιχεία στη εκπαιδευτική διαδικασία που δεν είναι αριθμήσιμα (π.χ. οι σχέσεις καθηγητών- μαθητών, η συμπεριφορά ενός μαθητή ή ενός καθηγητή, ο τρόπος διδασκαλίας κλπ.) και ως εκ τούτου δεν είναι εύκολα μετρήσιμα.

Στο γενικό πλαίσιο αυτού του προβληματισμού, αυτή η εργασία προσπαθεί να συνεισφέρει στη δημιουργία ενός εργαλείου αξιολόγησης κάποιων μετρήσιμων παραμέτρων που επηρεάζουν τη καθημερινότητα του σχολείου. Μετρώντας τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του σχολείου και βλέποντας πως αυτά επηρεάζουν την καθημερινότητα, παίρνουμε έμμεσα και κάποιες πρώτες αξιολογικές εκτιμήσεις για άλλα – μη μετρήσιμα- χαρακτηριστικά. Παράδειγμα η υπερβολική παραγωγή ανθρωπογενούς θορύβου αποτελεί ένδειξη πιθανής υπερέντασης ή υπερβολικού στρες. Φιλοδοξία και ελπίδα της παρούσας προσπάθειας είναι η συμβολή στη δημιουργία τεχνολογικών εργαλείων που θα προσφέρουν έστω και ελάχιστα στην προαγωγή της εκπαίδευσης.

Βιβλιογραφία – αναφορές – διαδικτυακές πηγές

1. Rose, K., Eldridge, S., & Chapin, L. (2015). "The Internet of Things: An Overview". Internet Society.
2. McKinsey Global Institute. (2015). "The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype". McKinsey & Company.
3. [online] TechTarget – IoT Agenda “IoT Security” Διαθέσιμο : <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/IoT-security-Internet-of-Things-security>. Ιούνιος 2024.
4. Bahga, A., & Madisetti, V. (2014). "Internet of Things: A Hands-On Approach". VPT/Create-Space Inc., Atlanta.
5. [online] Intersog “The key factors reducing IoT development cost” Διαθέσιμο : <https://intersog.com/blog/the-key-factors-reducing-iot-development-costs/>
6. clouddpanel “IoT and cloud computing” Διαθέσιμο : <https://www.cloud-panel.io/blog/iot-and-cloud-computing/>. Ιούνιος 2024.
7. [online] IBM “Internet of Things” Διαθέσιμο : <https://www.ibm.com/topics/internet-of-things>. Ιούνιος 2024
8. [online] Epicor “What is industry 4.0” Διαθέσιμο : <https://www.epcor.com/en/blog/what-is-industry-4-0/> . Ιούνιος 2024
9. [online] ioThink “IoT for smart cities – future of urban living” Διαθέσιμο : https://iothink-solutions.com/all_resources/iot-for-smart-cities-future-of-urban-living/. Ιούνιος 2024
10. [online] libelium “The importance of interoperability in IoT” Διαθέσιμο : <https://www.libelium.com/libeliumworld/the-importance-of-interoperability-in-iot/>. Ιούνιος 2024
11. [online] Capital, “Θόρυβος κοντά σε σχολείο: Πώς επηρεάζει τους μαθητές” . Διαθέσιμο: <https://www.capital.gr/health/3638943/thorubos-konta-se-sxoleio-pos-epireazei-tous-mathites/>. Αύγουστος 2024.
12. Σεβαστή Καπετανάκη. (2018). «Κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά μαθητών και επίπεδο θορύβου σε δημόσια σχολεία ευπαθών περιοχών της Αττικής», Διδακτορική διατριβή. Αθήνα.
13. Goncalo Marques, Rui Pitarma. (2020). “A Real-Time Noise Monitoring System Based on Internet of Things for Enhanced Acoustic Comfort and Occupational Health”. IEEE Access.
14. [online] Κωνσταντίνος Πούλιος, Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΕΛΙΝΥΑΕ). «Ο θόρυβος στους χώρους εργασίας». Διαθέσιμο : https://www.elinyae.gr/sites/default/files/2021-02/factsheet%20_9_thorivos.pdf. Αύγουστος 2024.
15. [online] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας “WHO Guidelines for Community Noise - A complete, authoritative guide on the effects of noise pollution on health, Chapter 4, Guideline Values” Διαθέσιμο: https://www.ruidos.org/Noise/WHO_Noise_guidelines_4.html. Αύγουστος 2024
16. Saldana-Barrios, Juan Jose, Edwil Aguilar, Wing Ng, and Roderit Orocu. 2023. "Designing an IoT-Based System for Monitoring Noise Levels in the Computer Science Faculty and Library of the Technological University of Panama" Sensors 23, no. 22: 9083. <https://doi.org/10.3390/s23229083>

17. George Sarantopoulos, Spyros Lykoudis, Pavlos Kassomenos, “Noise levels in primary schools of medium sized city in Greece”, *Science of The Total Environment*, Volumes 482–483, 2014, Pages 493-500, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.010>
18. Galafagas, V., Gioulekas, F., Maroulidis, P., Petrellis, N., Katsaros, P. (2023). A Low-Cost and Energy Autonomous IoT Framework for Environmental Monitoring. In: Yang, X.S., Sherratt, S., Dey, N., Joshi, A. (eds) *Proceedings of Seventh International Congress on Information and Communication Technology. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 448. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-19-1610-6_42
19. G. Mylonas, L. P. Fraile, S. Tsampas and A. Kalogeras, "A Study on Indoor Noise Levels in a Set of School Buildings in Greece utilizing an IoT infrastructure," *2023 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2)*, Bucharest, Romania, 2023, pp. 1-6, <https://doi.org/10.1109/ISC257844.2023.10293576>
20. [online] Occupational Safety and Health Administration. “ Occupational Noise Exposure”. U.S. Department of Labor. Διαθέσιμο : <https://www.osha.gov/noise/health-effects> . Αύγουστος 2024
21. [online] Node-RED. Διαθέσιμο : <https://nodered.org/> . Σεπτέμβριος 2024.
22. [online] InfluxDB. Διαθέσιμο : <https://www.influxdata.com/index/> . Σεπτέμβριος 2024.
23. [online] Grafana. Διαθέσιμο : <https://grafana.com/> . Σεπτέμβριος 2024.
24. [online] Wemos D1 R2 documentation . Διαθέσιμο : https://wiki.geekworm.com/WEMOS_ESP8266_D1_R2_V2.1#Specification. Σεπτέμβριος 2024.
25. [online] LoRa 32 (V3) Heltec documentation. Διαθέσιμο : <https://heltec.org/project/wifi-lora-32-v3/> . Σεπτέμβριος 2024.
26. [online] SEN0232 datasheet . Διαθέσιμο : <https://www.application-datasheet.com/pdf/dfrobot/509129/sen0232.html> . Σεπτέμβριος 2024.
27. [online] SEN12642 datasheet . Διαθέσιμο : <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Sound/LMV324.pdf> . Σεπτέμβριος 2024.
28. [online] Digital Sound Level Meter GM1351 documentation. Διαθέσιμο: <http://www.benetechno.net/en/products/gm1351.html> . Σεπτέμβριος 2024.
29. [online] DHT11 datasheet . Διαθέσιμο : <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://image.dfrobot.com/image/data/KIT0003/DHT11%20datasheet.pdf> . Σεπτέμβριος 2024.
30. [online] AHT10 datasheet . Διαθέσιμο : <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://robu.in/wp-content/uploads/2021/01/AHT10.pdf> . Σεπτέμβριος 2024.
31. [online] Arduino IDE 2.3.2 . Διαθέσιμο : <https://www.arduino.cc/en/software> . Σεπτέμβριος 2024.
32. [online] Arduino IDE 1.8.18 . Διαθέσιμο : <https://www.arduino.cc/en/software/OldSoftwareReleases> . Σεπτέμβριος 2024.
33. [online] Kruskal- Wallis test . Διαθέσιμο : https://en.wikipedia.org/wiki/Kruskal%E2%80%93Wallis_test . Σεπτέμβριος 2024.
34. [online] Mann-Whitney U test . Διαθέσιμο : https://en.wikipedia.org/wiki/Mann%E2%80%93Whitney_U_test . Σεπτέμβριος 2024.

Παράρτημα

1.Κώδικες προγραμματισμού wemos

1.1 Κόμβος 10 (Γυμνάσιο – 1^ο κτήριο – Ισόγειο)

```
// BUILDING 10 SCHOOL VERSION

#include <DHTesp.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// DHT11
#define DHTPIN D2      // Digital Input
DHTesp dht;

//Gravity Sound Sensor (GSS)
#define SoundSensorPin A0 //this pin read the analog voltage from the
sound level meter
#define VREF 3.3 //voltage on AREF pin,default:operating voltage

char* nodeName = "b10";
char* eSensor = "DHT11";
char* noiseTopic = "noise/b10";
char* meteoTopic = "meteo/b10";

// sound sample rate every "soundrate"/1000 seconds
int soundRate=1000; // 1 sec
int soundPublish=300; // publish every 300 seconds = 5 minutes

// meteo sample rate every (soundRate/1000)*meteoRate seconds (once after
"meteoRate" sound samples)
int meteoRate=1200; // every 20 minutes
int counter=1;

//SHCOOL WIFI
const char* ssid = "SSID";
const char* password = "*****";

const char* mqtt_server = "IP ADDRESS";
const int mqtt_port = PORT;

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

// connect to local wifi
void setup_wifi() {
    delay(10);
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
```

```

Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

// Try to reconnect to MQTT broker if connection failed
void reconnect() {
    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Attempting MQTT connection...");
        if (client.connect("NODE10")) {
            Serial.println("connected");
        } else {
            Serial.print("failed, rc=");
            Serial.print(client.state());
            Serial.println(" try again in 5 seconds");
            delay(5000);
        }
    }
}

// ***** meteo *****
// read temperature and humidity values from DHT11, construct a json
string and publish it to MQTT
void read_publish_DHT11(char* node) {
    // read temperature and humidity values from DHT11 sensor
    float temp = dht.getTemperature();
    float hum = dht.getHumidity();

    // check if values have been read
    if (isnan(temp) || isnan(hum))
    {
        Serial.println("DHT11 Read Data ERROR!");
        return;
    }

    // Convert temperature from float to a string and copy to the tempStr
    char tempStr[10]; // Define a character array to store the converted
    counter value !!! Η δήλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
    dtostrf(temp, 5, 2, tempStr);

    // Convert humidity from float to a string and copy to the humStr
    char humStr[10]; // Define a character array to store the converted
    counter value !!! Η δήλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
    dtostrf(hum, 5, 2, humStr);
}

```

```

//Construct the message from DHT11 to be an influxdb point
char jsonString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
strcpy(jsonString, "{\"building\":"");
strcat(jsonString, node);
strcat(jsonString, "\",\"eSensor\":"");
strcat(jsonString, eSensor);
strcat(jsonString, "\",\"temperature\":"");
strcat(jsonString, tempStr);
strcat(jsonString, "\",\"humidity\":"");
strcat(jsonString, humStr);
strcat(jsonString, "\}");

Serial.println(jsonString); // check

// Publish temperature and humidity
client.publish(meteoTopic, jsonString);
}

// ***** noise *****
// read voltage value from GSS, turn it to a sound dB value, construct a
json string and publish it to MQTT
void read_publish_GSS(char* node){

    // Read noise data from Gravity Sound Sensor
    float voltageValue,dbValue;
    voltageValue = analogRead(SoundSensorPin) / 1024.0 * VREF;

    // check if values have been read
    if (isnan(voltageValue)) {
        Serial.println("Sound Sensor Read Data ERROR!");
        return;
    }

    dbValue = voltageValue * 50.0; //convert voltage to decibel value

    // Convert dbValue from float to a string and copy to the dbStr
    char dbStr[10]; // Define a character array to store the converted
counter value !!! Η δόλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
    dtostrf(dbValue, 5, 2, dbStr);

    //Construct the message from GSS to be an influxdb point
    char jsonsString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
    strcpy(jsonsString, "{\"building\":"");
    strcat(jsonsString, node);
    strcat(jsonsString, "\",\"noise\":"");
    strcat(jsonsString, dbStr);
    strcat(jsonsString, "\}");

    Serial.println(jsonsString); // check

    // Publish the temperature
    client.publish(noiseTopic, jsonsString);
}

```

```

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  Serial.print("INITIALIZATION OF DHT11");
  dht.setup(DHTPIN, DHTesp::DHT11);

  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);

}

void loop() {

  if (counter<meteoRate) {
    // publish noise value if it is over 85dB otherwise every 30 seconds
    if (analogRead(SoundSensorPin)>527 || counter%soundPublish==0){
      if (!client.connected()) {
        reconnect();
      }
      read_publish_GSS(nodeName);
    }
    counter++;
    delay(soundRate-280);
  }

  if (counter==meteoRate) {
    if (!client.connected()) {
      reconnect();
    }
    read_publish_GSS(nodeName);
    read_publish_DHT11(nodeName);
    counter=1;
  }

}

```

1.2 Κόμβος 11 (Γυμνάσιο – 1^ο κτήριο – 1^{ος} όροφος)

```

// BUILDING 11 SCHOOL VERSION

#include <DHTesp.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// DHT11
#define DHTPIN D2      // Digital Input
DHTesp dht;

//Gravity Sound Sensor (GSS)
#define SoundSensorPin A0 //this pin read the analog voltage from the
sound level meter
#define VREF 3.3 //voltage on AREF pin,default:operating voltage

```

```

char* nodeName = "b11";
char* eSensor = "DHT11";
char* noiseTopic = "noise/b11";
char* meteoTopic = "meteo/b11";

// sound sample rate every "soundrate"/1000 seconds
int soundRate=1000; // 1 sec
int soundPublish=300; // publish every 300 seconds = 5 minutes

// meteo sample rate every (soundRate/1000)*meteoRate seconds (once after
"meteoRate" sound samples)
int meteoRate=1200; // every 20 minutes
int counter=1;

//SHCOOL WIFI
const char* ssid = "SSID";
const char* password = "*****";

const char* mqtt_server = "IP ADDRESS";
const int mqtt_port = PORT;

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

// connect to local wifi
void setup_wifi() {
    delay(10);
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);

    WiFi.begin(ssid, password);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }

    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}

// Try to reconnect to MQTT broker if connection failed
void reconnect() {
    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Attempting MQTT connection...");
        if (client.connect("NODE11")) {
            Serial.println("connected");
        } else {
            Serial.print("failed, rc=");
            Serial.print(client.state());
            Serial.println(" try again in 5 seconds");
            delay(5000);
        }
    }
}

```

```

    }
  }
}

// ***** meteo *****
// read temperature and humidity values from DHT11, construct a json
string and publish it to MQTT
void read_publish_DHT11(char* node) {
  // read temperature and humidity values from DHT11 sensor
  float temp = dht.getTemperature();
  float hum = dht.getHumidity();

  // check if values have been read
  if (isnan(temp) || isnan(hum))
  {
    Serial.println("DHT11 Read Data ERROR!");
    return;
  }

  // Convert temperature from float to a string and copy to the tempStr
  char tempStr[10]; // Define a character array to store the converted
counter value !!! Η δήλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
  dtostrf(temp, 5, 2, tempStr);

  // Convert humidity from float to a string and copy to the humStr
  char humStr[10]; // Define a character array to store the converted
counter value !!! Η δήλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
  dtostrf(hum, 5, 2, humStr);

  //Construct the message from DHT11 to be an influxdb point
  char jsonString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
  strcpy(jsonString, "{\"building\":\"");
  strcat(jsonString, node);
  strcat(jsonString, "\",\"eSensor\":\"");
  strcat(jsonString, eSensor);
  strcat(jsonString, "\",\"temperature\":\"");
  strcat(jsonString, tempStr);
  strcat(jsonString, "\",\"humidity\":\"");
  strcat(jsonString, humStr);
  strcat(jsonString, "\"}");

  Serial.println(jsonString); // check

  // Publish temperature and humidity
  client.publish(meteoTopic, jsonString);
}

// ***** noise *****
// read voltage value from GSS, turn it to a sound dB value, construct a
json string and publish it to MQTT
void read_publish_GSS(char* node){

  // Read noise data from Gravity Sound Sensor
  float voltageValue,dbValue;
  voltageValue = analogRead(SoundSensorPin) / 1024.0 * VREF;

```

```

// check if values have been read
if (isnan(voltageValue)) {
    Serial.println("Sound Sensor Read Data ERROR!");
    return;
}

dbValue = voltageValue * 50.0; //convert voltage to decibel value

// Convert dbValue from float to a string and copy to the dbStr
char dbStr[10]; // Define a character array to store the converted
counter value !!! Η δήλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
dtostrf(dbValue, 5, 2, dbStr);

//Construct the message from GSS to be an influxdb point
char jsonsString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
strcpy(jsonsString, "{\"building\":\"\"");
strcat(jsonsString, node);
strcat(jsonsString, "\",\"noise\":\"");
strcat(jsonsString, dbStr);
strcat(jsonsString, "\"}");

Serial.println(jsonsString); // check

// Publish the temperature
client.publish(noiseTopic, jsonsString);
}

void setup() {

    Serial.begin(115200);

    Serial.print("INITIALIZATION OF DHT11");
    dht.setup(DHTPIN, DHTesp::DHT11);

    setup_wifi();
    client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
}

void loop() {

    if (counter<meteoRate) {
        // publish noise value if it is over 85dB otherwise every 30 seconds
        if (analogRead(SoundSensorPin)>527 || counter%soundPublish==0){
            if (!client.connected()) {
                reconnect();
            }
            read_publish_GSS(nodeName);
        }
        counter++;
        delay(soundRate-280);
    }
}

```

```

    if (counter==meteoRate) {
        if (!client.connected()) {
            reconnect();
        }
        read_publish_GSS(nodeName);
        read_publish_DHT11(nodeName);
        counter=1;
    }
}

```

1.3 Κόμβος 20 (Γυμνάσιο – 2^ο κτήριο – Ισόγειο)

```

// BUILDING 20 SCHOOL VERSION
#include <Adafruit_AHT10.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// AHT10
Adafruit_AHT10 aht;

//Gravity Sound Sensor (GSS)
#define SoundSensorPin A0 //this pin read the analog voltage from the
sound level meter
#define VREF 3.3 //voltage on AREF pin,default:operating voltage

char* nodeName = "b20";
char* eSensor = "AHT10";
char* noiseTopic = "noise/b20";
char* meteoTopic = "meteo/b20";

// sound sample rate every "soundrate"/1000 seconds
int soundRate=1000; // 1 sec
int soundPublish=300; // publish every 300 second = 5 minutes

// meteo sample rate every (soundRate/1000)*meteoRate seconds (once after
"meteoRate" sound samples)
int meteoRate=1200; // every 1200 second = 20 minutes
int counter=1;

//SHCOOL WIFI
const char* ssid = "SSID";
const char* password = "*****";

const char* mqtt_server = "IP ADDRESS";
const int mqtt_port = PORT;

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

// connect to local wifi
void setup_wifi() {
    delay(10);
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");

```

```

Serial.println(ssid);

WiFi.begin(ssid, password);

while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
}

Serial.println("");
Serial.println("WiFi connected");
Serial.println("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
}

// Try to reconnect to MQTT broker if connection failed
void reconnect() {

    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Attempting MQTT connection...");
        if (client.connect("NODE20")) {
            Serial.println("connected");
            //client.subscribe("node1");
        } else {
            Serial.print("failed, rc=");
            Serial.print(client.state());
            Serial.println(" try again in 5 seconds");
            delay(5000);
        }
    }
}

// ***** meteo *****
//read temperature and humidity values from AHT10
void read_publish_AHT10(char* node) {

    // read temperature and humidity values from AHT10 sensor
    sensors_event_t humidity, temp;
    aht.getEvent(&humidity, &temp); // populate temp and humidity objects
    with fresh data
    float h = humidity.relative_humidity;
    float t = temp.temperature;

    // Convert temperature from float to a string and copy to the tempStr
    char tStr[10]; // Define a character array to store the converted counter value !!!
    dtostrf(t, 5, 2, tStr);

    // Convert humidity from float to a string and copy to the humStr
    char hStr[10]; // Define a character array to store the converted counter value !!!
    dtostrf(h, 5, 2, hStr);
}

```

```

//Construct the message from AHT10 to be an influxdb point
char jsonString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
strcpy(jsonString, "{\"building\":\");
strcat(jsonString, node);
strcat(jsonString, "\",\"eSensor\":\");
strcat(jsonString, eSensor);
strcat(jsonString, "\",\"temperature\":\");
strcat(jsonString, tStr);
strcat(jsonString, "\",\"humidity\":\");
strcat(jsonString, hStr);
strcat(jsonString, "\");");

Serial.println(jsonString); // check

// Publish temperature and humidity
client.publish(meteoTopic, jsonString);

}

// ***** noise *****
// read voltage value from GSS, turn it to a sound dB value, construct a
json string and publish it to MQTT
void read_publish_GSS(char* node){

    // Read noise data from Gravity Sound Sensor
    float voltageValue,dbValue;
    voltageValue = analogRead(SoundSensorPin) / 1024.0 * VREF;

    // check if values have been read
    if (isnan(voltageValue)) {
        Serial.println("Sound Sensor Read Data ERROR!");
        return;
    }

    dbValue = voltageValue * 50.0; //convert voltage to decibel value

    // Convert dbValue from float to a string and copy to the dbStr
    char dbStr[10]; // Define a character array to store the converted
counter value !!! Η δήλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
    dtostrf(dbValue, 5, 2, dbStr);

    //Construct the message from GSS to be an influxdb point
    char jsonsString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
    strcpy(jsonsString, "{\"building\":\");
    strcat(jsonsString, node);
    strcat(jsonsString, "\",\"noise\":\");
    strcat(jsonsString, dbStr);
    strcat(jsonsString, "\");");

    Serial.println(jsonsString); // check

    // Publish the temperature
    client.publish(noiseTopic, jsonsString);

}

```

```

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  if (! aht.begin()) {
    Serial.println("Could not find AHT10? Check wiring");
    while (1) delay(10);
  }
  Serial.println("AHT10 found");

  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);

}

void loop() {

  if (counter<meteoRate) {
    // publish noise value if it is over 85dB otherwise every 30 seconds
    if (analogRead(SoundSensorPin)>527 || counter%soundPublish==0){
      if (!client.connected()) {
        reconnect();
      }
      read_publish_GSS(nodeName);
    }
    counter++;
    delay(soundRate-280);
  }

  if (counter==meteoRate) {
    if (!client.connected()) {
      reconnect();
    }
    read_publish_GSS(nodeName);
    read_publish_AHT10(nodeName);
    counter=1;
  }

}

```

1.4 Κόμβος 21 (Γυμνάσιο – 2^ο κτήριο – 1^{ος} όροφος)

```

// BUILDING 21 SCHOOL VERSION
#include <Adafruit_AHT10.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// AHT10
Adafruit_AHT10 aht;

//Gravity Sound Sensor (GSS)
#define SoundSensorPin A0 //this pin read the analog voltage from the
sound level meter

```

```

#define VREF 3.3 //voltage on AREF pin,default:operating voltage

char* nodeName = "b21";
char* eSensor = "AHT10";
char* noiseTopic = "noise/b21";
char* meteoTopic = "meteo/b21";

// sound sample rate every "soundrate"/1000 seconds
int soundRate=1000; // 1 sec
int soundPublish=300; // publish every 300 second = 5 minutes

// meteo sample rate every (soundRate/1000)*meteoRate seconds (once after
"meteoRate" sound samples)
int meteoRate=1200; // every 1200 second = 20 minutes
int counter=1;

//SHCOOL WIFI
const char* ssid = "SSID";
const char* password = "*****";

const char* mqtt_server = "IP ADDRESS";
const int mqtt_port = PORT;

WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

// connect to local wifi
void setup_wifi() {
    delay(10);
    Serial.println();
    Serial.print("Connecting to ");
    Serial.println(ssid);

    WiFi.begin(ssid, password);

    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
        delay(500);
        Serial.print(".");
    }

    Serial.println("");
    Serial.println("WiFi connected");
    Serial.println("IP address: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
}

// Try to reconnect to MQTT broker if connection failed
void reconnect() {

    while (!client.connected()) {
        Serial.print("Attempting MQTT connection...");
        if (client.connect("NODE21")) {
            Serial.println("connected");
            //client.subscribe("node1");

```

```

    } else {
        Serial.print("failed, rc=");
        Serial.print(client.state());
        Serial.println(" try again in 5 seconds");
        delay(5000);
    }
}

}

// ***** meteo *****
//read temperature and humidity values from AHT10
void read_publish_AHT10(char* node) {

    // read temperature and humidity values from AHT10 sensor
    sensors_event_t humidity, temp;
    aht.getEvent(&humidity, &temp); // populate temp and humidity objects
    with fresh data
    float h = humidity.relative_humidity;
    float t = temp.temperature;

    // Convert temperature from float to a string and copy to the tempStr
    char tStr[10]; // Define a character array to store the converted counter value !!!
    dtostrf(t, 5, 2, tStr);

    // Convert humidity from float to a string and copy to the humStr
    char hStr[10]; // Define a character array to store the converted counter value !!!
    dtostrf(h, 5, 2, hStr);

    //Construct the message from AHT10 to be an influxdb point
    char jsonString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
    strcpy(jsonString, "{\"building\": \"\"");
    strcat(jsonString, node);
    strcat(jsonString, "\", \"eSensor\": \"\"");
    strcat(jsonString, eSensor);
    strcat(jsonString, "\", \"temperature\": \"\"");
    strcat(jsonString, tStr);
    strcat(jsonString, "\", \"humidity\": \"\"");
    strcat(jsonString, hStr);
    strcat(jsonString, "\"}");

    Serial.println(jsonString); // check

    // Publish temperature and humidity
    client.publish(meteoTopic, jsonString);

}

// ***** noise *****
// read voltage value from GSS, turn it to a sound dB value, construct a
// json string and publish it to MQTT
void read_publish_GSS(char* node){

```

```

// Read noise data from Gravity Sound Sensor
float voltageValue,dbValue;
voltageValue = (analogRead(SoundSensorPin) - 91) / 1024.0 * VREF;

// check if values have been read
if (isnan(voltageValue)) {
  Serial.println("Sound Sensor Read Data ERROR!");
  return;
}

dbValue = voltageValue * 50.0; //convert voltage to decibel value

// Convert dbValue from float to a string and copy to the dbStr
char dbStr[10]; // Define a character array to store the converted
counter value !!! Η δήλωση αυτή να γίνει στην αρχή !!!
dtostrf(dbValue, 5, 2, dbStr);

//Construct the message from GSS to be an influxdb point
char jsonsString[100]; // Adjust the size based on your JSON data
strcpy(jsonsString, "{\"building\":\"}");
strcat(jsonsString, node);
strcat(jsonsString, "\",\"noise\":\");
strcat(jsonsString, dbStr);
strcat(jsonsString, "\}");

Serial.println(jsonsString); // check

// Publish the temperature
client.publish(noiseTopic, jsonsString);
}

void setup() {
  Serial.begin(115200);

  if (! aht.begin()) {
    Serial.println("Could not find AHT10? Check wiring");
    while (1) delay(10);
  }
  Serial.println("AHT10 found");

  setup_wifi();
  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
}

void loop() {
  if (counter<meteoRate) {
    // publish noise value if it is over 85dB otherwise every 30 seconds
    if (analogRead(SoundSensorPin)>527 || counter%soundPublish==0){
      if (!client.connected()) {
        reconnect();
      }
    }
  }
}

```

```

        read_publish_GSS(nodeName);
    }
    counter++;
    delay(soundRate-280);
}

if (counter==meteoRate) {
    if (!client.connected()) {
        reconnect();
    }
    read_publish_GSS(nodeName);
    read_publish_AHT10(nodeName);
    counter=1;
}
}

```

1.5 Κόμβος 30 (Λύκειο – 1^ο κτήριο – Ισόγειο)

// BUILDING 30 SCHOOL VERSION

```

#include <DHTesp.h>
#include <LoRaWAN_APP.h>
#include <Arduino.h>
#include <Wire.h>
#include <HT_SSD1306Wire.h>

#define RF_FREQUENCY      868000000    // Hz
#define TX_OUTPUT_POWER  5             // dBm
#define LORA_BANDWIDTH   0             // [0: 125 kHz,
                                        // 1: 250 kHz,
                                        // 2: 500 kHz,
                                        // 3: Reserved]
#define LORA_SPREADING_FACTOR 7        // [SF7..SF12]
#define LORA_CODINGRATE  1             // [1: 4/5,
                                        // 2: 4/6,
                                        // 3: 4/7,
                                        // 4: 4/8]
#define LORA_PREAMBLE_LENGTH 8         // Same for Tx and Rx
#define LORA_SYMBOL_TIMEOUT 0          // Symbols
#define LORA_FIX_LENGTH_PAYLOAD_ON false
#define LORA_IQ_INVERSION_ON false
#define RX_TIMEOUT_VALUE  1000
#define BUFFER_SIZE       55          // Define the payload size here

// Gravity Sound Sensor - GSS
#define SoundSensorPin 1               //this pin read the analog voltage from
                                        The sound level meter <=2.6V Hope it will
                                        not break the ADC which input leve is
                                        <=2.5V
#define VREF 3.3 //voltage on AREF pin,default:operating voltag

char txpacket[BUFFER_SIZE];
char rxpacket[BUFFER_SIZE];

```

```

double txNumber;

double nodeId;

bool lora_idle=true;

static RadioEvents_t RadioEvents;
void OnTxDone( void );
void OnTxTimeout( void );

DHTesp dht;

float currentTemp;
float currentHumidity;
float currentHIC;

extern SSD1306Wire display;

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    dht.setup(37, DHTesp::DHT11);//PIN 37 DHT11 Input

    //Mcu.begin();

    txNumber=0;
    nodeId=1;

    RadioEvents.TxDone = OnTxDone;
    RadioEvents.TxTimeout = OnTxTimeout;

    Radio.Init( &RadioEvents );
    Radio.SetChannel( RF_FREQUENCY );

    //Radio.setSyncWord(0xD1);
    // ranges from 0-0xFF, default 0x34
    Radio.SetTxConfig( MODEM_LORA, TX_OUTPUT_POWER, 0, LORA_BANDWIDTH,
        LORA_SPREADING_FACTOR, LORA_CODINGRATE, LORA_PREAMBLE_LENGTH,
        LORA_FIX_LENGTH_PAYLOAD_ON, true, 0, 0, LORA_IQ_INVERSION_ON, 3000 );

    // Initialising the UI will init the display too.
    display.init();

    display.setFont(ArialMT_Plain_10);

    delay(1500);
    display.clear();

    display.drawString(0, 0, "Heltec.LoRa Initial success!");
    display.display();

}

void loop()
{
    delay(2000);

```

```

Serial.begin(115200);

delay(1000);

float sensorValue,voltageValue,dbValue;

sensorValue = analogRead(SoundSensorPin);
voltageValue = (sensorValue / 4096.0) * VREF;
dbValue = voltageValue * 50.0; //convert voltage to decibel value
Serial.print(sensorValue,2);
Serial.print("  ");
Serial.print(voltageValue,3);
Serial.print("  ");
Serial.print(dbValue,1);
Serial.println(" dBA");


currentTemp = dht.getTemperature();
currentHumidity = dht.getHumidity();

if (isnan(currentTemp) || isnan(currentHumidity)) {
    Serial.println("DHT11 Read Data ERROR!");
    return;
}

currentHIC = dht.computeHeatIndex(currentTemp, currentHumidity, false);


String temperatureDisplay = "Temperature: " + (String)currentTemp +
"°C";
String humidityDisplay = "Humidity: " + (String)currentHumidity + "%";
String hicDisplay = "Heat Index: " + (String)currentHIC;
String dBADisplay = "Noise Level (dBA): " + (String)dbValue;

// Clear the OLED screen
//Heltec.display->clear();
display.clear();
//display.setTextAlignment(TEXT_ALIGN_LEFT);
display.setFont(ArialMT_Plain_10);
// Prepare to display temperature
//Heltec.display->drawString(0, 0, temperatureDisplay);
display.drawString(0, 0, temperatureDisplay);
// Prepare to display humidity
// Heltec.display->drawString(0, 12, humidityDisplay);
display.drawString(0, 12, humidityDisplay);
// Prepare to display humidity
display.drawString(0, 24, hicDisplay);
// Prepare to display noise level
display.drawString(0, 36, dBADisplay);


// Display the readings
display.display();

if(lora_idle == true)

```

```

{
    delay(1000);
    //factory_display.clear();
    txNumber += 1;

    String payload = "{\"dba\":\"\" + String(dbValue) + "\",\"T\":\"\" +
    String(currentTemp) + "\",\"H\":\"\" + String(currentHumidity) + "\",
    \"HI\":\"\" + String(currentHIC) + "\"}";
    //sprintf(txpacket, "T:%0.2f H:%0.2f HI: %0.2f", currentTemp, current
    tHumidity, currentHIC); //start a package
    //sprintf(txpacket, "{\"id\":\" %0.2f \",\"T\":\"%0.2f\", \"H\":\"\"
    %0.2f \", \"HI\": %0.2f}", nodeId, currentTemp, currentHumidity,
    currentHIC);
    payload.toCharArray(txpacket, BUFFER_SIZE);
    Serial.printf("payload: %s , length %d\r\n",
    txpacket, strlen(txpacket));

    Radio.Send( (uint8_t *)txpacket, strlen(txpacket) ); //send the pack
    age out

    lora_idle = false;

}
Radio.IrqProcess( );
}

void OnTxDone( void )
{
    Serial.println("LoRa TX Done .....");
    lora_idle = true;
}

void OnTxTimeout( void )
{
    Radio.Sleep( );
    Serial.println("LoRa TX Timeout .....");
    lora_idle = true;
}

```

2.Κώδικας προγραμματισμού Node-RED

2.1 Κόμβος 10 (Γυμνάσιο – 1^ο κτήριο – Ισόγειο)

2.1.1 Function node : noise building 10

```
var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building10") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.noise=parseFloat(payload.noise);
    payload.legend = "building10"
    msg.payload=payload.noise;
    return msg;
}
```

2.1.2 Function node : temperature building 10

```
var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building10") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.temperature=parseFloat(payload.temperature);
    payload.legend = "building10"
    msg.payload=payload.temperature;
    return msg;
}
```

2.1.3 Function node : humidity building 10

```
var payload=msg.payload;
```

```

if (payload.node = "building10") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.humidity=parseFloat(payload.humidity);
    payload.legend = "building10"
    msg.payload=payload.humidity;
    return msg;
}

```

2.2 Κόμβος 11 (Γυμνάσιο – 1^ο κτήριο – 1^{ος} όροφος)

2.2.1 Function node : noise building 11

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building11") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.noise=parseFloat(payload.noise);
    payload.legend = "building11"
    msg.payload=payload.noise;
    return msg;
}

```

2.2.2 Function node : temperature building 11

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building11") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();

```

```

    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.temperature=parseFloat(payload.temperature);
    payload.legend = "building11"
    msg.payload=payload.temperature;
    return msg;
}

```

2.2.3 Function node : humidity building 11

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building11") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.humidity=parseFloat(payload.humidity);
    payload.legend = "building11"
    msg.payload=payload.humidity;
    return msg;
}

```

2.3 Κόμβος 20 (Γυμνάσιο – 2^ο κτήριο – Ισόγειο)

2.3.1 Function node : noise building 20

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building20") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

```

```

    payload.noise=parseFloat(payload.noise);
    payload.legend = "building20"
    msg.payload=payload.noise;
    return msg;
}

```

2.3.2 Function node : temperature building 20

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building20") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.temperature=parseFloat(payload.temperature);
    payload.legend = "building20"
    msg.payload=payload.temperature;
    return msg;
}

```

2.3.3 Function node : humidity building 20

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building20") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+2;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.humidity=parseFloat(payload.humidity);
    payload.legend = "building20"
    msg.payload=payload.humidity;
    return msg;
}

```

2.4 Κόμβος 21 (Γυμνάσιο – 2^ο κτήριο – 1^{ος} όροφος)

2.4.1 Function node : noise building 21

```
var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building21") {
  // correct time to local
  var date=new Date();
  var hour=date.getHours();
  hour = hour+2;
  date.setHours(hour);
  payload.time = date;

  // convert string values to float in JSON object

  payload.noise=parseFloat(payload.noise);
  payload.legend = "building21"
  msg.payload=payload.noise;
  return msg;
}
```

2.4.2 Function node : temperature building 21

```
var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building21") {
  // correct time to local
  var date=new Date();
  var hour=date.getHours();
  hour = hour+2;
  date.setHours(hour);
  payload.time = date;

  // convert string values to float in JSON object

  payload.temperature=parseFloat(payload.temperature);
  payload.legend = "building21"
  msg.payload=payload.temperature;
  return msg;
}
```

2.4.3 Function node : humidity building 21

```
var payload=msg.payload;
if (payload.node = "building21") {
  // correct time to local
  var date=new Date();
```

```

var hour=date.getHours();
hour = hour+2;
date.setHours(hour);
payload.time = date;

// convert string values to float in JSON object

payload.humidity=parseFloat(payload.humidity);
payload.legend = "building21"
msg.payload=payload.humidity;
return msg;
}

```

2.5 Κόμβος 30 (Λύκειο - 1^ο κτήριο – Ισόγειο)

2.5.1 Function node : noise building 30

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "b30") {
  // correct time to local
  var date=new Date();
  var hour=date.getHours();
  hour = hour+3;
  date.setHours(hour);
  payload.time = date;

  // convert string values to float in JSON object

  payload.dBA=parseFloat(payload.dBA);
  payload.legend = "building30"
  msg.payload=payload.dBA;
  return msg;
}

```

2.5.2 Function node : temperature building 30

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "b30") {
  // correct time to local
  var date=new Date();
  var hour=date.getHours();
  hour = hour+3;
  date.setHours(hour);
  payload.time = date;

  // convert string values to float in JSON object

```

```

    payload.T=parseFloat(payload.T);
    payload.legend = "building30"
    msg.payload=payload.T;
    return msg;
}

```

2.5.3 Function node : humidity building 30

```

var payload=msg.payload;
if (payload.node = "b30") {
    // correct time to local
    var date=new Date();
    var hour=date.getHours();
    hour = hour+3;
    date.setHours(hour);
    payload.time = date;

    // convert string values to float in JSON object

    payload.H=parseFloat(payload.H);
    payload.legend = "building30"
    msg.payload=payload.H;
    return msg;
}

```

2.6 Λήψη δεδομένων από δίκτυο WAQI

2.6.1 Function node: pm 2.5

```

// Parse the JSON string into a JavaScript object
let data;
try {
    data = JSON.parse(msg.payload);
} catch (error) {
    node.error('Error parsing JSON: ' + error.message);
    return null;
}

// Check if data is empty or doesn't have the expected structure
if (!data || !data.data || !data.data.iaqi) {
    node.error('Invalid response format or empty data');
    return null; // Exit the function
}

```

```

// Extract PM2.5 and PM10 values if they exist
const pm25 = data.data.iaqi.pm25 ? data.data.iaqi.pm25.v : 'N/A';
//const pm10 = data.data.iaqi.pm10 ? data.data.iaqi.pm10.v : 'N/A';

var msg = {};

msg.payload = pm25;
msg.topic = "pm2.5";

// correct time to local
var date = new Date();
var hour = date.getHours();
hour = hour + 3;
date.setHours(hour);
msg.time = date;

// Send the modified message
return msg;

```

2.6.2 Function node : pm 10

```

// Parse the JSON string into a JavaScript object
let data;
try {
    data = JSON.parse(msg.payload);
} catch (error) {
    node.error('Error parsing JSON: ' + error.message);
    return null;
}

// Check if data is empty or doesn't have the expected structure
if (!data || !data.data || !data.data.iaqi) {
    node.error('Invalid response format or empty data');
    return null; // Exit the function
}

// Extract PM2.5 and PM10 values if they exist
//const pm25 = data.data.iaqi.pm25 ? data.data.iaqi.pm25.v : 'N/A';
const pm10 = data.data.iaqi.pm10 ? data.data.iaqi.pm10.v : 'N/A';

var msg = {};

msg.payload = pm10;
msg.topic = "pm10";

// correct time to local

```

```

var date = new Date();
var hour = date.getHours();
hour = hour + 3;
date.setHours(hour);
msg.time = date;

```

```

// Send the modified message
return msg;

```

2.7 Προγραμματισμός dashboard

2.7.1 Function node : JSON & time correction

```

var payload = msg.payload;

// Extract temperature & humidity values from payload
const temp = payload.T;
const hum = payload.H;

// Create a new object to send to the next node
// Prepare data for InfluxDB
const influxData = { building: 'b30', eSensor:"DHT11", temperature:temp,
humidity:hum}

// convert string values to float in JSON object
influxData.temperature = parseFloat(influxData.temperature);
influxData.humidity = parseFloat(influxData.humidity);

msg.payload = influxData;

// correct time to local
var payload = msg.payload;
var date = new Date();
var hour = date.getHours();
hour = hour + 3;
date.setHours(hour);
payload.time = date;

return msg;

```

2.7.2 Noise

```

var payload=msg.payload;
// correct time to local
var date=new Date();

```

```

var hour=date.getHours();
hour = hour+2;
date.setHours(hour);
payload.time = date;

// convert string values to float in JSON object
payload.noise=parseFloat(payload.noise);
msg.payload=payload.noise;

if (payload.building = "b10") {
    payload.topic = "noise10"
}
if (payload.building = "b11") {
    payload.topic = "noise11"
}
if (payload.building = "b20") {
    payload.topic = "noise21"
}
if (payload.building = "b21") {
    payload.topic = "noise21"
}
if (payload.building = "b30") {
    payload.topic = "noise30"
}
return msg;

```

2.7.3 Temperature

```

var payload=msg.payload;
// correct time to local
var date=new Date();
var hour=date.getHours();
hour = hour+3;
date.setHours(hour);
payload.time = date;

// convert string values to float in JSON object
payload.temperature=parseFloat(payload.temperature);
msg.payload=payload.temperature;

if (payload.building = "b10") {
    payload.topic = "temperature10"
}
if (payload.building = "b11") {
    payload.topic = "temperature11"
}

```

```

if (payload.building = "b20") {
    payload.topic = "temperature20"
}
if (payload.building = "b21") {
    payload.topic = "temperature21"
}
if (payload.building = "b30") {
    payload.topic = "temperature30"
}
return msg;

```

2.7.4 Humidity

```

var payload=msg.payload;
// correct time to local
var date=new Date();
var hour=date.getHours();
hour = hour+2;
date.setHours(hour);
payload.time = date;

// convert string values to float in JSON object
payload.humidity=parseFloat(payload.humidity);
msg.payload=payload.humidity;

if (payload.building = "b10") {
    payload.topic = "humidity10"
}
if (payload.building = "b11") {
    payload.topic = "humidity11"
}
if (payload.building = "b20") {
    payload.topic = "humidity20"
}
if (payload.building = "b21") {
    payload.topic = "humidity21"
}
if (payload.building = "b30") {
    payload.topic = "humidity30"
}
return msg;

```

3. Κώδικες προετοιμασίας δεδομένων για στατιστική ανάλυση

3.1 Δεδομένα θορύβου

```
import pandas as pd

file_number=input('file_number=');
interva=input('interval in minutes=');
interval=interva+'T';

file_path = 'Noise'+file_number+('_Filtered_Data.xlsx')

column_names = ['Date', 'Time', 'Value']

# Load the CSV file without header and assign the column names
df = pd.read_excel(file_path, names=column_names, header=None)

# Strip any leading or trailing whitespace from the 'Date' and 'Time'
columns
df['Date'] = df['Date'].astype(str).str.strip()
df['Time'] = df['Time'].astype(str).str.strip()

# Combine the 'Date' and 'Time' columns into a single 'Datetime' col-
umn
df['Datetime'] = pd.to_datetime(df['Date'] + ' ' + df['Time'], for-
mat='%Y-%m-%d %H:%M:%S', errors='coerce')

# Set the 'Datetime' column as the index
df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Resample the data by minute and calculate the mean value
mean_per_minute = df['Value'].resample(interval).mean()

# Reset the index
result_df = mean_per_minute.reset_index()

# Rename columns
result_df.columns = ['Datetime', 'Mean Value']

# Extract date and minute from Datetime
result_df['Date'] = result_df['Datetime'].dt.date
result_df['Minute'] = result_df['Datetime'].dt.strftime('%H:%M')

# Set the datetime column as the index
result_df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Define the date period for filtering
start_date1 = '2024-04-02'
end_date1 = '2024-04-05'
start_date2 = '2024-04-08'
end_date2 = '2024-04-12'
start_date3 = '2024-04-15'
end_date3 = '2024-04-19'
start_date4 = '2024-04-22'
end_date4 = '2024-04-25'
```

```

# Define the specific date ranges
date_ranges = [
    (start_date1, end_date1),
    (start_date2, end_date2),
    (start_date3, end_date3),
    (start_date4, end_date4)
]

# Filter data for the specific date ranges
filtered_df = pd.concat([result_df.loc[start:end] for start, end in
date_ranges])

# Filter data between 08:00 and 14:00
filtered_df = filtered_df.between_time('08:00', '14:00')

# Select relevant columns for the final output
final_df = filtered_df[['Date', 'Minute', 'Mean Value']]

# Name the output file
output_file = 'Noise'+file_number+'_MeanPer'+interval+'Minute.xlsx'

# Save the result to a new Excel file
final_df.to_excel(output_file, index=False)

print("Calculation complete. The results have been saved to "+out-
put_file)

```

3.2 Λεδομένα Θερμοκρασίας

```

import pandas as pd

file_number=input('file_number=');
interval=input('interval in minutes=');
interval=interval+'T';

file_path = 'Temperature'+file_number+'_FilteredData.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)

df.columns = ['Date', 'Time', 'Value']

# Combine the date and time into a single datetime column
df['Datetime'] = pd.to_datetime(df['Date'] + ' ' + df['Time'])

# Set the datetime column as the index
df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Resample the data by minute and calculate the mean value
mean_per_minute = df['Value'].resample(interval).mean()

# Reset the index
mean_per_minute_df = mean_per_minute.reset_index()

# Rename columns
mean_per_minute_df.columns = ['Datetime', 'Mean Value']

# Extract date and minute from Datetime
mean_per_minute_df['Date'] = mean_per_minute_df['Datetime'].dt.date

```

```

mean_per_minute_df['Minute'] = mean_per_minute_df['Datetime'].dt.strftime('%H:%M')

# Set the datetime column as the index
mean_per_minute_df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Define the date period for filtering
start_date1 = '2024-04-01'
end_date1 = '2024-04-05'
start_date2 = '2024-04-08'
end_date2 = '2024-04-12'
start_date3 = '2024-04-15'
end_date3 = '2024-04-19'
start_date4 = '2024-04-22'
end_date4 = '2024-04-25'

# Define the specific date ranges
date_ranges = [
    (start_date1, end_date1),
    (start_date2, end_date2),
    (start_date3, end_date3),
    (start_date4, end_date4)
]

# Filter data for the specific date ranges
filtered_df = pd.concat([mean_per_minute_df.loc[start:end] for start, end in date_ranges])

# Filter data between 08:00 and 14:00
filtered_df = filtered_df.between_time('08:00', '14:00')

# Select relevant columns
result_df = filtered_df[['Date', 'Minute', 'Mean Value']]

# Save the result to a new Excel file
output_path = 'Temperature'+file_number+'_Mean'+interval+'.xlsx'
result_df.to_excel(output_path, index=False)

print("The mean values per minute have been calculated and saved to:", output_path)

```

3.3 Δεδομένα υγρασίας

```

import pandas as pd

file_number=input('file_number=');
interval=input('interval in minutes=');
interval=interval+'T';

file_path = 'Humidity'+file_number+'_FilteredData.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)

df.columns = ['Date', 'Time', 'Value']

# Combine the date and time into a single datetime column
df['Datetime'] = pd.to_datetime(df['Date'] + ' ' + df['Time'])

# Set the datetime column as the index

```

```

df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Resample the data by minute and calculate the mean value
mean_per_minute = df['Value'].resample(interval).mean()

# Reset the index
mean_per_minute_df = mean_per_minute.reset_index()

# Rename columns
mean_per_minute_df.columns = ['Datetime', 'Mean Value']

# Extract date and minute from Datetime
mean_per_minute_df['Date'] = mean_per_minute_df['Datetime'].dt.date
mean_per_minute_df['Minute'] = mean_per_minute_df['Datetime'].dt.strftime('%H:%M')

# Set the datetime column as the index
mean_per_minute_df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Define the date period for filtering
start_date1 = '2024-04-01'
end_date1 = '2024-04-05'
start_date2 = '2024-04-08'
end_date2 = '2024-04-12'
start_date3 = '2024-04-15'
end_date3 = '2024-04-19'
start_date4 = '2024-04-22'
end_date4 = '2024-04-25'

# Define the specific date ranges
date_ranges = [
    (start_date1, end_date1),
    (start_date2, end_date2),
    (start_date3, end_date3),
    (start_date4, end_date4)
]

# Filter data for the specific date ranges
filtered_df = pd.concat([mean_per_minute_df.loc[start:end] for start, end in date_ranges])

# Filter data between 08:00 and 14:00
filtered_df = filtered_df.between_time('08:00', '14:00')

# Select relevant columns
result_df = filtered_df[['Date', 'Minute', 'Mean Value']]

# Save the result to a new Excel file
output_path = 'Humidity'+file_number+'_Mean'+interval+'.xlsx'
result_df.to_excel(output_path, index=False)

print("The mean values per minute have been calculated and saved to:",
      output_path)

```

3.4 Δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης

```
import pandas as pd

file_number=input('file_number=');
interva=input('interval in minutes=');
interval=interva+'T';

file_path = 'PM'+file_number+'_FilteredData.xlsx'
df = pd.read_excel(file_path)

df.columns = ['Date', 'Time', 'Value']

# Combine the date and time into a single datetime column
df['Datetime'] = pd.to_datetime(df['Date'] + ' ' + df['Time'])

# Set the datetime column as the index
df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Resample the data by minute and calculate the mean value
mean_per_minute = df['Value'].resample(interval).mean()

# Reset the index
mean_per_minute_df = mean_per_minute.reset_index()

# Rename columns
mean_per_minute_df.columns = ['Datetime', 'Mean Value']

# Extract date and minute from Datetime
mean_per_minute_df['Date'] = mean_per_minute_df['Datetime'].dt.date
mean_per_minute_df['Minute'] = mean_per_minute_df['Datetime'].dt.strftime('%H:%M')

# Set the datetime column as the index
mean_per_minute_df.set_index('Datetime', inplace=True)

# Define the date period for filtering
start_date1 = '2024-04-02'
end_date1 = '2024-04-05'
start_date2 = '2024-04-08'
end_date2 = '2024-04-12'
start_date3 = '2024-04-15'
end_date3 = '2024-04-19'
start_date4 = '2024-04-22'
end_date4 = '2024-04-25'

# Define the specific date ranges
date_ranges = [
    (start_date1, end_date1),
    (start_date2, end_date2),
    (start_date3, end_date3),
    (start_date4, end_date4)
]

# Filter data for the specific date ranges
filtered_df = pd.concat([mean_per_minute_df.loc[start:end] for start,
end in date_ranges])

# Filter data between 08:00 and 14:00
filtered_df = filtered_df.between_time('08:00', '14:00')
```

```
# Select relevant columns
result_df = filtered_df[['Date', 'Minute', 'Mean Value']]

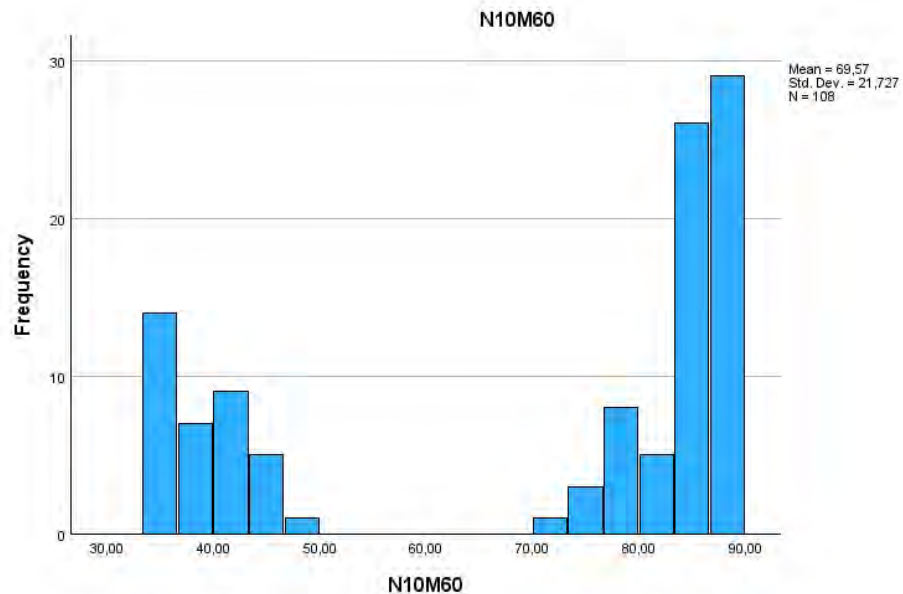
# Save the result to a new Excel file
output_path = 'Pollution'+file_number+'_Mean'+interval+'.xlsx'
result_df.to_excel(output_path, index=False)

print("The mean values per minute have been calculated and saved to:",
      output_path)
```

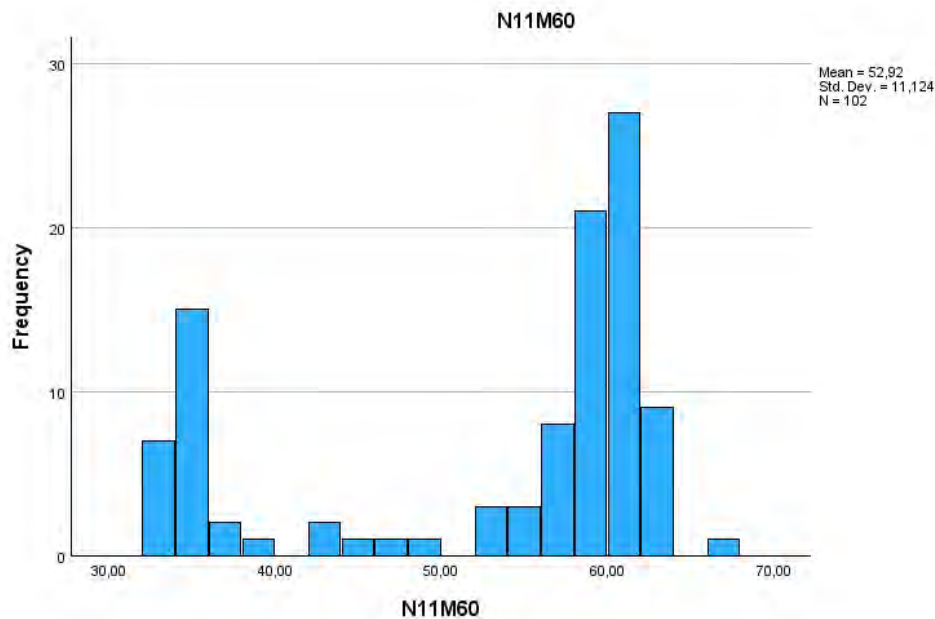
4.Στατιστικά

4.1 Ιστογράμματα θορύβου

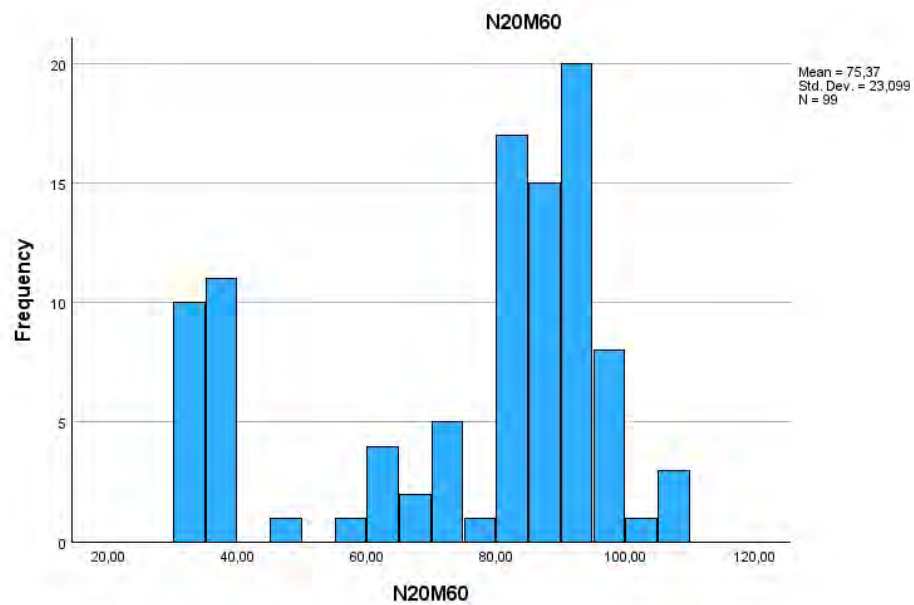
4.1.1 Ομαδοποίηση δεδομένων ανά 60 λεπτά



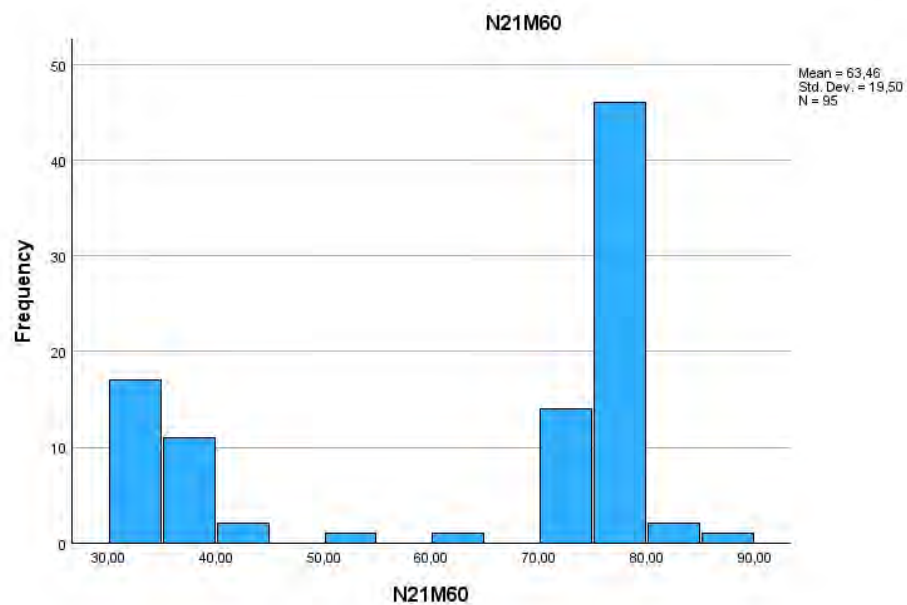
Ιστόγραμμα 1 : Θόρυβος στο κτήριο 10 (ανά 60 λεπτά)



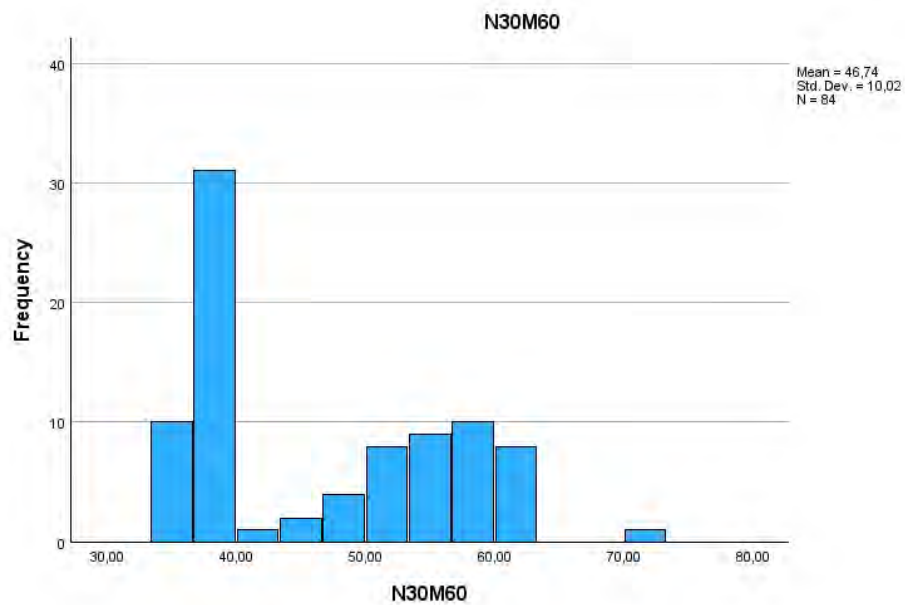
Ιστόγραμμα 2 : Θόρυβος στο κτήριο 11 (ανά 60 λεπτά)



Ιστογράμμα 3 : Θόρυβος στο κτήριο 20 (ανά 60 λεπτά)

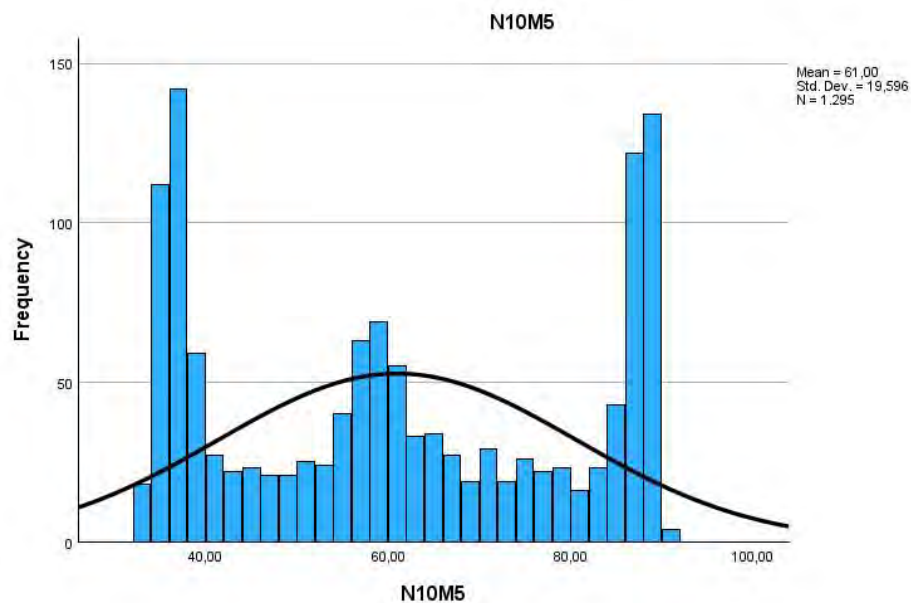


Ιστογράμμα 4 : Θόρυβος στο κτήριο 21 (ανά 60 λεπτά)

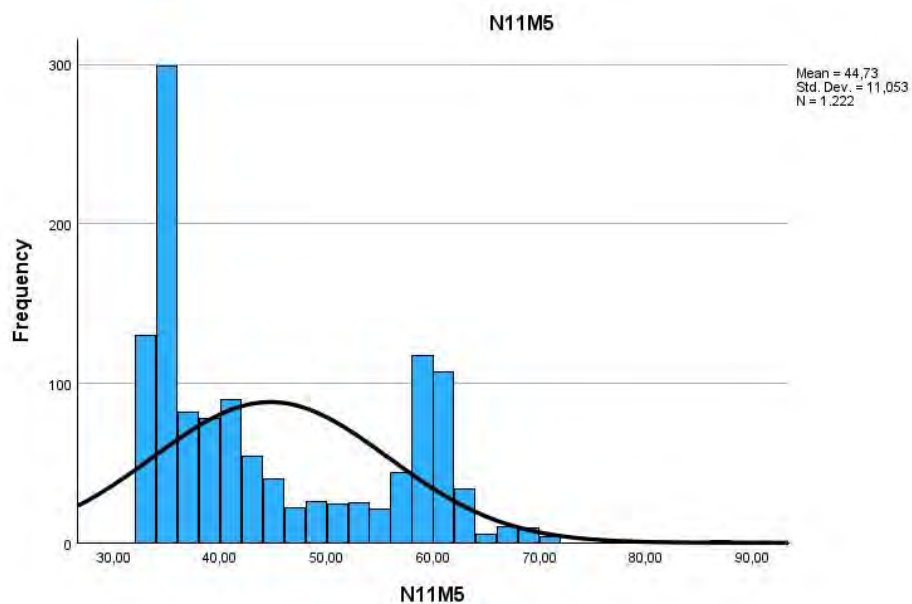


Ιστόγραμμα 5 : Θόρυβος στο κτήριο 30 (ανά 60 λεπτά)

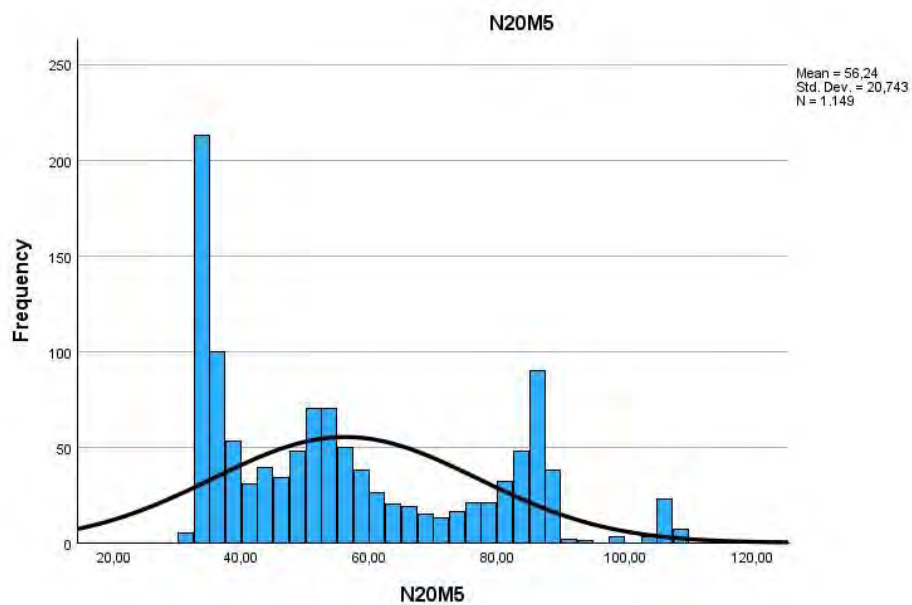
4.1.2 Ομαδοποίηση δεδομένων ανά 5 λεπτά



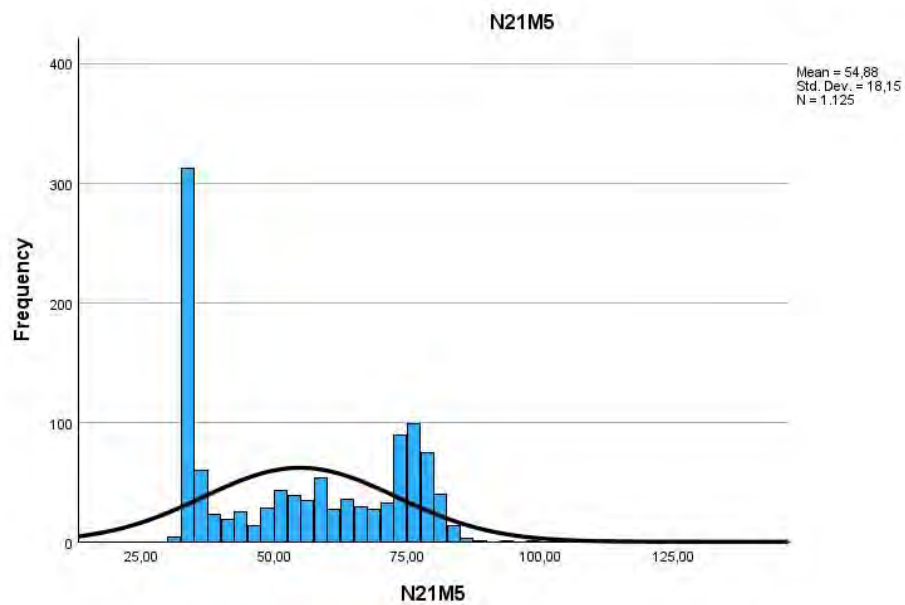
Ιστόγραμμα 6 : Θόρυβος στο κτήριο 10 (ανά 5 λεπτά)



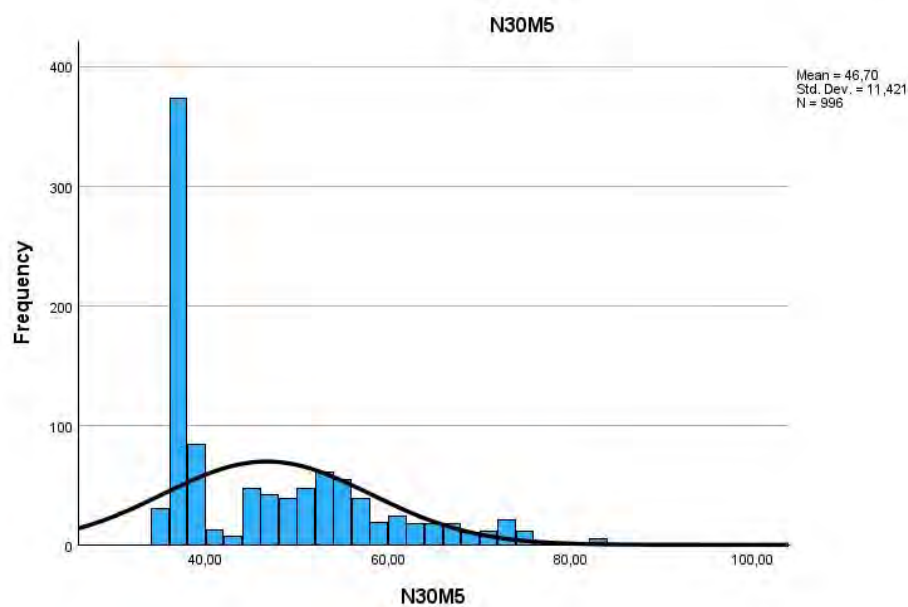
Ιστόγραμμα 7 : Θόρυβος στο κτήριο 11 (ανά 5 λεπτά)



Ιστόγραμμα 8 : Θόρυβος στο κτήριο 20 (ανά 5 λεπτά)

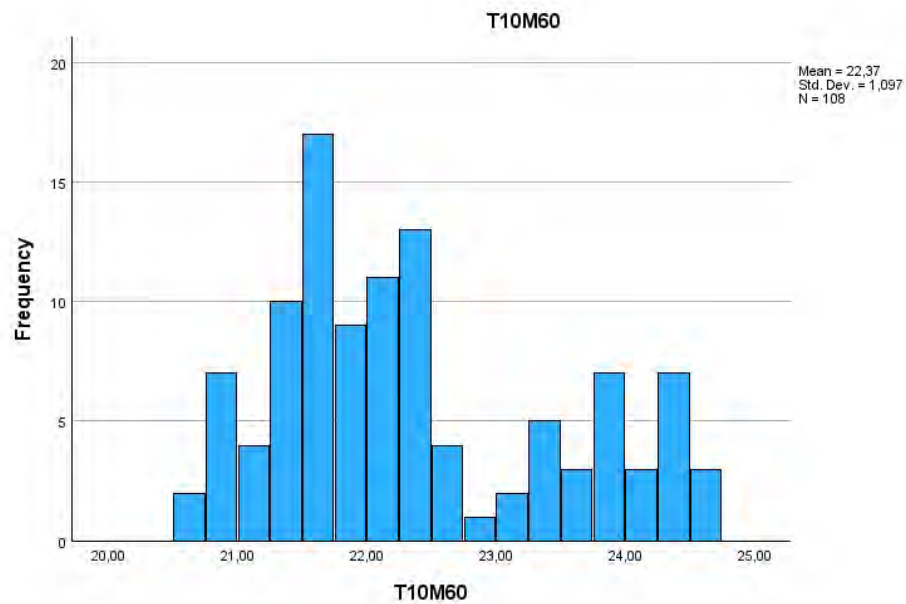


Ιστόγραμμα 9 : Θόρυβος στο κτήριο 21 (ανά 5 λεπτά)

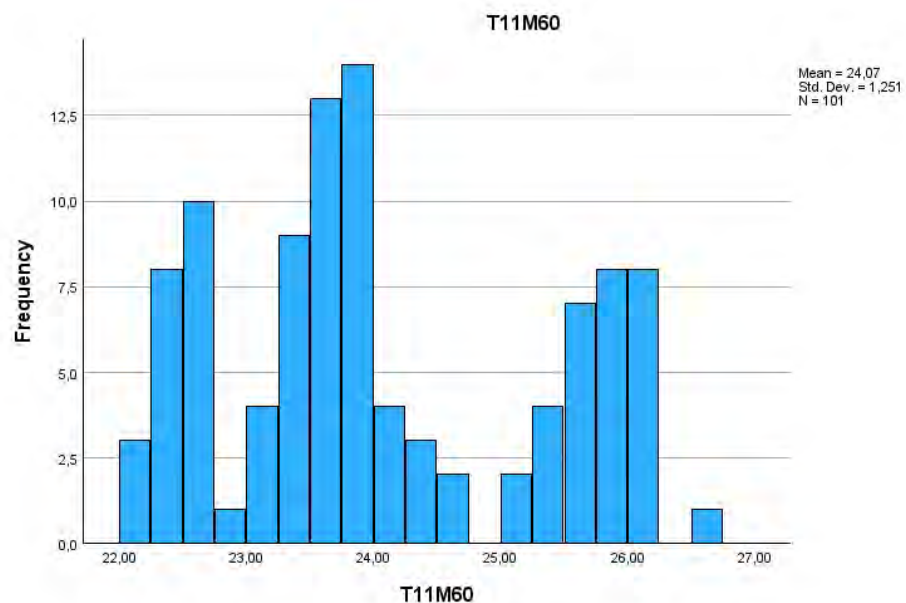


Ιστόγραμμα 10 : Θόρυβος στο κτήριο 30 (ανά 5 λεπτά)

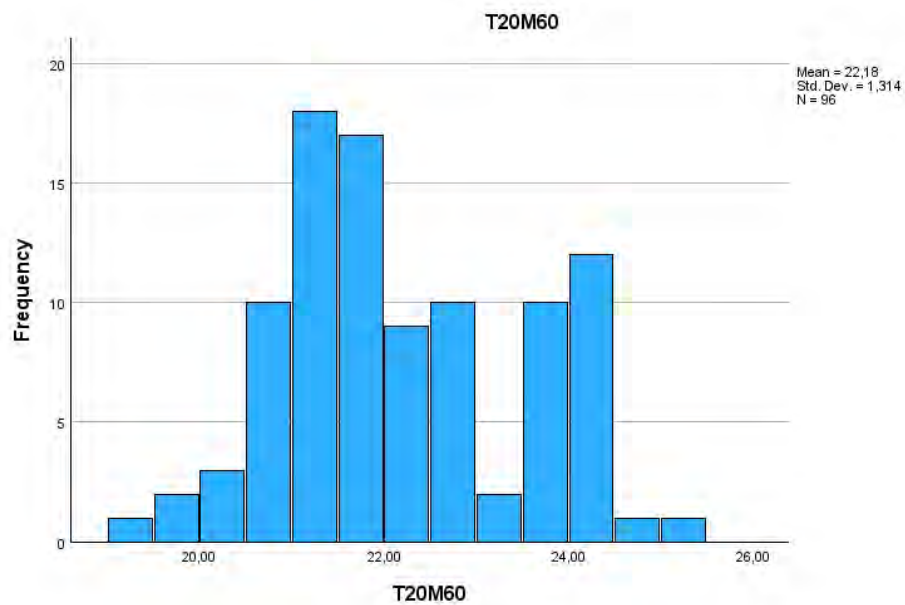
4.2 Ιστογράμματα θερμοκρασίας ανά 60 λεπτά



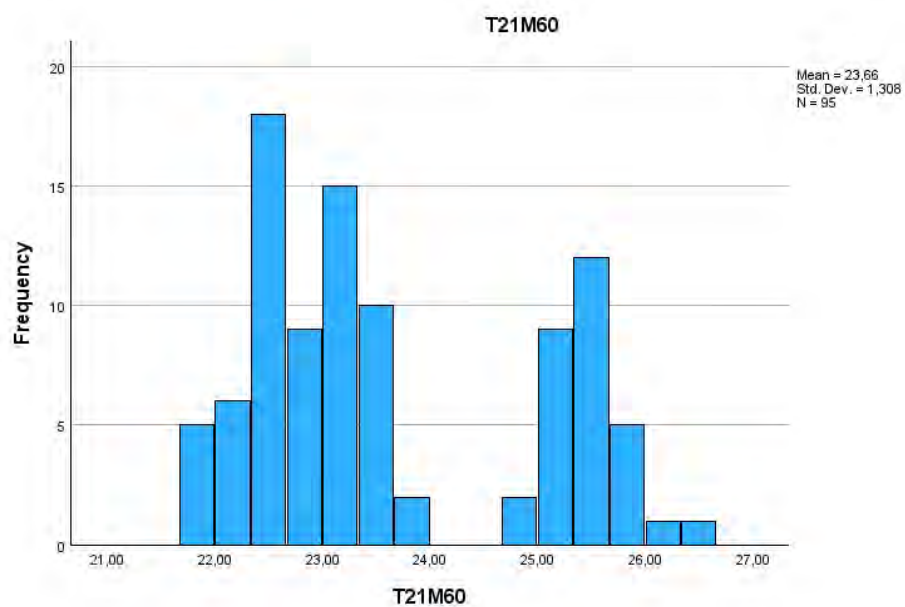
Ιστόγραμμα 11: Θερμοκρασία στο κτήριο 10 (ανά 60 λεπτά)



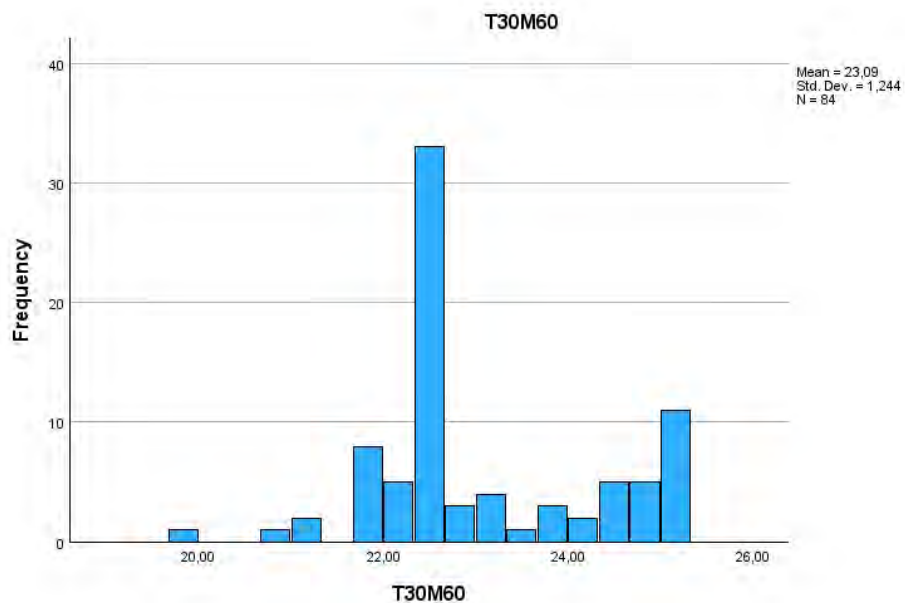
Ιστόγραμμα 12: Θερμοκρασία στο κτήριο 11 (ανά 60 λεπτά)



Ιστόγραμμα 13: Θερμοκρασία στο κτήριο 20 (ανά 60 λεπτά)

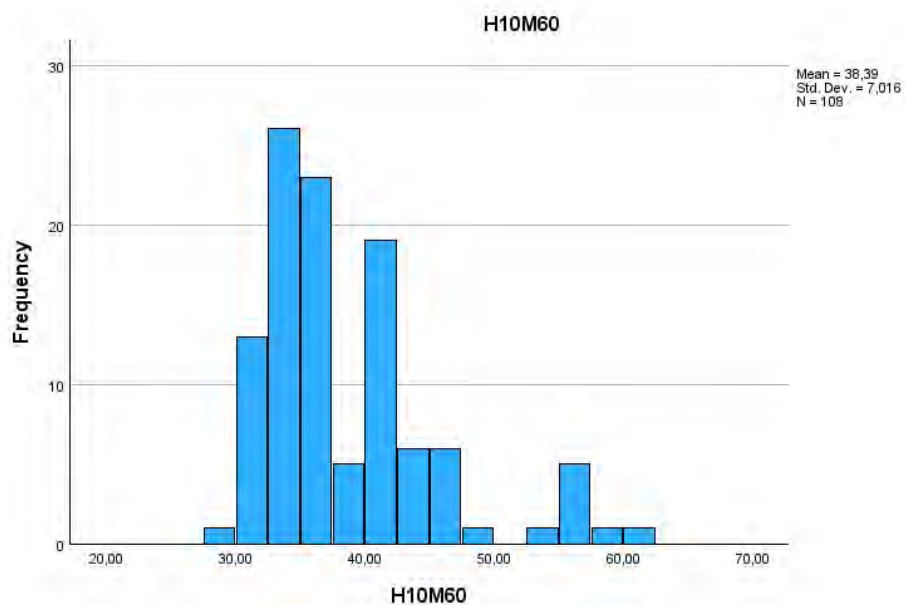


Ιστόγραμμα 14: Θερμοκρασία στο κτήριο 21 (ανά 60 λεπτά)

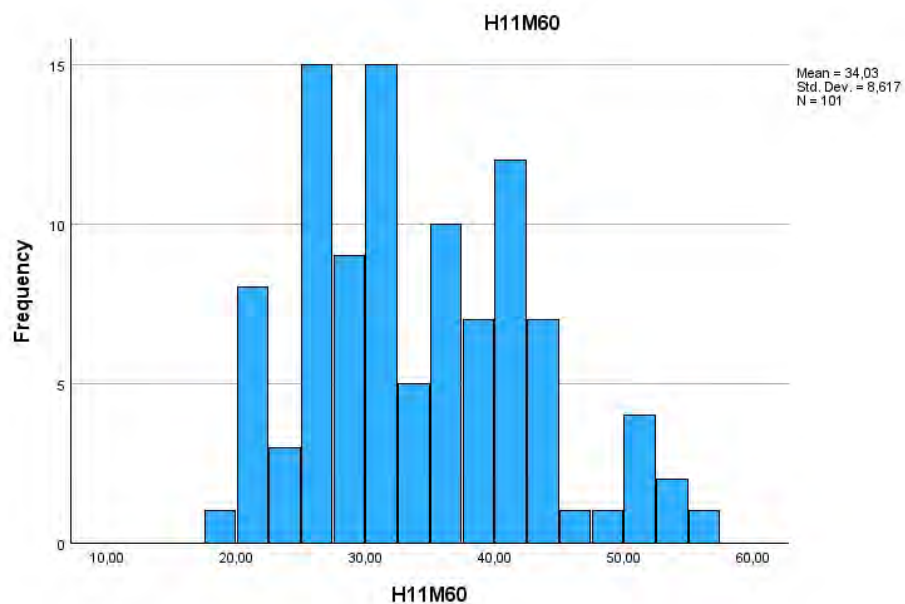


Ιστογράμμο 15: Θερμοκρασία στο κτήριο 30 (ανά 60 λεπτά)

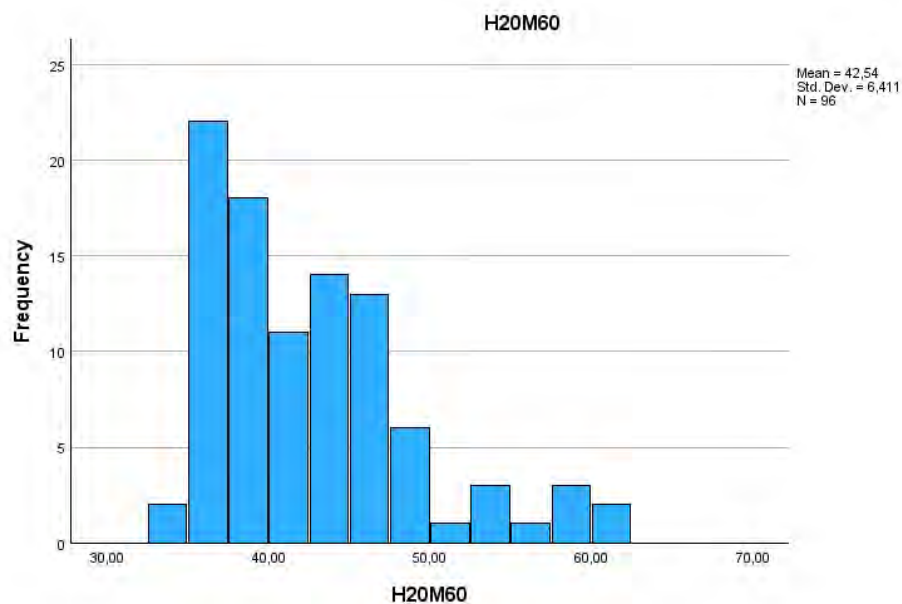
4.3 Ιστογράμμοτα υγρασίας ανά 60 λεπτά



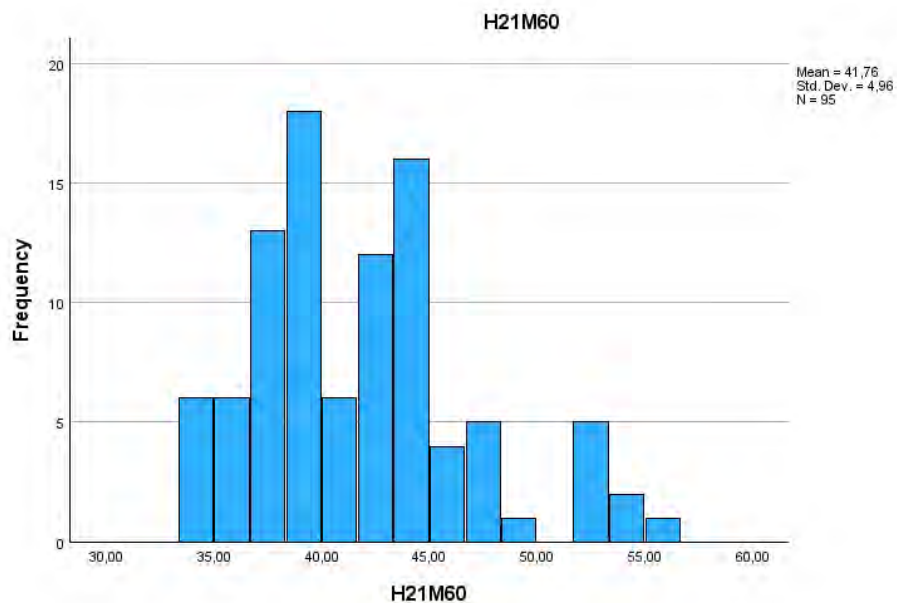
Ιστογράμμο 16: Υγρασία στο κτήριο 10 (ανά 60 λεπτά)



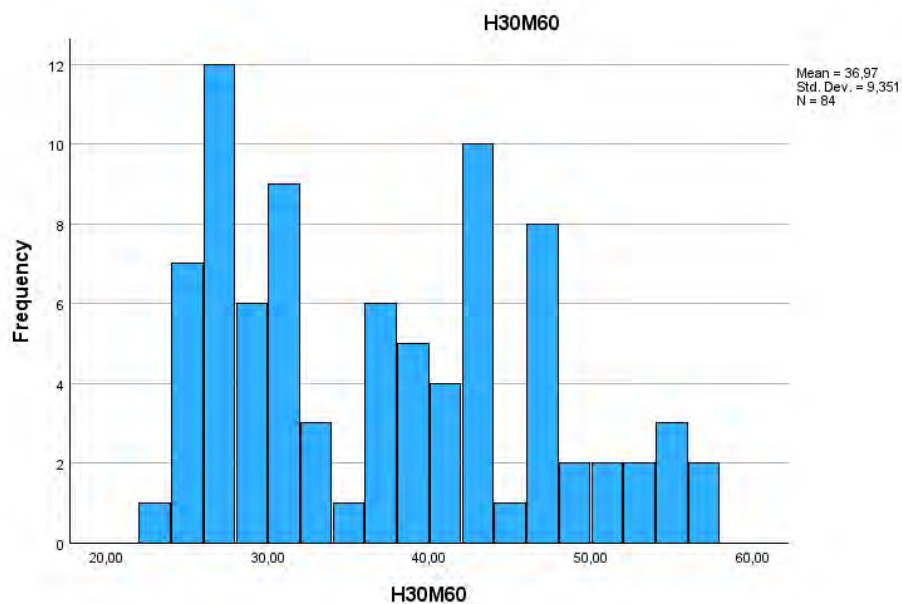
Ιστόγραμμα 17: Υγρασία στο κτήριο 10 (ανά 60 λεπτά)



Ιστόγραμμα 18: Υγρασία στο κτήριο 20 (ανά 60 λεπτά)



Ιστόγραμμα 19: Υγρασία στο κτήριο 21 (ανά 60 λεπτά)



Ιστόγραμμα 20: Υγρασία στο κτήριο 30 (ανά 60 λεπτά)

5.Δεδομένα

Σε όλους τους παρακάτω πίνακες δεδομένων το χρονικό διάστημα εκπροσωπείται από τη χρονική στιγμή έναρξής του. Παράδειγμα, το διάστημα 60 λεπτών 08:00 είναι το [08:00, 09:00) και το διάστημα 5 λεπτών 08:00 είναι το [08:00, 08:05).

5.1 Δεδομένα θορύβου ανά 60 λεπτά

Date	Interval	N10M60	N11M60	N20M60	N21M60	N30M60
2024-04-02	08:00	37,23	33,12	35,49	35,06	
2024-04-02	09:00	45,02	62,18	94,47	38,77	
2024-04-02	10:00	86,24	58,25	74,61	75,02	
2024-04-02	11:00	88,76	60,85	86,08	78,17	
2024-04-02	12:00	85,30	61,94	90,77	76,41	
2024-04-02	13:00	86,81	60,19	84,23	78,44	
2024-04-03	08:00	35,88	33,29	34,87	34,74	
2024-04-03	09:00	39,34	33,24	36,14	34,75	
2024-04-03	10:00	85,20	63,30	97,02	88,97	
2024-04-03	11:00	86,91	60,25	85,92	78,15	
2024-04-03	12:00	88,13	59,02	80,23	76,89	
2024-04-03	13:00	88,44	62,57	90,37	80,51	
2024-04-04	08:00	36,12	45,67	92,52	39,13	36,61
2024-04-04	09:00	41,05	33,44	36,00	35,03	37,68
2024-04-04	10:00	76,84	54,81	74,49	74,63	39,22
2024-04-04	11:00	85,70	66,60	94,14	76,73	50,65
2024-04-04	12:00	86,37	60,20	84,85	77,31	61,43
2024-04-04	13:00	86,54	60,24	85,65	76,61	59,68
2024-04-05	08:00	35,64	32,91	33,88	34,19	36,57
2024-04-05	09:00	43,60	39,62	68,92	62,83	37,27
2024-04-05	10:00	78,69	53,78	71,48	71,50	38,65
2024-04-05	11:00	85,15	58,34	82,41	76,97	53,00
2024-04-05	12:00	86,63	59,37	84,81	79,81	62,00
2024-04-05	13:00	86,93	59,49		80,69	59,09
2024-04-08	08:00	40,18	32,80		33,06	37,30
2024-04-08	09:00	46,04	62,91	108,41	51,85	37,53
2024-04-08	10:00	76,77	55,54		73,67	40,48
2024-04-08	11:00	86,21	59,74		77,78	56,18
2024-04-08	12:00	87,77	62,21	107,32	78,68	60,83
2024-04-08	13:00	87,84	61,41	84,62	78,51	59,24
2024-04-09	08:00	36,32		91,30	39,34	36,78
2024-04-09	09:00	46,28		37,10	35,53	38,84
2024-04-09	10:00	75,57		97,38	74,96	39,23
2024-04-09	11:00	83,93		84,77	77,15	51,31
2024-04-09	12:00	85,91		86,68	77,93	60,79
2024-04-09	13:00	85,95		89,03	78,87	60,50
2024-04-10	08:00	36,42	32,51		33,48	37,18
2024-04-10	09:00	39,64	36,11		34,22	37,92
2024-04-10	10:00	81,44	57,32		74,86	38,95

2024-04-10	11:00	85,42	58,79	108,11	75,61	51,97
2024-04-10	12:00	84,24	43,04		72,86	59,75
2024-04-10	13:00	79,49	36,99			56,49
2024-04-11	08:00	36,35	34,40	34,96		
2024-04-11	09:00	40,78	34,62	37,33		
2024-04-11	10:00	74,39	56,81	96,89		
2024-04-11	11:00	86,87	59,33	80,84		
2024-04-11	12:00	87,07	60,81	93,00		
2024-04-11	13:00	85,86	60,34	85,75		
2024-04-12	08:00	36,08	56,54	93,50		
2024-04-12	09:00	42,27	34,69	36,25		
2024-04-12	10:00	76,00	55,86	63,97		
2024-04-12	11:00	85,38	62,41	94,84		
2024-04-12	12:00	86,49	61,19	84,64		
2024-04-12	13:00	86,02	61,37	88,71		
2024-04-15	08:00	35,69	57,68	94,76	37,35	36,40
2024-04-15	09:00	41,14	34,67	35,85	33,97	36,40
2024-04-15	10:00	81,74	58,02	61,19	73,71	36,40
2024-04-15	11:00	86,43	61,85	93,25	77,17	43,42
2024-04-15	12:00	87,05	61,05	84,00	78,21	56,07
2024-04-15	13:00	86,67	60,74	84,57	79,05	59,32
2024-04-16	08:00	35,64	34,36	33,99	32,90	37,40
2024-04-16	09:00	39,94	43,95	94,70	40,15	37,40
2024-04-16	10:00	72,62	58,68	56,37	73,14	38,80
2024-04-16	11:00	83,13	59,36	79,43	77,24	47,77
2024-04-16	12:00	85,69	59,18	93,77	77,62	58,87
2024-04-16	13:00	86,71	59,13	81,71	76,86	54,88
2024-04-17	08:00	35,36	34,36	33,67	33,04	35,55
2024-04-17	09:00	42,47	34,63	34,30	33,12	36,22
2024-04-17	10:00	77,50	57,65	100,73	76,72	37,35
2024-04-17	11:00	84,65	58,23	83,29	76,78	49,88
2024-04-17	12:00	87,00	59,76	85,21	78,10	63,09
2024-04-17	13:00	87,61	59,95	90,67	79,89	58,66
2024-04-18	08:00	35,11	49,46	93,52	36,32	36,99
2024-04-18	09:00	39,96	35,11	36,80	34,51	36,63
2024-04-18	10:00	77,63	57,88	69,23	71,59	36,90
2024-04-18	11:00	84,81	61,42	94,14	74,92	47,89
2024-04-18	12:00	86,94	60,49	85,89	76,39	51,18
2024-04-18	13:00	87,09	60,71	86,94	77,79	53,12
2024-04-19	08:00	35,57	34,51	33,98	33,63	36,01
2024-04-19	09:00	42,74	53,99	95,75	35,18	36,63
2024-04-19	10:00	81,29	47,14	63,09	72,30	37,97
2024-04-19	11:00	86,10	60,29	83,90	77,38	46,85
2024-04-19	12:00	86,67	60,70	92,99	78,48	55,25
2024-04-19	13:00	87,20	59,32	87,17	77,90	52,53
2024-04-22	08:00	35,83	34,89	34,53	34,25	36,88
2024-04-22	09:00	44,78	35,10	36,77	35,23	37,66
2024-04-22	10:00	79,29	58,70	95,08	73,14	39,02

2024-04-22	11:00	85,93	59,61	84,29	76,40	53,58
2024-04-22	12:00	86,80	61,78	92,60	77,97	58,16
2024-04-22	13:00	87,78	59,82	87,49	78,05	72,48
2024-04-23	08:00	36,29	52,53	86,34	38,77	37,46
2024-04-23	09:00	41,97	35,11	35,64	34,73	37,93
2024-04-23	10:00	85,18	57,92	64,53	75,46	38,00
2024-04-23	11:00	88,30	63,27	94,52	78,57	43,75
2024-04-23	12:00	88,48	60,89	85,91	78,68	52,20
2024-04-23	13:00	88,39	61,85	89,31	79,74	54,53
2024-04-24	08:00	36,88	34,64	34,15	33,88	37,43
2024-04-24	09:00	48,58	62,99	96,12	41,19	38,83
2024-04-24	10:00	82,09	57,84	48,62	71,84	38,83
2024-04-24	11:00	86,70	60,73	71,77	76,08	54,13
2024-04-24	12:00	86,90	61,75	95,88	78,08	61,53
2024-04-24	13:00	86,94	61,08	81,80	77,46	58,86
2024-04-25	08:00	36,91	34,99	34,59	34,34	37,82
2024-04-25	09:00	41,53	35,11	35,92	34,54	38,31
2024-04-25	10:00	78,50	60,22	98,32	73,07	39,30
2024-04-25	11:00	85,73	59,91	74,74	77,13	54,03
2024-04-25	12:00	87,03	60,58	82,80	79,28	59,04
2024-04-25	13:00	87,30	62,07	90,65	79,42	61,44

5.2 Δεδομένα θορύβου ανά 5 λεπτά

Date	Interval	N10M5	N11M5	N20M5	N21M5	N30M5
2024-04-02	08:00	34,25	32,74	36,30	34,30	
2024-04-02	08:05	32,40	33,15	33,40	34,55	
2024-04-02	08:10	37,80	32,74	40,45		
2024-04-02	08:15	35,50	33,22	32,20	34,40	
2024-04-02	08:20	41,60	33,63	32,60	34,50	
2024-04-02	08:25	39,17	33,01	35,65		
2024-04-02	08:30	38,70	34,18	34,80	35,50	
2024-04-02	08:35	35,90	33,29	34,30		
2024-04-02	08:40	38,75	33,12	37,20	34,80	
2024-04-02	08:45	37,40	33,29	37,70	35,10	
2024-04-02	08:50	38,43	33,08	35,20	36,70	
2024-04-02	08:55	37,40	33,15	35,50	34,85	
2024-04-02	09:00	37,70	33,36	35,20	34,50	
2024-04-02	09:05	38,80	33,25	35,00	34,20	
2024-04-02	09:10	37,90	32,81	35,10	35,45	
2024-04-02	09:15	38,10	33,29	37,23	34,80	
2024-04-02	09:20	35,80	33,05	34,30	34,40	
2024-04-02	09:25	40,00	69,65	106,06	67,35	
2024-04-02	09:30	41,50	33,32	34,50	33,00	
2024-04-02	09:35	41,90	34,53	38,70	34,90	
2024-04-02	09:40	56,95	33,29	44,87	38,50	
2024-04-02	09:45	56,10	36,16	49,00	37,93	

2024-04-02	09:50	61,60	35,49	43,50	40,00
2024-04-02	09:55	58,40	36,08	39,80	36,40
2024-04-02	10:00	81,42	38,83	42,70	35,57
2024-04-02	10:05	85,73	46,59	55,83	40,40
2024-04-02	10:10	89,27	53,86	81,30	76,86
2024-04-02	10:15	60,60	58,84	84,62	75,52
2024-04-02	10:20	55,25	43,82	50,90	71,28
2024-04-02	10:25	52,90	40,01	52,20	51,25
2024-04-02	10:30	60,80	38,65	54,73	59,60
2024-04-02	10:35	54,30	42,61	49,30	47,50
2024-04-02	10:40	53,80	36,50	50,40	51,65
2024-04-02	10:45	57,40	43,82	46,47	55,40
2024-04-02	10:50	56,10	37,30	45,60	56,23
2024-04-02	10:55	88,44	59,75	84,18	76,35
2024-04-02	11:00	87,95	61,09	85,35	77,78
2024-04-02	11:05	80,43	36,05	50,40	71,57
2024-04-02	11:10	56,70	35,72	49,25	58,77
2024-04-02	11:15	71,48	37,85	44,00	53,30
2024-04-02	11:20	64,30	36,81	60,80	65,46
2024-04-02	11:25	65,47	37,09	48,00	59,85
2024-04-02	11:30	57,40	35,15	62,50	46,30
2024-04-02	11:35	58,50	36,15	49,83	60,30
2024-04-02	11:40	59,55	35,49	49,50	56,20
2024-04-02	11:45	88,01	60,20	86,13	76,07
2024-04-02	11:50	88,90	46,62	87,51	71,12
2024-04-02	11:55	90,46	62,53	88,80	81,80
2024-04-02	12:00	85,31	62,73	82,28	79,79
2024-04-02	12:05	79,80	61,68	58,70	54,13
2024-04-02	12:10	55,03	58,61	106,87	80,38
2024-04-02	12:15	56,60	37,09	58,00	59,35
2024-04-02	12:20	76,38	48,99	51,90	55,67
2024-04-02	12:25	66,70	35,63	53,20	66,06
2024-04-02	12:30	63,30	49,04	59,83	48,47
2024-04-02	12:35	58,60	53,70	51,90	66,68
2024-04-02	12:40	86,24	59,74	86,06	76,18
2024-04-02	12:45	86,42	45,24	57,47	70,60
2024-04-02	12:50	87,86	62,40	87,82	77,03
2024-04-02	12:55	75,33	56,82	74,87	76,08
2024-04-02	13:00	62,50	49,94	87,03	70,38
2024-04-02	13:05	82,88	40,01	52,90	57,35
2024-04-02	13:10	59,10	42,69	57,13	54,00
2024-04-02	13:15	56,55	49,84	50,60	50,10
2024-04-02	13:20	57,00	44,34	47,85	58,90
2024-04-02	13:25	82,67	53,30	56,20	66,77
2024-04-02	13:30	74,00	50,19	62,50	65,20
2024-04-02	13:35	88,87	59,78	80,55	76,00
2024-04-02	13:40	86,81	50,15	69,02	68,07
2024-04-02	13:45	88,84	61,87	88,71	81,60

2024-04-02	13:50	81,66	58,91	78,97	76,64
2024-04-02	13:55	83,80	40,61	62,00	50,65
2024-04-03	08:00	33,50	33,25	32,43	34,30
2024-04-03	08:05	34,00	32,95	33,20	34,20
2024-04-03	08:10	32,40	33,08	32,90	
2024-04-03	08:15	35,05	33,43	34,80	34,50
2024-04-03	08:20	35,10	33,63	35,80	35,00
2024-04-03	08:25	35,10	33,39	35,40	35,00
2024-04-03	08:30	37,63	33,15	37,40	34,50
2024-04-03	08:35	33,70	33,29	34,80	
2024-04-03	08:40	35,60	33,43	35,65	34,53
2024-04-03	08:45	38,80	32,95	35,80	35,00
2024-04-03	08:50	38,20	33,46	40,00	34,50
2024-04-03	08:55	38,20	33,15	35,10	36,10
2024-04-03	09:00	42,10	33,08	36,30	35,00
2024-04-03	09:05	35,20	33,01	35,20	35,30
2024-04-03	09:10	38,80	32,53	34,50	34,20
2024-04-03	09:15	35,30	33,39	34,50	34,30
2024-04-03	09:20	37,00	32,95	35,90	35,07
2024-04-03	09:25	37,20	33,63	35,60	33,40
2024-04-03	09:30	39,50	33,15	34,70	36,60
2024-04-03	09:35	40,35	32,26	34,30	34,93
2024-04-03	09:40	40,10	33,63	36,70	34,50
2024-04-03	09:45	37,05	33,19	35,05	35,00
2024-04-03	09:50	39,80	34,39	45,30	34,80
2024-04-03	09:55	57,40	33,45	35,85	34,50
2024-04-03	10:00	56,65	40,58	47,10	42,95
2024-04-03	10:05	87,07	41,14	45,40	43,00
2024-04-03	10:10	90,02	48,06	76,20	73,73
2024-04-03	10:15	87,99	58,95	84,88	75,51
2024-04-03	10:20	61,90	45,53	66,23	50,40
2024-04-03	10:25	61,63	70,70	105,84	121,43
2024-04-03	10:30	64,00	37,36	44,60	48,80
2024-04-03	10:35	70,50	35,36	51,83	50,27
2024-04-03	10:40	75,35	35,94	49,30	53,93
2024-04-03	10:45	66,10	38,06	51,25	57,57
2024-04-03	10:50	68,40	38,27	57,00	62,00
2024-04-03	10:55	88,32	59,41	84,62	76,19
2024-04-03	11:00	87,46	60,72	87,04	78,04
2024-04-03	11:05	60,60	40,16	58,70	73,18
2024-04-03	11:10	66,10	37,64	56,90	47,10
2024-04-03	11:15	55,80	36,53	53,55	61,40
2024-04-03	11:20	71,18	38,52	75,10	53,20
2024-04-03	11:25	71,58	40,01	63,27	63,27
2024-04-03	11:30	82,06	35,86	74,15	53,20
2024-04-03	11:35	58,30	38,20	65,90	66,73
2024-04-03	11:40	79,50	42,26	69,93	58,65
2024-04-03	11:45	87,56	58,82	85,72	76,94

2024-04-03	11:50	87,78	52,76	75,50	69,34	
2024-04-03	11:55	89,14	61,78	87,99	80,45	
2024-04-03	12:00	85,00	47,35	85,13	76,52	
2024-04-03	12:05	71,90	55,83	61,25	59,55	
2024-04-03	12:10	66,40	38,58	65,30		
2024-04-03	12:15	77,43	44,31	55,80	62,08	
2024-04-03	12:20		60,13	55,35	63,97	
2024-04-03	12:25	76,85	58,64	51,20	63,13	
2024-04-03	12:30	70,65	58,12	57,63	60,82	
2024-04-03	12:35	75,55	60,20	75,67	57,90	
2024-04-03	12:40	89,44	58,24	85,08	75,72	
2024-04-03	12:45	89,36	56,93	77,21	73,09	
2024-04-03	12:50	89,40	59,89	86,30	79,13	
2024-04-03	12:55	57,70	55,85	48,80	72,86	
2024-04-03	13:00	66,10	50,00	51,25	51,55	
2024-04-03	13:05	56,65		62,20	65,50	
2024-04-03	13:10	62,20	48,84	103,96	68,55	
2024-04-03	13:15	66,10	54,95	53,80	70,77	
2024-04-03	13:20	62,45	43,65	52,70	72,98	
2024-04-03	13:25	82,90	43,82	52,30	58,05	
2024-04-03	13:30	58,63	49,32	53,50	48,80	
2024-04-03	13:35	89,33	60,87	82,21	75,59	
2024-04-03	13:40	87,43	56,74	88,88	73,62	
2024-04-03	13:45	89,99	63,89	89,99	83,39	
2024-04-03	13:50	88,14	64,60	90,49	83,53	
2024-04-03	13:55	81,66	61,38	67,07	49,00	
2024-04-04	08:00	36,10	32,67	32,13	34,33	36
2024-04-04	08:05	34,45	32,76	33,77	33,80	37,1
2024-04-04	08:10	35,40	32,85	33,23	35,17	36,5
2024-04-04	08:15	35,90	32,95	33,10	34,60	36,5
2024-04-04	08:20	35,10	32,99	32,60	34,23	36,3
2024-04-04	08:25	36,20	33,15	32,67	34,10	38
2024-04-04	08:30	37,00	33,06	33,67	36,65	36,8
2024-04-04	08:35	38,07	33,08	34,97	35,13	36,1
2024-04-04	08:40	35,50	67,58	107,28	79,18	36,1
2024-04-04	08:45	33,87	32,96	33,35	34,65	36,9
2024-04-04	08:50	38,03	32,95	34,07	34,47	36,5
2024-04-04	08:55	37,25	32,99	34,20	34,80	36,5
2024-04-04	09:00	37,80	33,04	32,90	35,07	38,4
2024-04-04	09:05	37,50	33,15	34,73	34,33	40,3
2024-04-04	09:10	36,17	32,97	34,15	34,87	37,8
2024-04-04	09:15	38,53	33,24	34,27	34,60	37,1
2024-04-04	09:20	36,65	33,17	34,47	34,00	36,5
2024-04-04	09:25	38,67	33,31	35,70	34,37	37,8
2024-04-04	09:30	40,33	33,05	35,17	36,53	37
2024-04-04	09:35	42,43	33,27	40,60	35,95	37
2024-04-04	09:40	46,07	33,20	36,90	35,73	37,9
2024-04-04	09:45	41,85	33,47	37,43	34,50	37,5

2024-04-04	09:50	44,03	34,44	37,95	34,70	37,2
2024-04-04	09:55	50,03	35,43	37,37	35,50	37,6
2024-04-04	10:00	46,17	38,82	38,50	36,25	36,9
2024-04-04	10:05	84,27	45,68	39,30	37,23	37,2
2024-04-04	10:10	85,50	53,06	81,77	76,12	36,8
2024-04-04	10:15	64,44	58,80	86,87	77,86	37
2024-04-04	10:20	50,93	42,63	39,70	64,56	37,3
2024-04-04	10:25	53,10	35,07	42,90	37,95	37,1
2024-04-04	10:30	45,43	34,84	46,25	39,27	37,3
2024-04-04	10:35	53,90	37,75	43,00	40,03	37,2
2024-04-04	10:40	52,00	35,98	49,77	40,57	36,5
2024-04-04	10:45	54,87	38,72	43,93	39,35	36,3
2024-04-04	10:50	53,50	37,68	54,90	58,02	48,9
2024-04-04	10:55	88,78	58,01	76,04	74,27	52,1
2024-04-04	11:00	85,62	60,49	87,59	75,54	51,1
2024-04-04	11:05	85,37	53,70	83,79	72,52	45,9
2024-04-04	11:10	86,29	53,52	82,81	76,22	49,4
2024-04-04	11:15	75,20	59,18	86,57	77,94	56,6
2024-04-04	11:20	56,37	42,81	51,25	67,05	59,1
2024-04-04	11:25	61,17	87,78	106,18	63,49	47,3
2024-04-04	11:30	62,20	41,03	59,25	53,93	52,3
2024-04-04	11:35	59,85	40,06	49,30	44,77	55
2024-04-04	11:40	58,40	40,82	54,07	46,85	44,3
2024-04-04	11:45	87,30	59,20	82,87	73,43	50,6
2024-04-04	11:50	85,83	49,63	59,47	63,56	47,9
2024-04-04	11:55	89,04	61,33	87,16	81,19	48,3
2024-04-04	12:00	87,18	60,72	88,40	76,20	67,6
2024-04-04	12:05	71,48	52,40	83,66	72,81	73,7
2024-04-04	12:10	67,30	37,89	50,80	66,72	60,1
2024-04-04	12:15	61,67	39,71	52,60	48,03	60,5
2024-04-04	12:20	66,13	43,65	51,30	57,07	54
2024-04-04	12:25	60,07	51,53	55,70	49,05	47
2024-04-04	12:30	62,43	45,97	59,60	54,36	44,8
2024-04-04	12:35	60,45	40,29	63,33	63,45	46,9
2024-04-04	12:40	87,39	59,45	79,95	74,87	57,2
2024-04-04	12:45	88,05	59,37	83,33	74,20	66,8
2024-04-04	12:50	88,28	60,73	87,60	82,82	82,7
2024-04-04	12:55	87,96	61,66	87,29	80,37	75,8
2024-04-04	13:00	85,83	60,82	71,42	76,52	76,4
2024-04-04	13:05	70,25	40,00	60,80	61,65	53,3
2024-04-04	13:10	58,07	39,88	50,73	53,20	44,7
2024-04-04	13:15	62,37	45,55	49,87	57,00	47,9
2024-04-04	13:20	66,00	44,61	51,00	71,52	49,8
2024-04-04	13:25	81,66	54,09	63,70	75,46	48,7
2024-04-04	13:30	66,23	46,24	56,95	68,66	47,9
2024-04-04	13:35	87,93	60,13	75,25	76,02	59
2024-04-04	13:40	87,33	59,42	83,32	75,20	63,8
2024-04-04	13:45	88,56	62,19	88,87	75,17	72,1

2024-04-04	13:50	86,59	60,73	88,23	82,99	77,2
2024-04-04	13:55	73,83	50,44	80,54	73,03	75,3
2024-04-05	08:00	33,45	32,74	32,63	33,75	36,9
2024-04-05	08:05	34,87	32,95	33,63	33,73	36,4
2024-04-05	08:10	34,57	32,95	33,85	34,83	36,3
2024-04-05	08:15	34,40	32,67	32,70	33,70	36,9
2024-04-05	08:20	36,80	32,89	32,83	35,33	36,5
2024-04-05	08:25	34,05	33,01	34,75	34,20	36
2024-04-05	08:30	35,30	32,83	33,25	33,40	35,9
2024-04-05	08:35	38,37	33,24	32,80	32,90	37,9
2024-04-05	08:40	39,95	33,05	36,63	36,00	36,3
2024-04-05	08:45	35,97	33,17	34,53	33,65	36,5
2024-04-05	08:50	34,60	32,88	34,30	34,15	36,7
2024-04-05	08:55	34,60	32,53	34,53	34,07	36,5
2024-04-05	09:00	36,07	33,06	34,50	34,03	36,9
2024-04-05	09:05	37,30	32,98	33,37	33,80	36
2024-04-05	09:10	35,53	32,90	34,43	34,80	38,4
2024-04-05	09:15	36,97	32,97	34,50	33,93	37,2
2024-04-05	09:20	38,03	33,06	33,10	34,97	36,9
2024-04-05	09:25	40,23	32,95	39,40	34,90	37,5
2024-04-05	09:30	39,60	32,88	35,03	34,40	36,4
2024-04-05	09:35	38,03	33,06	38,07	33,40	37,2
2024-04-05	09:40	44,47	58,61	103,95	93,58	37,3
2024-04-05	09:45	42,55	33,22	37,73	34,13	38,3
2024-04-05	09:50	56,60	34,06	39,37	34,75	37,8
2024-04-05	09:55	64,03	35,26	38,85	36,30	37,3
2024-04-05	10:00	72,98	33,72	40,67	38,90	37,1
2024-04-05	10:05	71,17	37,49	38,00	38,50	38,3
2024-04-05	10:10	87,26	57,54	61,32	66,58	37,5
2024-04-05	10:15	76,93	58,73	85,04	73,85	38,6
2024-04-05	10:20	49,57	37,03	41,35	44,80	38,6
2024-04-05	10:25	47,13	36,05	45,30	40,95	37,7
2024-04-05	10:30	51,00	40,18	46,20	54,24	37,5
2024-04-05	10:35	48,90	39,46	44,67	41,60	39,9
2024-04-05	10:40	55,10	36,36	56,30	38,47	36,6
2024-04-05	10:45	53,73	37,45	43,50	45,57	37,3
2024-04-05	10:50	68,03	36,40	45,17	55,77	40,6
2024-04-05	10:55	89,04	54,51	86,02	74,80	44,1
2024-04-05	11:00	88,14	59,51	85,78	79,24	44,2
2024-04-05	11:05	71,96	41,50	60,75	71,15	
2024-04-05	11:10	87,66	58,06	70,48	67,43	56,3
2024-04-05	11:15	82,86	58,82	85,87	74,07	
2024-04-05	11:20	58,35	38,44	55,17	64,82	56,2
2024-04-05	11:25	57,65	40,44	53,00	48,75	45,9
2024-04-05	11:30	57,63	41,84	50,60	55,53	50,7
2024-04-05	11:35	62,05	42,05	53,30	60,20	50,1
2024-04-05	11:40	59,60	43,12	61,55	65,34	53,2
2024-04-05	11:45	84,63	57,49	44,00	74,58	52,6

2024-04-05	11:50	82,42	47,48	52,20	69,58	50,4
2024-04-05	11:55	89,70	60,26	88,04	79,58	70,4
2024-04-05	12:00	87,85	59,89	87,23	80,17	83,6
2024-04-05	12:05	59,83	43,27	79,00	72,20	68,7
2024-04-05	12:10	65,60	57,25	56,90	62,02	55,3
2024-04-05	12:15	57,40	39,69	57,00	57,58	52,3
2024-04-05	12:20	61,87	50,31	58,25	68,01	56,4
2024-04-05	12:25	59,25	66,82		86,69	53,9
2024-04-05	12:30	58,70	41,43		58,60	53,9
2024-04-05	12:35	60,05	39,57		68,25	56,5
2024-04-05	12:40	88,07	58,72		78,50	53,7
2024-04-05	12:45	86,88	58,92		74,80	69,5
2024-04-05	12:50	88,31	59,30		82,81	69,5
2024-04-05	12:55	88,86	60,72		80,44	70,7
2024-04-05	13:00	70,13	59,34		80,39	81,4
2024-04-05	13:05	61,53	42,29		65,28	71,5
2024-04-05	13:10	65,45	57,17		59,92	52,4
2024-04-05	13:15	55,75	40,09		49,17	48,8
2024-04-05	13:20	63,35	51,21		65,67	47
2024-04-05	13:25	58,20	52,85		68,18	48,2
2024-04-05	13:30	62,87	41,88		63,57	52
2024-04-05	13:35	88,41	59,78		78,11	64,3
2024-04-05	13:40	88,07	58,66		78,14	59,7
2024-04-05	13:45	87,57	61,26		86,69	59,3
2024-04-05	13:50	88,51	59,53		82,44	63,5
2024-04-05	13:55	73,30	51,63		78,97	61
2024-04-08	08:00	36,90	32,63		32,43	36,3
2024-04-08	08:05	34,73	32,53		32,60	37,1
2024-04-08	08:10	36,75	32,67		32,90	37,2
2024-04-08	08:15	36,85	32,44		32,55	36,5
2024-04-08	08:20	40,20	33,01		33,43	37,9
2024-04-08	08:25	41,15	32,79		32,37	37,2
2024-04-08	08:30	41,90	33,06		33,17	36,5
2024-04-08	08:35	43,85	32,74		34,65	36,9
2024-04-08	08:40	44,27	32,85		33,15	36,9
2024-04-08	08:45	40,90	33,13		33,70	39,6
2024-04-08	08:50	43,20	32,88		33,33	38,6
2024-04-08	08:55	41,65	32,76		32,80	36,9
2024-04-08	09:00	39,90	33,15		33,17	37,5
2024-04-08	09:05	36,93	32,72		32,70	36,4
2024-04-08	09:10	38,13	33,15		33,10	36,6
2024-04-08	09:15	37,25	32,57		33,35	37,6
2024-04-08	09:20	36,23	32,76		34,27	38,4
2024-04-08	09:25	37,70	32,67		33,80	37,9
2024-04-08	09:30	37,10	32,74		33,27	37,3
2024-04-08	09:35	38,83	32,47		35,30	37,8
2024-04-08	09:40	43,40	33,12		33,15	38
2024-04-08	09:45	43,30	33,29		35,80	38,2

2024-04-08	09:50	72,04	70,32	108,41	76,60	36,9
2024-04-08	09:55	56,65	34,35		69,11	37,7
2024-04-08	10:00	46,23	38,01		38,67	38,3
2024-04-08	10:05	81,04	38,52		37,23	38,9
2024-04-08	10:10	85,09	55,90		74,86	37,3
2024-04-08	10:15	61,95	59,90		77,18	39
2024-04-08	10:20	74,20	34,87		44,57	38,2
2024-04-08	10:25	64,08	38,24		42,30	37,9
2024-04-08	10:30	49,23	32,53		42,30	38
2024-04-08	10:35	43,50	34,21		45,23	37,6
2024-04-08	10:40	53,40	41,55		38,63	37,9
2024-04-08	10:45	58,27	37,31		47,07	40,9
2024-04-08	10:50	75,86	37,50		58,98	56
2024-04-08	10:55	86,10	59,28		75,59	45,8
2024-04-08	11:00	87,78	59,39		79,95	50,4
2024-04-08	11:05	82,36	43,96		72,06	60,1
2024-04-08	11:10	85,94	56,82		74,50	62,2
2024-04-08	11:15	68,08	59,95		77,68	65
2024-04-08	11:20	79,40	39,27		47,65	56,1
2024-04-08	11:25	70,80	40,46		52,05	60
2024-04-08	11:30	54,57	40,08		58,50	50
2024-04-08	11:35	68,97	38,92		53,90	48,5
2024-04-08	11:40	59,07	43,85		57,03	50,9
2024-04-08	11:45	85,05	58,36		74,83	52,1
2024-04-08	11:50	81,46	55,46		66,73	56
2024-04-08	11:55	88,89	62,08		80,33	62,8
2024-04-08	12:00	87,45	60,45		78,69	69,1
2024-04-08	12:05	57,35	44,38		72,83	75,3
2024-04-08	12:10	55,53	41,64		70,71	54,1
2024-04-08	12:15	59,90	48,92		59,50	50
2024-04-08	12:20	57,45	43,56		46,40	51,2
2024-04-08	12:25	58,65	41,32		54,80	53,8
2024-04-08	12:30	60,67	48,59		57,70	62
2024-04-08	12:35	73,07	55,03		63,68	48,5
2024-04-08	12:40	87,86	66,84	107,90	78,13	54,7
2024-04-08	12:45	88,88	58,57		74,83	69,5
2024-04-08	12:50	89,83	62,71		81,46	70,9
2024-04-08	12:55	88,90	62,09	78,27	82,53	70,9
2024-04-08	13:00	71,80	60,85	55,80	74,85	70,9
2024-04-08	13:05	59,05	55,40	48,50	69,29	61
2024-04-08	13:10	57,83	49,82	61,60	58,98	61
2024-04-08	13:15	58,27	52,37	50,60	66,25	53,5
2024-04-08	13:20	60,20	57,33	52,60	63,25	57,2
2024-04-08	13:25	63,65	51,36	56,20	62,04	
2024-04-08	13:30	69,88	49,88	50,35	62,72	56
2024-04-08	13:35	88,19	59,06	85,19	76,05	52,3
2024-04-08	13:40	88,18	59,79	83,06	75,71	52,2
2024-04-08	13:45	89,35	63,65	88,65	82,74	63,1

2024-04-08	13:50	89,85	62,70	59,90	81,82	61
2024-04-08	13:55	72,58	56,20	73,68	75,93	63,4
2024-04-09	08:00	35,00		34,50	33,30	36,6
2024-04-09	08:05	35,23		107,61	62,66	36,7
2024-04-09	08:10	35,40		33,83	32,85	36,9
2024-04-09	08:15	36,90		33,63	32,77	36,9
2024-04-09	08:20	36,10		33,23	35,00	36,5
2024-04-09	08:25	37,87		41,50	32,70	36,4
2024-04-09	08:30	36,50		33,60	33,07	36,5
2024-04-09	08:35	35,90		34,87	33,37	36,7
2024-04-09	08:40	35,93		34,93	33,60	36,9
2024-04-09	08:45	36,73		32,90	33,17	38
2024-04-09	08:50	36,65		33,70	34,45	36,4
2024-04-09	08:55	36,90		33,95	33,87	36,9
2024-04-09	09:00	36,35		34,53	33,03	36,6
2024-04-09	09:05	37,80		34,20	33,07	38,2
2024-04-09	09:10	37,57		35,50	33,87	36,5
2024-04-09	09:15	39,83		34,90	34,60	36,8
2024-04-09	09:20	37,60		34,93	34,93	38
2024-04-09	09:25	39,05		43,60	34,25	38,4
2024-04-09	09:30	37,13		35,47	32,60	38,9
2024-04-09	09:35	42,63		38,20	34,33	46,9
2024-04-09	09:40	55,90		37,23	35,70	38,5
2024-04-09	09:45	65,13		42,50	33,80	41,9
2024-04-09	09:50	48,65		37,20	35,83	37,9
2024-04-09	09:55	44,60		40,73	47,70	37,5
2024-04-09	10:00	59,58		41,00	33,57	37,6
2024-04-09	10:05	64,50		37,97	47,80	37,6
2024-04-09	10:10	83,98		73,78	75,28	37,9
2024-04-09	10:15	77,94		69,20	78,06	37,8
2024-04-09	10:20	43,57		42,55	43,75	37,2
2024-04-09	10:25	49,55		42,65	38,93	38
2024-04-09	10:30	50,83		39,80	48,80	37,3
2024-04-09	10:35	49,57		47,70	41,90	38,2
2024-04-09	10:40	64,33		46,80	53,38	37,5
2024-04-09	10:45	71,23		45,37	42,70	36,9
2024-04-09	10:50	58,25		107,16	77,39	44
2024-04-09	10:55	87,68		60,50	74,99	50,8
2024-04-09	11:00	88,11		85,38	77,23	45,2
2024-04-09	11:05	72,20		54,50	71,69	51,8
2024-04-09	11:10	85,27		76,52	75,80	51,8
2024-04-09	11:15	79,61		68,16	78,17	59
2024-04-09	11:20	54,63		49,80	59,37	59
2024-04-09	11:25	56,10		57,00	52,30	47
2024-04-09	11:30	55,30		50,20	55,78	44,9
2024-04-09	11:35	53,80		50,00	52,27	43,8
2024-04-09	11:40	57,27		56,37	58,03	46,6
2024-04-09	11:45	88,59		84,30	75,87	50,6

2024-04-09	11:50	83,66		85,91	60,28	53,7
2024-04-09	11:55	88,93		88,64	79,02	62,3
2024-04-09	12:00	88,65		86,93	77,28	59,7
2024-04-09	12:05	65,50		54,98	72,45	65,7
2024-04-09	12:10	59,13		57,60	63,19	55,6
2024-04-09	12:15	56,87		50,60	63,05	59,2
2024-04-09	12:20	54,83		52,40	61,13	53,2
2024-04-09	12:25	58,67		56,23	56,08	60,9
2024-04-09	12:30	50,80		50,85	57,55	53,9
2024-04-09	12:35	53,70		52,03	58,30	53,5
2024-04-09	12:40	87,54		82,87	74,30	57,2
2024-04-09	12:45	88,85		83,45	75,68	60,1
2024-04-09	12:50	88,43		88,73	79,85	74,6
2024-04-09	12:55	87,70		88,73	81,05	75,9
2024-04-09	13:00	68,05		85,97	76,36	71,1
2024-04-09	13:05	60,73		63,05	63,70	56,6
2024-04-09	13:10	61,30		57,00	62,69	54,3
2024-04-09	13:15	58,47		57,60	60,46	52,4
2024-04-09	13:20	57,40		55,60	56,65	53,3
2024-04-09	13:25	61,40		52,43	53,95	57,9
2024-04-09	13:30	60,00		56,15	51,60	51,8
2024-04-09	13:35	89,50		81,26	73,10	60,8
2024-04-09	13:40	87,46		99,05	73,96	51,4
2024-04-09	13:45	88,28		87,05	83,03	75,1
2024-04-09	13:50	88,29		88,52	80,92	66
2024-04-09	13:55	86,04		87,61	80,22	75,3
2024-04-10	08:00	36,50	32,44		33,20	38
2024-04-10	08:05	34,80	32,31		33,20	36,6
2024-04-10	08:10	35,43	32,23		32,67	37,5
2024-04-10	08:15	35,43	32,65		33,37	37,4
2024-04-10	08:20	35,05	32,67		32,77	36,8
2024-04-10	08:25	37,37	32,53		34,63	36,5
2024-04-10	08:30	35,67	32,24		35,00	37,2
2024-04-10	08:35	36,27	32,40		33,20	36,6
2024-04-10	08:40	35,67	32,44		33,63	37
2024-04-10	08:45	38,70	33,06		33,20	36,9
2024-04-10	08:50	38,00	32,50		34,00	39,1
2024-04-10	08:55	38,43	32,58		33,55	36,6
2024-04-10	09:00	36,90	32,60		33,13	36,8
2024-04-10	09:05	36,67	52,30		33,53	37,1
2024-04-10	09:10	38,85	32,88		32,70	37,8
2024-04-10	09:15	36,73	32,77		34,20	37,5
2024-04-10	09:20	37,57	32,58		33,15	38,6
2024-04-10	09:25	37,55	32,72		33,83	37,6
2024-04-10	09:30	37,23	32,44		34,67	39,4
2024-04-10	09:35	41,75	32,33		33,40	37,7
2024-04-10	09:40	41,27	32,91		33,47	39
2024-04-10	09:45	41,63	33,47		34,53	38,2

2024-04-10	09:50	46,95	33,56		35,65	37,7
2024-04-10	09:55	45,53	33,50		37,23	37,6
2024-04-10	10:00	54,77	35,52		34,70	37,4
2024-04-10	10:05	71,93	38,33		37,83	37,7
2024-04-10	10:10	87,19	35,79		75,02	37,7
2024-04-10	10:15	85,56	61,03		79,94	37,1
2024-04-10	10:20	64,38	56,85		74,56	37,3
2024-04-10	10:25	78,05	57,09		71,98	37,3
2024-04-10	10:30	74,80	56,98		40,93	39,6
2024-04-10	10:35	77,76	50,29		67,07	37,1
2024-04-10	10:40	77,56	37,43		70,32	37,5
2024-04-10	10:45	73,81	44,07		71,87	37,5
2024-04-10	10:50	84,73	40,90		74,14	40,7
2024-04-10	10:55	85,17	55,19		72,22	50,5
2024-04-10	11:00	84,23	49,31		73,96	49,8
2024-04-10	11:05	86,30	42,47		60,63	57,1
2024-04-10	11:10	89,03	53,24		73,32	57,1
2024-04-10	11:15	85,75	60,95		80,45	58,8
2024-04-10	11:20	74,53	57,02		74,93	55,2
2024-04-10	11:25	79,27	57,27		73,33	48,8
2024-04-10	11:30	77,61	57,32		55,90	46,7
2024-04-10	11:35	78,47	51,48		70,77	46,7
2024-04-10	11:40	74,89	38,25		71,79	46,7
2024-04-10	11:45	88,93	44,85		73,35	46,7
2024-04-10	11:50	84,58	65,57	108,11	74,52	46,7
2024-04-10	11:55	87,64	55,20		75,37	63,3
2024-04-10	12:00	84,91	50,38		74,79	63,3
2024-04-10	12:05	83,97	49,35		62,67	63,3
2024-04-10	12:10	87,79	52,93		72,32	63,3
2024-04-10	12:15	83,67	44,51			50,6
2024-04-10	12:20	55,84	35,49			52,8
2024-04-10	12:25	64,87	36,86			53
2024-04-10	12:30	55,13	35,91			53,1
2024-04-10	12:35	58,43	36,79			52
2024-04-10	12:40	87,58	35,45			59,6
2024-04-10	12:45	87,48	35,46			60,3
2024-04-10	12:50	89,63	36,76			73,6
2024-04-10	12:55	87,36	34,32			72,1
2024-04-10	13:00	49,53	40,15			74,7
2024-04-10	13:05	55,97	44,02			46,7
2024-04-10	13:10	62,50	35,95			46,7
2024-04-10	13:15	58,35	37,59			54,5
2024-04-10	13:20	54,66	34,53			55,4
2024-04-10	13:25	58,25	34,80			44,9
2024-04-10	13:30	60,45	34,61			50,6
2024-04-10	13:35	88,39	34,84			42,9
2024-04-10	13:40	87,87	35,29			71,5
2024-04-10	13:45	87,99	35,17			59

2024-04-10	13:50	87,26	36,67		59
2024-04-10	13:55	53,35	34,41		72
2024-04-11	08:00	35,30	34,34	33,50	
2024-04-11	08:05	37,00	34,36	34,35	
2024-04-11	08:10	35,95	34,44	34,73	
2024-04-11	08:15	34,75	34,39	34,27	
2024-04-11	08:20	37,45	34,56	35,73	
2024-04-11	08:25	34,60	34,39	34,13	
2024-04-11	08:30	37,80	34,49	37,05	
2024-04-11	08:35	37,00	34,53	34,13	
2024-04-11	08:40	36,30	34,41	35,20	
2024-04-11	08:45	36,73	34,25	35,85	
2024-04-11	08:50	37,10	34,23	35,83	
2024-04-11	08:55	36,53	34,44	35,45	
2024-04-11	09:00	36,00	34,30	34,67	
2024-04-11	09:05	39,30	34,55	35,37	
2024-04-11	09:10	37,83	34,77	35,60	
2024-04-11	09:15	35,83	34,64	34,10	
2024-04-11	09:20	38,13	34,64	37,00	
2024-04-11	09:25	37,25	34,32	35,00	
2024-04-11	09:30	45,80	34,32	38,73	
2024-04-11	09:35	37,93	34,32	37,80	
2024-04-11	09:40	41,90	34,34	37,30	
2024-04-11	09:45	45,13	34,60	40,93	
2024-04-11	09:50	49,20	34,80	38,40	
2024-04-11	09:55	43,97	35,56	42,67	
2024-04-11	10:00	52,73	35,53	39,10	
2024-04-11	10:05	65,03	67,95	107,35	
2024-04-11	10:10	86,27	45,64	66,72	
2024-04-11	10:15	72,24	59,04	86,80	
2024-04-11	10:20	43,40	37,88	50,63	
2024-04-11	10:25	50,77	37,28	55,00	
2024-04-11	10:30	60,15	36,34	42,23	
2024-04-11	10:35	43,40	37,62	50,47	
2024-04-11	10:40	51,40	39,17	43,65	
2024-04-11	10:45	53,17	37,88	48,10	
2024-04-11	10:50	59,37	37,83	44,30	
2024-04-11	10:55	89,06	55,69	73,00	
2024-04-11	11:00	89,60	60,61	81,07	
2024-04-11	11:05	72,06	44,03	51,30	
2024-04-11	11:10	89,23	47,33	70,76	
2024-04-11	11:15	76,36	59,14	86,49	
2024-04-11	11:20	57,67	41,31	59,07	
2024-04-11	11:25	55,47	39,22	59,33	
2024-04-11	11:30	58,80	39,60	52,95	
2024-04-11	11:35	64,75	40,76	54,33	
2024-04-11	11:40	55,10	41,98	51,60	
2024-04-11	11:45	86,93	57,82	83,74	

2024-04-11	11:50	85,29	51,52	51,15
2024-04-11	11:55	89,52	61,16	85,22
2024-04-11	12:00	89,35	60,55	83,83
2024-04-11	12:05	72,00	43,54	57,13
2024-04-11	12:10	57,90	42,54	55,30
2024-04-11	12:15	57,85	41,57	50,50
2024-04-11	12:20	57,67	39,88	53,87
2024-04-11	12:25	56,00	39,87	51,47
2024-04-11	12:30	57,73	40,37	53,23
2024-04-11	12:35	64,35	41,52	57,70
2024-04-11	12:40	87,42	59,77	81,51
2024-04-11	12:45	87,75	57,93	83,60
2024-04-11	12:50	88,04	63,60	99,03
2024-04-11	12:55	88,58	61,44	84,42
2024-04-11	13:00	79,89	49,55	82,20
2024-04-11	13:05	72,77	40,89	55,17
2024-04-11	13:10	60,38	41,35	54,80
2024-04-11	13:15	72,35	41,06	48,90
2024-04-11	13:20	58,67	40,12	54,57
2024-04-11	13:25	59,23	39,63	58,87
2024-04-11	13:30	60,35	41,00	53,73
2024-04-11	13:35	86,72	59,92	85,17
2024-04-11	13:40	87,20	59,75	84,64
2024-04-11	13:45	88,35	61,52	89,31
2024-04-11	13:50	88,01	62,41	87,18
2024-04-11	13:55	61,48	51,08	70,24
2024-04-12	08:00	33,80	34,27	33,43
2024-04-12	08:05	35,50	34,62	33,63
2024-04-12	08:10	36,25	34,44	33,45
2024-04-12	08:15	34,75	34,41	33,80
2024-04-12	08:20	37,50	69,86	106,53
2024-04-12	08:25	36,10	34,34	32,90
2024-04-12	08:30	37,73	34,67	33,90
2024-04-12	08:35	35,93	34,70	33,50
2024-04-12	08:40	37,10	34,54	35,90
2024-04-12	08:45	36,30	34,22	34,05
2024-04-12	08:50	35,90	34,41	35,50
2024-04-12	08:55	35,27	34,55	35,43
2024-04-12	09:00	37,30	34,29	35,30
2024-04-12	09:05	35,70	34,57	34,23
2024-04-12	09:10	40,60	34,60	34,33
2024-04-12	09:15	36,00	34,39	35,15
2024-04-12	09:20	38,50	34,48	35,67
2024-04-12	09:25	38,10	34,39	33,97
2024-04-12	09:30	39,40	34,71	34,87
2024-04-12	09:35	44,00	34,78	34,53
2024-04-12	09:40	49,43	34,73	42,95
2024-04-12	09:45	43,75	34,78	39,00

2024-04-12	09:50	51,05	34,87	40,77
2024-04-12	09:55	49,80	35,47	37,45
2024-04-12	10:00	45,57	36,75	37,88
2024-04-12	10:05	80,03	40,31	44,05
2024-04-12	10:10	87,03	58,62	74,00
2024-04-12	10:15	47,07	60,17	76,20
2024-04-12	10:20	52,13	37,29	41,35
2024-04-12	10:25	45,57	38,28	39,43
2024-04-12	10:30	50,97	37,41	44,30
2024-04-12	10:35	63,15	36,59	40,50
2024-04-12	10:40	54,90	38,63	46,73
2024-04-12	10:45	55,70	37,73	47,80
2024-04-12	10:50	64,23	37,75	45,87
2024-04-12	10:55	79,82	45,54	83,71
2024-04-12	11:00	88,29	62,61	86,37
2024-04-12	11:05	82,11	68,63	107,01
2024-04-12	11:10	86,77	58,84	80,84
2024-04-12	11:15	62,60	60,48	77,95
2024-04-12	11:20	58,00	42,83	60,43
2024-04-12	11:25	60,60	39,50	55,05
2024-04-12	11:30	58,67	41,52	60,98
2024-04-12	11:35	67,75	40,12	53,43
2024-04-12	11:40	76,08	42,05	69,64
2024-04-12	11:45	87,30	60,09	76,77
2024-04-12	11:50	79,83	54,05	59,10
2024-04-12	11:55	87,12	61,28	87,13
2024-04-12	12:00	88,14	62,58	87,10
2024-04-12	12:05	58,67	59,30	74,10
2024-04-12	12:10	57,43	44,65	52,90
2024-04-12	12:15	66,03	53,20	53,50
2024-04-12	12:20	66,23	44,15	62,83
2024-04-12	12:25	59,27	41,36	54,83
2024-04-12	12:30	60,03	41,42	68,83
2024-04-12	12:35	66,80	47,84	67,80
2024-04-12	12:40	88,54	61,04	83,93
2024-04-12	12:45	87,74	60,35	79,51
2024-04-12	12:50	87,56	61,54	86,50
2024-04-12	12:55	87,42	61,32	86,85
2024-04-12	13:00	76,75	57,13	84,32
2024-04-12	13:05	58,63	42,02	65,83
2024-04-12	13:10	54,75	46,26	50,37
2024-04-12	13:15	63,43	50,41	51,80
2024-04-12	13:20	66,60	43,66	53,25
2024-04-12	13:25	56,80	51,76	52,77
2024-04-12	13:30	59,07	42,03	58,33
2024-04-12	13:35	89,20	59,50	84,80
2024-04-12	13:40	88,34	60,77	84,90
2024-04-12	13:45	87,54	62,74	87,20

2024-04-12	13:50	87,60	62,57	97,55		
2024-04-12	13:55	77,68	57,96	64,15		
2024-04-15	08:00	34,37	34,37	33,20	32,95	36,4
2024-04-15	08:05	33,20	34,41	33,00	32,50	36,4
2024-04-15	08:10	34,23	34,36	34,53	33,10	36,4
2024-04-15	08:15	34,65	34,34	33,55	32,80	36,4
2024-04-15	08:20	35,50	34,37	34,33	32,87	36,4
2024-04-15	08:25	35,00	34,42	33,63	33,50	36,4
2024-04-15	08:30	36,15	68,41	106,51	60,07	36,4
2024-04-15	08:35	36,00	34,25	33,00	33,53	36,4
2024-04-15	08:40	36,67	34,41	35,50	33,35	36,4
2024-04-15	08:45	36,73	34,39	34,70	33,43	36,4
2024-04-15	08:50	36,80	34,53	34,33	32,80	36,4
2024-04-15	08:55	37,80	34,34	33,67	33,60	36,4
2024-04-15	09:00	35,20	34,50	35,53	33,63	36,4
2024-04-15	09:05	39,70	34,50	32,60	32,50	36,4
2024-04-15	09:10	35,35	34,41	34,90	33,05	36,4
2024-04-15	09:15	37,00	34,29	34,60	32,83	36,4
2024-04-15	09:20	38,85	34,30	34,00	33,00	36,4
2024-04-15	09:25	35,80	34,46	35,45	32,93	36,4
2024-04-15	09:30	37,60	34,44	34,30	33,55	36,4
2024-04-15	09:35	47,75	34,55	33,90	33,47	36,4
2024-04-15	09:40	41,43	34,73	37,63	34,20	36,4
2024-04-15	09:45	50,00	34,99	38,45	33,85	36,4
2024-04-15	09:50	42,17	34,92	37,27	41,55	36,4
2024-04-15	09:55	51,83	36,40	38,63	34,30	36,4
2024-04-15	10:00	50,70	36,00	38,17	34,40	36,4
2024-04-15	10:05	85,70	42,56	46,15	37,23	36,4
2024-04-15	10:10	88,40	45,74	74,45	73,38	36,4
2024-04-15	10:15	82,84	61,15	79,05	77,80	36,4
2024-04-15	10:20	55,77	57,95	50,67	74,51	36,4
2024-04-15	10:25	44,85	38,50	40,60	37,77	36,4
2024-04-15	10:30	42,70	39,50	40,60	38,20	36,4
2024-04-15	10:35	57,70	37,83	39,15	41,50	36,4
2024-04-15	10:40	52,40	39,69	45,00	41,27	36,4
2024-04-15	10:45	56,23	39,61	43,63	42,83	36,4
2024-04-15	10:50	60,27	38,58	45,60	56,15	36,4
2024-04-15	10:55	84,65	59,72	64,67	74,05	36,4
2024-04-15	11:00	88,56	61,27	86,81	77,31	36,4
2024-04-15	11:05	87,02	59,61	81,50	74,77	36,4
2024-04-15	11:10	88,85	48,99	73,92	73,98	36,4
2024-04-15	11:15	84,10	60,97	83,13	78,13	36,4
2024-04-15	11:20	62,20	68,29	106,22	77,46	36,4
2024-04-15	11:25	53,60	41,91	49,30	44,70	36,4
2024-04-15	11:30	54,95	40,14	45,30	46,83	50
2024-04-15	11:35	57,07	42,09	52,80	56,70	54,7
2024-04-15	11:40	59,30	42,06	55,75	60,03	46,1
2024-04-15	11:45	89,19	56,98	74,77	74,46	45,6

2024-04-15	11:50	82,16	45,94	67,70	63,40	45,4
2024-04-15	11:55	88,17	61,83	82,90	79,24	60,8
2024-04-15	12:00	88,37	61,00	87,36	77,43	66,7
2024-04-15	12:05	69,68	59,51	82,38	74,99	62,4
2024-04-15	12:10	73,85	38,51	53,27	66,95	73,8
2024-04-15	12:15	56,60	38,67	51,73	64,92	48,5
2024-04-15	12:20	57,90	39,53	51,05	47,57	48,5
2024-04-15	12:25	65,43	38,55	50,53	48,60	48,5
2024-04-15	12:30	59,97	38,81	51,17	68,12	48,5
2024-04-15	12:35	57,75	39,42	64,00	66,21	52,6
2024-04-15	12:40	87,60	57,99	84,08	75,80	51,8
2024-04-15	12:45	88,61	57,93	81,66	74,54	51,8
2024-04-15	12:50	88,48	62,89	86,89	83,24	51,8
2024-04-15	12:55	87,56	61,98	83,37	80,58	67,9
2024-04-15	13:00	70,36	59,83	82,27	77,01	67,9
2024-04-15	13:05	56,07	46,30	54,57	70,15	67,9
2024-04-15	13:10	74,50	39,35	56,83	67,65	67,9
2024-04-15	13:15	58,90	41,17	53,87	67,21	67,9
2024-04-15	13:20	58,17	40,52	55,17	50,10	54,5
2024-04-15	13:25	66,88	41,74	52,85	58,65	50,6
2024-04-15	13:30	61,13	39,56	51,30	68,98	50,6
2024-04-15	13:35	87,20	60,05	85,57	79,70	50,6
2024-04-15	13:40	87,20	58,28	84,80	74,77	50,6
2024-04-15	13:45	88,40	62,07	87,36	81,15	50,6
2024-04-15	13:50	88,61	62,87	87,08	82,32	50,6
2024-04-15	13:55	79,54	60,34	79,43	78,20	82,1
2024-04-16	08:00	33,05	34,39	33,60	32,55	37,4
2024-04-16	08:05	34,40	34,27	33,10	33,00	37,4
2024-04-16	08:10	36,40	34,48	32,73	33,00	37,4
2024-04-16	08:15	35,17	34,39	35,17	32,73	37,4
2024-04-16	08:20	33,93	34,30	33,20	33,03	37,4
2024-04-16	08:25	35,93	34,32	34,25	32,55	37,4
2024-04-16	08:30	35,50	34,53	33,30	32,77	37,4
2024-04-16	08:35	36,43	34,30	34,60	32,97	37,4
2024-04-16	08:40	36,00	34,18	35,17	33,50	37,4
2024-04-16	08:45	36,50	34,30	33,60	33,35	37,4
2024-04-16	08:50	36,40	34,39	34,30	32,80	37,4
2024-04-16	08:55	37,15	34,48	33,87	32,47	37,4
2024-04-16	09:00	35,40	34,44	33,63	33,10	37,4
2024-04-16	09:05	36,13	34,29	33,83	33,20	37,4
2024-04-16	09:10	36,95	34,37	33,15	32,93	37,4
2024-04-16	09:15	35,80	34,16	35,67	32,90	37,4
2024-04-16	09:20	36,53	34,30	34,97	32,87	37,4
2024-04-16	09:25	36,63	34,27	34,80	32,67	37,4
2024-04-16	09:30	35,13	64,93	105,93	73,41	37,4
2024-04-16	09:35	35,90	34,34	36,85	32,85	37,4
2024-04-16	09:40	39,27	34,50	35,90	34,40	37,4
2024-04-16	09:45	53,50	34,39	37,67	34,20	37,4

2024-04-16	09:50	43,63	35,01	38,55	43,58	37,4
2024-04-16	09:55	50,50	35,32	37,00	33,35	37,4
2024-04-16	10:00	51,25	34,99	38,10	33,47	37,4
2024-04-16	10:05	68,11	39,70	37,87	35,50	37,4
2024-04-16	10:10	82,07	59,02	71,90	73,09	37,4
2024-04-16	10:15	67,20	60,94	60,60	74,65	37,4
2024-04-16	10:20	48,18	38,56	42,63	43,75	37,4
2024-04-16	10:25	45,20	35,73	49,00	40,10	37,4
2024-04-16	10:30	41,33	35,18	40,07	52,28	
2024-04-16	10:35	47,17	36,56	49,10	50,30	
2024-04-16	10:40	50,90	35,47	44,85	54,54	
2024-04-16	10:45	61,87	36,10	49,23	47,57	
2024-04-16	10:50	69,13	55,48	49,53	48,30	44,3
2024-04-16	10:55	86,39	59,40	76,93	77,16	41,7
2024-04-16	11:00	87,83	59,57	85,01	79,79	60,7
2024-04-16	11:05	77,22	46,46	72,78	75,74	45,4
2024-04-16	11:10	84,56	59,29	77,70	73,67	45,4
2024-04-16	11:15	70,70	60,98	62,93	74,75	45,4
2024-04-16	11:20	60,70	40,72	60,15	53,25	45,4
2024-04-16	11:25	55,90	38,17	58,37	51,90	45,4
2024-04-16	11:30	56,07	37,67	57,73	59,74	49,5
2024-04-16	11:35	54,63	37,85	58,23	53,40	45,8
2024-04-16	11:40	59,60	38,15	66,00	68,83	45,8
2024-04-16	11:45	87,50	53,82	82,38	74,63	45,8
2024-04-16	11:50	74,50	57,56	54,03	60,53	45,8
2024-04-16	11:55	88,68	60,03	85,85	79,78	52,8
2024-04-16	12:00	87,28	59,79	85,36	78,36	65,3
2024-04-16	12:05	60,30	44,73	70,26	76,23	65,3
2024-04-16	12:10	62,35	39,81	65,45	49,93	66,7
2024-04-16	12:15	58,48	37,77	50,87	63,37	50
2024-04-16	12:20	59,05	69,11	106,03	81,16	69,9
2024-04-16	12:25	58,87	45,53	60,35	62,17	
2024-04-16	12:30	56,93	42,25	60,87	54,83	51,2
2024-04-16	12:35	58,95	40,44	54,57	52,95	52,5
2024-04-16	12:40	85,83	58,52	77,20	73,83	51,2
2024-04-16	12:45	88,18	54,98	79,60	74,71	57
2024-04-16	12:50	87,95	59,55	85,75	78,10	59,6
2024-04-16	12:55	84,09	59,74	85,34	79,31	
2024-04-16	13:00	79,28	59,59	66,78	76,10	64,9
2024-04-16	13:05	62,00	56,15	51,13	56,48	56,3
2024-04-16	13:10	58,83	40,28	61,23	63,22	50,4
2024-04-16	13:15	59,07	39,90	53,45	67,70	54,1
2024-04-16	13:20	60,10	51,89	53,23	64,74	54,1
2024-04-16	13:25	61,75	46,98	58,00	68,22	54,1
2024-04-16	13:30	57,45	44,84	57,40	62,36	54,1
2024-04-16	13:35	88,13	59,96	76,93	73,91	54,1
2024-04-16	13:40	87,83	59,83	76,84	73,33	54,1
2024-04-16	13:45	88,78	60,20	86,88	80,56	54,1

2024-04-16	13:50	87,42	59,26	86,10	77,75	54,1
2024-04-16	13:55	83,09	58,93	81,47	76,22	54,1
2024-04-17	08:00	33,60	34,46	34,00	32,65	36,7
2024-04-17	08:05	32,47	34,27	33,00	32,83	35,9
2024-04-17	08:10	34,87	34,49	33,30	32,73	36,7
2024-04-17	08:15	35,80	34,44	35,90	32,93	35,7
2024-04-17	08:20	35,63	34,23	33,17	32,80	35,1
2024-04-17	08:25	34,90	34,39	33,57	33,40	35,1
2024-04-17	08:30	36,20	34,32	33,20	32,83	35,1
2024-04-17	08:35	35,87	34,25	33,60	33,20	35,1
2024-04-17	08:40	34,20	34,25	33,13	33,27	35,3
2024-04-17	08:45	37,47	34,41	34,37	33,57	35,3
2024-04-17	08:50	37,80	34,46	33,45	33,35	35,3
2024-04-17	08:55	35,20	34,46	33,00	33,00	35,3
2024-04-17	09:00	36,03	34,44	35,43	33,37	35,3
2024-04-17	09:05	33,45	34,34	32,90	32,65	35,3
2024-04-17	09:10	36,57	34,48	34,07	32,80	35,3
2024-04-17	09:15	35,00	34,29	37,45	32,90	35,7
2024-04-17	09:20	38,20	34,27	33,45	33,15	35,7
2024-04-17	09:25	35,50	34,39	34,50	32,20	37,1
2024-04-17	09:30	42,33	34,53	32,60	33,00	37,1
2024-04-17	09:35	41,10	34,80	33,65	33,50	37,1
2024-04-17	09:40	51,00	34,94	33,00	32,90	36,5
2024-04-17	09:45	45,20	34,46	35,05	34,05	36,5
2024-04-17	09:50	41,67	35,13	34,30	33,80	36,5
2024-04-17	09:55	64,83	35,70	33,80	32,90	36,5
2024-04-17	10:00	46,73	35,73	35,10	33,60	37,5
2024-04-17	10:05	81,59	37,79	32,90	32,70	36,6
2024-04-17	10:10	87,16	56,38	34,25	32,80	35,7
2024-04-17	10:15	73,93	60,19	33,00	32,90	37,5
2024-04-17	10:20	51,27	41,43	59,00	53,00	37,1
2024-04-17	10:25	46,80	38,03	50,30	53,50	37,3
2024-04-17	10:30	48,77	67,56	105,93	99,26	37,5
2024-04-17	10:35	56,10	37,96	54,50	44,20	37,8
2024-04-17	10:40	56,03	40,44	57,50	51,10	37,8
2024-04-17	10:45	55,70	41,32	54,10	51,00	37,8
2024-04-17	10:50	53,80	36,79	53,20	70,01	37,8
2024-04-17	10:55	87,05	57,51	78,86	75,10	37,8
2024-04-17	11:00	87,19	55,49	88,01	78,11	37,8
2024-04-17	11:05	83,04	47,46	64,30	74,49	37,8
2024-04-17	11:10	87,83	58,04	55,20	55,80	50,5
2024-04-17	11:15	78,32	60,03	54,30	52,85	50,5
2024-04-17	11:20	57,73	44,95	54,40	53,00	50,5
2024-04-17	11:25	58,70	43,28	53,07	59,47	55,3
2024-04-17	11:30	55,55	41,26	55,37	56,20	55,4
2024-04-17	11:35	58,73	42,44	54,93	49,00	43,4
2024-04-17	11:40	55,90	42,46	55,65	50,73	55,1
2024-04-17	11:45	87,34	57,93	83,24	77,02	53,7

2024-04-17	11:50	84,97	48,97	68,78	69,60	47,5
2024-04-17	11:55	87,72	60,69	86,28	78,46	61
2024-04-17	12:00	86,91	57,31	87,74	79,74	61
2024-04-17	12:05	68,60	50,66	57,60	73,47	66
2024-04-17	12:10	72,32	39,67	54,97	65,94	60,7
2024-04-17	12:15	59,20	41,17	54,87	51,40	47,7
2024-04-17	12:20	60,35		51,35	53,07	55,6
2024-04-17	12:25	63,83	42,36	53,23	58,70	52,4
2024-04-17	12:30	58,95	42,01	55,43	56,18	52,2
2024-04-17	12:35	62,50	42,37	67,74	61,60	73
2024-04-17	12:40	88,50	60,04	83,62	76,76	71,2
2024-04-17	12:45	87,93	58,05	86,19	76,22	68,9
2024-04-17	12:50	88,17	61,87	88,56	79,61	74,2
2024-04-17	12:55	86,34	60,86	86,84	79,41	74,2
2024-04-17	13:00	71,40	58,21	83,16	81,33	66
2024-04-17	13:05	72,88	49,96	50,60	66,46	66
2024-04-17	13:10	62,50	48,31	53,67	63,10	66
2024-04-17	13:15	60,85	56,29	52,33	49,55	66
2024-04-17	13:20	63,87	64,88	104,75	69,08	57,3
2024-04-17	13:25	65,40	47,42	47,90	50,20	54
2024-04-17	13:30	59,23	42,48	55,27	65,06	57,7
2024-04-17	13:35	88,20	59,03	82,76	77,88	57,7
2024-04-17	13:40	88,81	60,24	86,46	76,32	53,3
2024-04-17	13:45	88,73	60,10	89,04	83,56	53,3
2024-04-17	13:50	88,06	61,79	89,28	81,47	53,3
2024-04-17	13:55	77,05	56,30	79,99	78,06	53,3
2024-04-18	08:00	34,65	34,78	36,37	33,70	35,9
2024-04-18	08:05	34,50	34,73	34,55	33,80	37,3
2024-04-18	08:10	34,10	34,76	32,83	33,80	37,3
2024-04-18	08:15	33,07	35,15	33,60	34,17	37,2
2024-04-18	08:20	34,93	34,76	35,15	33,97	37,2
2024-04-18	08:25	35,55	34,76	33,87	34,15	37,2
2024-04-18	08:30	36,07	34,77	38,80	34,73	36,4
2024-04-18	08:35	37,43	35,01	34,00	34,80	36,3
2024-04-18	08:40	34,93	34,69	33,90	33,75	36,9
2024-04-18	08:45	36,70	67,65	106,79	51,54	36,9
2024-04-18	08:50	34,65	34,67	35,77	33,55	38,4
2024-04-18	08:55	34,30	34,67	34,87	34,07	36,9
2024-04-18	09:00	37,70	34,85	34,45	32,95	36,8
2024-04-18	09:05	37,25	34,57	34,17	33,60	36,1
2024-04-18	09:10	35,33	34,94	32,70	33,77	36,1
2024-04-18	09:15	35,45	35,01	33,70	33,75	36,1
2024-04-18	09:20	36,43	34,62	35,47	33,77	36,1
2024-04-18	09:25	36,10	34,83	35,15	34,40	36,1
2024-04-18	09:30	38,95	34,99	39,80	34,85	36,1
2024-04-18	09:35	38,53	37,16	36,60	34,50	36,1
2024-04-18	09:40	44,17	34,83	40,23	37,10	37,8
2024-04-18	09:45	43,60	35,59	39,80	35,27	37,3

2024-04-18	09:50	48,07	35,13	40,25	34,70	37,7
2024-04-18	09:55	55,80	35,49	37,77	37,50	37,3
2024-04-18	10:00	45,87	36,15	39,80	33,93	36,7
2024-04-18	10:05	66,93	37,90	39,50	68,56	36
2024-04-18	10:10	86,72	40,30	79,31	70,86	36,1
2024-04-18	10:15	74,64	60,55	81,92	74,19	36,1
2024-04-18	10:20	47,70	59,31	41,70	56,44	36,5
2024-04-18	10:25	74,84	58,62	46,73	39,97	36,7
2024-04-18	10:30	49,10	37,38	42,45	45,80	36,7
2024-04-18	10:35	46,65	41,00	41,50	40,85	37,6
2024-04-18	10:40	51,17	37,62	54,57	43,15	37,6
2024-04-18	10:45	53,40	37,98	44,80	46,60	37,6
2024-04-18	10:50	55,43	44,34	49,43	43,33	37,6
2024-04-18	10:55	87,22	52,40	84,13	73,15	37,6
2024-04-18	11:00	88,20	59,47	84,63	75,28	
2024-04-18	11:05	71,75	58,45	49,70	71,29	46,8
2024-04-18	11:10	86,22	45,45	80,45	72,14	46,8
2024-04-18	11:15	79,16	60,73	81,56	74,23	46,8
2024-04-18	11:20	55,90	59,49	51,35	59,56	53,7
2024-04-18	11:25	78,55	58,92	51,03	48,47	44,3
2024-04-18	11:30	55,20	70,67	106,37	89,93	44,6
2024-04-18	11:35	59,57	42,54	49,15	48,00	44,6
2024-04-18	11:40	55,35	40,61	53,13	49,93	41,1
2024-04-18	11:45	87,00	56,75	77,20	75,06	48,2
2024-04-18	11:50	76,94	49,17	70,14	72,78	55,2
2024-04-18	11:55	87,87	60,55	84,77	76,57	54,7
2024-04-18	12:00	88,44	59,54	86,07	75,82	54,7
2024-04-18	12:05	66,42	58,41	50,60	69,04	54,7
2024-04-18	12:10	71,98	43,83	50,45	53,60	54,7
2024-04-18	12:15	74,24	49,96	53,43	56,73	45,6
2024-04-18	12:20	53,00	40,39	53,57	51,65	45,6
2024-04-18	12:25	56,73	42,49	49,80	57,54	43,4
2024-04-18	12:30	62,13	47,64	47,53	52,75	43,4
2024-04-18	12:35	61,10	42,37	52,17	48,27	53,3
2024-04-18	12:40	87,17	58,17	84,23	75,86	53,7
2024-04-18	12:45	88,46	57,84	84,28	75,10	55
2024-04-18	12:50	89,26	62,83	89,47	78,80	55
2024-04-18	12:55	87,28	62,11	87,05	78,19	55
2024-04-18	13:00	81,53	50,42	72,01	75,75	55,7
2024-04-18	13:05	67,80	41,77	52,45	51,67	60,6
2024-04-18	13:10	75,45	42,65	54,00	55,50	55,7
2024-04-18	13:15	74,54	48,52	54,63	51,20	60,1
2024-04-18	13:20	56,80	39,10	52,70	50,95	57,9
2024-04-18	13:25	60,03	39,70	53,33	58,58	50,5
2024-04-18	13:30	64,93	47,65	52,50	55,20	47
2024-04-18	13:35	79,11	46,34	87,49	74,83	46,3
2024-04-18	13:40	87,38	57,82	86,82	76,63	47,2
2024-04-18	13:45	88,30	61,67	88,32	81,23	49,4

2024-04-18	13:50	89,35	62,62	89,42	78,74	52,5
2024-04-18	13:55	84,65	62,32	87,18	77,91	54,5
2024-04-19	08:00	33,15	34,32	32,40	33,60	35,7
2024-04-19	08:05	33,53	34,57	33,10	33,10	35,7
2024-04-19	08:10	34,93	34,39	36,90	33,50	35,8
2024-04-19	08:15	33,00	34,34	33,37	34,30	35,9
2024-04-19	08:20	36,50	34,67	34,23	32,90	36,7
2024-04-19	08:25	35,33	34,32	33,75	33,20	35,7
2024-04-19	08:30	36,40	34,76	33,88	34,27	35,9
2024-04-19	08:35	39,80	34,39	34,80	33,57	35,8
2024-04-19	08:40	33,95	34,50	35,00	33,50	35,7
2024-04-19	08:45	35,37	34,55	33,00	33,95	35,9
2024-04-19	08:50	36,03	34,76	33,25	34,33	36,9
2024-04-19	08:55	36,07	34,55	34,67	33,20	36,4
2024-04-19	09:00	36,60	34,63	33,90	33,10	36,6
2024-04-19	09:05	36,85	34,46	33,37	32,95	36,6
2024-04-19	09:10	36,87	34,39	36,17	33,20	36,3
2024-04-19	09:15	36,65	34,46	34,40	34,00	36,9
2024-04-19	09:20	38,90	34,78	35,20	34,17	35,8
2024-04-19	09:25	36,20	34,46	34,93	35,80	35,9
2024-04-19	09:30	46,65	34,85	37,37	34,13	35,9
2024-04-19	09:35	42,90	35,68	37,60	34,43	38,5
2024-04-19	09:40	46,37	34,46	37,40	33,50	37,3
2024-04-19	09:45	49,15	67,09	106,69	35,33	36,7
2024-04-19	09:50	42,73	34,84	36,80	34,00	36,5
2024-04-19	09:55	58,18	37,62	39,65	43,68	36,5
2024-04-19	10:00	45,57	36,07	41,33	36,47	36,5
2024-04-19	10:05	67,35	41,28	40,50	57,63	36,6
2024-04-19	10:10	86,40	36,83	60,42	73,28	36
2024-04-19	10:15	85,42	55,81	81,19	75,30	37,3
2024-04-19	10:20	60,73	37,88	46,75	65,77	36,1
2024-04-19	10:25	71,19	37,87	46,17	48,43	36
2024-04-19	10:30	60,67	39,61	50,43	45,15	37
2024-04-19	10:35	65,93	37,56	43,07	41,20	37,5
2024-04-19	10:40	57,10	37,20	44,80	43,67	37,5
2024-04-19	10:45	73,83	38,64	71,20	42,10	37,5
2024-04-19	10:50	74,86	36,95	43,20	52,25	39
2024-04-19	10:55	87,44	54,42	72,88	73,19	48,6
2024-04-19	11:00	87,62	60,76	81,65	79,03	44,9
2024-04-19	11:05	84,13	61,54	77,69	79,34	44,9
2024-04-19	11:10	86,49	47,88	71,28	73,39	44,9
2024-04-19	11:15	86,60	56,14	82,03	75,37	44,9
2024-04-19	11:20	64,13	40,89	57,95	68,47	44,9
2024-04-19	11:25	77,30	40,79	62,10	54,33	44,9
2024-04-19	11:30	62,80	42,24	56,43	63,90	44,9
2024-04-19	11:35	65,70	39,42	53,10	53,97	44,9
2024-04-19	11:40	66,70	41,10	55,53	62,98	44,9
2024-04-19	11:45	87,00	57,25	85,20	74,95	44,9

2024-04-19	11:50	81,62	51,71	70,43	58,56	55,7
2024-04-19	11:55	88,95	61,30	87,77	79,27	57,5
2024-04-19	12:00	87,54	60,57	83,62	79,41	52,9
2024-04-19	12:05	82,44	61,41	79,10	79,12	54,6
2024-04-19	12:10	69,60	47,39	50,53	58,60	54,6
2024-04-19	12:15	60,00	44,11	56,90	50,05	54,6
2024-04-19	12:20	59,30	39,55	52,20	57,72	46
2024-04-19	12:25	59,50	42,11	55,53	52,45	48,1
2024-04-19	12:30	68,53	66,94	105,61	58,90	49,6
2024-04-19	12:35	60,33	42,22	53,13	52,60	44,9
2024-04-19	12:40	87,25	58,92	80,77	76,98	50
2024-04-19	12:45	87,11	58,73	85,59	74,21	
2024-04-19	12:50	88,91	61,07	85,51	80,76	56
2024-04-19	12:55	87,85	61,22	87,59	79,13	96,5
2024-04-19	13:00	67,73	56,45	71,05	79,15	62,5
2024-04-19	13:05	62,05	41,25	61,70	51,02	55,9
2024-04-19	13:10	60,20	41,91	55,80	61,90	47,4
2024-04-19	13:15	59,35	45,20	56,20	50,45	47,4
2024-04-19	13:20	62,93	45,34	52,90	56,88	48,7
2024-04-19	13:25	74,05	47,53	54,70	69,67	48,7
2024-04-19	13:30	82,90	42,13	72,78	57,60	48,7
2024-04-19	13:35	88,18	53,48	85,28	78,53	48,8
2024-04-19	13:40	86,68	59,10	87,70	75,60	45,3
2024-04-19	13:45	88,54	61,21	89,77	79,87	53,8
2024-04-19	13:50	88,90	60,82	88,21	79,73	58,3
2024-04-19	13:55	69,33	50,44	74,01	75,94	64,8
2024-04-22	08:00	34,73	34,87	33,13	33,55	37
2024-04-22	08:05	34,17	34,87	32,65	33,80	36,9
2024-04-22	08:10	36,43	34,73	34,77	34,20	36,9
2024-04-22	08:15	36,80	34,76	33,63	33,90	36,9
2024-04-22	08:20	36,90	34,94	34,00	33,50	37
2024-04-22	08:25	35,13	34,71	33,88	34,27	36,9
2024-04-22	08:30	36,47	34,94	36,75	35,05	37,1
2024-04-22	08:35	35,40	35,15	34,70	34,57	36,7
2024-04-22	08:40	35,30	34,87	37,77	35,60	37,1
2024-04-22	08:45	35,95	35,03	34,80	34,55	36,8
2024-04-22	08:50	36,67	34,80	34,83	33,97	36,6
2024-04-22	08:55	36,43	35,01	33,70	33,73	36,6
2024-04-22	09:00	36,85	34,94	33,23	33,60	37,3
2024-04-22	09:05	37,03	35,06	36,33	34,57	36,9
2024-04-22	09:10	35,55	34,73	37,80	35,05	37,8
2024-04-22	09:15	35,13	34,94	33,63	33,77	39,6
2024-04-22	09:20	37,20	34,94	35,10	34,17	39,2
2024-04-22	09:25	36,85	35,08	34,65	34,30	36,9
2024-04-22	09:30	38,67	35,15	39,10	35,67	37,1
2024-04-22	09:35	37,17	35,22	35,75	34,40	38,4
2024-04-22	09:40	38,43	35,36	38,50	36,25	37
2024-04-22	09:45	46,20	35,13	38,60	35,10	37,2

2024-04-22	09:50	75,80	35,66	40,10	35,85	37
2024-04-22	09:55	45,70	34,99	38,30	38,53	37,5
2024-04-22	10:00	52,57	68,08	107,23	34,95	38,6
2024-04-22	10:05	77,57	40,41	43,20	35,50	38,2
2024-04-22	10:10	86,79	59,26	83,81	75,02	37,3
2024-04-22	10:15	48,95	59,60	85,66	76,10	37,3
2024-04-22	10:20	45,20	40,15	39,73	40,47	38,3
2024-04-22	10:25	50,47	51,24	50,20	44,20	37,6
2024-04-22	10:30	49,15	38,64	41,37	40,93	37,1
2024-04-22	10:35	46,53	36,35	47,23	44,20	38
2024-04-22	10:40	51,00	44,34	44,00	53,75	38
2024-04-22	10:45	51,90	40,38	44,30	39,65	38
2024-04-22	10:50	76,03	36,32	47,93	45,33	40,2
2024-04-22	10:55	89,16	56,97	81,17	72,86	49,6
2024-04-22	11:00	87,10	59,45	87,07	76,15	48,1
2024-04-22	11:05	81,02	43,54	80,05	74,86	55,6
2024-04-22	11:10	87,25	60,49	84,31	75,05	55,6
2024-04-22	11:15	59,60	59,47	85,03	76,20	63
2024-04-22	11:20	58,10	42,64	49,55	50,50	49,4
2024-04-22	11:25	58,20	53,60	53,73	51,60	61
2024-04-22	11:30	60,43	41,24	54,17	63,70	49,6
2024-04-22	11:35	63,40	40,51	52,77	49,83	45,3
2024-04-22	11:40	68,73	47,75	65,20	61,24	47,6
2024-04-22	11:45	88,53	58,84	83,93	75,13	45,6
2024-04-22	11:50	84,88	56,74	79,14	58,33	50,6
2024-04-22	11:55	88,86	61,67	86,57	80,07	71,5
2024-04-22	12:00	87,44	60,66	87,46	77,19	71,5
2024-04-22	12:05	60,80	41,28	80,73	74,85	59,3
2024-04-22	12:10	61,87	39,42	69,35	65,49	49,6
2024-04-22	12:15	65,70	42,61	54,03	71,37	49,6
2024-04-22	12:20	77,58	40,20	53,60	58,10	46,2
2024-04-22	12:25	82,02	47,32	60,05	57,48	62,6
2024-04-22	12:30	72,90	45,76	66,80	64,30	62,6
2024-04-22	12:35	66,88	51,70	53,70	55,50	52,7
2024-04-22	12:40	87,78	57,73	86,00	75,27	49,8
2024-04-22	12:45	88,14	64,72	105,43	74,98	49,8
2024-04-22	12:50	88,10	61,90	89,80	80,68	72,1
2024-04-22	12:55	87,22	61,94	86,94	81,73	72,1
2024-04-22	13:00	74,00	60,91	84,29	77,69	72
2024-04-22	13:05	60,63	40,79	58,95	66,50	72
2024-04-22	13:10	63,57	39,41	69,30	62,56	72
2024-04-22	13:15	65,20	42,15	57,47	70,49	72
2024-04-22	13:20	79,14	40,14	57,07	59,57	72
2024-04-22	13:25	82,17	45,93	58,40	58,56	72
2024-04-22	13:30	71,22	46,60	68,87	61,64	72
2024-04-22	13:35	88,63	57,57	78,69	78,07	72
2024-04-22	13:40	89,31	58,99	85,63	74,83	74,7
2024-04-22	13:45	88,50	59,33	89,97	78,63	73,3

2024-04-22	13:50	87,99	61,83	90,08	79,46	73
2024-04-22	13:55	75,48	53,13	79,85	79,93	72,7
2024-04-23	08:00	35,55	34,90	32,70	34,40	37,6
2024-04-23	08:05	34,50	34,96	33,28	33,85	37,3
2024-04-23	08:10	35,07	69,06	108,31	67,70	37,9
2024-04-23	08:15	35,43	34,80	34,87	34,33	37,2
2024-04-23	08:20	36,00	34,70	33,53	34,23	37,7
2024-04-23	08:25	37,30	35,13	33,05	34,10	37,3
2024-04-23	08:30	36,97	34,99	32,23	34,00	37,1
2024-04-23	08:35	34,93	35,22	33,57	34,00	37,1
2024-04-23	08:40	36,73	35,06	33,43	34,10	37
2024-04-23	08:45	37,00	34,94	33,10	34,65	37,8
2024-04-23	08:50	37,37	35,19	32,60	33,80	38,2
2024-04-23	08:55	37,87	34,85	33,15	34,00	37,3
2024-04-23	09:00	35,77	35,08	37,33	34,27	37
2024-04-23	09:05	37,30	35,06	33,50	33,55	37,1
2024-04-23	09:10	36,00	34,80	34,77	34,13	37,2
2024-04-23	09:15	37,13	34,90	34,55	34,55	37,8
2024-04-23	09:20	37,33	35,01	33,53	34,37	38,2
2024-04-23	09:25	39,95	34,80	34,43	34,15	38,6
2024-04-23	09:30	38,78	35,10	35,05	34,95	38,2
2024-04-23	09:35	39,75	35,29	34,30	34,00	37,3
2024-04-23	09:40	50,50	35,22	33,00	34,55	38,1
2024-04-23	09:45	49,53	35,25	35,13	36,05	38
2024-04-23	09:50	51,90	35,81	45,30	36,53	39,8
2024-04-23	09:55	46,30	35,10	45,80	36,10	37,8
2024-04-23	10:00	79,70	40,60	43,13	56,53	37,6
2024-04-23	10:05	85,72	58,13	49,87	60,41	38,5
2024-04-23	10:10	88,08	58,57	75,18	76,08	37,8
2024-04-23	10:15	69,38	61,26	65,71	77,96	37,8
2024-04-23	10:20	48,63	37,73	46,55	71,24	38,5
2024-04-23	10:25	59,25	36,71	34,90	53,93	38,3
2024-04-23	10:30	49,87	36,51	58,97	53,00	37,8
2024-04-23	10:35	61,23	35,59	49,55	55,38	39,3
2024-04-23	10:40	68,28	36,64	62,90	51,67	37,6
2024-04-23	10:45	56,93	37,81	46,40	59,84	37,6
2024-04-23	10:50	68,64	38,48	59,95	59,00	37,6
2024-04-23	10:55	88,43	59,34	80,29	76,19	37,6
2024-04-23	11:00	88,20	67,42	107,10	81,79	37,6
2024-04-23	11:05	86,46	60,42	64,65	74,30	37,6
2024-04-23	11:10	88,26	58,88	79,19	76,47	37,6
2024-04-23	11:15	74,78	61,05	70,64	77,88	37,6
2024-04-23	11:20	65,63	40,26	67,50	72,75	43,7
2024-04-23	11:25	64,90	38,90	64,50	58,77	48,5
2024-04-23	11:30	63,90	41,72	65,47	54,76	45,6
2024-04-23	11:35	62,90	38,34	62,87	60,50	52,5
2024-04-23	11:40	71,30	38,90	76,38	57,58	46
2024-04-23	11:45	88,47	58,79	86,72	76,18	46,1

2024-04-23	11:50	88,84	58,13	85,99	76,49	46,1
2024-04-23	11:55	89,75	62,05	87,07	79,53	46,1
2024-04-23	12:00	88,10	60,82	74,99	80,12	46,1
2024-04-23	12:05	76,60	61,09	65,80	74,86	46,1
2024-04-23	12:10	57,75	42,73	56,30	63,12	46,1
2024-04-23	12:15	58,10	44,32	63,85	50,35	56,3
2024-04-23	12:20	60,33	40,08	65,73	67,93	56,3
2024-04-23	12:25	62,55	40,13	55,33	51,95	48,5
2024-04-23	12:30	55,53	44,72	56,70	59,00	52
2024-04-23	12:35	56,63	41,54	66,93	70,03	52
2024-04-23	12:40	88,14	59,64	83,87	75,99	53,2
2024-04-23	12:45	88,78	60,10	86,79	76,12	56,6
2024-04-23	12:50	88,95	61,01	88,08	79,51	56,6
2024-04-23	12:55	90,23	62,02	87,31	80,66	56,6
2024-04-23	13:00	77,02	60,57	60,18	74,36	56,6
2024-04-23	13:05	70,70	44,48	54,95	64,21	53,2
2024-04-23	13:10	67,40	44,46	55,00	52,60	53,2
2024-04-23	13:15	57,93	45,48	73,77	52,70	48,1
2024-04-23	13:20	60,03	43,18	57,83	60,78	55
2024-04-23	13:25	70,10	48,11	54,23	54,95	47,2
2024-04-23	13:30	66,48	45,87	85,16	69,75	48,8
2024-04-23	13:35	88,62	60,96	86,97	77,01	50
2024-04-23	13:40	89,65	60,18	88,19	76,83	56,4
2024-04-23	13:45	89,06	63,19	94,77	80,55	56,4
2024-04-23	13:50	88,45	62,59	88,14	83,24	56,4
2024-04-23	13:55	87,31	62,40	85,59	81,60	73,1
2024-04-24	08:00	38,10	34,80	33,23	33,45	37,1
2024-04-24	08:05	35,43	34,56	32,87	33,40	37,6
2024-04-24	08:10	35,83	34,56	32,50	33,80	37,9
2024-04-24	08:15	34,65	34,63	33,50	33,93	37,3
2024-04-24	08:20	35,87	34,41	32,97	33,75	37,5
2024-04-24	08:25	38,23	34,73	36,37	34,50	37,2
2024-04-24	08:30	36,23	34,63	32,80	33,55	37,3
2024-04-24	08:35	37,10	34,57	33,43	33,60	37,5
2024-04-24	08:40	37,25	34,64	33,40	33,60	37,3
2024-04-24	08:45	37,57	34,53	37,55	34,15	37,2
2024-04-24	08:50	38,37	34,87	36,23	34,05	38,1
2024-04-24	08:55	37,73	34,84	35,25	34,65	37,2
2024-04-24	09:00	41,13	34,71	34,48	34,65	37,2
2024-04-24	09:05	35,85	34,83	34,70	33,47	37,2
2024-04-24	09:10	38,07	70,72	108,21	74,33	37,8
2024-04-24	09:15	38,83	34,71	37,80	33,93	37,9
2024-04-24	09:20	44,00	34,53	35,20	33,90	37,8
2024-04-24	09:25	44,60	34,69	33,37	34,25	39,7
2024-04-24	09:30	70,43	37,17	35,05	34,90	41
2024-04-24	09:35	40,83	34,94	36,43	34,80	38,2
2024-04-24	09:40	55,38	35,22	45,65	34,57	41,6
2024-04-24	09:45	60,60	35,77	43,50	39,83	39,4

2024-04-24	09:50	47,43	38,56	38,87	35,77	39,6
2024-04-24	09:55	51,87	35,31	41,50	39,00	38,5
2024-04-24	10:00	51,63	44,08	40,13	59,10	39,8
2024-04-24	10:05	86,32	43,44	42,87	44,60	39,4
2024-04-24	10:10	88,75	48,03	55,43	71,74	37,9
2024-04-24	10:15	74,84	59,22	58,68	75,68	39,8
2024-04-24	10:20	78,52	59,54	46,40	43,10	38
2024-04-24	10:25	52,50	37,14	43,10	44,27	38
2024-04-24	10:30	71,38	38,58	44,10	50,30	37,1
2024-04-24	10:35	52,40	36,53	45,60	43,73	37,1
2024-04-24	10:40	61,65	36,36	46,17	44,00	37,1
2024-04-24	10:45	64,35	36,74	47,47	51,83	37,1
2024-04-24	10:50	61,00	41,29	46,65	47,20	37,1
2024-04-24	10:55	88,46	59,85	58,28	74,33	47,6
2024-04-24	11:00	87,60	61,86	65,68	77,23	63,9
2024-04-24	11:05	86,77	52,25	48,20	74,02	54,3
2024-04-24	11:10	89,49	48,73	58,28	73,84	54,3
2024-04-24	11:15	78,39	59,57	69,67	75,63	60,7
2024-04-24	11:20	78,64	59,15	49,20	56,25	60,7
2024-04-24	11:25	61,83	39,41	50,03	50,83	51
2024-04-24	11:30	58,53	43,96	50,27	60,17	50,1
2024-04-24	11:35	63,50	37,26	49,47	55,75	53,1
2024-04-24	11:40	71,48	37,20	48,10	62,55	56,2
2024-04-24	11:45	81,20	53,64	77,55	74,66	45,1
2024-04-24	11:50	85,57	55,01	78,04	65,65	45,1
2024-04-24	11:55	90,80	61,69	86,24	79,14	55
2024-04-24	12:00	87,26	63,32	106,22	81,66	55
2024-04-24	12:05	85,62	62,21	75,38	78,34	55
2024-04-24	12:10	85,43	61,03	50,80	79,06	55
2024-04-24	12:15	69,43	56,88	61,43	69,76	55
2024-04-24	12:20	57,95	42,48	49,25	57,53	64,8
2024-04-24	12:25	65,95	58,78	48,07	55,67	64,8
2024-04-24	12:30	64,15	58,72	49,43	67,95	64,8
2024-04-24	12:35	79,08	48,64	48,33	71,78	64,8
2024-04-24	12:40	86,90	59,61	75,23	75,23	64,8
2024-04-24	12:45	86,74	59,53	86,57	74,82	64,8
2024-04-24	12:50	88,14	60,78	86,34	75,36	64,8
2024-04-24	12:55	89,18	61,71	87,14	79,81	64,8
2024-04-24	13:00	87,24	62,03	85,36	84,58	64,8
2024-04-24	13:05	85,70	62,32	75,22	82,42	64,8
2024-04-24	13:10	85,16	60,64	49,25	77,58	52,7
2024-04-24	13:15	74,14	56,82	59,80	71,62	52,7
2024-04-24	13:20	65,20	55,98	47,97	57,10	52,7
2024-04-24	13:25	67,10	58,81	44,25	59,73	52,7
2024-04-24	13:30	85,32	58,72	49,73	66,47	52,7
2024-04-24	13:35	89,19	58,46	61,77	74,07	52,7
2024-04-24	13:40	87,26	59,61	81,52	74,68	52,7
2024-04-24	13:45	88,21	61,82	86,68	77,62	61,8

2024-04-24	13:50	88,22	61,17	86,42	75,37	66,9
2024-04-24	13:55	84,63	60,39	84,28	78,18	79,1
2024-04-25	08:00	34,65	34,96	32,90	34,20	37,6
2024-04-25	08:05	35,93	35,01	32,85	34,70	37,3
2024-04-25	08:10	35,80	34,85	33,47	34,33	38,3
2024-04-25	08:15	35,67	35,17	35,40	34,40	37,3
2024-04-25	08:20	35,93	35,36	34,33	33,93	38,2
2024-04-25	08:25	39,90	34,77	36,63	34,20	38,9
2024-04-25	08:30	36,80	35,01	33,20	34,50	37,8
2024-04-25	08:35	37,67	34,96	37,30	34,07	37,5
2024-04-25	08:40	35,83	35,13	34,23	35,35	38,4
2024-04-25	08:45	39,30	35,01	34,65	34,80	37,8
2024-04-25	08:50	41,20	35,13	35,38	33,97	37,5
2024-04-25	08:55	35,53	34,78	32,90	34,15	37,2
2024-04-25	09:00	38,03	35,03	33,60	34,65	37,8
2024-04-25	09:05	36,80	34,94	33,00	38,20	38,3
2024-04-25	09:10	38,93	34,84	36,00	34,07	37,1
2024-04-25	09:15	36,75	35,31	33,63	34,15	37,6
2024-04-25	09:20	37,77	35,19	34,17	33,53	37,1
2024-04-25	09:25	37,77	34,83	38,30	33,83	38,6
2024-04-25	09:30	40,30	34,87	34,70	34,80	39
2024-04-25	09:35	39,08	34,67	38,50	34,50	40,2
2024-04-25	09:40	38,45	35,08	35,47	34,77	38,4
2024-04-25	09:45	48,03	35,08	36,00	34,70	38,4
2024-04-25	09:50	58,83	35,56	36,97	34,70	39
2024-04-25	09:55	47,30	35,62	40,60	35,45	38,2
2024-04-25	10:00	45,53	37,97	40,40	35,70	38,4
2024-04-25	10:05	86,20	36,63	40,25	37,23	37,3
2024-04-25	10:10	85,72	69,07	108,45	86,28	38,4
2024-04-25	10:15	81,94	60,09	49,10	75,08	40,5
2024-04-25	10:20	47,80	35,82	45,08	59,04	37,3
2024-04-25	10:25	43,67	39,63	45,15	39,47	37,8
2024-04-25	10:30	52,53	35,73	39,23	50,37	38,2
2024-04-25	10:35	44,80	38,32	45,40	48,03	37,9
2024-04-25	10:40	46,50	38,79	41,20	38,43	38,4
2024-04-25	10:45	56,73	35,93	42,90	43,80	38,6
2024-04-25	10:50	63,00	39,91	44,50	43,47	38,6
2024-04-25	10:55	89,69	52,89	64,55	73,36	50,2
2024-04-25	11:00	88,33	61,42	67,15	77,39	50,2
2024-04-25	11:05	87,10	53,17	49,55	74,78	47,3
2024-04-25	11:10	87,20	52,83	61,40	75,63	47,3
2024-04-25	11:15	82,95	60,12	58,53	75,15	59,9
2024-04-25	11:20	56,57	39,60	54,77	59,04	44,1
2024-04-25	11:25	55,20	41,02	52,40	50,60	50
2024-04-25	11:30	56,57	40,84	48,83	54,93	59
2024-04-25	11:35	54,73	44,51	50,00	51,63	49,7
2024-04-25	11:40	56,05	40,48	49,27	56,03	54,9
2024-04-25	11:45	87,49	54,64	82,18	76,67	58,2

2024-04-25	11:50	78,25	51,24	81,33	78,10	51,8
2024-04-25	11:55	89,34	60,95	83,78	80,91	76
2024-04-25	12:00	87,95	61,05	76,38	78,49	69,2
2024-04-25	12:05	61,95	52,84	50,67	75,29	60,1
2024-04-25	12:10	56,73	40,23	64,30	60,36	52,5
2024-04-25	12:15	55,53	38,62	55,37	58,27	50,2
2024-04-25	12:20	56,87	40,65	51,57	54,43	43,1
2024-04-25	12:25	56,60	39,69	51,55	50,20	48,5
2024-04-25	12:30	56,23	41,70	50,23	49,55	59,5
2024-04-25	12:35	70,16	59,75	58,50	51,77	52,1
2024-04-25	12:40	88,75	59,22	84,81	74,33	54
2024-04-25	12:45	87,52	58,06	85,07	75,28	83,7
2024-04-25	12:50	88,03	62,25	87,07	82,19	67,8
2024-04-25	12:55	88,04	60,96	85,23	83,74	67,8
2024-04-25	13:00	68,84	67,77	106,55	77,47	57
2024-04-25	13:05	74,70	40,21	60,80	64,00	52,4
2024-04-25	13:10	80,62	39,92	66,97	64,23	65,2
2024-04-25	13:15	76,03	40,72	59,60	64,56	
2024-04-25	13:20	58,30	39,18	52,27	58,28	52,4
2024-04-25	13:25	64,30	41,42	52,03	54,45	57,8
2024-04-25	13:30	85,06	58,52	63,87	58,03	56,5
2024-04-25	13:35	88,70	59,81	84,15	78,80	57,3
2024-04-25	13:40	88,51	59,62	86,16	73,96	57,3
2024-04-25	13:45	87,53	62,51	85,13	79,47	68,1
2024-04-25	13:50	88,22	61,72	86,74	81,52	68,1
2024-04-25	13:55	80,00	60,58	81,93	82,44	83,7

5.3 Δεδομένα θερμοκρασίας ανά 60 λεπτά

Date	Interval	T10M60	T11M60	T20M60	T21M60	T30M60
2024-04-02	08:00	21,40	22,52	21,18	22,00	
2024-04-02	09:00	21,49	22,48	21,10	21,97	
2024-04-02	10:00	21,30	22,52	21,05	22,15	
2024-04-02	11:00	20,80	22,76	20,87	21,96	
2024-04-02	12:00	21,36	23,18	20,73	22,68	
2024-04-02	13:00	21,66	23,62	22,18	22,96	
2024-04-03	08:00	22,25	23,20	21,65	22,50	
2024-04-03	09:00	22,03	23,13	21,56	22,43	
2024-04-03	10:00	21,93	23,37	21,48	22,63	
2024-04-03	11:00	21,36	23,62	21,55	22,86	
2024-04-03	12:00	21,70	23,88	21,18	23,00	
2024-04-03	13:00	21,72	22,70	20,88	23,23	
2024-04-04	08:00	21,94	23,28	21,56	22,56	22,63
2024-04-04	09:00	21,90	23,24	21,48	22,51	22,50
2024-04-04	10:00	21,58	23,36	21,38	22,56	22,50
2024-04-04	11:00	21,44	23,66	21,59	22,73	22,50
2024-04-04	12:00	21,60	23,65	21,35	22,95	21,30

2024-04-04	13:00	21,90	23,88	21,29	23,26	22,45
2024-04-05	08:00	21,82	23,41	21,65	22,69	22,63
2024-04-05	09:00	21,78	23,38	21,57	22,63	22,57
2024-04-05	10:00	21,73	23,41	21,43	22,69	22,50
2024-04-05	11:00	21,62	23,59	21,22	22,88	22,37
2024-04-05	12:00	21,49	23,78	21,05	23,10	21,80
2024-04-05	13:00	21,68	24,12		23,33	22,47
2024-04-08	08:00	22,20	23,79		23,08	22,60
2024-04-08	09:00	22,26	23,75		23,02	22,47
2024-04-08	10:00	22,15	23,79		23,20	22,37
2024-04-08	11:00	21,90	23,98		23,53	22,20
2024-04-08	12:00	21,99	24,26		23,67	22,23
2024-04-08	13:00	22,38	24,50	21,65	23,74	22,50
2024-04-09	08:00	22,20		21,95	23,11	22,53
2024-04-09	09:00	22,14		21,89	23,04	22,47
2024-04-09	10:00	22,14		21,76	23,26	22,40
2024-04-09	11:00	21,73		21,78	23,44	22,47
2024-04-09	12:00	21,21		21,45	23,57	22,57
2024-04-09	13:00	21,39		21,10	23,60	22,40
2024-04-10	08:00	22,30	23,44		23,29	22,67
2024-04-10	09:00	22,26	23,40		23,23	22,50
2024-04-10	10:00	22,16	23,47		23,30	22,60
2024-04-10	11:00	21,68	23,70		23,48	22,35
2024-04-10	12:00	21,84	23,86		23,50	22,75
2024-04-10	13:00	22,29	24,22			23,07
2024-04-11	08:00	22,52	23,69	22,37		
2024-04-11	09:00	22,51	23,64	22,31		
2024-04-11	10:00	22,38	23,65	22,51		
2024-04-11	11:00	22,19	23,78	22,61		
2024-04-11	12:00	22,19	24,01	22,26		
2024-04-11	13:00	22,74	24,46	22,60		
2024-04-12	08:00	22,53	23,88	22,58		
2024-04-12	09:00	22,46	23,84	22,51		
2024-04-12	10:00	22,36	23,93	22,43		
2024-04-12	11:00	22,24	24,10	22,56		
2024-04-12	12:00	22,27	24,30	22,80		
2024-04-12	13:00	22,90	24,73	23,01		
2024-04-15	08:00	23,83	25,20	23,74	25,03	25,30
2024-04-15	09:00	23,80	25,16	23,69	25,00	25,30
2024-04-15	10:00	23,80	25,29	23,69	25,18	25,30
2024-04-15	11:00	23,40	25,50	23,90	25,58	25,07
2024-04-15	12:00	23,48	25,70	23,69	25,73	24,20
2024-04-15	13:00	23,92	25,90	23,69	25,75	23,67
2024-04-16	08:00	24,31	25,79	24,13	25,41	25,20
2024-04-16	09:00	24,20	25,75	24,10	25,40	25,20
2024-04-16	10:00	23,89	25,77	23,94	25,46	25,20
2024-04-16	11:00	23,90	26,02	24,09	25,78	24,50
2024-04-16	12:00	24,30	26,23	24,64	26,11	24,87

2024-04-16	13:00	24,53	26,50	25,10	26,33	25,17
2024-04-17	08:00	24,72	26,10	24,34	25,60	25,20
2024-04-17	09:00	24,54	26,10	24,30	25,60	25,17
2024-04-17	10:00	24,49	26,05	24,30	25,60	25,10
2024-04-17	11:00	24,41	26,06	24,34	25,63	24,80
2024-04-17	12:00	24,24	26,10	24,23	25,53	23,35
2024-04-17	13:00	24,26	26,14	24,11	25,57	23,87
2024-04-18	08:00	24,39	25,86	24,08	25,54	24,63
2024-04-18	09:00	24,38	25,83	24,01	25,48	24,80
2024-04-18	10:00	24,20	25,86	24,20	25,71	24,77
2024-04-18	11:00	23,46	25,84	23,91	25,81	24,77
2024-04-18	12:00	23,04	25,65	22,25	24,88	24,23
2024-04-18	13:00	23,50	25,63	21,54	24,74	22,60
2024-04-19	08:00	23,78	25,41	23,75	25,13	24,53
2024-04-19	09:00	23,70	25,38	23,69	25,10	24,47
2024-04-19	10:00	23,67	25,44	22,83	25,28	24,53
2024-04-19	11:00	23,47	25,56	22,01	25,24	22,00
2024-04-19	12:00	23,19	25,69	22,43	25,15	22,23
2024-04-19	13:00	23,28	25,74	23,03	25,15	23,70
2024-04-22	08:00	22,44	23,63	22,64	23,43	23,17
2024-04-22	09:00	22,36	23,60	22,60	23,39	23,20
2024-04-22	10:00	22,43	23,64	22,33	23,39	23,23
2024-04-22	11:00	22,13	23,84	20,72	23,36	20,70
2024-04-22	12:00	21,54	23,86	19,54	23,29	19,90
2024-04-22	13:00	21,51	23,65	20,30	23,21	21,27
2024-04-23	08:00	21,71	22,70	21,80	22,60	22,60
2024-04-23	09:00	21,71	22,68	21,80	22,60	22,67
2024-04-23	10:00	21,63	22,65	21,48	22,60	22,65
2024-04-23	11:00	21,34	22,70	20,95	22,60	22,43
2024-04-23	12:00	20,90	22,69	20,50	22,55	22,53
2024-04-23	13:00	20,88	22,60	20,06	22,44	22,60
2024-04-24	08:00	20,65	22,10	21,20	21,93	21,90
2024-04-24	09:00	20,84		21,19	21,93	22,00
2024-04-24	10:00	21,09	22,10	20,90	21,96	22,10
2024-04-24	11:00	20,94	22,15	20,49	22,02	21,95
2024-04-24	12:00	20,70	22,37	20,54	22,18	21,77
2024-04-24	13:00	20,86	22,73	20,54	22,36	22,47
2024-04-25	08:00	21,54	22,40	21,70	22,51	22,50
2024-04-25	09:00	21,50	22,40	21,70	22,49	22,43
2024-04-25	10:00	21,41	22,44	21,49	22,59	22,40
2024-04-25	11:00	21,20	22,47	20,95	22,61	22,30
2024-04-25	12:00	21,20	22,45	19,83	22,28	21,70
2024-04-25	13:00	20,80	22,40	19,21	22,24	21,85

5.4 Δεδομένα υγρασίας ανά 60 λεπτά

Date	Interval	H10M60	H11M60	H20M60	H21M60	H30M60
------	----------	--------	--------	--------	--------	--------

2024-04-02	08:00	47,00	45,00	48,40	48,15	
2024-04-02	09:00	47,00	44,50	48,27	47,97	
2024-04-02	10:00	47,00	44,20	48,86	48,33	
2024-04-02	11:00	47,00	44,20	49,25	47,68	
2024-04-02	12:00	47,00	43,20	47,52	46,80	
2024-04-02	13:00	45,60	41,17	43,88	41,70	
2024-04-03	08:00	33,25	27,00	36,00	40,00	
2024-04-03	09:00	33,00	26,83	35,72	39,38	
2024-04-03	10:00	32,50	25,33	34,53	38,75	
2024-04-03	11:00	31,20	21,60	35,80	36,10	
2024-04-03	12:00	30,17	19,00	33,62	34,70	
2024-04-03	13:00	29,60	21,00	35,26	33,95	
2024-04-04	08:00	33,00	25,75	37,40	38,63	26,33
2024-04-04	09:00	33,00	26,00	37,08	38,81	26,00
2024-04-04	10:00	33,00	26,00	37,03	38,64	25,33
2024-04-04	11:00	33,00	25,75	38,11	38,30	26,33
2024-04-04	12:00	33,00	25,38	38,84	38,41	29,50
2024-04-04	13:00	33,00	26,50	38,43	38,60	29,50
2024-04-05	08:00	33,00	26,00	37,80	38,99	27,00
2024-04-05	09:00	33,00	26,00	37,49	38,99	26,67
2024-04-05	10:00	32,83	26,38	38,15	38,71	26,67
2024-04-05	11:00	32,83	27,25	40,00	39,18	27,33
2024-04-05	12:00	34,00	27,63	40,65	39,99	31,50
2024-04-05	13:00	34,78	28,89		39,73	32,67
2024-04-08	08:00	40,00	36,88		42,79	39,67
2024-04-08	09:00	40,00	36,38		42,79	39,00
2024-04-08	10:00	39,75	35,88		42,98	38,67
2024-04-08	11:00	40,67	36,88		44,19	41,33
2024-04-08	12:00	42,43	39,00		44,14	46,00
2024-04-08	13:00	41,25	36,00	44,55	42,33	42,67
2024-04-09	08:00	31,00		36,30	37,94	25,00
2024-04-09	09:00	31,00		36,04	37,73	24,00
2024-04-09	10:00	30,50		36,11	37,93	23,67
2024-04-09	11:00	30,86		37,21	39,00	25,00
2024-04-09	12:00	32,57		38,28	38,33	25,67
2024-04-09	13:00	33,00		38,48	36,71	27,00
2024-04-10	08:00	35,00	30,25		39,54	30,00
2024-04-10	09:00	35,00	30,00		39,37	30,00
2024-04-10	10:00	35,00	30,29		39,68	30,00
2024-04-10	11:00	35,75	30,57		40,25	34,50
2024-04-10	12:00	36,00	30,40		40,20	33,00
2024-04-10	13:00	36,00	29,40			37,33
2024-04-11	08:00	35,78	32,00	39,47		
2024-04-11	09:00	35,78	31,63	39,37		
2024-04-11	10:00	35,63	31,00	40,24		
2024-04-11	11:00	35,57	31,25	41,11		
2024-04-11	12:00	36,57	33,43	41,59		
2024-04-11	13:00	36,38	32,14	40,60		

2024-04-12	08:00	33,38	28,00	37,91		
2024-04-12	09:00	33,88	28,00	37,73		
2024-04-12	10:00	34,00	28,63	37,89		
2024-04-12	11:00	34,14	31,50	40,18		
2024-04-12	12:00	35,50	35,13	41,04		
2024-04-12	13:00	35,57	34,38	39,69		
2024-04-15	08:00	42,00	40,75	43,41	42,24	42,00
2024-04-15	09:00	42,00	40,25	43,26	42,09	42,00
2024-04-15	10:00	41,80	39,89	43,62	42,47	42,00
2024-04-15	11:00	41,33	40,78	45,20	43,70	42,00
2024-04-15	12:00	43,17	42,63	47,48	44,64	45,00
2024-04-15	13:00	43,78	43,17	46,98	44,38	48,33
2024-04-16	08:00	42,75	41,00	45,95	44,50	46,00
2024-04-16	09:00	42,33	41,00	45,44	44,11	46,00
2024-04-16	10:00	41,75	40,14	45,09	43,64	46,00
2024-04-16	11:00	41,40	39,83	44,70	43,46	41,00
2024-04-16	12:00	40,40	37,86	41,58	41,41	42,67
2024-04-16	13:00	38,71	33,57	37,64	36,65	37,00
2024-04-17	08:00	36,00	32,50	43,24	41,68	37,67
2024-04-17	09:00	36,50	33,00	43,40	41,74	39,00
2024-04-17	10:00	37,43	37,00	45,05	42,78	40,00
2024-04-17	11:00	39,71	37,60	46,36	43,51	42,67
2024-04-17	12:00	41,56	40,67	46,33	43,98	48,00
2024-04-17	13:00	42,44	41,20	46,63	44,23	46,67
2024-04-18	08:00	34,00	27,63	40,30	40,57	29,67
2024-04-18	09:00	34,00	26,75	39,85	40,28	28,67
2024-04-18	10:00	33,57	26,29	39,86	40,54	28,00
2024-04-18	11:00	33,14	24,86	38,60	38,04	29,00
2024-04-18	12:00	32,88	22,13	36,51	34,43	27,67
2024-04-18	13:00	31,75	20,14	35,28	33,57	25,50
2024-04-19	08:00	31,00	21,78	35,34	35,48	25,33
2024-04-19	09:00	31,11	22,63	35,51	35,69	26,00
2024-04-19	10:00	31,11	22,63	36,07	35,84	26,00
2024-04-19	11:00	31,00	22,38	37,31	35,53	30,00
2024-04-19	12:00	31,00	22,13	37,10	34,51	31,33
2024-04-19	13:00	31,00	21,38	35,81	33,73	27,67
2024-04-22	08:00	35,00	30,33	37,26	37,95	31,00
2024-04-22	09:00	35,00	30,00	37,43	37,90	30,00
2024-04-22	10:00	35,00	30,29	37,68	37,49	30,00
2024-04-22	11:00	35,00	30,14	41,37	37,48	36,33
2024-04-22	12:00	35,50	29,71	44,28	37,96	43,50
2024-04-22	13:00	36,00	29,17	43,29	37,69	39,33
2024-04-23	08:00	42,00	41,33	46,76	43,77	47,67
2024-04-23	09:00	42,50	41,88	47,19	44,01	47,33
2024-04-23	10:00	43,63	43,63	50,21	45,83	47,50
2024-04-23	11:00	47,57	47,63	54,78	49,20	50,00
2024-04-23	12:00	54,33	51,38	58,24	51,71	51,33
2024-04-23	13:00	57,33	53,25	60,63	52,76	53,00

2024-04-24	08:00	56,00	51,00	54,41	52,31	54,00
2024-04-24	09:00	56,00		54,58	52,11	53,67
2024-04-24	10:00	56,00	51,50	55,91	52,27	54,33
2024-04-24	11:00	56,75	52,38	59,39	53,90	54,00
2024-04-24	12:00	58,75	54,43	61,18	55,35	56,33
2024-04-24	13:00	60,14	55,38	59,13	53,48	56,33
2024-04-25	08:00	39,25	36,89	42,91	45,86	33,67
2024-04-25	09:00	39,75	36,89	43,06	45,51	36,00
2024-04-25	10:00	40,00	37,13	43,16	45,33	37,33
2024-04-25	11:00	41,00	38,29	43,96	44,14	40,67
2024-04-25	12:00	42,00	39,17	46,30	43,21	43,33
2024-04-25	13:00	44,33	41,86	49,76	44,53	43,00

5.5 Δεδομένα ατμοσφαιρικής ρύπανσης ανά 60 λεπτά

Date	Interval	P25M60	P10M60
2024-04-02	08:00	39,67	26,67
2024-04-02	09:00	53,33	37,00
2024-04-02	10:00	57,00	40,33
2024-04-02	11:00	50,33	36,67
2024-04-02	12:00	26,67	26,00
2024-04-02	13:00	19,00	19,67
2024-04-03	08:00	5,67	4,67
2024-04-03	09:00	6,33	9,00
2024-04-03	10:00	5,00	7,67
2024-04-03	11:00	9,33	8,33
2024-04-03	12:00	11,67	9,67
2024-04-03	13:00	4,67	5,33
2024-04-04	08:00	11,17	9,17
2024-04-04	09:00	10,33	8,17
2024-04-04	10:00	14,20	12,80
2024-04-04	11:00	16,17	13,67
2024-04-04	12:00	11,83	8,17
2024-04-04	13:00	9,00	7,00
2024-04-05	08:00	10,17	7,17
2024-04-05	09:00	12,83	11,83
2024-04-05	10:00	17,83	18,83
2024-04-05	11:00	22,17	21,50
2024-04-05	12:00	21,17	18,67
2024-04-05	13:00	16,00	13,50
2024-04-08	08:00	8,50	5,83
2024-04-08	09:00	10,17	6,67
2024-04-08	10:00	11,33	6,83
2024-04-08	11:00	9,67	7,17
2024-04-08	12:00	7,33	6,17
2024-04-08	13:00	6,00	3,83
2024-04-09	08:00	7,50	5,33

2024-04-09	09:00	11,00	11,50
2024-04-09	10:00	14,33	15,83
2024-04-09	11:00	13,17	11,67
2024-04-09	12:00	9,83	7,00
2024-04-09	13:00	6,00	4,00
2024-04-10	08:00	13,50	8,50
2024-04-10	09:00	13,67	10,00
2024-04-10	10:00	18,67	14,00
2024-04-10	11:00	22,50	15,50
2024-04-10	12:00	17,33	11,67
2024-04-10	13:00	9,00	6,17
2024-04-11	08:00	13,83	8,50
2024-04-11	09:00	17,83	13,17
2024-04-11	10:00	18,33	16,17
2024-04-11	11:00	15,83	13,17
2024-04-11	12:00	16,50	11,00
2024-04-11	13:00	11,83	8,00
2024-04-12	08:00	15,17	9,17
2024-04-12	09:00	20,00	20,50
2024-04-12	10:00	22,50	23,83
2024-04-12	11:00	21,17	14,83
2024-04-12	12:00	19,00	10,00
2024-04-12	13:00	15,00	7,50
2024-04-15	08:00	28,17	12,17
2024-04-15	09:00	30,33	18,17
2024-04-15	10:00	38,67	26,33
2024-04-15	11:00	41,50	26,17
2024-04-15	12:00	31,50	19,33
2024-04-15	13:00	22,50	11,83
2024-04-16	08:00	21,00	11,50
2024-04-16	09:00	21,83	13,83
2024-04-16	10:00	24,50	21,83
2024-04-16	11:00	23,67	20,33
2024-04-16	12:00	16,17	10,50
2024-04-16	13:00	10,33	7,67
2024-04-17	08:00	13,17	12,17
2024-04-17	09:00	13,50	13,83
2024-04-17	10:00	16,00	18,00
2024-04-17	11:00	18,33	23,33
2024-04-17	12:00	17,17	21,83
2024-04-17	13:00	16,17	17,67
2024-04-18	08:00	4,33	3,67
2024-04-18	09:00	6,00	6,50
2024-04-18	10:00	8,00	9,33
2024-04-18	11:00	6,00	6,17
2024-04-18	12:00	2,83	3,33
2024-04-18	13:00	2,33	3,50
2024-04-19	08:00	4,50	4,00

2024-04-19	09:00	8,00	6,50
2024-04-19	10:00	11,17	8,83
2024-04-19	11:00	7,50	6,00
2024-04-19	12:00	4,67	4,33
2024-04-19	13:00	4,33	5,00
2024-04-22	08:00	3,33	2,83
2024-04-22	09:00	5,67	4,83
2024-04-22	10:00	9,83	6,33
2024-04-22	11:00	13,33	7,67
2024-04-22	12:00	12,50	6,67
2024-04-22	13:00	8,67	4,17
2024-04-23	08:00	17,50	5,00
2024-04-23	09:00	16,33	4,83
2024-04-23	10:00	12,83	5,33
2024-04-23	11:00	11,50	6,33
2024-04-23	12:00	14,33	6,67
2024-04-23	13:00	13,17	5,00
2024-04-24	08:00	44,17	32,00
2024-04-24	09:00	47,17	34,33
2024-04-24	10:00	44,83	18,67
2024-04-24	11:00	43,50	18,83
2024-04-24	12:00	37,50	20,83
2024-04-24	13:00	24,17	20,00
2024-04-25	08:00	5,00	5,83
2024-04-25	09:00	5,33	7,33
2024-04-25	10:00	8,33	12,67
2024-04-25	11:00	9,00	12,17
2024-04-25	12:00	9,17	9,83
2024-04-25	13:00	9,50	9,50