



ΔΙΕΘΝΕΣ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΕΛΛΑΔΟΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ  
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

## Μετεωρολογικός σταθμός με αισθητήρια ενσύρματα θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας και βροχής



Των φοιτητών:

Ζαφειριού Δημοσθένης

Αριθμός Μητρώου: 513049

Μιχτάρης Χριστόδουλος

Αριθμός Μητρώου: 513122

Επιβλέπων:

Γιακουμής Άγγελος,

Λέκτορας Δι.Πα.Ε

Θεσσαλονίκη Ιούνιος 2020

Τίτλος Π.Ε: Μετεωρολογικός σταθμός με αισθητήρια ενσύρματα θερμοκρασίας, πίεσης, υγρασίας και βροχής

Κωδικός Π.Ε: 19172M

Όνοματεπώνυμο φοιτητών: Ζαφειρίου Δημοσθένης-Μιχτάρης Χριστόδουλος

Όνοματεπώνυμο εισηγητή: Γιακουμής Άγγελος

Ημερομηνία ανάληψης Π.Ε.: 29/11/2019

Ημερομηνία περάτωσης Π.Ε.: 9/6/2020

Βεβαιώνουμε ότι είμαστε οι συγγραφείς αυτής της εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχουμε καταγράψει τις όποιες πηγές από τις οποίες κάναμε χρήση δεδομένων, ιδεών, εικόνων και κειμένου, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επιπλέον, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμάς προσωπικά, ειδικά ως πτυχιακή εργασία, στο Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία των φοιτητών: Ζαφειρίου Δημοσθένης, Μιχτάρης Χριστόδουλος που την εκπόνησαν. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης, οι συγγραφείς/δημιουργοί εκχωρούν στο Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσης της εργασίας διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο της εργασίας, δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού, ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, πώληση, εμπορική χρήση, διανομή, έκδοση, μεταφόρτωση (downloading), ανάρτηση (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση των συγγραφέων/δημιουργών.

Η έγκριση της πτυχιακής εργασίας από το Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος, δεν υποδηλώνει απαραίτητα και αποδοχή των απόψεων του συγγραφέα, εκ μέρους του Τμήματος.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα.....	σελ.3
Περιεχόμενα Σχημάτων.....	σελ.4
Περίληψη-Ευχαριστίες.....	σελ.5
1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	σελ.7
2.ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.....	σελ.7
2.1 Ιστορική αναδρομή μετεωρολογίας.....	σελ.8
2.2 Το μέλλον της μετεωρολογίας.....	σελ.10
2.3 Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.ΜΥ).....	σελ.11
2.4 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.....	σελ.11
3. ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ.....	σελ.13
3.1 Κλίμα της Ελλάδας.....	σελ.13
4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ.....	σελ.16
4.1 Θερμοκρασία.....	σελ.16
4.2 Βαρομετρική-Ατμοσφαιρική πίεση.....	σελ.17
4.3 Άνεμος.....	σελ.19
4.4 Υγρασία.....	σελ.20
4.5 Βροχή.....	σελ.21
5. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ.....	σελ.22
5.1 Θερμοκρασία.....	σελ.22
5.2 Υγρασία.....	σελ.24
5.3 Βαρομετρική πίεση.....	σελ.26
5.4 Άνεμος.....	σελ.27
5.5 Βροχή.....	σελ.27
6.ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ.....	σελ.28
6.1 Ορισμός μετεωρολογικού σταθμού.....	σελ.28
6.3 Μετεωρολογικός κλωβός.....	σελ.29
6.4 Σύγχρονοι μετεωρολογικοί σταθμοί στο εμπόριο.....	σελ.30
7. ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ.....	σελ.34
7.1 Οι πρώτοι αισθητήρες.....	σελ.34
7.2 Κατηγορίες αισθητηρίων.....	σελ.35

8. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ.....	σελ.41
8.1 Κατηγορίες μικροελεγκτών.....	σελ.43
9. ARDUINO.....	σελ.46
9.1 Ιστορία Arduino.....	σελ.46
9.2 Τι είναι το Arduino.....	σελ.47
9.3 Λογισμικό του Arduino.....	σελ.47
9.4 Πλεονεκτήματα του Arduino.....	σελ.48
10. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ.....	σελ.49
10.1 Τα υλικά της σύνδεσής μας.....	σελ.52
10.2 Το χρονικό της συνδεσμολογίας του κυκλώματος Και του κώδικα στον Arduino.....	σελ.62
11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	σελ.75

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

1 Σχήμα 2.5: Δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών ΕΑΑ(Δεκέμβριος 2019).....	σελ.12
2 Σχήμα 3.1: Κλιματικός χάρτης της Ελλάδος.....	σελ.15
3 Σχήμα 3.1: Χάρτης ύψος υετού Ελλάδος.....	σελ.16
4 Σχήμα 4.2: Μεταβολή ατμοσφαιρικής πίεσης καθ' ύψος.....	σελ.18
5 Σχήμα 4.2: Χάρτης Ευρωπαϊκής ηπείρου με τις ισοβαρείς καμπύλες.....	σελ.19
6 Σχήμα 4.4: Θερμικός δείκτης δυσφορίας.....	σελ.20
7 Σχήμα 5.1: Υδραργυρικό θερμόμετρο.....	σελ.24
8 Σχήμα 5.2: Ψυχρόμετρο August.....	σελ.25
9 Σχήμα 5.2: Υγρογράφος.....	σελ.25
10 Σχήμα 5.3: Ένα τυπικό αναλογικό βαρόμετρο.....	σελ.26
11 Σχήμα 5.1: Ένα τυπικό ανεμόμετρο.....	σελ.27
12 Σχήμα 5.5: Ένα κλασικό βροχόμετρο.....	σελ.28
13 Σχήμα 6.2: Μετεωρολογικός κλωβός.....	σελ.30
14 Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός Life WES-300.....	σελ.31
15 Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός OEM WA1091.....	σελ.32
16 Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός TFA 351100.....	σελ.33

17	Σχήμα 7.1: Θερμοσκόπιο του 1585.....σελ.35
18	Σχήμα 7.7: Μαγνητικό αισθητήριο σε σύστημα ασφαλείας.....σελ.36
19	Σχήμα 8.1: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Von Neumann και Harvard.....σελ.45
20	Σχήμα 9. : ΤΟ λογότυπο του Arduino.....σελ.46
21	Σχήμα 10. : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού μας σταθμού.....σελ.50
22	Σχήμα 10. : Ο μετεωρολογικός μας σταθμός στην πράξη.....σελ.51
23	Σχήμα 10. : Μπλοκ Διάγραμμα του κυκλώματός μας.....σελ.51
24	Σχήμα 10.1. : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού μας σταθμού.....σελ.53
25	Σχήμα 10.1 : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού μας σταθμού.....σελ.54
26	Σχήμα 10.1 : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού μας σταθμού.....σελ.55
27	Σχήμα 10.1 : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού μας σταθμού.....σελ.55
28	Σχήμα 10.1 : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού μας σταθμού.....σελ.56
29	Σχήμα 10.1: Ακίδες σύνδεσης Esp8266 NodeMCU.....σελ.56
30	Σχήμα 10.1: Ο αισθητήρας θερμοκρασίας BMP180.....σελ.59
31	Σχήμα 10.1: Ο αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11.....σελ.60
32	Σχήμα 10.1: Ο αισθητήρας βροχής MH-RD rain sensor.....σελ.61
33	Σχήμα 10.2: Η μορφή widget των αποτελεσμάτων του μετεωρολογικού μας σταθμού Σελ.75

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν προχωρήσουμε στην παρουσίαση της πτυχιακής μας εργασίας θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε αρχικά των επιβλέπων καθηγητή μας κ. Γιακουμή Άγγελο, καθώς και όλο το διδακτικό προσωπικό του τμήματος Μηχανικών Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδος (πρώην τμήμα Ηλεκτρονικών Μηχανικών Τ.Ε), που όλα αυτά τα χρόνια με τις γνώσεις που μας μετέδωσαν συνέβαλαν στη διεκπεραίωση της πτυχιακής αυτής εργασίας.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία ασχολείται με τον τομέα του καιρού και τα μετεωρολογικά φαινόμενα. Αρχικά προσπαθήσαμε να κάνουμε μια αναφορά στα καιρικά φαινόμενα και στο κλίμα της χώρας μας, καθώς και στα μεγαλύτερα ινστιτούτα και μετεωρολογικούς οργανισμούς της χώρας. Αναφέραμε τις κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις στις κοινωνίες μας ανάλογα με τον καιρό και το κλίμα σε κάθε περιοχή. Έπειτα εστιάζουμε στα μετεωρολογικά φαινόμενα της θερμοκρασίας, υγρασίας, βαρομετρικής πίεσης, βροχής και ανέμου, καθώς και στα όργανα μέτρησης αυτών. Τέλος επικεντρωνόμαστε στην κατασκευή του δικού μας μετεωρολογικού σταθμού με όλες τις λεπτομέρειες που απαιτούνται να αναφερθούν, και στο πώς τα μετεωρολογικά δεδομένα που συλλέγονται εμφανίζονται εν τέλει στο διαδίκτυο.

**Λέξεις κλειδιά:** καιρός, μικροελεγκτές, Arduino, αισθητήρες, ιστοσελίδα, Μεωρολογικός σταθμός

### Abstract

This dissertation deals with the field of weather and meteorological phenomena. We initially tried to make a reference to the weather and the climate of our country, as well as to the largest institutes and meteorological organizations in the country. We reported the socio-economic impacts on our societies depending on the weather and climate in each region. Then we focus on the meteorological phenomena of temperature, humidity, barometric pressure, rain and wind, as well as on their measuring instruments. Finally, we focus on building our own meteorological station with all the details needed to be reported, and how the meteorological data collected end up appearing on the internet.

**Key words:** weather, microcontrollers, Arduino, sensors, website, Meteorological station

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα εργασία ασχολείται με την κατασκευή ενός μετεωρολογικού σταθμού ο οποίος με τους κατάλληλους αισθητήρες θερμοκρασίας, υγρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης και βροχής θα εμφανίζει τα αποτελέσματα σε μορφή widget σε ιστοσελίδα στο διαδίκτυο.

Εύκολα μπορεί να παρατηρήσει κάποιος πως ο καιρός είναι ένα από τα πιο σημαντικά πράγματα που μπορεί να επηρεάσει την οικονομική-κοινωνική ζωή του ανθρώπου τόσο κατά το παρελθόν όσο και στο μέλλον. Κάνοντας μια ιστορική αναδρομή στο παρελθόν παρατηρούμαι πως ο άνθρωπος από τα πρωτόγονα ακόμα χρόνια της ύπαρξής του προσπαθούσε να βρει μέρη όπου θα κτίσει τους οικισμούς του οι οποίοι έχουν ήπια κλιματολογικά στοιχεία όπως μια θερμοκρασία χωρίς μεγάλες θερμοκρασιακές διακυμάνσεις, περιοχές όπου παρατηρείται αξιόλογη αλλά όχι ακραία βροχόπτωση και τέλος περιοχές όπου δεν παρατηρείται παγετός και χιονοπτώσεις. Έτσι όπως είναι φυσικό επακόλουθο όλων αυτών οι αρχαιότεροι και οικονομικά πιο ακμάζουσες οικισμοί κατά τα αρχαία χρόνια βρισκότουσαν στις περιοχές με ήπια κλιματολογικά χαρακτηριστικά όπως η Αίγυπτος η Μεσοποταμία(σημερινό Ιράκ-Ιράν) και φυσικά στον Ελλαδικό χώρο η περιοχή της Κνωσού-Φαιστού στην Κρήτη και η περιοχή των Μυκηνών στην ανατολική Πελοπόννησο.

Ακόμα και στη σημερινή εποχή της πανδημίας του κορωνοϊού ο καιρός και τα κλιματολογικά χαρακτηριστικά της κάθε γωνιάς του πλανήτη έπαιξαν πρωταγωνιστικό ρόλο στην εξάπλωση του ιού και κατ' επέκταση στις οικονομικές-κοινωνικές προεκτάσεις του στην κοινωνία. Για να γίνουμε πιο ακριβείς σύμφωνα με μια μικρή έρευνα που κάναμε στις περιοχές όπου υπάρχει σχετικά υψηλή θερμοκρασία όλο το 24ωρο, περιοχές που βρίσκονται κοντά στον ισημερινό της Γης δεν παρατηρήθηκε ακραία εξάπλωση του ιού. Όπως π.χ. η νοτιοανατολική Ασία η Ινδία η Μέση Ανατολή περιοχές της υποσαχάριας Αφρικής και περιοχές του Αμαζονίου. Ειδικότερα όμως στην περιοχή της Ελλάδος, νοτιότερες περιοχές της χώρας στις οποίες παρατηρούνται πρώιμες υψηλές θερμοκρασίες όπως οι περιοχές της Κρήτης της Πελοποννήσου των νοτίων νησιωτικών συμπλεγμάτων δεν επηρεάστηκαν σχεδόν καθόλου από τον ιό και αν αυτό πραγματοποιήθηκε, έγινε τις πρώτες μέρες του Μαρτίου όπου η θερμοκρασία ήταν ακόμη σχετικά χαμηλή. Αντιθέτως περιοχές της Βόρειας χώρας όπου παρατηρούνται ψυχρότερα κλίματα όπως περιοχές της Δυτικής Μακεδονίας και Θράκης η εξάπλωση του ιού και οι άνθρωποι οι οποίοι κατέληξαν ήταν πολλαπλάσιοι αναλογικά με τον χαμηλό πληθυσμό των περιοχών αυτών.

## 2. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ

Η μετεωρολογία αποτελεί κλάδο στις Θετικές επιστήμες που ασχολείται με την μελέτη της ατμόσφαιρας και των φαινομένων που συμβαίνουν μέσα στη μάζα της. Σε γενικές γραμμές δηλαδή η μετεωρολογία είναι η επιστήμη η οποία ασχολείται με την πρόβλεψη του καιρού η οποία είναι πάρα πολύ σημαντική για την ανθρώπινη ύπαρξη. Η πρόβλεψη του καιρού είναι πολύ σημαντική στον τομέα της θάλασσας όπως για παράδειγμα στην ναυτιλία στην

αλιεία και στις θαλάσσιες συγκοινωνίες όπου η σωστή και η έγκαιρη πρόβλεψή του καθορίζει τις οικονομικές απολαβές των άμεσων εξαρτωμένων καθώς επίσης μπορεί να μειώσει των κίνδυνο ατυχήματος. Επίσης η πρόβλεψη του καιρού στην ξηρά βοηθάει στον περιορισμό εξάπλωσης δασικών πυρκαγιών ή ακόμα κατά τους χειμερινούς μήνες στην αποφυγή ατυχημάτων και προστασίας του κοινού από δριμύ ψύχος και παγετό.

Όπως παρατηρείται τα πάντα γύρω μας έχουν να κάνουν με τον καιρό και την σωστή και έγκυρη πρόβλεψή του από τα σωστότερα τεχνολογικά μέσα και τους αρτιότερους επιστήμονες-μετεωρολόγους. Η σωστή πρόβλεψη του καιρού μπορεί να αφορά από τα πιο απλά όπως τι ρούχα να φορέσω αύριο στη δουλειά, εάν το ερχόμενο σαββατοκύριακο είναι καλό για υπαίθριο ψήσιμο και εξωτερικές εργασίες στον κήπο μου, μέχρι πολύ πιο σύνθετα και σοβαρά με τεράστιες οικονομικές και σωματικές συνέπιες για τον άνθρωπο όπως είναι η αεροπορία, η ναυτιλία, η αλιεία και η γεωργική παραγωγή όπου εκεί εξαιτίας της σωστής πρόβλεψης του καιρού διακυβεύονται ανθρώπινες ζωές και τεράστια οικονομικά μεγέθη μεγάλων πολυεθνικών εταιριών ακόμα και ολόκληρων κρατών. Για αυτόν τον λόγο μεγάλες εταιρίες προσλαμβάνουν διακεκριμένους επιστήμονες της μετεωρολογίας δίνοντάς τους μεγάλα χρηματικά ποσά. Επίσης τα κράτη διαθέτουν ανεξάρτητες μετεωρολογικές υπηρεσίες και οργανισμούς για τη σωστή και έγκαιρη πρόβλεψη του καιρού τόσο για τις υπηρεσίες πολιτικής προστασίας όσο και του ευρύτερου γενικού κοινού. Στην Ελλάδα η κρατική υπηρεσία πρόβλεψης του καιρού είναι η Ε.Μ.Υ(Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία). Επίσης υπάρχουν διάφοροι άλλοι πολύ αξιόλογοι οργανισμοί όπως το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και εκατοντάδες άλλες μεγάλες και μικρές ιστοσελίδες πρόβλεψης του καιρού σε διάστημα από μία έως και 30 ημερών. Τέλος τα Μ.Μ.Ε όπως τηλεοράσεις, ραδιόφωνα, εφημερίδες έντυπου και ηλεκτρονικού τύπου παρουσιάζουν σε καθημερινή βάση την πρόβλεψη του καιρού. Ειδικότερα στα τηλεοπτικά κανάλια στο τέλος κάθε δελτίου ειδήσεων αφιερώνονται 5 έως 10 λεπτά για την πρόβλεψη του καιρού, πράγμα που σημαίνει πως ο καιρός είναι μία πολύ σημαντική είδηση για τον άνθρωπο.

Τα φαινόμενα που εξετάζει η μετεωρολογία είναι οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης της ατμόσφαιρας, της θερμοκρασίας, της υγρασίας, η κατεύθυνση και η ταχύτητα του ανέμου τα υδατώδη μετέωρα (βροχή, χιόνι, χαλάζι, πάχνη), η ηλιοφάνεια και η συννεφιά ενός τόπου, οι υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου. Επίσης τα φαινόμενα που συμπεριλαμβάνουν τον ατμοσφαιρικό ηλεκτρισμό, δηλαδή οι καταιγίδες, και εκείνα που οφείλονται στην ίδια την ατμόσφαιρα όπως διάθλαση, ανάκλαση κλπ. Στη μελέτη των φαινομένων, η Μετεωρολογία αναζητά τα αίτια που τα προκαλούν και τους παράγοντες που συμβάλουν, αλλά και τα όργανα που θα χρησιμοποιήσει ο μετεωρολόγος. Τελικός στόχος της μετεωρολογίας είναι η πρόγνωση του καιρού.

## 2.1 Ιστορική αναδρομή μετεωρολογίας

Κατά την αρχαιότητα οι διάφοροι λαοί απέδιδαν τη δημιουργία των ατμοσφαιρικών και καιρικών φαινομένων στους θεούς. Η Ελληνική μυθολογία αποτελεί τον αδιάψευστο μάρτυρα σύμφωνα με τον οποίο στον Ελληνικό χώρο η δημιουργία τέτοιων φαινομένων αποδίδονταν στους θεούς, με κορυφαίο φυσικά το θεό Δία (Ζευς). Αξιοσημείωτες από την αρχαία Ελληνική μυθολογία είναι οι εκφράσεις “Σημεία των Καιρών” και οι “Αλκυονίδες ημέρες”. Ως Αλκυονίδες μέρες ονομάζονται από τους Έλληνες οι αίθριες ημέρες που

επικρατούν από τη 15η Δεκεμβρίου έως και την 15η Φεβρουαρίου, τις οποίες ο Αριστοτέλης της χαρακτήρισε ως ημέρες 'ευδίας'. Οι ημέρες αυτές έλαβαν το όνομά τους "αλκυόνιαι" από το μύθο της ελληνικής μυθολογίας με την Αλκυόνη, κόρη του Αιόλου που κυβερνούσε τους ανέμους. Η Αλκυόνη έπεσε σε σφάλμα και ο Δίας την μετέτρεψε σε πουλί για να την τιμωρήσει, επειδή όμως την λυπήθηκε διέταξε τον Αίολο να σταματάει για 14 μέρες τους ανέμους και να έχει καλοκαιρία ώστε να μπορεί να γεννήσει τα αυγά της και να μην σπάσουν από τους ανέμους του χειμώνα.

Τον 5ον π. Χ. αιώνα οι αρχαίοι Έλληνες φιλόσοφοι και αστρονόμοι μετά από συστηματική παρατήρηση των καιρικών φαινομένων διατύπωσαν αρχές για την ασφαλή εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον καιρό. Προσπάθησαν μάλιστα να φτάσουν μέχρι τη στατιστική πρόγνωση του καιρού, κρατώντας στοιχεία για τα καιρικά φαινόμενα σε ένα ημερολόγιο που είναι γνωστό σαν 'παράπηγμα'. Η σημαντική περίοδος της μετεωρολογίας ξεκινάει από την εποχή του Αριστοτέλη, καθώς ο ίδιος της έδωσε το κύρος που έπρεπε με τις θεωρίες και τις παρατηρήσεις του ίδιου και των μαθητών του στο σύγγραμμά του για την Μετεωρολογία, για αυτόν το λόγο ονομάστηκε Πατέρας της Μετεωρολογίας.

Μέχρι την εφεύρεση του θερμομέτρου (1503) και του βαρομέτρου (1643) καμία σημαντική πρόοδος δεν είχε γίνει στην επιστήμη της μετεωρολογίας. Η χρήση των οργάνων αυτών ήταν σταθμός γιατί για πρώτη φορά τα μετεωρολογικά στοιχεία εκφράστηκαν με αριθμητικά μεγέθη. Ακολούθησε και η εφεύρεση άλλων οργάνων όπως των βροχόμετρων, των υγρόμετρων και των ανεμόμετρων. Επίσης οι καιρικές παρατηρήσεις που κατέγραφαν οι καπετάνιοι των ιστιοφόρων πλοίων που άρχισαν πλέον μεγαλύτερα ταξίδια, έδωσαν ώθηση για διάφορες έρευνες τον 17ο, 18ο και 19ο αιώνα. Η συγκέντρωση και η επεξεργασία των παρατηρήσεων αυτών από τα καράβια αλλά και από διάφορους σταθμούς στη στεριά, επέτρεψε τη συστηματική έρευνα των διαφόρων φαινομένων της ατμόσφαιρας και την προσπάθεια ερμηνείας των αιτιών που τα προκαλούν. Σταδιακά άρχισαν με την πάροδο του χρόνου να διατυπώνονται αρχές και νόμοι της Φυσικής Μετεωρολογίας.

Η σειρά της Ελλάδας έρχεται το 1839 οπότε και αρχίζουν να γίνονται οι πρώτες μετεωρολογικές παρατηρήσεις από το Αστεροσκοπείο Αθηνών ενώ από το 1890 αρχίζει να λειτουργεί ένα μικρό δίκτυο από 7 μετεωρολογικούς σταθμούς σε όλη τη χώρα. Στην αρχή η πρόγνωση του καιρού βάση συνοπτικών χαρτών γινόταν κατά προσέγγιση, εξαρτώμενη από την προσωπική πείρα και την κρίση των μετεωρολόγων. Τη βελτίωση της πρόγνωσης του καιρού επεδίωξαν να λύσουν οι μαθηματικοί και οι φυσικοί της εποχής οι οποίοι προσπαθούσαν να διερευνήσουν τη δυναμική των υφέσεων (βαρομετρικά χαμηλά) και άλλων διαταραχών καθώς και τη θερμοδυναμική λειτουργία της ατμόσφαιρας. Ύστερα από πολλά χρόνια, τέλη του 19ου αιώνα στο πεδίο των θεωρητικών ερευνών γίνεται η σημαντική διατύπωση της θεωρίας της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας από τον V. Bjerknes που αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της θεωρητικής μετεωρολογίας. Παράλληλα οι μετεωρολόγοι εκφράζουν την ανάγκη να μελετηθεί η ατμόσφαιρα κατά ύψος και γίνονται προσπάθειες με αερόστατα και μετεωρολογικούς αετούς.

Ο πόλεμος του 2 ου Παγκόσμιου Πολέμου ήταν σίγουρα μια περίοδος γόνιμων εξελίξεων και μεγάλης προόδου για τη Μετεωρολογία. Επειδή οι επιχειρήσεις στην ξηρά, στη θάλασσα και στον αέρα ήταν κατά τη διάρκεια του πολέμου αυτού πολύ μεγαλύτερες από ότι κατά τον 1ο Παγκόσμιο Πόλεμο ο ρόλος της μετεωρολογίας ήταν μεγάλος και οι υπηρεσίες τις οποίες πρόσφερε εξαιρετικής σπουδαιότητας. Καθόλου αμελητέος δεν ήταν ο ρόλος της Αγγλικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας στην επιλογή της χρονικής στιγμής για τη μεγάλη απόβαση στη Νορμανδία. Με τα δίκτυα των σταθμών και κυρίως των σταθμών ραδιοβολίσεων και

ανωτέρας ατμόσφαιρας που πύκνωσαν οδήγησαν σε μια νέα κατά ύψος μελέτη της ατμόσφαιρας και σε μια καινούργια θεώρηση για την ανάλυση και πρόγνωση των καιρικών καταστάσεων. Οι παρατηρήσεις των α/φ που πετούσαν σε μεγάλα ύψη ήταν πολύτιμες, γιατί εξαιτίας αυτών εντοπίστηκε η ύπαρξη των πολύ ισχυρών ανέμων (Jet Stream) στην κατώτερη στρατόσφαιρα. Σπουδαίο ρόλο έπαιξαν οι ηλεκτρικές συσκευές, οι οποίες εφευρέθηκαν κατά τη διάρκεια του πολέμου και ιδιαίτερα το 'radar', η χρήση του οποίου ήταν άμεση στην καθημερινή υπηρεσία του καιρού.

Τεράστια επίσης στην πρόοδο της Μετεωρολογίας ήταν η συμβολή των παρατηρήσεων και πειραμάτων που κατά τη διάρκεια του Διεθνούς Γεωφυσικού Έτους (1 Ιουλίου 1957 - 31 Δεκεμβρίου 1958) το οποίο υπήρξε η μεγαλύτερη μέχρι τότε σημειωθείσα επιστημονική εκστρατεία στην ιστορία της ανθρωπότητας. Ταυτόχρονα την εποχή αυτή ετέθησαν σε τροχιά γύρω από τη γη οι πρώτοι τεχνητοί δορυφόροι για την έρευνα της γήινης ατμόσφαιρας και της περιοχής κοντά στα όρια του κοσμικού διαστήματος.

Γενικώς, η συμβολή των τεχνητών δορυφόρων στη Μετεωρολογία ήταν τόσο επιτυχής, ώστε κατασκευάστηκαν και ειδικοί μετεωρολογικοί δορυφόροι τόσο από τους Αμερικάνους όσο και από τους Ρώσους. Ο πρώτος από αυτούς ο TIROS 1 ετέθη σε τροχιά γύρω από τη γη την 1 Απριλίου 1960 και ακολούθησε ο Ρωσικός COSMOS. Στις αρχές του 21ου αιώνα οι μετεωρολογικοί δορυφόροι που είναι σε τροχιά και καλύπτουν την Ευρώπη είναι οι Αμερικανικοί NOAA (σειρά TIROS), οι Ευρωπαϊκοί METEOSAT IV και οι Ρωσικοί METEOR I και II.

Σημαντικό ρόλο στην συγκέντρωση των μετεωρολογικών παρατηρήσεων της ατμόσφαιρας έχουν και τα αεροσκάφη κατά τη διάρκεια της πτήσης των μεγάλων πολιτικών αεροσκαφών που είναι συχνά εξοπλισμένα με αυτόματους αισθητήρες, έτσι ώστε να αναμεταδίδουν εν πτήση δεδομένα πίεσης, θερμοκρασίας και ανέμου. Σημειώνεται ότι ο συνολικός αριθμός αναφορών από αεροσκάφη είναι ημερησίως άνω των 2000, λόγω του γεγονότος ότι είναι διαθέσιμα σε περιοχές με ελάχιστα άλλα δεδομένα όπως οι ωκεανοί. Ωστόσο, οι μετρήσεις των δεδομένων θερμοκρασίας και ανέμου δεν είναι πολύ αξιόπιστα, και είναι πολύ συγκεντρωμένα στα ύψη των 9 με 10 k m (χιλιομέτρων) κατά μήκος των μεγάλων αεροδιαδρόμων, αδυνατώντας να παρέχουν μια τρισδιάστατη εικόνα της ατμόσφαιρας.

### **2.3 Το μέλλον της μετεωρολογίας**

Το μέλλον της Μετεωρολογίας για τον 21ο αιώνα προβλέπεται εξαιρετικά ευοίωνο. Η συνεχιζόμενη ανάπτυξη των μεθόδων φυσικής έρευνας, των μαθηματικών εφαρμογών και των ηλεκτρονικών υπολογιστών θα συντελέσουν στην πρόοδο της μετεωρολογίας και στη λύση ενός μεγάλου αριθμού δύσκολων προβλημάτων, τα οποία απασχολούν την επιστήμη του καιρού και του κλίματος και θα μας οδηγήσουν σε πιο ασφαλείς προγνώσεις, με μεγαλύτερη ακρίβεια και μεγαλύτερο βάθος χρόνου.

## 2.4 Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ)

Στην Ελλάδα, η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, γνωστή επίσης και με τα αρχικά ΕΜΥ και ΗΝΜΣ ( Hellenic National Meteorological Services ), είναι ελληνική κρατική υπηρεσία που υπάγεται στις Ένοπλες δυνάμεις και ειδικότερα στο Γενικό Επιτελείο Αεροπορίας και έχει σαν αποστολή τον προσδιορισμό και την πρόβλεψη των μετεωρολογικών συνθηκών, δηλαδή του καιρού. Η υπηρεσία διαθέτει ένα δίκτυο από ειδικούς μετεωρολογικούς σταθμούς από όπου συγκεντρώνει παρατηρήσεις και με τις οποίες ενημερώνει τους μετεωρολογικούς χάρτες και εκδίδει μετεωρολογικά δελτία, τακτικά και έκτακτα, ιδιαίτερα χρήσιμα στις αεροπορικές και θαλάσσιες μεταφορές. Έτος ίδρυσης του είναι το 1931 και εδρεύει σήμερα στις εγκαταστάσεις του πρώην ανατολικού αεροδρομίου Αθηνών στο Ελληνικό Αττική. Είναι επανδρωμένο τόσο από στρατιωτικό προσωπικό (κυρίως αξιωματικούς της Σχολής Ικάρων) όσο και από πολιτικό, που περιλαμβάνει φυσικούς, μαθηματικούς και ειδικούς πληροφορικής, με επιπρόσθετο στρατιωτικό και πολιτικό προσωπικό άλλων ειδικοτήτων (διοικητικό - οικονομικό - τεχνικό). Ο συνολικός αριθμός που απασχολεί είναι 565 άτομα, όχι μόνο στο κεντρικό κτήριο της αλλά και σε παραρτήματα σε όλη την Ελλάδα, καθώς το μετεωρολογικό της δίκτυο καλύπτει σχεδόν όλη τη χώρα. Η ΕΜΥ συνεργάζεται με τις αντίστοιχες υπηρεσίες άλλων χωρών σε συγκεκριμένους χρόνους του 24ώρου μεταξύ των οποίων και ανταλλάσσονται μετεωρολογικές παρατηρήσεις, με σκοπό τις αντικειμενικότερες τιμές των μετρήσεων. Η ΕΜΥ εκτός από την πρόγνωση του καιρού, δίνει πολύτιμες πληροφορίες για τον καιρό και το κλίμα, στις Κρατικές Υπηρεσίες, στις συγκοινωνίες, στη γεωργία, στον αθλητισμό, κ.λπ.

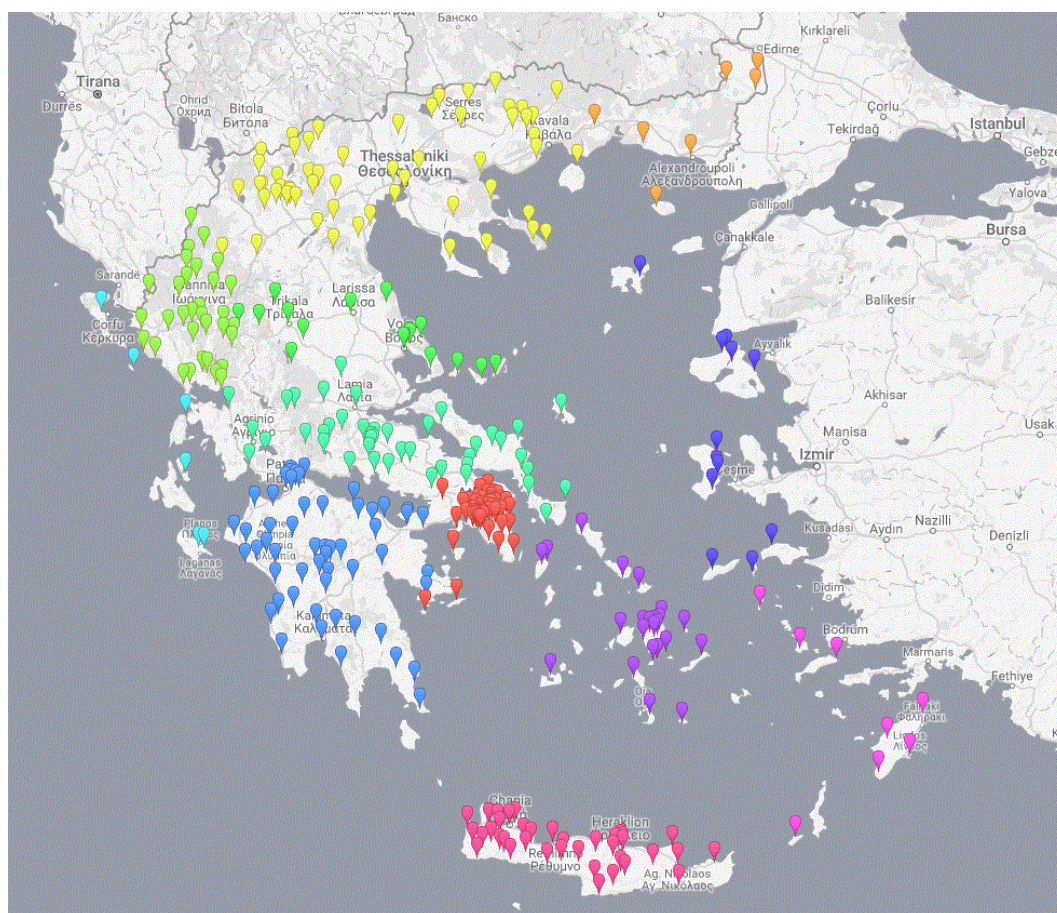
## 2.5 Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών μετρά 170 και πλέον χρόνια ζωής. Η συμβολή του εκτός των άλλων στις μετεωρολογικές προβλέψεις στην Ελλάδα αλλά και σε ολόκληρη την περιοχή των Βαλκανίων είναι τεράστια. Με τους πλέον καταρτισμένους επιστήμονες και την μεγαλύτερη διασπορά αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών σε κάθε γωνιά της χώρας μας αποτελεί των πλέον αξιόπιστο οργανισμό προβλέψεων μετεωρολογικών συνθηκών στη χώρα μας με το μεγαλύτερο αρχείο μετεωρολογικών συνθηκών σε αυτήν.

Αν οι ρίζες της επιστήμης της Μετεωρολογίας ανάγονται στην Αρχαία Ελλάδα (από τη λέξη μετέωρα προκύπτει και το όνομά της), η ιστορία της Μετεωρολογίας και της Κλιματολογίας στη σύγχρονη Ελλάδα ταυτίζεται με το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών. Κι αυτό διότι ταυτόχρονα με την ίδρυσή του ξεκινά και η συστηματική συλλογή μετεωρολογικών μετρήσεων και παρατηρήσεων η οποία συνεχίζεται έως σήμερα, παρέχοντας στην επιστημονική κοινότητα πλήρεις και συνεχείς χρονοσειρές των σημαντικότερων κλιματικών μεγεθών, διάρκειας μεγαλύτερης του ενάμιση αιώνα. Πρόκειται για τις μεγαλύτερες σε όγκο και διάρκεια κλιματικές χρονοσειρές στην Ελλάδα και τα Βαλκάνια και αποτελούν η μοναδική ιστορική πηγή πληροφόρησης για τις μεταβολές του κλίματος σε μια ευρύτερη περιοχή της ΝΑ Ευρώπης και της Ανατολικής Μεσογείου. Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις στο Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών δεν διακόπηκαν ποτέ,

ακόμα και σε περιόδους δύσκολες, όπως αυτή της Κατοχής, με εξαίρεση την περίοδο των Δεκεμβριανών όταν το ΕΑΑ απετέλεσε πεδίο μαχών.

Το δίκτυο των αυτόματων μετεωρολογικών σταθμών του ΕΑΑ περιλαμβάνει περισσότερους από 405 σταθμούς, οι οποίοι μετρούν όλες τις βασικές μετεωρολογικές παραμέτρους (πίεση, θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση, διεύθυνση και ένταση του ανέμου) και ορισμένοι από αυτούς και ηλιακή και υπεριώδη ακτινοβολία. Μεταδίδουν συνεχώς και σε πραγματικό χρόνο τις μετρήσεις τους ενώ τα δεδομένα τους καταγράφονται με χρονικό βήμα 10 λεπτών. Τα δεδομένα αφού περάσουν από ποιοτικό έλεγχο, αρχειοθετούνται για μελλοντική χρήση. Τα ιστορικά δεδομένα σε ημερήσια χρονική κλίμακα διατίθενται ελεύθερα στην ιστοσελίδα: [www.meteo.gr/meteosearch](http://www.meteo.gr/meteosearch), ενώ τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο δίνονται στις ιστοσελίδες: <http://www.meteo.gr/observations.asp>



1 Σχήμα 2.5: Δίκτυο Μετεωρολογικών Σταθμών ΕΑΑ(Δεκέμβριος 2019).

Ο τύπος των σταθμών που χρησιμοποιούνται είναι Davis Vantage Pro 2 οι οποίοι καταγράφουν τις παρακάτω παραμέτρους: ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία, σχετική υγρασία, βροχόπτωση, διεύθυνση και ταχύτητα ανέμου. Ορισμένοι από αυτούς καταγράφουν και την ηλιακή και υπεριώδη ακτινοβολία. Η καταγραφή των μετρήσεων στην συντριπτική πλειοψηφία των σταθμών πραγματοποιείται με χρονικό βήμα 10 λεπτών και με το ίδιο βήμα καταχωρούνται οι μετρήσεις στη βάση δεδομένων.

### 3. ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ.

Όπως εξηγήθηκε και παραπάνω ο καιρός και το κλίμα παίζουν πρωταρχικό ρόλο από την αρχαιότητα ακόμα στην ουσιαστική οικονομική και κοινωνική ανάπτυξη των κοινωνιών ανά τον κόσμο. Εξαιτίας βέβαια και της κλιματικής αλλαγής που παρατηρείται σε ολόκληρο τον κόσμο τουλάχιστον την τελευταία τριακονταετία η ύπαρξη των κατά τόπους μετεωρολογικών υπηρεσιών κρίνεται αναγκαία. Τα κράτη και οι κυβερνήσεις είναι πλέον αναγκασμένα να χρηματοδοτούν την ανάπτυξη και την έρευνα νέων τεχνολογιών όσων αφορά τις προβλέψεις των καιρικών συνθηκών, ώστε να προλαμβάνουν ακραία καιρικά φαινόμενα που μπορεί να κοστίσουν ανθρώπινες ζωές και να προκαλέσουν τεράστιες οικονομικές επιπτώσεις.

#### 3.1 Κλίμα της Ελλάδος

Σε γενικές γραμμές η χώρα μας εξαιτίας του μεγάλου ανάγλυφου που διαθέτει με μεγάλο πλήθος κορυφών άνω των 2000μ και της εγγύτητάς της με την μεσόγειο θάλασσα παρουσιάζει τεράστιες διαφορές στο κλίμα από περιοχή σε περιοχή πράγμα που την καθιστά από τις λίγες χώρες παγκοσμίως με τόση μεγάλη ποικιλομορφία μικροκλίματος από περιοχή σε περιοχή.

Το κλίμα της Ελλάδας είναι τυπικά μεσογειακό: ήπιοι και υγροί χειμώνες, σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια και, γενικά, μακρές περίοδοι ηλιοφάνειας κατά την μεγαλύτερη διάρκεια του έτους.

Η Ελλάδα βρίσκεται μεταξύ των παραλλήλων 34° και 42° του Βορείου ημισφαιρίου και βρέχεται από την Ανατολική Μεσόγειο. Το κλίμα της έχει σε γενικές γραμμές τα χαρακτηριστικά του Μεσογειακού κλίματος, δηλαδή ήπιους και βροχερούς χειμώνες, σχετικώς θερμά και ξηρά καλοκαίρια και μεγάλη ηλιοφάνεια όλο σχεδόν το χρόνο.

Λεπτομερέστερα στις διάφορες περιοχές της Ελλάδας παρουσιάζεται μια μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, πάντα βέβαια μέσα στα πλαίσια του Μεσογειακού κλίματος. Αυτό οφείλεται στην τοπογραφική διαμόρφωση της χώρας που έχει μεγάλες διαφορές υψομέτρου ( υπάρχουν μεγάλες οροσειρές κατά μήκος της κεντρικής χώρας και άλλοι ορεινοί όγκοι) και εναλλαγή ξηράς και θάλασσας. Έτσι από το ξηρό κλίμα της Αττικής και γενικά της Ανατολικής Ελλάδας μεταπίπτουμε στο υγρό της Βόρειας και Δυτικής Ελλάδας. Τέτοιες κλιματικές διαφορές συναντώνται ακόμη και σε τόπους που βρίσκονται σε μικρή απόσταση μεταξύ τους , πράγμα που παρουσιάζεται σε λίγες μόνο χώρες σε όλο τον κόσμο.

Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δύο εποχές: Την ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που διαρκεί από τα μέσα του Οκτωβρίου και μέχρι το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη εποχή που διαρκεί από τον Απρίλιο έως τον Οκτώβριο.

Κατά την πρώτη περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος, όπου κατά μέσον όρο η μέση ελάχιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 5-10 ° C στις παραθαλάσσιες περιοχές, από 0 - 5 ° C στις ηπειρωτικές περιοχές και με χαμηλότερες τιμές κάτω από το μηδέν στις βόρειες περιοχές.

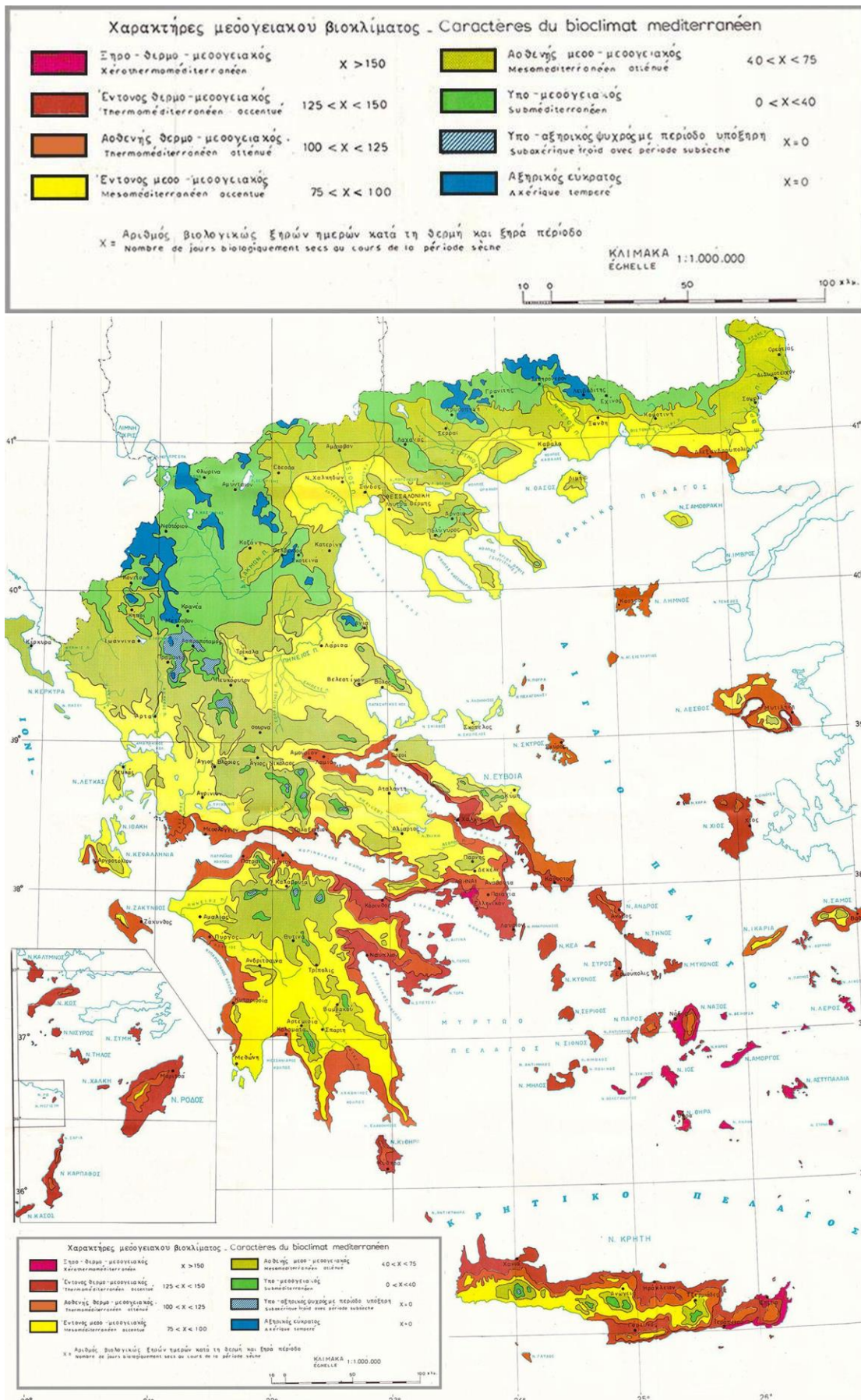
Οι βροχές στη χώρα μας ακόμη και τη χειμερινή περίοδο δεν διαρκούν για πολλές ημέρες και ο ουρανός της Ελλάδας δεν μένει συνεφιασμένος για αρκετές συνεχόμενες ημέρες, όπως συμβαίνει σε άλλες περιοχές της γης. Οι χειμερινές κακοκαιρίες διακόπτονται συχνά κατά τον Ιανουάριο και το πρώτο δεκαπενθήμερο του Φεβρουαρίου από ηλιόλουστες ημέρες, τις γνωστές από την αρχαιότητα "Αλκυονίδες ημέρες".

Η χειμερινή εποχή είναι γλυκύτερη στα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου από ό,τι στη Βόρεια και Ανατολική Ελλάδα.

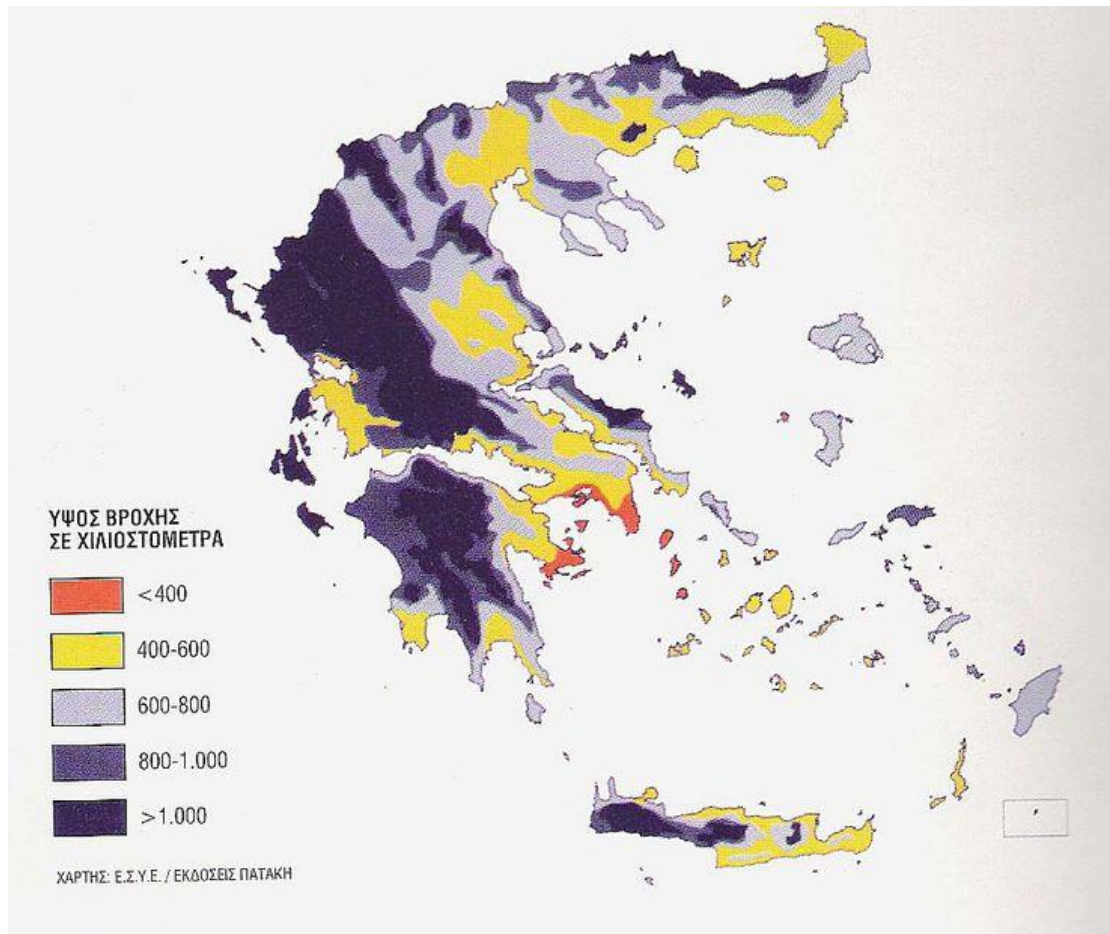
Κατά τη θερμή και άνομβρη εποχή ο καιρός είναι σταθερός, ο ουρανός σχεδόν αίθριος, ο ήλιος λαμπερός και δεν βρέχει εκτός από σπάνια διαλείμματα με ραγδαίες βροχές ή καταιγίδες μικρής όμως διάρκειας.

Η θερμότερη περίοδος είναι το τελευταίο δεκαήμερο του Ιουλίου και το πρώτο του Αυγούστου οπότε η μέση μέγιστη θερμοκρασία κυμαίνεται από 29 °C μέχρι 35 °C. Κατά τη θερμή εποχή οι υψηλές θερμοκρασίες μετριάζονται από τη δροσερή θάλασσα αύρα στις παράκτιες περιοχές της χώρας και από τους βόρειους ανέμους (ετήσιες) που φυσούν κυρίως στο Αιγαίο.

Η Άνοιξη έχει μικρή διάρκεια, διότι ο μιν Χειμώνας είναι όψιμος, το δε καλοκαίρι αρχίζει πρώιμα. Το Φθινόπωρο είναι μακρύ και θερμό και πολλές φορές παρατείνεται στη Νότια Ελλάδα και μέχρι τα μισά του Δεκεμβρίου.



2 Σχήμα 3.1: Κλιματικός χάρτης της Ελλάδος.



3 Σχήμα 3.1: Χάρτης ύψος υετού Ελλάδος.

## 4. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ

Τα βασικά μετεωρολογικά φαινόμενα τα οποία επηρεάζουν την οικονομική και κοινωνική ζωή του κόσμου είναι : η θερμοκρασία, η βροχή ο αέρας, η ατμοσφαιρική-βαρομετρική πίεση ,η υγρασία. Αναφέρουμε κυρίως αυτά ενώ υπάρχουν δεκάδες άλλα διότι με αυτά θα ασχοληθούμε και στο πρακτικό κομμάτι της πτυχιακής εργασίας μας.

### 4.1 Θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία είναι το κύριο χαρακτηριστικό της ατμόσφαιρας. Η θερμοκρασία είναι ο κύριος συντελεστής, ο οποίος καθορίζει το κλίμα, τη βλάστηση, τη ζωή σε ένα τόπο.

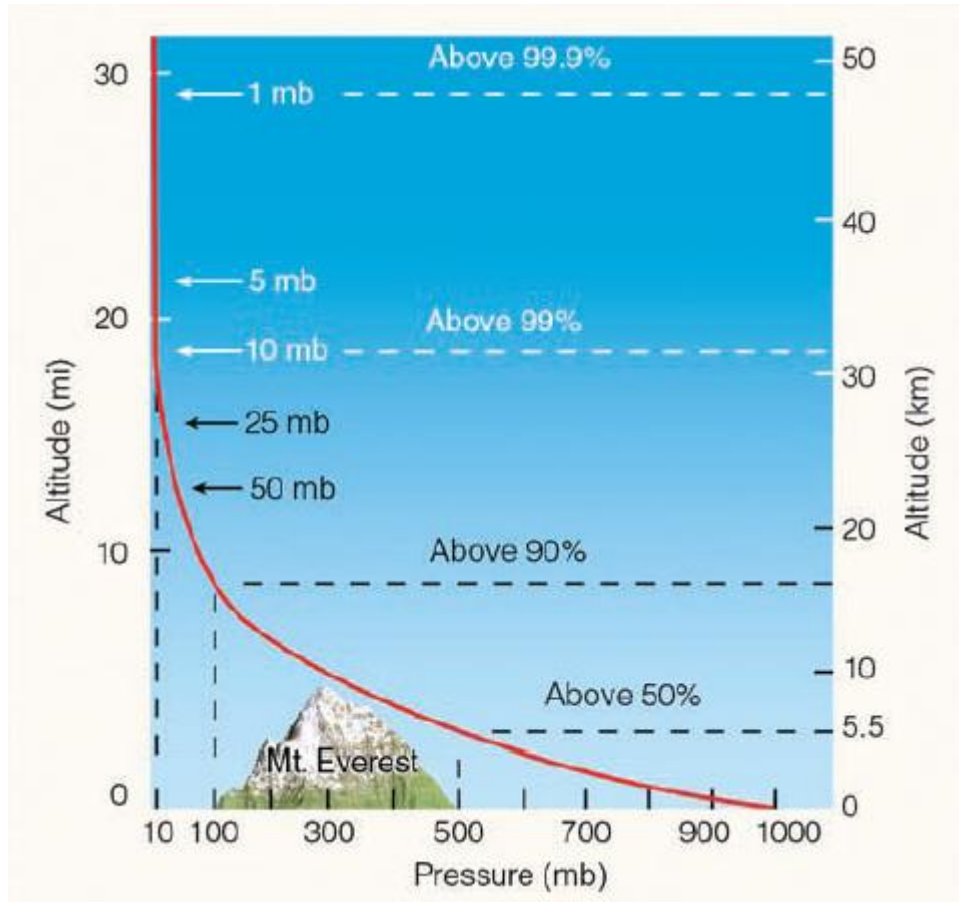
Θερμοκρασία ατμόσφαιρας ονομάζεται η θερμοκρασία την οποία έχει ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από μια περιοχή. Η πρόγνωση του καιρού σε μια περιοχή βασίζεται κυρίως στη γνώση της εκάστοτε ατμοσφαιρικής πίεσης και της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας της υπ' όψιν περιοχής και των γύρω αυτής εκτάσεων. Συνεπώς η αναφορά της θερμοκρασίας σχετίζεται πάντα με κάποια περιοχή, είτε μικρή, είτε μεγάλη, στην περίπτωση μας δε στην περιοχή εμβέλειας του σταθμού. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας μετριέται με τα θερμόμετρα και υπάρχουν διάφορες κλίμακες μέτρησης, με συνηθισμένες κλίμακες τις Κελσίου (Celsius, σύμβολο C°), Κέλβιν (Kelvin, σύμβολο K°) και Φαρενάιτ (Fahrenheit, σύμβολο F°). Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται η κλίμακα Κελσίου και ορίζεται ως « Το σημείο βρασμού του νερού είναι στους 100 C° και το σημείο παγιοποίησης του, στους 0 C°». Η σχέση μεταξύ βαθμών Κελσίου και Φαρενάιτ δίνεται από τον εξής τύπο:  $[^{\circ}\text{C}] \times 1,8 + 32 = [^{\circ}\text{F}]$ .

Η θερμοκρασία, ως γνωστό, στα βουνά είναι χαμηλότερη από ότι στις πεδιάδες την ίδια στιγμή. Η ελάττωση της θερμοκρασίας συναρτηθεί του ύψους γίνεται περίπου κατά 0,6ο C ανά 100 μέτρα ύψους. Ελάττωση της θερμοκρασίας συνεχίζεται περίπου μέχρι το ύψος των 10000 μέτρων περίπου όπου φτάνει στους -50ο C. Πάνω από αυτό το ύψος η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας αυξάνεται.

## 4.2 Ατμοσφαιρική-Βαρομετρική Πίεση

Είναι γνωστό ότι η βαρύτητα είναι η αιτία που παραμένει το νερό και τα αέρια στην επιφάνεια της γης και δεν διαφεύγουν στο διάστημα. Η γη περιβάλλεται από ένα λεπτό στρώμα αερίων το οποίο ονομάζουμε ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα έχει βάρος το οποίο πιέζει όλα τα σώματα που βρίσκονται μέσα σε αυτή. Η πίεση αυτή ονομάζεται ατμοσφαιρική πίεση. Η ατμοσφαιρική πίεση μετριέται σε χιλιοστόμετρα στήλης υδραργύρου (στην θάλασσα επικρατεί πίεση περίπου 760 χιλ. Hg). Στην μετεωρολογία χρησιμοποιούμε επίσης και τη μονάδα μιλλιμπάρ (mb, χιλιοστοβαρής) και είναι 1000 mb ίσα προς 750 χιλ. Hg. Η τυπική πίεση που επικρατεί στη στάθμη της θάλασσας εκφρασμένη σε mb είναι 1013.25. Γνωρίζουμε βέβαια ότι στη φυσική μετράμε την πίεση σε Pascal (Pa), προς τιμή του Blaise Pascal (1623-1662). Ένα Pascal ισούται με 0.01 μιλλιμπάρ ή 0.00001 μπαρ. Στη μετεωρολογία η επικράτηση του μιλλιμπάρ ως μονάδα ατμοσφαιρικής πίεσης έγινε το 1929 και λόγω συνήθειας διατηρήθηκε και μετά το 1960 όταν αποφασίστηκε η αλλαγή των μονάδων και η εφαρμογή του συστήματος S.I. Άλλοι βέβαια μετεωρολόγοι υιοθέτησαν τη μονάδα hectopascal (hPa), (το «hecto» (h), αντιστοιχεί στο 100) και έτσι 1 hectopascal (hPa) ισούται με 100 Pa που ισούνται με 1 mb. 100,000 Pa ισούνται με 1000 hPa που ισούνται με 1000 mb. Εν κατακλείδι με το τρικ αυτό μπορεί οι δυο επικρατούσες μονάδες να έχουν διαφορετικό όνομα αλλά η τιμή που μετράνε είναι η ίδια. Για παράδειγμα η τυπική ατμοσφαιρική πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας είναι 1013.25 mb ή 1013.25 hPa.

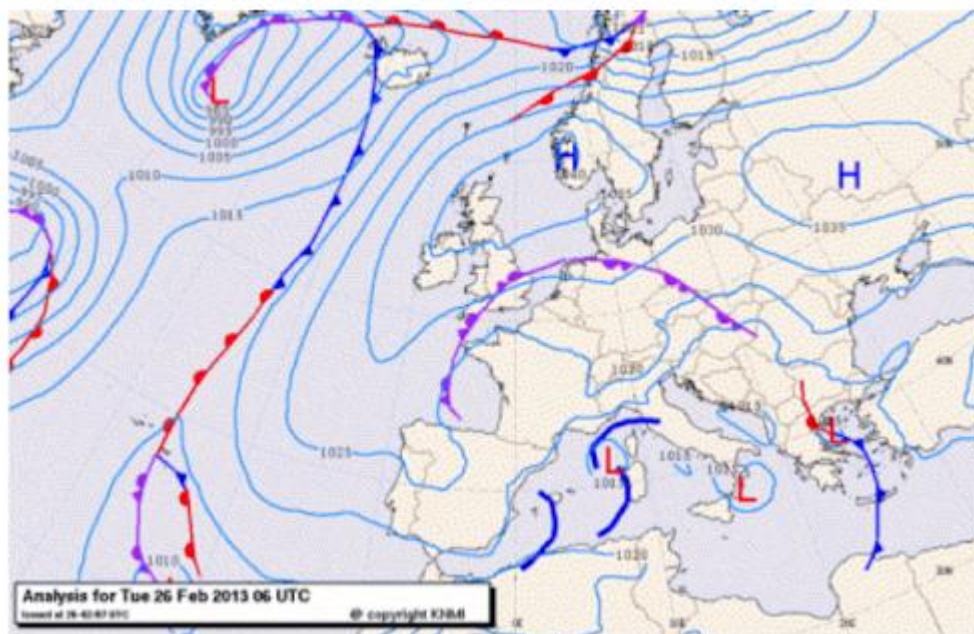
Όσο ανεβαίνουμε σε μεγαλύτερο ύψος τόσο λιγότερη ποσότητα αέρα έχουμε από πάνω μας, άρα τόσο περισσότερο ελαττώνεται η ατμοσφαιρική πίεση. Έτσι π.χ. σε ύψος 5-6000 μέτρων έχουμε ήδη από κάτω μας το μισό της ποσότητας του αέρα της ατμόσφαιρας και η πίεση είναι 500 mb. Σε ύψος 16000 μέτρων η πίεση είναι 100 mb άρα έχουμε ήδη από κάτω μας τα 90% της μάζας της ατμόσφαιρας.



4 Σχήμα 4.2: Μεταβολή ατμοσφαιρικής πίεσης καθ' ύψος.

Όπως η θερμοκρασία έτσι και για την πίεση έχουμε διαφορά από τόπο σε τόπο και από ημέρα σε ημέρα για τον ίδιο τόπο. Γενικά ισχύει ότι αν ο αέρας ο οποίος βρίσκεται υπεράνω μας είναι θερμός, η πίεση θα είναι μικρή, αν δε είναι ψυχρός, η πίεση είναι μεγάλη. Επίσης ότι αν ο αέρας κινείται προς τα κάτω πιέζει τα αντικείμενα στο έδαφος, δηλαδή η πίεση αυξάνεται, ενώ αν κινείται προς τα πάνω δημιουργεί αναρρόφηση, δηλαδή η πίεση ελαττώνεται. Αν ενώσουμε πάνω σε ένα χάρτη σημεία της επιφάνειας της γης που έχουν την ίδια πίεση θα προκύψουν καμπύλες γραμμές που ονομάζονται ισοβαρείς. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε έναν χάρτη ο οποίος μας δείχνει την κατανομή των ισοβαρών γραμμών πάνω από την ευρωπαϊκή ήπειρο. Η ένδειξη L (LOW) σημαίνει ότι η περιοχή έχει χαμηλή βαρομετρική πίεση συνήθως κάτω από 1015mb. Σε μια τέτοια περιοχή αυτό συνεπάγεται βροχή αέρας χαλαζιά ή ακόμα και με τον συνδυασμό χαμηλών θερμοκρασιών και χιόνι. Όσο πιο 'βαθύ' είναι το βαρομετρικό χαμηλό (η πίεση στο κέντρο του να είναι αρκετά χαμηλά) τόσο πιο εκτεταμένα θα είναι τα φαινόμενα και η ζημιές. Από την άλλη περίπτωση η ένδειξη H (HIGH) μας δείχνει ότι στην περιοχή επικρατούν υψηλές βαρομετρικές πιέσεις. Σε αυτήν την περίπτωση επικρατούν αντικυκλωνικές συνθήκες( βαρομετρική πίεση συνήθως πάνω από 1018mb) και η συγκεκριμένη περιοχή διέπτετε από καλοκαιρία ηλιοφάνεια δηλαδή και καθόλου άνεμο.

**Fig.1** Analysis tuesday 26 february 2013 06 UTC



5 Σχήμα 4.2: Χάρτης Ευρωπαϊκής ηπείρου με τις ισοβαρείς καμπύλες.

### 4.3 Άνεμος.

Ο άνεμος είναι η οριζόντια μετακίνηση του αέρα και προκαλείται από τη διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης από τόπο σε τόπο. Ο άνεμος έχει μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο και έχει μελετηθεί από την αρχαιότητα κυρίως όσο αφορά τη ναυσιπλοΐα. Δύο είναι τα κύρια χαρακτηριστικά του ανέμου, η διεύθυνση και η ένταση. Στη σημερινή εποχή ο άνεμος εκτός από την ναυσιπλοΐα χρησιμεύει και στην αεροπορική συγκοινωνία και ο άνθρωπος τον εκμεταλλεύεται με τη δημιουργία αιολικών πάρκων για την παραγωγή ενέργειας.

Ως προς τη διεύθυνση, ο άνεμος ονοματίζεται όχι από το σημείο ορίζοντα στο οποίο κατευθύνεται, αλλά από αυτό εκ του οποίου προέρχεται. Η διαίρεση του ορίζοντα σε 16 διευθύνσεις (ανά 22,5 μοίρες) λέγεται ανεμολόγιο. Οι κύριοι άνεμοι είναι οι Βορράς , Ανατολικός, Νότιος, Δυτικός στις 00, 90, 180, 270 μοίρες αντίστοιχα. Δευτερεύοντες άνεμοι είναι ο Βορειοανατολικός, Νοτιοανατολικός, Νοτιοδυτικός, Βορειοδυτικός με μοίρες 45, 135, 225, 315 αντίστοιχα. Η ένταση του ανέμου ορίζεται από την ταχύτητα του σε χιλιόμετρα ανά ώρα ή κόμβους (ναυτικά μίλια ανά ώρα). Στην πράξη επειδή οι ναυτικοί δεν διέθεταν ανεμόμετρα επικράτησε μια εμπειρική κλίμακα την οποία επινόησε ο Άγγλος Ναύαρχος Μποφόρ, η οποία βασίζεται σε οπτικές παρατηρήσεις. Προς τιμήν του η κλίμακα αυτή παγκοσμίως ακόμη και σήμερα ονομάζεται Μποφόρ (Beaufort).

## 4.4 Υγρασία.

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει υδρατμούς σε διαφορετική ποσότητα από τόπο σε τόπο και από ώρα σε ώρα. Ο αέρας όμως δεν είναι δυνατόν να περιέχει απεριόριστη ποσότητα υδρατμών, αλλά για κάθε θερμοκρασία υπάρχει μια μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα υδρατμών. Όταν ο αέρας περιέχει τη μέγιστη τέτοια ποσότητα ονομάζεται κορεσμένος. Όσο ψυχρότερος είναι ο αέρας τόσο μικρότερη ποσότητα υδρατμών μπορεί να συγκρατήσει. Αν λοιπόν μια μάζα υγρού και θερμού αέρα ψυχθεί θα φθάσει σε μια θερμοκρασία όπου δεν είναι δυνατόν πλέον να συγκρατήσει όλους τους υδρατμούς τους οποίους περιέχει. Οι υδρατμοί που περισσεύουν θα συμπυκνωθούν ως σταγονίδια πάνω στα αιωρούμενα μικροσωματίδια και θα δημιουργήσουν το νέφος. Αν δε συμπυκνωθούν πάνω σε ψυχρά αντικείμενα θα δημιουργήσουν τη δρόσο. Η θερμοκρασία στην οποία ο ακόρεστος αέρας καθώς ψύχεται φθάνει στο κορεσμό ονομάζεται σημείο δρόσου.

Η υγρασία έχει μεγάλη σημασία για το κλίμα, τη βλάστηση και τη ζωή ενός τόπου. Για ορισμένη θερμοκρασία, η υγρασία παίζει σπουδαίο ρόλο στο αίσθημα της άνεσης ή της δυσφορίας το οποίο αισθανόμαστε. Το καλοκαίρι αισθανόμαστε άνετα αν κλιματίζουμε ένα χώρο με θερμοκρασία 27ο C και υγρασία 55%. Μεγαλύτερη υγρασία προκαλεί το αίσθημα της δυσφορίας. Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε πόσο μπορεί να φτάσει η σχετική θερμοκρασία που αισθάνεται το σώμα του ανθρώπου σε μεγάλες τιμές υγρασίας και πόσο επικίνδυνο για την υγεία μας μπορεί να υπάρξει ο συνδυασμός μεγάλης τιμής υγρασίας και θερμοκρασίας.

	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
26 °C	23,3	23,9	24,5	25,0	25,4	25,7	26,1	26,4	26,6	26,9	27,2	27,5	27,8	28,1	28,5	29,0	29,5	30,1
27 °C	24,1	24,7	25,2	25,7	26,1	26,5	26,9	27,2	27,6	28,0	28,4	28,8	29,2	29,7	30,3	30,9	31,6	32,4
28 °C	24,9	25,5	26,0	26,5	27,0	27,4	27,8	28,3	28,7	29,2	29,7	30,3	30,9	31,6	32,3	33,2	34,1	35,1
29 °C	25,8	26,3	26,9	27,4	27,9	28,4	28,9	29,5	30,0	30,6	31,3	32,0	32,8	33,7	34,7	35,7	36,9	38,2
30 °C	26,7	27,2	27,8	28,3	28,9	29,5	30,1	30,8	31,5	32,3	33,1	34,0	35,0	36,1	37,3	38,6	40,0	41,6
31 °C	27,6	28,2	28,8	29,4	30,0	30,7	31,4	32,2	33,1	34,0	35,1	36,2	37,4	38,7	40,2	41,7	43,5	45,3
32 °C	28,5	29,1	29,8	30,5	31,2	32,0	32,9	33,8	34,9	36,0	37,3	38,6	40,1	41,6	43,4	45,2	47,2	49,4
33 °C	29,5	30,1	30,9	31,6	32,5	33,4	34,5	35,6	36,8	38,2	39,6	41,2	43,0	44,8	46,8	49,0	51,3	53,9
34 °C	30,5	31,2	32,0	32,9	33,9	35,0	36,2	37,5	38,9	40,5	42,2	44,1	46,1	48,3	50,6	53,1	55,8	58,6
35 °C	31,5	32,3	33,2	34,2	35,3	36,6	38,0	39,5	41,2	43,0	45,0	47,2	49,5	52,0	54,6	57,5	60,5	63,8
36 °C	32,5	33,4	34,4	35,6	36,9	38,3	39,9	41,7	43,6	45,7	48,0	50,5	53,1	55,9	59,0	62,2	65,6	69,3
37 °C	33,6	34,6	35,7	37,0	38,5	40,2	42,0	44,0	46,2	48,6	51,2	54,0	56,9	60,1	63,6	67,2	71,0	75,1
38 °C	34,6	35,8	37,1	38,5	40,2	42,1	44,2	46,5	48,9	51,6	54,6	57,7	61,0	64,6	68,4	72,5	76,7	81,2
39 °C	35,7	37,0	38,5	40,1	42,0	44,1	46,5	49,1	51,8	54,9	58,1	61,6	65,4	69,3	73,6	78,0	82,8	87,7
40 °C	36,9	38,3	39,9	41,8	43,9	46,3	48,9	51,8	54,9	58,3	61,9	65,8	69,9	74,3	79,0	83,9	89,1	94,6
41 °C	38,0	39,6	41,4	43,5	45,9	48,6	51,5	54,7	58,1	61,9	65,9	70,1	74,7	79,6	84,7	90,1	95,7	101,7
42 °C	39,2	40,9	43,0	45,3	48,0	50,9	54,1	57,7	61,5	65,6	70,0	74,7	79,7	85,0	90,6	96,5	102,7	109,2
43 °C	40,3	42,3	44,6	47,2	50,1	53,4	56,9	60,8	65,0	69,5	74,4	79,5	85,0	90,8	96,8	103,2	110,0	117,0
44 °C	41,5	43,7	46,2	49,1	52,3	55,9	59,8	64,1	68,7	73,6	78,9	84,5	90,5	96,7	103,3	110,3	117,5	125,1
45 °C	42,7	45,2	47,9	51,1	54,7	58,6	62,9	67,5	72,5	77,9	83,6	89,7	96,2	103,0	110,1	117,6	125,4	133,5

6 Σχήμα 4.4: Θερμικός δείκτης δυσφορίας.

## 4.5 Βροχή

Ένα από τα σημαντικότερα μετεωρολογικά φαινόμενα που συμβαίνει πάνω στη Γη είναι η βροχή. Είναι τόσο σημαντική που χωρίς αυτήν δε θα υπήρχε ζωή πάνω στον πλανήτη μας. Για αυτόν τον λόγο θα κάνουμε μια σημαντική αναφορά σε αυτήν.

Η Βροχή ή βροχόπτωση ή υδατόπτωση είναι μια υγρή κατακρήμνιση και ανήκει στα υδατώδη μετεωρολογικά κατακρημνίσματα ή υδρομετέωρα όπως ονομάζονται τα διάφορα φαινόμενα του υετού, του οποίου άλλα επίσης είδη είναι το χιονόνερο, το χιόνι και το χαλάζι.

Για να συμβεί το φαινόμενο στη Γη, χρειάζεται ένα πυκνό στρώμα της ατμόσφαιρας με θερμοκρασία πάνω από το σημείο τήξης του νερού (δηλαδή πάνω από 0 °C) σχετικά κοντά στην επιφάνεια της Γης. Η συγκέντρωση των ατμοσφαιρικών υδρατμών πρέπει να είναι αρκετά υψηλή, ώστε αυτοί να υγροποιηθούν και να σχηματίσουν σταγόνες υγρού νερού, αρκετά βαριές ώστε να πέσουν ως την επιφάνεια. Τρεις δυνατότητες (και οι συνδυασμοί τους) απαιτούνται για να προκληθεί βροχή:

- Να ψυχθεί ο αέρας, δηλαδή να ελαττωθεί η θερμοκρασία του, ώστε να ελαττωθεί η ικανότητά του να συγκρατεί τους υδρατμούς σε αέρια μορφή ή σε μορφή μικρών (υγρών) σταγονιδίων σε κολλοειδή διασπορά (νέφη).
- Να αυξηθεί η ατμοσφαιρική πίεση, ώστε να ελαττωθεί η ικανότητά του να συγκρατεί τους υδρατμούς σε αέρια μορφή ή σε μορφή μικρών σταγονιδίων σε κολλοειδή διασπορά (νέφη).
- Να αυξηθεί η συγκέντρωση της υγρασίας, ώστε αυτή να υπερβεί την ικανότητα συγκράτησής της για τη συγκεκριμένη θερμοκρασία και πίεση.

Όσο η υγροποίηση των υδρατμών προχωρεί μέσα σε ένα νέφος τόσο δημιουργούνται μεγαλύτερα υδροσταγονίδια. Επίσης, στα μεγαλύτερα ύψη, όπου η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλότερη του μηδενός, τα υδροσταγονίδια γίνονται παγοκρυσταλλίδια τα οποία συνεχώς μεγαλώνουν. Όταν δημιουργηθούν σταγόνες τόσο βαριές ώστε να έχουν ταχύτητα πτώσης μεγαλύτερη από την ανοδική ταχύτητα του ρεύματος αυτά πέφτουν προς τη γη ως βροχή. Οι σταγόνες που πέφτουν προς το έδαφος περνούν μέσα από θερμότερα στρώματα αέρα και μέρος τους εξατμίζεται και πάλι. Με αυτό τον τρόπο μια βροχή στα ανώτερα στρώματα είναι πιθανό να μη φτάσει ποτέ στο έδαφος. Στην περίπτωση που οι υδρατμοί συμπυκνώνονται σε θερμοκρασία λίγο κάτω από το μηδέν, σχηματίζονται παγοκρύσταλλοι με μορφή χιονιού. Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη που βρίσκεται η Ελλάδα, το χιόνι είναι συχνό στα μεγάλα ύψη ενώ στη στάθμη της θάλασσας παρουσιάζεται σπάνια. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τη αργή πτώση του μέσω θερμότερου αέρα, το χιόνι τήκεται και φτάνει στα χαμηλά ύψη υπό τη μορφή μικρών σταγόνων (χιονόνερο). Η μονάδα μέτρησης της βροχής είναι το mm βροχής. Στην πράξη λέγοντας βροχή ύψους 1mm εννοούμε τη βροχή εκείνη που απέδωσε ποσότητα νερού ίση με  $1\text{Kgr/m}^2$  ή  $1\text{ m}^3$  νερού / στρέμμα.

Η ποικιλία της ζωής, η καλή καρποφορία της Γης εξαρτώνται από την ποσότητα του νερού που θα πέσει στη Γη. Το νερό της βροχής δεν είναι απόλυτα καθαρό, ιδίως στις βιομηχανικές περιοχές. Επειδή το νερό έχει πολλές διαλυτικές ιδιότητες, διαλύει ακόμη και τα αέρια που

βρίσκονται στην ατμόσφαιρα έχει ως συνέπεια να παρουσιάζει γεύση όξινη, εξ ου και ο όρος «όξινη βροχή». Επίσης, καθώς πέφτει παρασύρει και άλλες ουσίες που δεν διαλύονται στο νερό ή δεν πρόλαβε να διαλύσει. Έτσι, η βροχή κατά την πτώση της παρασύρει κονιορτό, καπνιές καθώς και άλλα συστατικά που μολύνουν την ατμόσφαιρα. Και αυτό γίνεται αντιληπτό από τα λασπώδη κατάλοιπα με τα οποία λερώνονται αντικείμενα, αυτοκίνητα κ.λπ. όταν βρίσκονται σε ακάλυπτους χώρους.

Μερικές φορές η βροχή είναι κοκκινωπή. Τέτοια βροχή παρατηρείται και στην Ελλάδα όπως και σε άλλες Μεσογειακές Χώρες, γνωστές και ως «αιματοειδείς βροχές». Αυτές οφείλονται σε ανέμους νοτίων διευθύνσεων, που μεταφέρουν από την Β. Αφρική πολύ λεπτή κοκκινωπή άμμο, που όμως η βροχή την παρασύρει κατά την πτώση της.

Η βροχή σχηματίζεται όταν τα μόρια των υδρατμών που υπάρχουν στην ατμόσφαιρα δημιουργούν τα νέφη ή σύννεφα, τα οποία με την σειρά τους συμπυκνώνονται πάνω σε ένα κέντρο συμπύκνωσης, συνήθως έναν κόκκο σκόνης, αρχίζοντας έτσι να σχηματίζουν σταγόνες. Όταν η μάζα της σταγόνας ξεπεράσει ένα συγκεκριμένο όριο, έλκεται λόγω βαρύτητας και πέφτει στη γη. Μερικές φορές, η βροχή δεν φθάνει στο έδαφος όταν ο αέρας ανάμεσα στα σύννεφα και στο έδαφος είναι πολύ ξηρός.

Η διάμετρος των σταγονιδίων της βροχής που φθάνουν μέχρι την επιφάνεια της Γης κυμαίνεται από 0,05 - 0,06 εκατοστά. Όταν βεβαίως έλθουν σε επαφή με ψυχρή επιφάνεια, μπορεί και να παγώσουν.

Τα νέφη που δίνουν βροχές είναι από μεν τα στρωματομόρφα: οι σωρειτομελανίες και οι στρωματοσωρείτες που δίνουν μεγάλης διάρκειας κανονική βροχή ή βροχή ψεκάδων, ενώ από τα σωρειτόμορφα νέφη: τα μελανοστρώματα και τα υψιστρώματα πέφτει ραγδαία βροχή ή όμβροι, αλλά μικρής διάρκειας.

## 5. ΟΡΓΑΝΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναφερθούμε στα όργανα μετρήσεων των μετεωρολογικών φαινομένων που μελετήθηκαν στο προηγούμενα κεφάλαια.

### 5.1 Θερμοκρασία

Η μέτρηση των τιμών της θερμοκρασίας γίνεται με τα κοινά υδραργυρικά θερμοόμετρα ενώ η καταγραφή γίνεται με τους θερμογράφους. Η αντικειμενικότερη μέτρηση των τιμών τόσο στα θερμοόμετρα όσο και στους θερμογράφους είναι να τοποθετημένα τα όργανα μέσα σε ένα μετεωρολογικό κλωβό και η μέτρηση της θερμοκρασίας να γίνεται πάντοτε υπό σκιά.

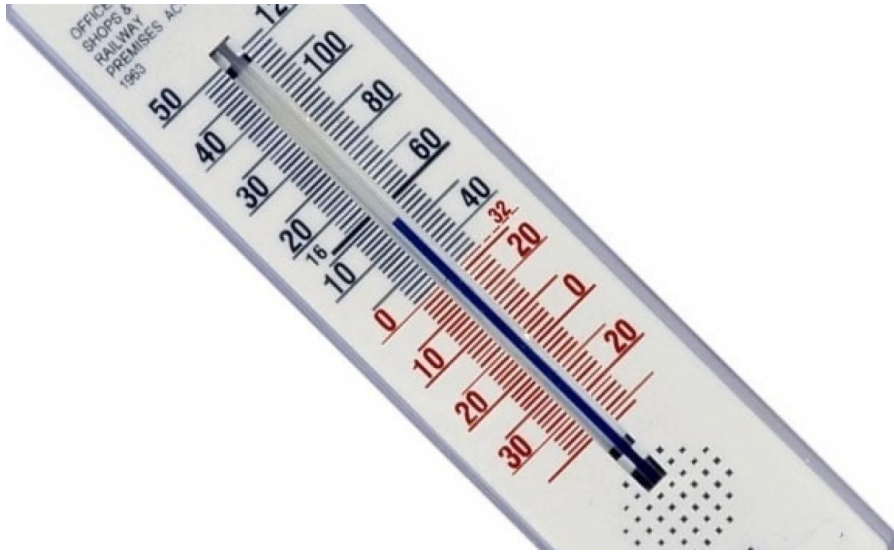
Στο υδραργυρικό θερμοόμετρο δίνεται η τιμή της θερμοκρασίας του αέρα με ακρίβεια ενός δέκατου του βαθμού Κελσίου. Ο μετεωρολόγος θα πρέπει να προσαρμόσει το μάτι του στην

ελεύθερη επιφάνεια του υδραργύρου και να διαβάσει την τιμή της θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου στην κλίμακα που έχει πάνω του προσαρμοσμένο το θερμόμετρο.

Άλλα όργανα μέτρησης της θερμοκρασίας είναι τα ακροβάθμια θερμόμετρα, τα οποία τοποθετούνται σε οριζόντια διάταξη και αποτελούνται από το μεγιστοβάθμιο και από το ελαχιστοβάθμιο θερμόμετρο. Στο μεγιστοβάθμιο θερμόμετρο ο εσωτερικός σωληνίσκος που περιέχει τον υδράργυρο παρουσιάζει μία στένωση έτσι ώστε να αποκλείεται η επιστροφή του υδραργύρου, ύστερα από συστολή λόγω ψύξης. Για να επανέλθει πρέπει να 'τινάξουμε' το θερμόμετρο. Η ελεύθερη άκρη της στήλης του υδραργύρου δείχνει την απολύτως μέγιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα. Η μέτρηση αυτή γίνεται, συνήθως, κατά την παρατήρηση της 20:00 τοπικής ώρας.

Επίσης, το ελαχιστοβάθμιο θερμόμετρο διαφέρει από τα άλλα θερμόμετρα στο γεγονός ότι διαθέτει οινόπνευμα και όχι υδράργυρο, μέσα στο οινόπνευμα κινείται ένας μικρός μεταλλικός δείκτης, που έχει τη μορφή λεπτού αλτήρα μήκους περίπου 2cm. Με τη συστολή του οιοπνεύματος, λόγω ψύξης, ο δείκτης αυτός παρασύρεται από την ελεύθερη άκρη της στήλης του οιοπνεύματος, προς τη λεκάνη του θερμομέτρου. Όταν σταματάει η συστολή και αρχίζει η διαστολή του οιοπνεύματος, λόγω αύξησης της θερμοκρασίας, ο δείκτης αυτός δεν παρασύρεται από τη διαστελλόμενη στήλη του οιοπνεύματος αλλά παραμένει ακίνητος. Διαβάζοντας κανείς την ένδειξη της κλίμακας που συμπίπτει με το άκρο του δείκτη που είναι στη αντίθετη πλευρά από την λεκάνη έχει την απολύτως ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας του αέρα π.χ. κατά τη διάρκεια του 24ώρου. Είναι γνωστό ότι η ελάχιστη αυτή τιμή σημειώνεται λίγο μετά την ανατολή του ηλίου. Για το λόγο αυτό η μέτρηση αυτή γίνεται, συνήθως, κατά την παρατήρηση της 08:00 τοπικής ώρας. Η συνεχής καταγραφή των τιμών της θερμοκρασίας του αέρα επιτυγχάνεται με τη χρήση του θερμογράφου. Στο όργανο αυτό ένα τμήμα του λειτουργεί ως θερμογράφος και ένα άλλο ως υγρογράφος.

Όπως είναι φανερό η γραφίδα του θερμογράφου εφάπτεται συνεχώς μιας ταινίας η οποία είναι βαθμονομημένη σε βαθμούς Κελσίου (οριζόντιες γραμμές), ενώ οι κατακόρυφες γραμμές αναφέρονται στο χρόνο (χαραγμένες ανά 2ωρα). Η γραφίδα αυτή προσαρμόζεται σε ένα μεταλλικό κύλινδρο που είναι εφοδιασμένος με ωρολογιακό μηχανισμό ο οποίος περιστρέφει τον κύλινδρο με σταθερή συχνότητα, (μια πλήρη περιστροφή ανά εβδομάδα ή ανά 24ωρο). Η γραφίδα με τον τρόπο αυτό καταγράφει στην ταινία, μία συνεχή καμπύλη από την ανάγνωση της οποίας μπορεί να πάρει κανείς τις τιμές της θερμοκρασίας του αέρα ανά τακτά χρονικά διαστήματα, ώρα, δίωρο κ.λπ.



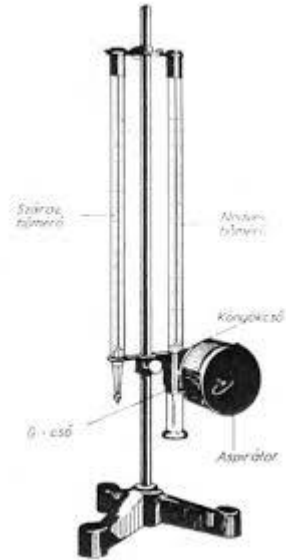
7 Σχήμα 5.1: Υδραργυρικό θερμομέτρο.

## 5.2 Υγρασία

Η σχετική υγρασία μετριέται με τα εξής όργανα: τα υγρόμετρα, τα χημικά, συμπυκνωτικά, τα ψυχρόμετρα, τα απορροφήσεως και τα ηλεκτρικά. Στην μετεωρολογία αυτά που είναι πιο γνωστά είναι: τα ψυχρόμετρα August και ο υγρογράφος δια τριχών.

Το ψυχρόμετρο August αποτελείται από ένα ζευγάρι όμοιων θερμομέτρων τα οποία στερεώνονται κατακόρυφα και με απόσταση μεταξύ τους 10 cm το ένα από το άλλο. Το ένα θερμομέτρο διατηρείται γυμνό και ξηρό και παρέχει την θερμοκρασία αέρος κατά την παρατήρηση. Το δοχείο του άλλου θερμομέτρου καλύπτεται από λεπτό ύφασμα και το θερμομέτρο αυτό καλείται υγρό. Το ύφασμα διατηρείται συνεχώς υγρό μέσω μιας ειδικής σύνδεσής του με δοχείο γεμάτο νερό.

Σε συνήθεις ατμοσφαιρικές συνθήκες το υγρόμετρο δείχνει θερμοκρασία χαμηλότερη του ξηρού και υπό ειδικές συνθήκες, ίση προς αυτή. Σε αυτή την περίπτωση θεωρείται ότι η σχετική υγρασία είναι 100 %. Η παρατήρηση είναι η ανάγνωση των δύο θερμομέτρων (ξηρό – υγρό) είναι περιοδική και γίνεται ανά 24ωρο.



8 Σχήμα 5.2: Ψυχρόμετρο August

Ο υγρογράφος δια τριχών είναι όργανο όπου ευπαθές μέρος του αποτελείται από ειδικό σύστημα ανθρώπινων τριχών των οποίων η μεταβολή του μήκους τους, ανάλογα με την σχετική υγρασία, προκαλεί την κάθετη κίνηση γραφίδας πάνω σε χάρτινη ταινία που είναι περιτυλιγμένη πάνω σε περιστρεφόμενο κύλινδρο. Η ταινία είναι εβδομαδιαίας καταγραφής και καταγράφει σχετική υγρασία από 0 έως 100 %.



9 Σχήμα 5.2: Υγρογράφος

### 5.3 Βαρομετρική πίεση

Στην ατμοσφαιρική πίεση η βαρομετρική τάση ονομάζεται η τιμή της μεταβολής της ατμοσφαιρικής πίεσης εντός τριών ωρών προ εκάστης καθορισμένης κύριας(\*) ώρας παρατήρησης. Όργανο μέτρησης της ατμοσφαιρικής πίεσης αποτελεί το βαρόμετρο. Το όργανο αυτό διακρίνεται σε υδραργυρικά, μεταλλικά και αυτογραφικά. Η βαρομετρική πίεση αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα μετεωρολογικά στοιχεία και είναι αυτό που μπορεί να μετρηθεί ακριβέστερα.

Η κύρια χρήση του είναι για προβλέψεις μετεωρολογικών φαινομένων που πρόκειται να συμβούν στο άμεσο μέλλον (τις επόμενες 24 ώρες). Για παράδειγμα, μια υψηλή βαρομετρική πίεση υποδηλώνει αίθριο καιρό, ενώ μια χαμηλή σημαίνει ότι μια καταιγίδα πλησιάζει, μιλώντας πάντα για μεταβολές τοπικού επιπέδου. Όμως, για την σωστή μέτρηση της βαρομετρικής πίεσης απαιτείται ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας αλλά και του υψομέτρου στο οποίο είναι τοποθετημένο το βαρόμετρο. Μια μικρή μεταβολή των δύο παραπάνω μεγεθών (θερμοκρασίας, υψομέτρου) θα επηρέαζε σημαντικά την προς μέτρηση βαρομετρική πίεση.



10 Σχήμα 5.3: Ένα τυπικό αναλογικό βαρόμετρο

## 5.4 Άνεμος

Ανεμομετρικά όργανα ονομάζονται τα όργανα εκείνα με τα οποία προσδιορίζεται και καταγράφεται η ταχύτητα και η διεύθυνση του πνέοντος ανέμου ή του φαινόμενο ανέμου. Τέτοια όργανα είναι τα ανεμόμετρα και οι ανεμοδείκτες αντίστοιχα. Συνήθως τα όργανα αυτά συνδυάζονται σε ένα συγκρότημα. Έτσι πολλές φορές η αναφορά σε ανεμόμετρα εννοούνται συγχρόνως και οι ανεμοδείκτες. Υπάρχουν πολλοί τύποι ανεμομετρικών οργάνων, είτε άμεσης ανάγνωσης, είτε αυτογραφικά.

Η εγκατάσταση ανεμομετρικών οργάνων σε πλοία είναι περισσότερο διαδεδομένη σε ερευνητικά, επιβατηγά, κρουαζιερόπλοια, σε όλα σχεδόν τα πολεμικά γραμμής και βεβαίως σε όλους τους μετεωρολογικούς σταθμούς και πλωτούς ομοίως σταθμούς, τα λεγόμενα «πλοία καιρού». Συνηθέστερος τρόπος προσδιορισμού των στοιχείων του ανέμου ειδικά στα πλοία είναι με προσωπική εκτίμηση, που λόγω εμπειρίας σχεδόν δεν διαφέρει των πραγματικών. Για την καλύτερη όμως και ασφαλέστερη εκτίμηση του αληθούς όμως ανέμου χρησιμοποιείται ευρύτατα η κλίμακα Μποφόρ. Για τον προσδιορισμό δε της διεύθυνσης (κατεύθυνσης) του ανέμου αυτού στη θάλασσα λαμβάνεται πάντα υπόψη η διεύθυνση των υφισταμένων κυμάτων. Ο άνεμος πνέει σχεδόν πάντα κάθετα προς τη γραμμή των κυμάτων με κατεύθυνση αυτή των κυμάτων.



11 Σχήμα 5.1: Ένα τυπικό ανεμόμετρο

## 5.5 Βροχή

Η βροχή είναι βασική μετεωρολογική παράμετρος μεγάλης σημασίας και η πιο κοινή μορφή με την οποία το νερό (με τη μορφή σταγόνων) φτάνει στην επιφάνεια της γης. Για την μέτρησή της χρησιμοποιείται διεθνώς ο όρος "ύψος βροχής" με μονάδα μέτρησης τα χιλιοστά (mm) ή τα εκατοστά (cm). Το ύψος βροχής μας δείχνει πόσο νερό έχει πέσει πάνω

σε μία επιφάνεια θεωρώντας ότι η επιφάνεια είναι οριζόντια, το νερό μαζεύεται όλο σε αυτή την επιφάνεια χωρίς να απορρέει ή να απορροφάται ή να εξατμίζεται.

Η μέτρηση της βροχόπτωσης πραγματοποιείται με ειδικά όργανα που ονομάζονται βροχόμετρα. Ο πιο συνηθισμένος τύπος βροχόμετρου είναι το δεκαπλασιαστικό βροχόμετρο που χρησιμοποιείται για την ημερήσια μέτρηση του ύψους της βροχής και ο βροχογράφος που εκτός από το ύψος της βροχής μετρά και την έντασή της.



12 Σχήμα 5.5: Ένα κλασικό βροχόμετρο

## 6. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα προσπαθήσουμε να προσεγγίσουμε τον ορισμό του μετεωρολογικού σταθμού και να κάνουμε αναφορά σε κάποιους σύγχρονους μετεωρολογικούς σταθμούς που κυκλοφορούν στο εμπόριο.

### 6.1 Ορισμός μετεωρολογικού σταθμού

Ο Μετεωρολογικός σταθμός είναι ένα επίγειο σημείο στο οποίο πραγματοποιούνται τακτικές μετεωρολογικές παρατηρήσεις. Αποτελεί μία πλήρες εξοπλισμένη μόνιμη εγκατάσταση στην οποία βρίσκονται πολλά μετεωρολογικά όργανα, τόσο μέσα σε ένα μετεωρολογικό κλωβό είτε εκτός αυτού αλλά μέσα στον χώρο είτε και εντός αυτού, όπως επαναλήπτες μετεωρολογικών οργάνων. Η θέση τοποθέτησης αυτών των σταθμών αποφασίζεται από τη κεντρική Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία της κάθε χώρας έτσι ώστε στο σύνολό τους αυτοί να αποτελούν ένα ενιαίο δίκτυο μετεωρολογικής παρατήρησης.

Πολύ σημαντικό είναι το γεγονός ότι κάθε Μετεωρολογικός σταθμός φέρει διεθνή αριθμό ταυτότητας με τον οποίο και απεικονίζεται στους μετεωρολογικούς χάρτες. Οι Μετεωρολογικοί σταθμοί επανδρώνονται από επιστημονικό προσωπικό ή ειδικά εκπαιδευμένο για τις ανάγκες των παρατηρήσεων. Στην Ελλάδα Μετεωρολογικοί σταθμοί

υπάρχουν στις κυριότερες πόλεις, στους μεγάλους λιμένες και σε όλα τα αεροδρόμια της χώρας. Από τους Σταθμούς αυτούς μεταβιβάζονται σε τακτά χρονικά διαστήματα οι παρατηρούμενες ενδείξεις των φερόμενων οργάνων με ειδικό κωδικοποιημένο τύπο σήματος. Οι σημαντικές αυτές αναφορές των μετεωρολογικών σταθμών στη κεντρική υπηρεσία καταχωρούνται στους υπό σύνταξη μετεωρολογικούς χάρτες της ευρύτερης περιοχής, από τη μελέτη των οποίων εξάγονται συμπεράσματα πρόβλεψης καιρού.

Επίσης μετεωρολογικοί σταθμοί θεωρούνται πέραν των ειδικών επιστημονικής έρευνας πλοίων και όλα εκείνα που φέρουν μετεωρολογικό κλωβό και καταγράφουν τακτές μετεωρολογικές παρατηρήσεις. Και αυτά φέρουν ιδιαίτερους κωδικούς αριθμούς με τους οποίους και υποβάλουν "μέτεο-σήματα" στη κεντρική μετεωρολογική υπηρεσία της εγγύτερης Χώρας του χώρου που δια πλέουν ή σε διεθνή μετεωρολογική υπηρεσία αν βρίσκονται σε Ωκεανούς.

## 6.2 Μετεωρολογικός κλωβός

Ο Μετεωρολογικός κλωβός είναι μια ξύλινη κατασκευή (κιβώτιο) που φέρει κιγκλιδωτό σκέπαστρο με διπλές πλευρικές ξύλινες περσίδες και χρησιμεύει στην καταγραφή διάφορων μετεωρολογικών στοιχείων.

Οι Μετεωρολογικοί κλωβοί περιέχουν διάφορα μετεωρολογικά όργανα όπως θερμομέτρα, ψυχρόμετρα, υγρόμετρα καθώς και αντίστοιχα αυτογραφικά όργανα (όπως θερμογράφο, υδρογράφο και βαρογράφο) που προορίζονται για την παρακολούθηση των μεταβολών της πίεσης, θερμοκρασίας και υγρασίας της ατμόσφαιρας. Τις ενδείξεις αυτών των οργάνων λαμβάνουν ανά τακτά χρονικά διαστήματα μετεωρολόγοι ή άλλοι επιφορτισμένοι με τέτοια καθήκοντα υπάλληλοι ή στρατευμένοι οι οποίοι και τις διαβιβάζουν κωδικοποιημένα στη κεντρική μετεωρολογική υπηρεσία της Χώρας όπου βρίσκονται εγκατεστημένοι. Συχνά τοποθετούνται κοντά τους εξατμισήμετρα και βροχόμετρα.

Η κατασκευή του είναι τέτοια ώστε να προφυλάσσει τα εντός αυτού φερόμενα μετεωρολογικά όργανα κυρίως από τη βροχή και τις ακτίνες του Ήλιου καθώς και από τις επιδράσεις άλλων ετερογενών παραγόντων. Για το λόγο αυτό εγκαθίσταται μακριά από κτίρια και δέντρα. Ο κλωβός τοποθετείται πάντα επάνω σε μεταλλικό ή ξύλινο ικρίωμα (βάση) και σε ύψος τουλάχιστον 1,20 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους. Τα διπλά, κιγκλιδωτά, τοιχώματά του επιτρέπουν στον αέρα να κυκλοφορεί ελεύθερα στο εσωτερικό και ταυτόχρονα προστατεύουν τα όργανα από την απευθείας έκθεση σε ρεύματα αέρα που μπορούν να αλλοιώσουν τις ενδείξεις. Συνήθως η πόρτα του κλωβού βλέπει προς Βορρά προκειμένου να μην πέφτει ηλιακή ακτινοβολία στα όργανα όταν οι πόρτες είναι ανοιχτές και γίνονται μετρήσεις.

Με μετεωρολογικό κλωβό είναι εφοδιασμένοι όλοι οι Μετεωρολογικοί σταθμοί. Στις μεγαλουπόλεις παρατηρείται εγκατάσταση περισσότερων του ενός προκειμένου οι λαμβανόμενες ενδείξεις να ανταποκρίνονται καλύτερα στην πραγματικότητα και να μην εξαρτώνται από τις συνθήκες μιας γειτονιάς. Συνήθως εγκαθίστανται σε αεροδρόμια, αλλά μπορεί να υπάρχουν και σε Πανεπιστημιακές ή κτίρια σχολών.

Μετεωρολογικούς κλωβούς φέρουν επίσης πολλά πλοία, κυρίως κρουαζιερόπλοια, μεγάλα πολεμικά πλοία και βεβαίως όλα τα ερευνητικά επιστημονικά πλοία. Οι Μετεωρολογικοί κλωβοί των πλοίων δεν βρίσκονται σε μόνιμη εξωτερική εγκατάσταση. Πριν τη μέτρηση των ενδείξεων μεταφέρονται εκτός στεγασμένου χώρου, κρεμιούνται σε ύψος 2 μέτρων πάνω από το κατάστρωμα, πάντα στη "προσήμεμη πλευρά" (από εκεί που φυσάει), έτσι ώστε να διατηρούν συνεχή κάθετη θέση μη υποκείμενα στους κλυδωνισμούς.



13 Σχήμα 6.2: Μετεωρολογικός κλωβός

### 6.3 Σύγχρονοι μετεωρολογικοί σταθμοί στο εμπόριο

Στο εμπόριο υπάρχουν εκατοντάδες μετεωρολογικοί σταθμοί. Υπάρχουν μετεωρολογικοί σταθμοί για κάποιον που ασχολείται πιο εξειδικευμένα με τον καιρό μέχρι και για κάποιον που απλά θέλει έναν μετεωρολογικό σταθμό για διακόσμηση στο σαλόνι του.

#### Life Wes-300 Μετεωρολογικός Σταθμός

- \* Ψηφιακό θερμομέτρο εσωτερικής και εξωτερικής θερμοκρασίας.
- \* Έγχρωμη ψηφιακή οθόνη LCD 5.7" εντυπωσιακών χρωμάτων.
- \* Εύρος μετρήσιμης εσωτερικής θερμοκρασίας: 0°C - +50°C.
- \* Εύρος μετρήσιμης εξωτερικής θερμοκρασίας: -20°C - +60°C.
- \* Εμφάνιση ημερήσιας κατώτατης/ μέγιστης θερμοκρασίας και υγρασίας (Lo/Hi).
- \* Δυνατότητα επιλογής μονάδας μέτρησης θερμοκρασίας °C ή °F.
- \* Υγρόμετρο εσωτερικού και εξωτερικού χώρου: εύρος μετρήσιμης υγρασίας 20% - 95% RH.
- \* Ένδειξη τάσης θερμοκρασίας και υγρασίας.
- \* Εύρος μετρήσιμης βαρομετρικής πίεσης: 600 hPa / mb - 1100 hPa / mb.
- \* Ένδειξη μετρήσεων της βαρομετρικής πίεσης των τελευταίων 12 ωρών.
- \* Ένδειξη τάσης της βαρομετρικής πίεσης.
- \* Δυνατότητα επιλογής μονάδας μέτρησης βαρομετρικής πίεσης hPa/mb ή mmHg ή inHg.
- \* Πρόγνωση καιρού και ένδειξη με 7 διαφορετικά εικονίδια.
- \* Ειδοποίηση σε περίπτωση παγετού.
- \* Ένδειξη σεληνιακής φάσης.
- \* Ένδειξη ημερομηνίας και ημέρας της εβδομάδας.

- \* Ψηφιακό ρολόι (12/24h).
- \* Λειτουργία αφύπνισης και snooze.
- \* Έγχρωμη οθόνη LCD με οπίσθιο LED φωτισμό.
- \* Ενσωματωμένο stand για επιτραπέζια τοποθέτηση.
- \* Διαστάσεις μονάδας: 164.5 x 124 x 53mm.
- \* Διαστάσεις οθόνης: 120 x 82 mm.
- \* Οθόνη 5.7".
- \* Λειτουργεί με το συμπεριλαμβανόμενο τροφοδοτικό DC 4.5V 200 mAh ή με μπαταρίες 2 x AA (δεν συμπεριλαμβάνονται).
- \* Ασύρματος εξωτερικός αισθητήρας (πομπός).
- \* Συχνότητα μετάδοσης: 433.92MHz.
- \* Εμβέλεια μετάδοσης πομπού: max. 60m.
- \* Δυνατότητα επιτραπέζιας ή επιτοίχιας τοποθέτησης.
- \* Διαστάσεις: 97 x 50 x 32mm.
- \* Λειτουργεί με μπαταρίες: 2 x AA (δεν συμπεριλαμβάνονται).



14 Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός Life WES-300.

#### OEM WA1091

- Εύρος εσωτερικής θερμοκρασίας: 0 ° C έως + 50.0 ° C (32 ° F έως +122 ° F)
- Εύρος υγρασίας: 10% έως 99% (ανάλυση 1%)
- Ένταση βροχής: 0 - 9999mm (εμφάνιση OFL εάν βρίσκεται εκτός εμβέλειας)
- Ανάλυση: 0,3mm (εάν ο όγκος της βροχής <1000mm), 1mm (εάν ο όγκος της βροχής > 1000mm)

- Ταχύτητα ανέμου: 0 ~ 100 μίλι / ώρα (εμφάνιση OFL αν εκτός ζώνης)
- Μέτρηση της πίεσης του αέρα: 27.13inHg - 31.89inHgΑνάλυση: 0.01inHg
- Διάρκεια συναγερμού: 120 δευτερόλεπτα
- Εύρος μετάδοσης μέχρι 100 μέτρα
- Κατανάλωση ρεύματος
- Δέκτης: 2 μπαταρίες AA 1.5V (περιλαμβάνονται στη συσκευασία)
- Αισθητήρας: 2 επαναφορτιζόμενες επαναφορτιζόμενες μπαταρίες 1,5 V (περιλαμβάνονται),
- Συχνότητα μετάδοσης: 433MHz



15 Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός OEM WA1091.

#### TFA 35.1100

- Ασύρματη μετάδοση εξωτερικής θερμοκρασίας μέσω πομπού
- Ένδειξη εσωτερικής θερμοκρασίας
- Εύρος θερμοκρασίας: -40...+60°C (εξωτερική), -10...+50°C (εσωτερική)
- Εύρος υγρασίας: 1...99%

- Μέγιστο εύρος: 100 / 30 μ
- Συχνότητα μετάδοσης: 433MHz
- Πλαστικό
- Ραδιοελεγχόμενο ρολόι
- Επιτοίχιο ή Επιτραπέζιο
- Μπαταρία: 4 x AA 1.5 V, 2 x AA 1.5 V (πομπός), 2 x AA 1.5 V (βροχόμετρο), 2 x AA 1.5 V (μετρητής ανέμου) περιλαμβάνονται
- Διαστάσεις: 260 X 40 X 195 mm
- Βάρος: 876g

Περιεχόμενα συσκευασίας:

- Εξωτερικός ασύρματος αισθητήρας θερμοκρασίας (πομπός)
- Ηλιακός πομπός αιολικής ενέργειας
- Βροχόμετρο
- Σταθμός με οθόνη
- Αντάπτορας



16 Σχήμα 6.3: Ασύρματος μετεωρολογικός σταθμός TFA 351100.

## 7. ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΑ

Με τον όρο αισθητήρες περιγράφονται όλες εκείνες οι συσκευές που μετρούν μια φυσική ποσότητα και τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό -συνήθως- σήμα. Στη βιβλιογραφία εμφανίζονται πολλοί τρόποι κατηγοριοποίησης των αισθητήρων, τρεις από τους οποίους αναφέρονται στη συνέχεια. Ο πρώτος αφορά το τι μπορεί να μετρήσει ένας αισθητήρας με πιο σημαντική διάκριση αυτή μεταξύ των φυσικών και χημικών αισθητήρων. Οι φυσικοί αισθητήρες ελέγχουν φυσικά μεγέθη όπως θέση, μάζα, ρεύμα, χρόνο και σχετικά τους μεγέθη ενώ οι χημικοί ελέγχουν την παρουσία διαφορετικών αερίων σε συγκεκριμένη ατμόσφαιρα. Η δεύτερος τρόπος σχετίζεται με τα υλικά στις φυσικές ιδιότητες των οποίων βασίζεται η λειτουργία του αισθητήρα, με κύριες κατηγορίες τους αισθητήρες με αγώγιμα, ημιαγώγιμα, διηλεκτρικά, μαγνητικά και υπεραγώγιμα υλικά. Τέλος η τρίτος τρόπος κατηγοριοποίησης αναφέρεται στη χρήση του αισθητήρα με σημαντικότερες κατηγορίες τους βιομηχανικούς, τους ιατρικούς, στρατιωτικούς, περιβαλλοντικούς αισθητήρες καθώς και τους αισθητήρες μεταφοράς και αυτοματισμού.

### 7.1 Οι πρώτοι αισθητήρες

Οι πρώτοι αισθητήρες εμφανίζονται μαζί με τα έμβια όντα και αποτελούν όργανα τους. Το μάτι και το αυτί είναι χαρακτηριστικά παραδείγματα: το πρώτο ανιχνεύει ένα μικρό τμήμα του φάσματος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και το δεύτερο ένα μικρό τμήμα του ηχητικού φάσματος, τις «ακουστικές συχνότητες».

Άρα μπορούμε να πούμε ότι Αισθητήρας ονομάζεται η συσκευή ή το όργανο εκείνο που παράγει ένα μετρήσιμο και κατανοητό από τον άνθρωπο, σήμα σε κάθε αλλαγή της τιμής ενός φυσικού μεγέθους. Τέτοια μεγέθη είναι η φωτεινότητα, η θερμοκρασία, η υγρασία και η πίεση του αέρα.

Πολύ αργότερα ο άνθρωπος συνειδητοποιεί ότι χρειάζεται όργανα μέτρησης για να λύσει καθημερινά πρακτικά προβλήματα όπως αυτό της μέτρησης του ανέμου, της θερμοκρασίας ή της υγρασίας. Στη συνέχεια η επιθυμία του ανθρώπου να γνωρίσει τη φύση αλλά και διάφοροι πρακτικοί λόγοι δημιουργούν την ανάγκη μέτρησης περισσότερων φυσικών μεγεθών. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι το πρώτο θερμόμετρο με την τότε ονομασία <θερμοσκόπιο> εμφανίζεται το 1585. Το θερμοσκόπιο ουσιαστικά είναι μία συσκευή, με την

οποία η μεταβολή του όγκου ενός σώματος δείχνει την ύπαρξη και το σημείο μίας μεταβολής στη θερμοκρασία του σώματος ή δηλώνει μία διαφορά θερμοκρασιών, είναι όμως αδύνατον να δώσει το ακριβές μέγεθος μίας θερμοκρασίας. Πρόκειται για συσκευή ανάλογη με το διαφορικό θερμόμετρο, διαφέρει όμως από αυτό κατά την απλότητα της κατασκευής (δεν έχει θερμομετρική κλίμακα).



17 Σχήμα 7.1: Θερμοσκόπιο του 1585

## 7.2 Κατηγορίες αισθητήρων

Οι αισθητήρες διακρίνονται βασικά σε δύο κατηγορίες αναλόγως το είδος του ηλεκτρικού σήματος που παρέχουν στην έξοδο τους :

- Αισθητήρια αναλογικής εξόδου: Το σήμα στην έξοδο είναι αναλογικό (analog) με την έννοια του συνεχούς . Το μέγεθος της μετρούμενης μεταβλητής είναι ανάλογο του πλάτους της τάσης που δίδει το αισθητήριο. Βασικό τους μειονέκτημα είναι το γεγονός ότι η το ηλεκτρικό σήμα που δίδουν μπορεί να αλλοιωθεί από τον (ηλεκτρικό) θόρυβο (παράσιτα). Έτσι θα έχουμε σφάλμα στη μέτρηση. Σε ένα βιομηχανικό περιβάλλον τέτοιοι ηλεκτρικοί θόρυβοι είναι αναπόφευκτοι.

- Αισθητήρια ψηφιακής εξόδου: Το σήμα στην έξοδο είναι ψηφιακό δηλαδή παίρνει διακριτές τιμές . Η πληροφορία για το μέγεθος του μετρούμενου μεγέθους είναι υπό μορφή δυαδικού αριθμού ή σειράς παλμών. Στη περίπτωση αυτή η μέτρηση δεν αλλοιώνεται τόσο εύκολα. Η πληροφορία εδώ δεν είναι στο πλάτος της τάσης άρα ακόμη κι αν αυτό αλλοιωθεί λίγο η πληροφορία μπορεί να διατηρείται όπως θα δούμε κατά τη ανάλυση σχετικών οργάνων.

Στη συνέχεια του κεφαλαίου θα αναφερθούμε συνοπτικά σε διάφορες κατηγορίες αισθητηρίων Θα συζητηθούν μόνο μερικοί αντιπροσωπευτικοί τύποι από κάθε κατηγορία.

### • Παθητικοί και ενεργητικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες κατηγοριοποιούνται σε παθητικούς (passive) και ενεργούς (active). Οι παθητικοί αισθητήρες παράγουν ένα ηλεκτρικό σήμα ως απόκριση σε κάποιο ερέθισμα χωρίς να απαιτούν ηλεκτρική ισχύ, μετατρέποντας την ενέργεια του εισερχόμενου ερεθίσματος στην μορφή του εξερχόμενου σήματος. Τέτοιου είδους αισθητήρες είναι ο πιεζοηλεκτρικός αισθητήρας και η φωτοδίοδος. Σε αντίθεση με τους παθητικούς, οι ενεργοί αισθητήρες προκειμένου να παράγουν το σήμα εξόδου απαιτούν κατανάλωση ενέργειας η οποία προέρχεται από εξωτερική πηγή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο αισθητήρας θερμοκρασίας LM135 ο οποίος απαιτεί τάση τροφοδοσίας για τη λειτουργία του.

### • Απόλυτοι και σχετικοί αισθητήρες

Οι αισθητήρες διαχωρίζονται επίσης σε απόλυτους και σχετικούς. Το κριτήριο αποτελεί την αναφορά της μέτρησης του αισθητήρα σε κάποια κλίμακα, δηλαδή, απόλυτος χαρακτηρίζεται ο αισθητήρας του οποίου το σήμα παραγωγής αναφέρετε σε μια απόλυτη φυσική κλίμακα που είναι ανεξάρτητη από τις συνθήκες μέτρησης όπως στην περίπτωση ενός μέτρηση της πίεσης με αναφορά το κενό. Σχετικός αισθητήρας χαρακτηρίζεται εκείνος ο οποίος παράγει σήμα που αναφέρεται σε μια ειδική κλίμακα τιμών όπως στην περίπτωση του μανομέτρου.

### • Αισθητήρες γωνιακής και γραμμικής μετατόπισης

Γραμμική μετατόπιση είναι η μετατόπιση ενός σημείου ως προς άλλο κατά μήκος κάποιας ευθείας. Γωνιακή μετατόπιση είναι η γωνία που διαγράφει μια ευθεία όταν περιστρέψετε γύρω από κάποιον άξονα περιστροφής.

### • Μαγνητικά αισθητήρια

Η λειτουργία των αισθητηρίων αυτών βασίζεται στην αλλαγή ενός μαγνητικού πεδίου που δημιουργεί ένας μαγνήτης, προσαρμοσμένος στο κινούμενο αντικείμενο. Η μεταβολή αυτή καταγράφεται από το αισθητήριο και μετατρέπεται σε τάση. Το απλούστερο μαγνητικό αισθητήριο είναι ένας μαγνητικός διακόπτης. Αποτελείται από ένα ζευγάρι κλειστών επαφών, που αλλάζουν κατάσταση όταν το αισθητήριο αλληλοεπιδράσει με ένα μαγνητικό πεδίο. Κυριότερη εφαρμογή τους είναι στα συστήματα ασφαλείας. Ένας τέτοιος διακόπτης ενεργοποιείται όταν ένας μαγνήτης τον πλησιάσει περίπου 5mm και απενεργοποιείται όταν ο μαγνήτης απομακρυνθεί στα 10-15mm.



18 Σχήμα 7.7: Μαγνητικό αισθητήριο σε σύστημα ασφαλείας

### • Αισθητήρια ταχύτητας

Η μέτρηση πραγματοποιείται με την ανίχνευση της μετατόπισης ενός αντικειμένου μέσα σε ένα χρονικό διάστημα. Η ανίχνευση αυτή μπορεί να γίνει οπτικά ή με ανιχνευτή αντικειμένου. Οπτικά η ανίχνευση γίνεται με τη διακοπή ή την ανάκλαση μιας φωτεινής δέσμης επάνω στο αντικείμενο. Οι ανιχνευτές αντικειμένου λειτουργούν ανιχνεύοντας τη μεταβολή που δημιουργείται, σε κάποιο μέγεθος όταν ένα αντικείμενο βρεθεί μέσα στην ενεργό περιοχή του ανιχνευτή. Σ' αυτή τη μέθοδο υπάγονται και οι κάθε μορφής μηχανικοί καταμετρητές οι οποίοι χρησιμοποιούνται για την καταμέτρηση οπτικών ή μαγνητικών παλμών.

### • Αισθητήρες επιτάχυνσης

Στην απλούστερη περίπτωση, ένας αισθητήρας επιτάχυνσης αποτελείται από μία μάζα που συν αρμολογείται πάνω σε σπειροειδή ελατήρια με τέτοιο τρόπο ώστε η μάζα να μπορεί να μετακινηθεί σε μία διεύθυνση. Αν υπάρξει επιτάχυνση  $a$  σε αυτή την διεύθυνση, η μάζα  $m$  μετακινείται κατά απόσταση  $x$ . Αυτή η αλλαγή στη θέση μπορεί να μετρηθεί μέσω διαφόρων μεθόδων και έτσι μπορούμε να έχουμε την τιμή της τρέχουσας επιτάχυνσης.

### • Αισθητήρες δύναμης παραμόρφωσης

Σε όλες τις πρακτικές εφαρμογές η μέτρηση της δύναμης γίνεται έμμεσα - μετρώντας δηλαδή την παραμόρφωση την οποία αυτή προκαλεί όταν επενεργεί σε κατάλληλα διαλεγμένα μηχανικά στοιχεία (μια ράβδος ή ένα διάφραγμα ή ένα ελατήριο) . Η παραμόρφωση - που όταν είναι μικρή είναι σύμφωνα με τον νόμο του Hook ανάλογη της δύναμης - μετριέται στη συνέχεια με κάποιο αισθητήριο θέσης ή παραμόρφωσης. Συνήθως χρησιμοποιείται το μηκυσιόμετρο ή μετρητής παραμόρφωσης (strain gauge) σπανιότερα δε το LVDT.

Το πρόβλημα που αντιμετωπίζουμε όταν πρόκειται να μετρήσουμε δύναμη με τον παραπάνω τρόπο, είναι ότι το μέγεθος των παραμορφώσεων είναι απειροελάχιστο - της τάξης μεγέθους μερικών μικρών πολύ συχνά . Γι' αυτόν ακριβώς τον λόγο έχουν αναπτυχθεί ειδικές διατάξεις μέτρησης των παραμορφώσεων . Ας σημειωθεί εδώ ότι παραμορφώσεις χρειάζεται να μετρά κανείς και σε άλλες περιπτώσεις ανεξάρτητα από μέτρηση δύναμης : Για μετρήσεις παραμορφώσεων σε φέρουσες κατασκευές προκειμένου να διαπιστώσει την αντοχή τους (γέφυρες, μεγάλους γερανούς ..)

Ο πιο γνωστός αισθητήρας παραμόρφωσης είναι το μηκυσιόμετρο ενσωματωμένου συρματίδιου (bonded wire strain gauge) . Η λειτουργία του στηρίζεται στο γεγονός ότι η ηλεκτρική αντίσταση ενός συρματίδιου εξαρτάται εκτός των άλλων και από το μήκος και από τη διατομή του . Όταν το συρματίδιο παραμορφώνεται υπό την επίδραση κάποιας δύναμης, τότε μεταβάλλεται και το μήκος και η διατομή του, άρα και η ηλεκτρική του αντίσταση.

### • Αισθητήρες θερμοκρασίας

Δεν υπάρχει ίσως άλλη κατηγορία αισθητηρίων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία, για την οποία να υπάρχει τόση ποικιλία οργάνων σε σχετικά χαμηλές τιμές, όσο αυτή των αισθητηρίων θερμοκρασίας . Ο έλεγχος της θερμοκρασίας είναι επιθυμητός σε πλείστες όσες εφαρμογές και γι' αυτό θα προσπαθήσουμε να δώσουμε μια εικόνα του φάσματος των οργάνων που χρησιμοποιούνται για την μέτρηση της. Οι περισσότεροι αισθητήρες θερμοκρασίας λειτουργούν εκμεταλλευόμενοι δύο φυσικά φαινόμενα: την αλλαγή των

φυσικών διαστάσεων του αισθητήρα λόγω θερμικής διαστολής και την αλλαγή μερικών ηλεκτρικών ιδιοτήτων του όταν αλλάζει η θερμοκρασία περιβάλλοντος.

#### • **Θερμόμετρα υγρού**

Είναι τα αρχαιότερα θερμόμετρα που όμως και σήμερα χρησιμοποιούνται σε πολλές εφαρμογές λόγω κυρίως του χαμηλού κόστους τους . Δεν κρίνεται σκόπιμο να αναλυθεί η λειτουργία τους μιας και αυτή είναι απλή αλλά και αρκετά γνωστή.

Το πρόβλημα με τα θερμόμετρα υγρού είναι ότι δεν μπορούν εύκολα να χρησιμοποιηθούν σαν αισθητήρια σε ένα σύστημα αυτομάτου ελέγχου ούτε να δώσουν τη μέτρηση σε Η/Υ, παρά το ότι έχουν γίνει προσπάθειες και υπάρχουν κάποιοι τύποι κατάλληλοι γι' αυτό το σκοπό.

#### • **Αισθητήρια θερμοκρασίας διμεταλλικού τύπου**

Η δεύτερη αυτή κατηγορία αισθητηρίων θερμοκρασίας, στηρίζουν την λειτουργία τους στο φυσικό φαινόμενο της διαστολής των μετάλλων . Πιο συγκεκριμένα στην ιδιότητα ενός διμεταλλικού ελάσματος - έλασμα αποτελούμενο από δύο συγκολλημένα μεταξύ τους ελάσματα - να κάμπτεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Τα ελάσματα πρέπει να είναι από υλικά με διαφορετικούς συντελεστές θερμικής διαστολής και η κάμψη οφείλεται ακριβώς σ' αυτή την ανισορροπία του διμεταλλικού ελάσματος όσον αφορά την διαστολή του.

Όταν το ένα άκρο του ελάσματος είναι σταθερά τοποθετημένο, τότε το άλλο μετακινείται, και η θέση του είναι ένδειξη της θερμοκρασίας. Είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε κάποιο αισθητήριο θέσης στη συνέχεια και να πάρουμε ένα ηλεκτρικό σήμα ανάλογο (υπό συνθήκες) της θερμοκρασίας. Τέτοια αισθητήρια κυκλοφορούν ευρέως λόγω κυρίως του μικρού τους κόστους και της απλότητας τους.

Υπάρχουν διάφορες παραλλαγές στη βασική χρήση του διμεταλλικού ελάσματος. Στην πιο ενδιαφέρουσα απ' αυτές, το διμεταλλικό έλασμα χρησιμοποιείται σαν επαφή που ανοίγει ή κλείνει κάποιο ηλεκτρικό κύκλωμα. Η συσκευή τότε είναι ο γνωστός μας από την πλατιά χρήση του θερμοστάτης. Θερμοστάτες χρησιμοποιούνται σε οικιακές συσκευές (σίδηρο, τостιέρα), για τον έλεγχο της κεντρικής θέρμανσης, αλλά και σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές όταν είναι επιθυμητός έλεγχος θερμοκρασίας δύο θέσεων (ON-OFF).

#### • **Θερμόμετρα ηλεκτρικής αντίστασης**

Η κατηγορία αυτή των αισθητηρίων θερμότητας βασίζεται στο φαινόμενο της μεταβολής της ηλεκτρικής αντίστασης των μετάλλων και των ημιαγωγών όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία.

Το απλούστερο από τα παραπάνω αισθητήρια αποτελείται από ένα λεπτό σύρμα από χαλκό ή νικέλιο ή πλατίνα που αφού πάρει κατάλληλο σχήμα - συνήθως μαιάνδρου - κλείνεται σε ένα προστατευτικό περίβλημα.

Το παραπάνω αισθητήριο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την μέτρηση της θερμοκρασίας ενός υγρού ή αερίου - οπότε απλώς εμβαπτίζεται στο ρευστό - είτε για την μέτρηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας των στερεών - οπότε το αισθητήριο έχει τη μορφή λεπτού φιλμ και επικολλάται στην επιφάνεια της οποίας επιθυμούμε να μετρήσουμε την θερμοκρασία.

Η μέτρηση συνεχώς της θερμοκρασίας ανάγεται και πάλι σε μέτρηση μικρών μεταβολών ηλεκτρικής αντίστασης - όπως και στη περίπτωση της παραμόρφωσης. Μια άλλη κατηγορία θερμομέτρων αντίστασης είναι τα θερμίστορς (thermistors) . Αυτά σε αντίθεση με τα προηγούμενα που χρησιμοποιούν μεταλλικό στοιχείο αντίστασης, διαθέτουν ημιαγωγό τέτοιο στοιχείο . Το πλεονέκτημα τους είναι η μεγάλη ευαισθησία σε μεταβολές της θερμοκρασίας .Σε αντίθεση με τους μεταλλικούς αγωγούς, παρουσιάζουν μείωση της αντίστασης με την αύξηση της θερμοκρασίας . Συνηθισμένα θερμίστορς έχουν αντίσταση της τάξης των 100 Ω σε υψηλές θερμοκρασίες και εκατοντάδες megaohms σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Τα θερμίστορς χρησιμοποιούνται σε όλο και περισσότερες εφαρμογές καθώς το κόστος τους πέφτει και η αξιοπιστία τους ανεβαίνει.

#### • Θερμοστοιχεία

Ένα άλλο αισθητήριο θερμοκρασίας είναι το θερμοστοιχείο του οποίου η αρχή λειτουργίας είναι γνωστή από παλιά και είναι το θερμοηλεκτρικό φαινόμενο : Όταν δύο συρματίδια από διαφορετικά υλικά ενώνονται σε δύο διαφορετικά σημεία (επαφές) έτσι που να σχηματίζεται βρόχος μεταξύ των επαφών αυτές δε έχουν διαφορετική θερμοκρασία, αναπτύσσεται τάση μεταξύ τους που είναι ευθέως ανάλογη της διαφοράς θερμοκρασίας τους.

Οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι της τάξης των μιλιβόλτς (mV) και συνεχώς απαιτούνται ευαίσθητα ηλεκτρονικά για τη σωστή μέτρηση τους . Ακόμη για να είναι δυνατή η μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει να υπάρχει μια άλλη θερμοκρασία αναφοράς - αφού το θερμοστοιχείο μόνο διαφορές θερμοκρασίας αντιλαμβάνεται . Η θερμοκρασία αυτή - που συνήθως είναι το 0ο - προσομοιώνεται ηλεκτρονικά . Αυτό σημαίνει ότι το ηλεκτρονικό κύκλωμα του αισθητηρίου παράγει την τάση που θα παρήγαγε η κρύα επαφή.

#### • Αισθητήρια πίεσεως

Επειδή η πίεση ορίζεται σαν η εξασκούμενη σε μια επιφάνεια δύναμη δια της επιφάνειας αυτής, καταλαβαίνει κανείς ότι είναι δυνατόν να μετρηθεί η πίεση αν μετρηθεί η δύναμη που εξασκεί αυτή πάνω σε μια γνωστή επιφάνεια . Έτσι τα περισσότερα αισθητήρια πίεσης χρησιμοποιούνται κατά βάση κάποιο αισθητήριο δύναμης.

#### • Αισθητήρια στάθμης υγρού

Σε πάρα πολλές εφαρμογές στην βιομηχανία είναι επιθυμητό να παρακολουθούμε την στάθμη σε δοχεία υγρών. Για το σκοπό αυτό υπάρχουν διαφόρων ειδών αισθητήρια στάθμης . Τα περισσότερα απ' αυτά χρησιμοποιούν κάποιο πλωτήρα σε συνδυασμό με ένα αισθητήριο γραμμικής ή γωνιακής θέσης . Ακόμη υπάρχει η δυνατότητα μέτρησης της στάθμης, μετρώντας την πίεση στον πυθμένα του δοχείου - η τελευταία πάντως μέτρηση δεν έχει καλή ακρίβεια.

#### • Αισθητήρια ροής

Το απλούστερο από τα αισθητήρια της κατηγορίας αυτής είναι το κοινό όργανο μέτρησης της κατανάλωσης νερού που χρησιμοποιείται στα σπίτια μας . Μετράει ποσότητα υγρού και όχι ροή (ποσότητα ανά μονάδα χρόνου) και χρησιμοποιεί για τον σκοπό αυτό περιστρεφόμενο δίσκο που εγκλωβίζει στο περίβλημα του οργάνου ποσότητα υγρού και την οδηγεί στην έξοδο . Έτσι οι περιστροφές του δίσκου αντιστοιχούν σε καθορισμένη ποσότητα υγρού.

Μια άλλη ομάδα αισθητηρίων ροής χρησιμοποιούν στην ουσία ένα σωλήνα Ventouri για την μέτρηση . Όπως είναι γνωστό όταν ο σωλήνας ροής στενεύει η πίεση πέφτει και η πτώση πίεσης είναι ανάλογη (υπό συνθήκες) της παροχής.

Μια τρίτη ομάδα τέτοιων αισθητηρίων χρησιμοποιεί ένα μικροσκοπικό στρόβιλο . Όταν η ροή περάσει μέσα από το αισθητήριο, ο στρόβιλος περιστρέφεται με ταχύτητα που (υπό συνθήκες) είναι ανάλογη της παροχής . Στη συνέχεια βέβαια απαιτείται αισθητήριο ταχύτητας.

Τα αισθητήρια ροής που περιγράψαμε έχουν το κοινό χαρακτηριστικό ότι πρέπει να παρεμβληθούν εν σειρά στο κύκλωμα του οποίου μετριέται η παροχή.

Πρόσφατα αναπτύχθηκαν αισθητήρια τα οποία δεν απαιτούν κάτι τέτοιο . Αυτά χρησιμοποιούν ένα πομπό και ένα δέκτη υπερήχων και η λειτουργία τους βασίζεται στο ότι η ταχύτητα διάδοσης του υπερήχου σε ένα υγρό εξαρτάται εκτός των άλλων και από την ταχύτητα του υγρού.

### • **Αισθητήρια υγρασίας**

Οι αισθητήρες υγρασίας ή υγρόμετρα είναι διατάξεις που χρησιμοποιούνται για να μετρούν τη σχετική υγρασία του περιβάλλοντα αέρα ή του κινούμενου αέρα. Η αρχή λειτουργίας τους μπορεί να βασίζεται σε μηχανικές ή ηλεκτρικές αρχές.

Τα μηχανικά υγρόμετρα λειτουργούν βασιζόμενα στην αρχή ότι ένα υγροσκοπικό υλικό(υλικό που έχει την ικανότητα να απορροφά νερό), διαστελλεται όταν εκτίθεται σε υγρασία. Η διαστολή αυτή με μηχανικό τρόπο μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση που είναι ανάλογη της σχετικής υγρασίας του χώρου όπου βρίσκεται τοποθετημένος ο αισθητήρας. Τα μηχανικά υγρόμετρα χρησιμοποιούν οργανικά ή συνθετικά υγροσκοπικά υλικά(ξύλο, χαρτί, νάιλον, κλπ).

Τα ηλεκτρικά υγρόμετρα χρησιμοποιούν την αλλαγή ορισμένων ηλεκτρικών ιδιοτήτων των υγροσκοπικών υλικών όπως αντίσταση, χωρητικότητα ή συχνότητα για να μετρήσουν τη σχετική υγρασία. Οι κατηγορίες των ηλεκτρικών υγρομέτρων είναι :

- **Τα ωμικά υγρόμετρα ή υγρόμετρα αντίστασης.** Αποτελούνται από ένα στρώμα υγροσκοπικού υλικού (συνήθως σκόνη άνθρακα) τοποθετημένο ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια. Όταν το υγροσκοπικό υλικό απορροφά ή απελευθερώνει υγρασία η ηλεκτρική του αντίσταση αλλάζει. Η αλλαγή αυτή ανιχνεύεται από κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα και μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση που είναι ανάλογη της σχετικής υγρασίας.

- **Τα χωρικά υγρόμετρα.** Αποτελούνται από δύο αγώγιμες μεταλλικές πλάκες μεταξύ των οποίων υπάρχει υγροσκοπικό υλικό (πολυμερές πλαστικό). Όταν το υγροσκοπικό υλικό απορροφά υγρασία η χωρητικότητα μεταξύ των δύο πλακών μειώνεται. Η μείωση της χωρητικότητας ανιχνεύεται από κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα και μετατρέπεται σε ηλεκτρική τάση που είναι ανάλογη της σχετικής υγρασίας.

- **Τα κρυσταλλικά υγρόμετρα.** Χρησιμοποιούν κρυστάλλους επικαλυμμένους με υγροσκοπικό υλικό. Ο κρύσταλλος διεγείρεται από κατάλληλα ηλεκτρονικά κυκλώματα και παράγει ταλαντώσεις σταθερής συχνότητας. Όταν το υγροσκοπικό υλικό απορροφήσει υγρασία τότε αλλάζει η συνολική μάζα κρυστάλλου και υγροσκοπικού υλικού με αποτέλεσμα να αλλάζει και η συχνότητα ταλάντωσης του κρυστάλλου. Η αλλαγή της συχνότητας είναι ανάλογη με τη σχετική υγρασία.

## • Αισθητήρια βροχής

Ένας αισθητήρας βροχής είναι μια συσκευή που ενεργοποιείται σε περίπτωση βροχόπτωσης. Τέτοιες συσκευές μπορεί να έχουν πολλές εφαρμογές. Ορισμένες από αυτές είναι να τερματίζουν ένα σύστημα σε περίπτωση βροχής ή να ενεργοποιούν τους υαλοκαθαριστήρες αν αναφερόμαστε σε αυτοκίνητο. Πιο συγκεκριμένα για τον αισθητήρα βροχής του αυτοκινήτου η λειτουργία του είναι στη σύλληψη αρκετά απλή. Ένα αγώγιμο LED εκπέμπει φωτεινή δέσμη προς το παρμπρίζ με τέτοιο τρόπο ώστε όταν δεν υπάρχει υγρασία η ένταση της ακτινοβολίας να αντανακλάται πάνω σε ένα φωτοαισθητήρα. Όταν στο παρμπρίζ πέσουν οι πρώτες σταγόνες νερού ή σε περίπτωση υγρασίας τότε μεταβάλλεται το μέγεθος της αντανάκλασης. Όσο περισσότερο νερό υπάρχει πάνω στο παρμπρίζ τόσο μικρότερη είναι η ένταση της αντανάκλασης, τόσο πιο γρήγορα κινούνται οι υαλοκαθαριστήρες. Πιο μοντέρνοι αισθητήρες βροχής χρησιμοποιούν υπέρυθρες δέσμες αντί για φυσικό φως δίνοντας τη δυνατότητα της τοποθέτησης του αισθητήρα σε σημεία του παρμπρίζ που δεν είναι ορατά από έξω. Οι αισθητήρες βροχής μπορούν να συνεργαστούν με τα ηλεκτρικά παράθυρα και την ηλιοροφή ώστε να κλείνουν αυτόματα σε περίπτωση βροχόπτωσης.

Ακόμα ένας τρόπος και μάλλον, φθηνότερος από τον προηγούμενο, για την αίσθηση της βροχής είναι χρησιμοποιώντας μια αντίσταση σεβαστού μεγέθους και ικανή να αλλάζει την τιμή της ανάλογα με τον αν έρχεται σε επαφή με νερό βροχής ή όχι. Αυτήν την αρχή ακολουθεί και ο αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε στο σύστημα.

## 8. ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ

Όταν ένας μικροεπεξεργαστής, μαζί με τα απαραίτητα κυκλώματα υποστήριξης (περιφερειακές μονάδες εισόδου-εξόδου και μνήμη προγράμματος και δεδομένων), τοποθετηθούν μαζί στο ίδιο υλικό, έτσι ώστε να σχηματίσουν έναν στοιχειώδη υπολογιστή, ειδικότερα σε εφαρμογές ελέγχου και λήψης δεδομένων, η διάταξη που προκύπτει καλείται μικροϋπολογιστής. Όταν όλες οι παραπάνω διακριτές μονάδες που αποτελούν έναν μικροϋπολογιστή τοποθετηθούν μέσα στο σώμα του ίδιου ολοκληρωμένου κυκλώματος (chip), η διάταξη που προκύπτει καλείται μικροελεγκτής.

Ο όρος μικροελεγκτής αναφέρεται σε ένα ολοκληρωμένο κύκλωμα με ενσωματωμένες περιφερειακές μονάδες (θύρες, χρονιστές, σειριακές θύρες επικοινωνίας, κ.λπ.) και μονάδες μνήμης, εκτός από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU).

Επομένως, διαπιστώνουμε ότι οι μικροελεγκτές αποτελούν την 'καρδιά' πολλών καθημερινών συσκευών. Κάθε μικροελεγκτής περιέχει μέσα σε ένα και μοναδικό ολοκληρωμένο κύκλωμα τα παρακάτω συστατικά:

- Μονάδα κεντρικής επεξεργασίας(CPU): Η 'καρδιά' ενός μικροελεγκτή.

- Μνήμη προγράμματος: Εδώ αποθηκεύονται οι εντολές που σχηματίζουν τον κορμό του προγράμματος(EEPROM,EPROM,ROM,Flash).
- Μνήμη RAM: Μνήμη τυχαίας προσπέλασης.
- Ταλαντωτής χρονισμού: Ο ρυθμός εκτέλεσης του προγράμματος.
- Σύστημα επανατοποθέτησης και Κύκλωμα ανίχνευσης βυθίσεων τάσης: Με το πρώτο υλοποιείται μηδενισμός(reset) ενώ στον δεύτερο διαπιστωθεί βύθιση τάσης θέτει τον μικροελεγκτή σε λειτουργία επανατοποθέτησης.
- Σειριακή θύρα επικοινωνίας: Ασύγχρονη σειριακή θύρα και Σύγχρονη σειριακή θύρα.
- Ψηφιακή θύρα εισόδου-εξόδου: Ανταλλαγή δεδομένων από και προς το εξωτερικό περιβάλλον με την μορφή ενός bit τη φορά.
- Αναλογική θύρα εισόδου-εξόδου: Μετατροπείς αναλογικού σήματος σε ψηφιακό, χρησιμοποιούνται για την ανάγνωση δεδομένων από αισθητήρες (θερμοκρασίας, κ.ά.). Μετατροπείς ψηφιακού σήματος σε αναλογικό, χρησιμοποιούνται για την οδήγηση κινητήρων, αναπαραγωγή σημάτων ήχου, κ.α.
- Χρονιστής επιτήρησης: Αποφυγή πιθανής κατάρρευσης του συστήματος.
- Ρολόι πραγματικού χρόνου: Σηματοδότηση συγκεκριμένων γεγονότων βάση την τρέχουσα ώρα (RTC)

Επίσης, αποτελείται και από τα εξής στοιχεία:

- έναν αριθμό από καταχωρητές ειδικού σκοπού (συσσωρευτή, καταχωρητή κατάστασης, μετρητή προγράμματος, καταχωρητή εντολών, καταχωρητή δείκτη).
- εσωτερικούς χρονιστές - απαριθμητές.
- αριθμητική και λογική μονάδα (ALU).
- μονάδα αποκωδικοποίησης εντολών.

Μια συγκεκριμένη οικογένεια μικροελεγκτών προσδιορίζει ένα σύνολο πολλών διαφορετικών μικροελεγκτών, οι οποίοι διαθέτουν τον ίδιο πυρήνα αλλά κάθε ένας από αυτούς διατίθεται σε διαφορετική συσκευασία, περιλαμβάνει διαφορετικές περιφερειακές μονάδες, λειτουργεί σε διαφορετικές ταχύτητες, κ.λπ.

Οι μικροελεγκτές βρίσκουν εφαρμογή στα παρακάτω πεδία:

- Σε συστήματα αυτοματισμών
- Σε κυκλώματα τηλεπικοινωνιών
- Στις ηλεκτρονικές συσκευές
- Στις ηλεκτρικές συσκευές
- Σε συστήματα τηλεματικής
- Σε συστήματα συλλογής δεδομένων (Data Acquisition)

- Σε εφαρμογές ηλεκτρονικών ισχύος
- Σε συστήματα διασύνδεσης

Σε εφαρμογές δικτύων

Γενικότερα οι μικροελεγκτές χρησιμοποιούνται οπουδήποτε απαιτείται έλεγχος συστημάτων. Υπάρχουν δεκάδες εταιρείες παγκοσμίως που κατασκευάζουν μικροελεγκτές. Οι πιο διαδεδομένες είναι:

- Microchip, [www.microchip.com](http://www.microchip.com)
- Atmel, [www.atmel.com](http://www.atmel.com)
- Texas Instruments, [www.ti.com](http://www.ti.com)
- Freescale (πρώην Motorola), [www.freescale.com](http://www.freescale.com)
- Intel, [www.intel.com](http://www.intel.com)
- Analog Devices, [www.analog.com](http://www.analog.com)

Οι περισσότερες εταιρείες παράγουν μεγάλη γκάμα μικροελεγκτών. Από πολύ μικρούς και φθηνούς για απλές εφαρμογές έως ιδιαίτερα προηγμένους για πολύ απαιτητικές εφαρμογές.

## 8.1 Κατηγορίες μικροελεγκτών

Η ταξινόμηση των μικροελεγκτών μπορεί να γίνει με κριτήρια όπως, το εύρος διαύλου, το σετ εντολών, την αρχιτεκτονική μνήμης, την γλώσσα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται κ.ά.

### • Μικροελεγκτές 8,16 και 32-bit

Μία μνήμη αποτελείται από  $m$  λέξεις των  $k$  bit, αυτές οι λέξεις θα πρέπει να διευθυνσιοδοτηθούν ώστε να διαβάσει στην έξοδο δεδομένων της μνήμης, τη λέξη. Τα σήματα εισόδου διευθύνσεων  $\log_2(m)$  είναι απαραίτητα για καθορίσουν μι συγκεκριμένη λέξη. Όσες περισσότερες γραμμές διευθύνσεων έχει ένας δίαυλος, τόσο περισσότερη μνήμη μπορεί να προσπελάσει άμεσα ο μικροεπεξεργαστής. Αν ο δίαυλος έχει  $n$  γραμμές διευθύνσεων, τότε ο μικροεπεξεργαστής μπορεί να τον χρησιμοποιήσει για να απευθύνεται σε  $2^n$  διαφορετικές διευθύνσεις μνήμης. Για να μπορούν να χρησιμοποιηθούν μεγάλες μνήμες, οι δίαυλοι χρειάζεται να έχουν πολλές γραμμές διευθύνσεων. Σύμφωνα με το εύρος του διαύλου διακρίνονται σε μικροελεγκτές των 8, 16 και 32-bit αντίστοιχα.

Μικροελεγκτής 8-bit: Όταν το εύρος του διαύλου είναι 8-bit και η μονάδα αριθμητικής λογικής (ALU) εκτελεί τις αριθμητικές και λογικές πράξεις σε ένα Byte (8 bit), τότε ο μικροελεγκτής ονομάζεται μικροελεγκτής 8-bit, όπως ο ATmega 328, ο Intel 8031/8051 και η σειρά MC68HC11 της Motorola.

Μικροελεγκτής 16-bit: Χαρακτηρίζεται από μεγάλη ακρίβεια και καλή απόδοση. Όταν το εύρος του διαύλου είναι 16-bit και η μονάδα αριθμητικής λογικής εκτελεί αριθμητικές και λογικές πράξεις μίας λέξης (16-bit) σε μία εντολή, τότε ο μικροελεγκτής ονομάζεται μικροελεγκτής 16-bit. Για παράδειγμα ένας μικροελεγκτής 8-bit μπορεί να προσπελάσει 2<sup>8</sup>

θέσεις μνήμης, καταλήγοντας σε συνολικό εύρος 0x00 –0xFF (0-255) για κάθε κύκλο. Αντίθετα, ένας μικροελεγκτής με μέγεθος 16-bit έχει εύρος 216 , δηλαδή 0x0000 – 0xFFFF (0-65535) ανά κύκλο. Παραδείγματα μικροελεγκτών 16-bit είναι το 8051XA, PIC2X, ο Intel8096, η σειρά MC68HC12 της Motorola.

Μικροελεγκτής 32-bit: Οι εντολές των 32-bit εκτελούν αριθμητικές και λογικές πράξεις. Είναι πιο βελτιωμένοι στην απόδοση και στην ακρίβεια. Χρησιμοποιούνται από συσκευές αυτόματου ελέγχου, όπως σε εφαρμογές συστημάτων ελέγχου ενός κινητήρα, σε μηχανές γραφείου, σε κινητά τηλέφωνα, ηχοσυστήματα MP3, αεροδιαστημικά συστήματα κ.α. Παραδείγματα μικροελεγκτών 32-bit, είναι η σειρά 32-bit AVR UC3 της Atmel, το PIC3x, το Motorola M683xx και η οικογένεια ARM 7, 9 και 11.

### • Μικροελεγκτές Εσωτερικής και Εξωτερικής Μνήμης

Η μνήμη στους μικροελεγκτές μπορεί να διακριθεί σε εσωτερική και εξωτερική μνήμη. Τα ενσωματωμένα συστήματα που έχουν μία μονάδα μικροελεγκτή και όλα τα λειτουργικά τμήματα όπως η μνήμη για την αποθήκευση των δεδομένων αλλά και του προγράμματος διαθέσιμα σε ένα τσιπ, ονομάζονται μικροελεγκτές εσωτερικής μνήμης. Για παράδειγμα, ο 8051 έχει την μνήμη των δεδομένων και του προγράμματος, τις εισόδους και εξόδους, τη σειριακή επικοινωνία, τους μετρητές και timers και την ICL (Interrupt Control Logic) όλα σε ένα chip.

Ενσωματωμένα συστήματα που έχουν μία μονάδα μικροελεγκτή που δεν έχει όλα τα διαθέσιμα λειτουργικά τμήματα σε ένα chip, ονομάζεται μικροελεγκτής με εξωτερική μνήμη. Σε αυτούς, το σύνολο ή κάποιο μέρος των μονάδων μνήμης τους είναι διασυνδεδεμένα εξωτερικά χρησιμοποιώντας το λεγόμενο «glue Circuit». Για παράδειγμα ο 8031 που δεν έχει ενσωματωμένη μνήμη για την αποθήκευση του προγράμματος, είναι μικροελεγκτής εξωτερικής μνήμης.

### • Αρχιτεκτονική Von Neumann και Harvard

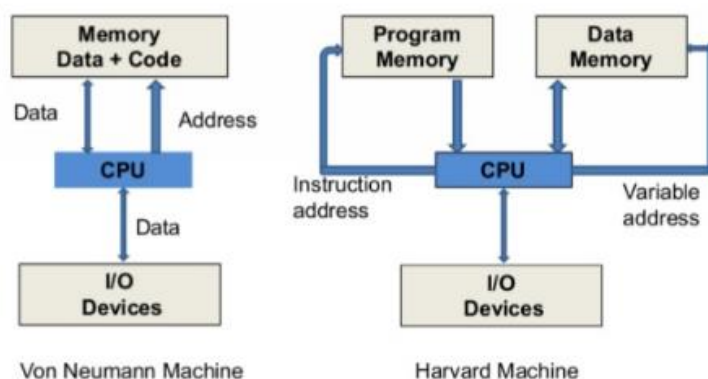
Οι δύο αρχιτεκτονικές μικροελεγκτών είναι η Von Neumann και η Harvard, οι οποίες χρησιμοποιούν κοινή και ξεχωριστή μνήμη προγράμματος και δεδομένων αντίστοιχα.

Στην αρχιτεκτονική του Von Neumann διατίθεται μία κοινή μνήμη για την καταχώρηση των εντολών προγράμματος και δεδομένων, ενώ στην αρχιτεκτονική Harvard η κεντρική μονάδα επεξεργασίας ανακτά τις εντολές από τη μνήμη του προγράμματος και ανακτά ή καταχωρεί τα δεδομένα από τη μνήμη των δεδομένων. Στην Harvard η προσπέλαση εντολών-δεδομένων γίνεται ταυτόχρονα, αυξάνοντας έτσι την απόδοση του συστήματος.

Ο Von Neumann είναι η βάση όλων σχεδόν των ψηφιακών υπολογιστών, ακόμα και σήμερα. Τα βασικά του τμήματα είναι: η μνήμη, η αριθμητική λογική μονάδα, η μονάδα ελέγχου και ο εξοπλισμός εισόδου και εξόδου. Η μνήμη αποτελείται από 4096 λέξεις και η κάθε λέξη έχει 40-bit με τιμή 0 ή 1. Η κάθε λέξη περιέχει είτε δύο εντολές των 20-bit είτε ένα προσημασμένο ακέραιο των 40-bit. Οι εντολές χρησιμοποιούσαν 8-bit για τον προσδιορισμό του τύπου της εντολής και 12-bit για τον προσδιορισμό μίας από τις 4096 λέξεις της μνήμης. Στις αρχιτεκτονικές Von Neumann η μνήμη έχει έναν ενιαίο χώρο φυσικών διευθύνσεων. Η σειριακή αυτή προσπέλαση των δεδομένων και των εντολών δημιουργεί συμφόρηση και καθιστά τον ελεγκτή πιο αργό.

Η μνήμη που χωρίζεται σε επιμέρους κομμάτια μπορεί να επιτρέψει τις παράλληλες προσπελάσεις, ενώ μία ενοποιημένη δεν τις επιτρέπει. Επίσης αφού οι εντολές κανονικά δεν

τροποποιούνται κατά την εκτέλεση, το περιεχόμενο της κρυφής μνήμης εντολών δεν χρειάζεται ποτέ να ξανά γράφεται πίσω στην κύρια μνήμη.



19 Σχήμα 8.1: Διάγραμμα αρχιτεκτονικής Von Neumann και Harvard

#### • Αρχιτεκτονική CISC και RISC

Ένα κριτήριο για να διακρίνουμε τους μικροελεγκτές είναι η πολυπλοκότητα των εντολών που διαχειρίζεται η κεντρική μονάδα επεξεργασίας. Έχουμε λοιπόν, την αρχιτεκτονική RISC και CISC.

Η αρχιτεκτονική CISC (Αρχιτεκτονική Σύνθετου Ρεπερτορίου Εντολών) χαρακτηρίζει τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας με δυνατότητα εκτέλεσης πολύ πολύπλοκων λειτουργιών ανά εντολή μηχανής. Ενώ, η αρχιτεκτονική RISC (Αρχιτεκτονική Μειωμένου Ρεπερτορίου Εντολών) αφορά τις κεντρικές μονάδες επεξεργασίας με απλούστερες λειτουργίες ανά εντολή μηχανής. Τα τελευταία χρόνια οι εταιρείες προσανατολίζονται στην κατασκευή μικροελεγκτών τύπου RISC, σε γλώσσα υψηλού προγραμματισμού, όπως είναι οι PIC της Microchip και οι AVR της Atmel, οι οποίοι είναι αρχιτεκτονικής τύπου Harvard. Υπάρχουν όμως και οι HC08 της Motorola τύπου CISC και είναι αρχιτεκτονικής Von Neumann.

Κάποιες από τις διαφορές τους είναι οι εξής:

- Ο RISC χρησιμοποιεί πολλούς καταχωρητές σε αντίθεση με τους λίγους καταχωρητές του CISC.
- Ο RISC χρησιμοποιεί λίγες διευθύνσεις, ενώ ο CISC πολλές διευθύνσεις μνήμης.

RISC δίνει έμφαση στο Software, ενώ ο CISC στο hardware.

#### • Οι Μικροελεγκτές AVR

Δύο φοιτητές από τη Νορβηγία, οι A. Bogen και V. Wollan ανέπτυξαν την αρχιτεκτονική των AVR, κατά την διάρκεια της πρακτικής τους στο Νορβηγικό Ινστιτούτο Τεχνολογίας. Η δημιουργία τους αυτή ήταν γνωστή ως Micro RISC και την διέθεταν σε μορφή πυριτίου. Αυτό το γεγονός δεν πέρασε απαρατήρητο από τους ανθρώπους της μεγάλης εταιρείας Atmel και τους προσέγγισε για την εξαγορά της δημιουργίας τους. Από την στιγμή που αγοράστηκε η δημιουργία τους οι Νορβηγοί άρχισαν να δουλεύουν ακόμη πιο εντατικά για την βελτίωση

της εσωτερικής αρχιτεκτονικής της AVR. Η εταιρία τους βοηθάει και τους συνδράμει σε αυτήν τους την προσπάθεια, παρέχοντάς τους όσα χρειάζονται για να επιτύχουν τον στόχο τους, ο οποίος ήταν ότι ο AVR μπορεί να προγραμματιστεί από ένα ρεπερτόριο εντολών γλώσσας υψηλού επιπέδου. Η πρώτη παρτίδα AVR ήταν ο AT90S8515, ο οποίος περιελάμβανε 40 ακίδες, είχε αρκετά στοιχεία ίδια με τον μικροελεγκτή 8051. Το 1997 εμφανίζεται ο μικροελεγκτής AVR 8-bit, από εκεί και μετά η εξέλιξή τους είναι συνεχόμενη. Το 2005 η πλατφόρμα του Arduino χρησιμοποιεί τον 8-bit μικροελεγκτή της Atmel, προωθώντας την εταιρεία να συνεχίζει η βελτίωση για την κάλυψη των όλο και περισσότερων αναγκών των πελατών της.

Ο μικροελεγκτής AVR περιλαμβάνει ένα 8-bit επεξεργαστή RISC αρχιτεκτονικής Harvard. Η αρχιτεκτονική αυτή δηλώνει ότι η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (CPU) επικοινωνεί ταυτόχρονα με μία μνήμη προγράμματος και μία ξεχωριστή μνήμη δεδομένων. Όλοι οι μικροελεγκτές αυτής της σειράς διαθέτουν μία ιδιαιτερότητα που τους ξεχωρίζει η ενσωματωμένη μνήμη ταχείας αποθήκευσης, Flash λειτουργεί ως μνήμη προγράμματος. Οι μικροελεγκτές διακρίνονται σε μία ποικιλία από διαφορετικά μεγέθη και βαθμό πολυπλοκότητας, έτσι υπάρχουν οι 4, 8, 16, 32 ή 65-bit. Η σημαντική αυτή διάκριση αναφέρεται στο μήκος των εσωτερικών καταχωρητών και του εσωτερικού συσσωρευτή. Όταν γίνεται χρήση ενός 8-bit σημαίνει ότι η εσωτερική CPU συνδέεται με τις διάφορες μονάδες του συστήματος μέσα από έναν εσωτερικό δίαυλο δεδομένων μήκους 8-bit. Ακόμη και μεγαλύτερου μήκους δίαυλοι δουλεύουν σπάζοντας τα δεδομένα σε 8-bit. Χαρακτηριστικό των chip της σειράς AVR, από το ATtiny15 μέχρι το Atmega328 περιλαμβάνουν το μέγεθος της μνήμης Flash στο όνομα τους. Αυτό σημαίνει ότι ο διαθέσιμος χώρος για το πρόγραμμα μπορεί να είναι από 1 KB έως 32 KB.

## 9. ARDUINO

Στο κεφάλαιο αυτό θα γίνει μια μικρή ανασκόπηση στην ανακάλυψη του Arduino, θα μελετηθεί τόσο το Hardware όσο και το Software υλικό του.



20 Σχήμα 9. : TO λογότυπο του Arduino

## 9.1 Η Ιστορία του Arduino

Η ιστορία του Arduino ξεκινάει σε μια πόλη της βορειοδυτικής Ιταλίας, στην Ivrea το 2005 ξεκίνησε ένα σχέδιο προκειμένου να κατασκευαστεί μια συσκευή για τον έλεγχο προγραμμάτων και διαδραστικών σχεδίων από μαθητές, με χαμηλότερο κόστος από άλλα πρωτότυπα συστήματα που ήταν διαθέσιμα εκείνη την περίοδο. Εμπνευστής του σχεδίου αυτού ήταν ο καθηγητής Massimo Banzi, ο οποίος θέλησε να κατασκευάσει ευκολότερη τη μάθηση των ηλεκτρονικών για τους μαθητές του. Για το λόγο αυτό ζήτησε βοήθεια από τον David Cuatzielles, μηχανικό από το πανεπιστήμιο του Malmo. Οι ιδρυτές Massimo Banzi και David Cuatzielles ξεκίνησαν να παράγουν πλακέτες σε ένα μικρό εργοστάσιο στην Ivrea, στην ίδια περιοχή στην οποία στεγαζόταν η εταιρία υπολογιστών Olivetti. Ονόμασαν το έργο τους Adruin of Ivrea «Arduino» που μεταφράζεται ελεύθερα ως «γενναίος φίλος», με σκοπό να δημιουργήσουν έναν μικροελεγκτή προσιτό ως προς τη χρήση του. Την ανάπτυξη του λογισμικού για τον μικροελεγκτή την ανέθεσαν σε δύο φοιτητές του πανεπιστημίου Malmo. Η πρώτη παρτίδα που παράχθηκε αποτελούνταν από 200 μικροελεγκτές, υπό την εποπτεία του ηλεκτρολόγου μηχανικού Gianluca Martino. Οι μικροελεγκτές αυτοί ονομάστηκαν Serial Arduino και περιλάμβαναν μία ATmega8 με άμεση σύνδεση RS-232 με το μικροελεγκτή και όλα τα επιμέρους περιφερειακά του. Έκτοτε έχουν δημιουργηθεί δεκάδες πλακέτες Arduino παγκοσμίως, χάρη στο ευέλικτο και εύκολο στη χρήση hardware και Software. Το Arduino μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον οποιοδήποτε με στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών που ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα, με μόνο περιορισμό τη φαντασία του.

## 9.2 Τι είναι το arduino

Σύμφωνα με τον, Massimo Banzi, το Arduino είναι μία ανοικτού κώδικα πλατφόρμα «πρωτοτυποποίησης» ηλεκτρικών κυκλωμάτων βασισμένη σε ευέλικτο και εύκολο στη χρήση υλικό και λογισμικό, που προορίζεται για οποιονδήποτε διαθέτει μερική εμπειρία στον προγραμματισμό, στοιχειώδεις γνώσεις ηλεκτρονικών και ενδιαφέρεται να δημιουργήσει διαδραστικά αντικείμενα ή περιβάλλοντα. Δύο επιμέρους μέρη απαρτίζουν το Arduino, η πλακέτα Arduino η οποία αποτελεί το κομμάτι του hardware και το δεύτερο τμήμα που είναι το Arduino IDE, το κομμάτι του λογισμικού που τρέχει στον υπολογιστή.

## 9.3 Το λογισμικό του Arduino

Το ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (IDE) του Arduino έχει γραφτεί σε γλώσσα προγραμματισμού Java, επιτρέποντάς του να μπορεί να μεταφερθεί στα περισσότερα

λειτουργικά συστήματα. Το περιβάλλον ανάπτυξής του είναι βασισμένο στην Processing, το οποίο είναι ένα περιβάλλον ανάπτυξης σχεδιασμένο να εισάγει στον προγραμματισμό μη εξοικειωμένους με την ανάπτυξη λογισμικού. Η συγκεκριμένη γλώσσα προγραμματισμού προέρχεται από την Wiring, μία γλώσσα που μοιάζει με την C η οποία παρέχει παρόμοια λειτουργικότητα για μια πιο περιορισμένης σχεδίασης πλακέτα, της οποίας το περιβάλλον ανάπτυξης βασίζεται επίσης στην Processing.

Ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον ανάπτυξης (Integrated Development Environment – IDE) περιλαμβάνει κάποια παραδείγματα και βιβλιοθήκες με σκοπό να βοηθήσει και τους αρχάριους στον προγραμματισμό στην ανάπτυξη προγραμμάτων. Το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino περιέχει έναν επεξεργαστή κειμένου για τη σύνταξη κώδικα, μια περιοχή μηνυμάτων, μια γραμμή εργαλείων με κουμπιά για κοινές λειτουργίες, καθώς και μια σειρά από μενού. Μέσω ενός κουμπιού του επιτρέπεται η σύνδεση με την πλακέτα του Arduino για να φορτωθεί το πρόγραμμα και να υπάρξει αλληλοεπικοινωνία μεταξύ χρήστη και πλακέτας.

Με το άνοιγμα του Arduino IDE αυτόματα δημιουργείται η δομή ενός σκίτσου (sketch), το οποίο είναι ένα μικρό πρόγραμμα στον υπολογιστή, που φορτώνεται στον μικροελεγκτή της πλακέτας Arduino και καλείται να το εκτελέσει. Το σκίτσο γράφεται στον χώρο επεξεργασίας κειμένου του IDE, δίνει την δυνατότητα αποκοπής ή επικόλλησης και αναζήτησης ή αντικατάστασης κειμένου. Έχει μία περιοχή «μηνυμάτων» για ανατροφοδότηση με παράλληλη εμφάνιση σφαλμάτων. Η κονσόλα απεικονίζει την έξοδο του κειμένου από το περιβάλλον Arduino συμπεριλαμβανομένων πλήρων μηνυμάτων λάθους και άλλες πληροφορίες. Διαθέτει μία σειρά από επιλογές εργαλείων που επιτρέπουν τον έλεγχο, την μεταγλώττιση και τη φόρτωση του προγράμματος, αλλά και την αποθήκευση ενός σκίτσου, ενώ ακόμη δίνει την δυνατότητα μέσω ενός κουμπιού να ανοιχτεί η σειριακή οθόνη.

Η σύνταξη ενός προγράμματος χωρίζεται σε τρία μέρη:

- Οι δηλώσεις μεταβλητών και ενσωματώσεις βιβλιοθηκών.
- Μέσα στην `setup()` γράφονται οι συναρτήσεις και κομμάτι του κώδικα που εκτελείται μία μόνο φορά στην αρχή του προγράμματος, η οποία αρχικοποιεί τις ρυθμίσεις. Αρχικοποίηση καταστάσεων και μεταβλητών.
- Μέσα στην `loop()` γράφεται το κυρίως πρόγραμμα και η εκτέλεση επαναλαμβάνεται συνέχεια μέχρι να απενεργοποιηθεί (και να βγει ο Arduino από το ρεύμα).

## 9.4 Πλεονεκτήματα του Arduino

Μελετώντας το Arduino διαπιστώθηκε ότι είναι ένα εργαλείο πολύ εύχρηστο, τόσο σε αρχάριους προγραμματιστές, πόσο μάλλον στους προχωρημένους, καθώς έχει έναν μεγάλο αριθμό πλεονεκτημάτων που δικαιολογούν την χρήση της συγκεκριμένης πλατφόρμας, όπως:

- Είναι οικονομικό. Οι πλακέτες του Arduino είναι σχετικά φθηνές σε σχέση με άλλους μικροελεγκτές. Το κόστος αγοράς δεν ξεπερνάει τα 50 €.

- Είναι μεταφέρσιμο και σε πολλά λειτουργικά συστήματα. Οι μηχανικοί λογισμικού, ανέπτυξαν το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino για Windows, Macintosh OSX και για λειτουργικά συστήματα Linux. Τα περισσότερα συστήματα ανάπτυξης μικροελεγκτών περιορίζονται στα Windows.
- Το προγραμματιστικό περιβάλλον του Arduino γίνεται εύκολα κατανοησίμο και μπορούν να το χρησιμοποιήσουν πολύ εύκολα όλοι.
- Είναι ανοιχτού λογισμικού. Το λογισμικό του Arduino διανέμεται με την μορφή εργαλείων ανοιχτού λογισμικού και μπορεί να επεκταθεί από έμπειρους προγραμματιστές. Αποτελεί το μεγαλύτερο πλεονέκτημα, αφού δίνει την δυνατότητα να ασχοληθούν όσοι ενδιαφέρονται με την περαιτέρω επέκταση του κώδικα, να προσθέσουν βιβλιοθήκες και όλα αυτά μπορούν να τα μοιράζονται μεταξύ τους.
- Είναι ανοιχτού υλικού. Το Arduino βασίζεται στους μικροελεγκτές της Atmel ATMEGA8, ATMEGA168, ATMEGA328. Τα σχηματικά για τα αναπτυξιακά είναι κάτω από την άδεια της Creative Commons, επιτρέποντας σε έμπειρους σχεδιαστές να κατασκευάσουν το δικό τους αναπτυξιακό, εξελίσσοντας το ήδη υπάρχον χωρίς να έχουν νομικά προβλήματα. Ή ακόμη καλύτερα όχι τόσο έμπειροι χρήστες μπορούν να επιδιώξουν την αντιγραφή και κατασκευή της πλακέτας σε ράστερ για να καταλάβουν την λειτουργία ενός Arduino.
- Διαθέτει πολλούς τρόπους διασύνδεσης. Μερικοί από αυτούς είναι η SPI, η I<sup>2</sup>C, η σειριακή διεπαφή, οι PWM (Pulse Width Modulation), οι ADC, οι ψηφιακές είσοδοι/έξοδοι και δυνατότητα αξιοποίησης των χρονιστών και των interrupts του AVR.
- Μεγάλη ποικιλία στις πλατφόρμες. Η πληθώρα του υλικού που μπορεί να χρησιμοποιήσει κάποιος για να εξοικειωθεί και να αποκτήσει εμπειρία σε πρώτο στάδιο και μετέπειτα μπορεί να διαλέξει την ανάλογη έκδοση που του επιτρέπει να υλοποιήσει την κατασκευή του.
- Είναι επεκτάσιμο. Οι διάφορες εκδόσεις των Shields δίνουν την δυνατότητα να κουμπώσουν πάνω στο Arduino και να επεκτείνουν την λειτουργικότητά του, είτε με την πρόσβαση στο διαδίκτυο, είτε μετατρέποντας το σε GPS, είτε να παράγει διάφορους ήχους, ή να αποτελεί ένα από τα βασικά εξαρτήματα σε μία ρομποτική κατασκευή.

## 10. ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η κατασκευή μας σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε γύρω από τον esp8266 NodeMCU ο οποίος αποτελεί και 'το μυαλό' της κατασκευής μας. Ο esp8266 NodeMCU αποτελεί την κύρια (Master) συσκευή μας και γύρω του υπάρχουν οι Υποτελείς (slaves) συσκευές. Ο esp8266 NodeMCU είναι η συσκευή η οποία είναι υπεύθυνη για την συλλογή και εξαγωγή των δεδομένων. Σα κύρια συσκευή στέλνει τον χρονισμό στις υπόλοιπες υποτελείς συσκευές. Ο esp8266 NodeMCU διαβάζει τα δεδομένα από τρεις αισθητήρες και μέσω ενός κώδικα που

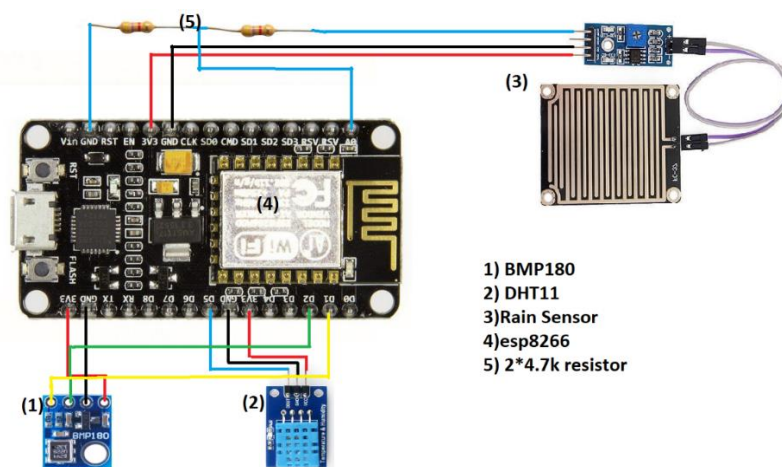
χρησιμοποιούμε στην πλατφόρμα του Arduino αυτά τα δεδομένα επεξεργάζονται και εμφανίζονται μετέπειτα καταλλήλως σε μια ιστοσελίδα στο διαδίκτυο.

Τα τρία αυτά αισθητήρια παρέχουν δεδομένα για:

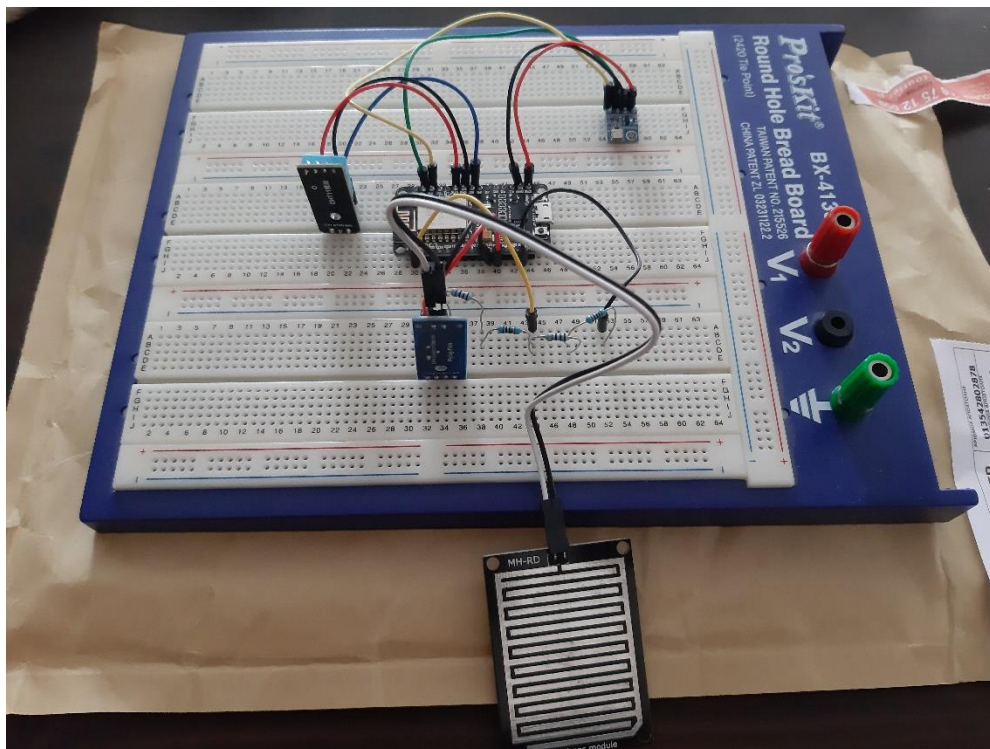
- Μέτρηση θερμοκρασίας σε βαθμούς Κελσίου ή Φαρενάιτ
- Μέτρηση σχετικής υγρασίας σε ποσοστό επι %
- Μέτρηση βαρομετρικής πίεσης σε hpa
- Μέτρηση βροχής

Τα δεδομένα αυτά εμφανίζονται σε μορφή widget σε ιστοσελίδα στο διαδίκτυο.

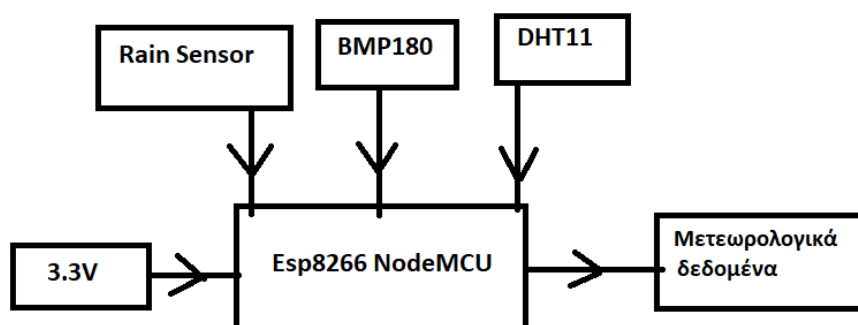
Στο παρακάτω σχήμα βλέπουμε όλα τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν και πώς αυτά συνδεσμολογήθηκαν επάνω στην πλακέτα μας.



21 Σχήμα 10. : Συνδεσμολογία κυκλώματος του Μετεωρολογικού μας σταθμού



22 Σχήμα 10. : Ο μετεωρολογικός μας σταθμός στην πράξη



23 Σχήμα 10. : Μπλοκ Διάγραμμα του κυκλώματός μας

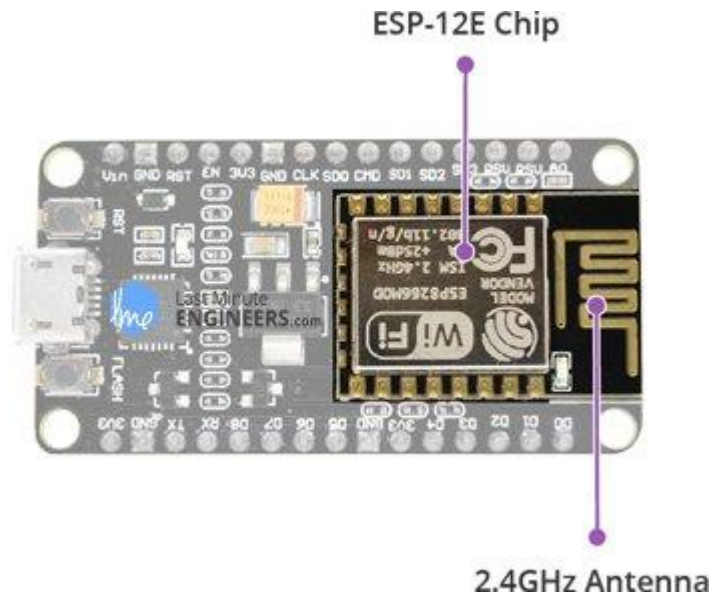
## 10.1 Υλικά της σύνδεσής μας

### • Esp8266 NodeMCU

Οι μονάδες NodeMCU είναι αρκετά δημοφιλείς στους χρήστες διότι έχουν ενσωματωμένα πάνω σε μία πλακέτα όλα τα ηλεκτρονικά στοιχεία που χρειάζεται ο μικροελεγκτής Esp8266 για να ενεργοποιηθεί και να προγραμματιστεί. Αυτά είναι η γέφυρα USB-TO-UART και ένα βύσμα Micro-USB σε συνδυασμό με ένα ρυθμιστή τάσης 3,3V τόσο για παροχή ενέργειας στην πλακέτα, όσο και για την δυνατότητα διασύνδεσης του μικροελεγκτή με τον Η/Υ μέσω του κατάλληλου λογισμικού.

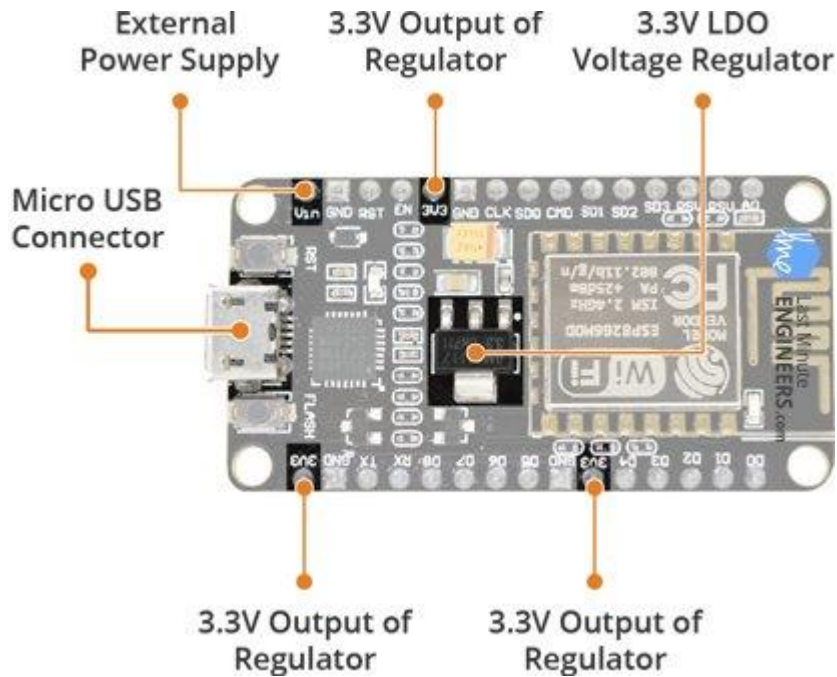
Πριν από τη δημιουργία αυτών των ολοκληρωμένων μονάδων αυτά τα στοιχεία έπρεπε να αγορασθούν χωριστά και έπειτα να συνδεθούν με το Esp8266. Πλέον οι σύγχρονες μονάδες Esp8266 όπως είναι οι NodeMCU Boards είναι λιγότερο επώδυνες για την κατασκευή τους και προσφέρουν περισσότερες ακίδες GPIO για μεγαλύτερο εύρος λειτουργιών. Οι NodeMCU Boards στο μεγαλύτερο κομμάτι τους βασίζονται στο Esp-12E όμως σταδιακά αναπτύσσονται και νέες μονάδες με διαφορετικά μοντέλα Esp8266.

Ο πίνακας ανάπτυξης εξοπλίζει τη μονάδα ESP-12E που περιέχει τον ESP8266 με μικροεπεξεργαστή Tensilica Xtensa 32-bit LX106 RISC που λειτουργεί με ρυθμιζόμενη συχνότητα ρολογιού 80 έως 160 MHz και υποστηρίζει RTOS . Υπάρχει επίσης 128 KB RAM και μνήμη Flash 4MB (για αποθήκευση προγραμμάτων και δεδομένων) αρκετά για να αντιμετωπίσει τις μεγάλες συμβολοσειρές που αποτελούν ιστοσελίδες, δεδομένα JSON / XML και ό, τι έχουμε στις συσκευές IoT σήμερα. Ο ESP8266 ενσωματώνει 802.11b / g / n HT40 Wi-Fi πομποδέκτη , έτσι ώστε όχι μόνο να συνδεθεί σε ένα δίκτυο WiFi και να αλληλεπιδράσει με το Διαδίκτυο, αλλά μπορεί επίσης να δημιουργήσει ένα δικό του δίκτυο, επιτρέποντας σε άλλες συσκευές να συνδεθούν απευθείας με αυτό. Αυτό κάνει το ESP8266 NodeMCU ακόμη πιο ευέλικτο.



24 Σχήμα 10.1: Υλικά από τα οποία αποτελείται ο Esp8266 NodeMCU

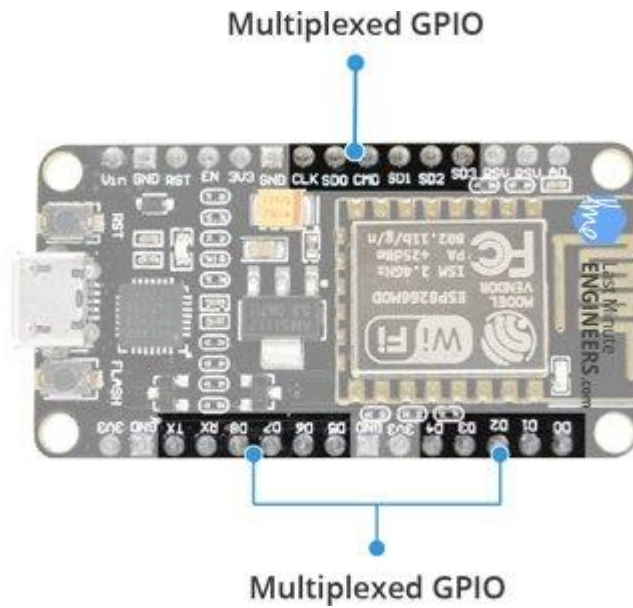
Καθώς το εύρος τάσης λειτουργίας του ESP8266 είναι 3V έως 3.6V , η πλακέτα διαθέτει ρυθμιστή τάσης LDO για να διατηρεί την τάση σταθερή στα 3.3V. Μπορεί να παρέχει αξιόπιστα έως και 600mA, κάτι που θα πρέπει να είναι περισσότερο από αρκετό όταν το ESP8266 τραβάει έως και 80mA κατά τη διάρκεια εκπομπών RF . Η έξοδος του ρυθμιστή διασπάται επίσης σε μία από τις πλευρές του πίνακα και φέρει την ένδειξη 3V3. Αυτός ο πείρος μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παροχή ισχύος σε εξωτερικά εξαρτήματα. Η τροφοδοσία του ESP8266 NodeMCU παρέχεται μέσω του ενσωματωμένου βύσματος USB MicroB . Εναλλακτικά, εάν έχετε ρυθμισμένη πηγή τάσης 5V, ο πείρος VIN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άμεση τροφοδοσία του ESP8266 και των περιφερειακών του.



25 Σχήμα 10.1: Υλικά από τα οποία αποτελείται ο Esp8266 NodeMCU

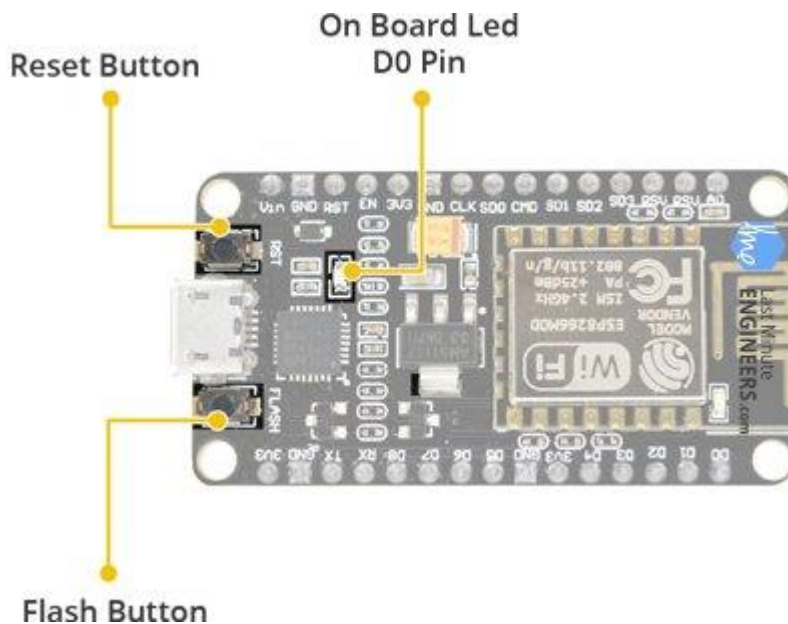
Το ESP8266 NodeMCU έχει συνολικά 17 καρφίτσες GPIO διατεταγμένες στις κεφαλίδες ακίδων και στις δύο πλευρές του πίνακα ανάπτυξης. Αυτές οι ακίδες μπορούν να αντιστοιχιστούν σε κάθε είδους περιφερειακά καθήκοντα, όπως:

- Κανάλι ADC - Ένα κανάλι ADC 10-bit.
- Διεπαφή UART - Η διεπαφή UART χρησιμοποιείται για τη σειριακή φόρτωση του κώδικα.
- Έξοδοι PWM - ακροδέκτες PWM για μείωση των LED ή έλεγχο κινητήρων.
- SPI, I2C & I2S interface - SPI και I2C interface για σύνδεση όλων των ειδών αισθητήρων και περιφερειακών.
- Διεπαφή I2S - Διεπαφή I2S εάν θέλετε να προσθέσετε ήχο στο έργο σας.



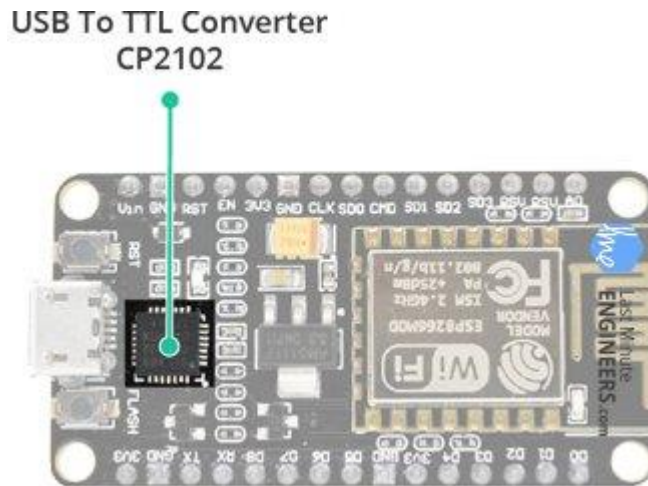
26 Σχήμα 10.1: Υλικά από τα οποία αποτελείται ο Esp8266 NodeMCU

Το ESP8266 NodeMCU διαθέτει δύο κουμπιά. Ένα που επισημαίνεται ως RST που βρίσκεται στην επάνω αριστερή γωνία είναι το κουμπί Reset, που χρησιμοποιείται φυσικά για την επαναφορά του τσιπ ESP8266. Το άλλο κουμπί FLASH στην κάτω αριστερή γωνία είναι το κουμπί λήψης που χρησιμοποιείται κατά την αναβάθμιση του υλικολογισμικού. Η πλακέτα διαθέτει επίσης ένδειξη LED που είναι προγραμματιζόμενη από τον χρήστη και συνδέεται με τον πείρο D0 της πλακέτας.



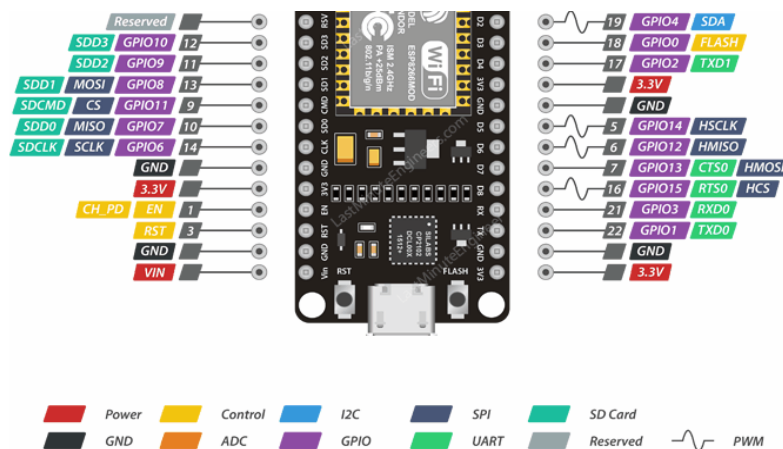
27 Σχήμα 10.1: Υλικά από τα οποία αποτελείται ο Esp8266 NodeMCU

Η πλακέτα περιλαμβάνει CP2102 USB-to-UART Bridge Controller από την Silicon Labs , η οποία μετατρέπει το σήμα USB σε σειριακό και επιτρέπει στον υπολογιστή σας να προγραμματίζει και να επικοινωνεί με το τσιπ ESP8266.



28 Σχήμα 10.1: Υλικά από τα οποία αποτελείται ο Esp8266 NodeMCU

Το ESP8266 NodeMCU έχει συνολικά 30 ακίδες που το συνδέουν με τον έξω κόσμο. Οι συνδέσεις έχουν ως εξής:



ESP-12E Dev. Board Pinout

29 Σχήμα 10.1: Ακίδες σύνδεσης Esp8266 NodeMCU

### Power Pin :

Υπάρχουν τέσσερις πινέζες. ένας πείρος VIN & τρεις καρφίτσες 3.3V. Ο πείρος VIN μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την άμεση τροφοδοσία του ESP8266 και των περιφερειακών του, εάν έχετε ρυθμισμένη πηγή τάσης 5V. Οι ακίδες 3.3V είναι η έξοδος ενός ενσωματωμένου

ρυθμιστή τάσης. Αυτές οι ακίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την τροφοδοσία εξωτερικών εξαρτημάτων.

#### **GND:**

Είναι ένας πείρος γείωσης του πίνακα ανάπτυξης NodeMCU ESP8266.

#### **Καρφίτσες I2C:**

Χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση όλων των ειδών των αισθητήρων και των περιφερειακών I2C στο έργο σας. Υποστηρίζονται τόσο το I2C Master όσο και το I2C Slave. Η λειτουργικότητα διασύνδεσης I2C μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσω προγραμματισμού και η συχνότητα ρολογιού είναι 100 kHz το μέγιστο. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι η συχνότητα ρολογιού I2C πρέπει να είναι υψηλότερη από την πιο αργή συχνότητα ρολογιού της εξαρτημένης συσκευής.

#### **Καρφίτσες GPIO:**

Το ESP8266 NodeMCU διαθέτει 17 ακίδες GPIO οι οποίες μπορούν να αντιστοιχιστούν σε διάφορες λειτουργίες όπως I2C, I2S, UART, PWM, IR Remote Control, LED Light και Button μέσω προγραμματισμού. Κάθε ψηφιακό ενεργοποιημένο GPIO μπορεί να διαμορφωθεί σε εσωτερικό pull-up ή pull-down ή να ρυθμιστεί σε υψηλή αντίσταση. Όταν διαμορφωθεί ως είσοδος, μπορεί επίσης να ρυθμιστεί σε σκανδάλη άκρης ή σκανδάλη επιπέδου για τη δημιουργία διακοπών της CPU.

#### **Κανάλι ADC:**

Το NodeMCU είναι ενσωματωμένο με SAR ADC ακριβείας 10-bit. Οι δύο λειτουργίες μπορούν να εφαρμοστούν χρησιμοποιώντας ADC, δηλαδή. Έλεγχος τάσης τροφοδοσίας του πείρου VDD3P3 και δοκιμή τάσης εισόδου του πείρου TOUT. Ωστόσο, δεν μπορούν να εφαρμοστούν ταυτόχρονα.

#### **Καρφίτσες UART:**

Το ESP8266 NodeMCU διαθέτει 2 διεπαφές UART, δηλαδή UART0 και UART1, οι οποίες παρέχουν ασύγχρονη επικοινωνία (RS232 και RS485) και μπορούν να επικοινωνούν με ταχύτητα έως 4,5 Mbps. Οι συνδέσεις UART0 (TXD0, RXD0, RST0 & CTS0) μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επικοινωνία. Υποστηρίζει έλεγχο υγρών. Ωστόσο, το UART1 (ακροδέκτης TXD1) διαθέτει μόνο σήμα μετάδοσης δεδομένων, οπότε χρησιμοποιείται συνήθως για εκτύπωση ημερολογίου.

#### **Καρφίτσες SPI:**

Το ESP8266 διαθέτει δύο SPI (SPI και HSPI) σε λειτουργίες σκλάβων και κύριου. Αυτά τα SPI υποστηρίζουν επίσης τα ακόλουθα χαρακτηριστικά SPI γενικής χρήσης:

- 4 τρόποι χρονισμού της μεταφοράς μορφής SPI
- Έως 80 MHz και τα διαιρεμένα ρολόγια των 80 MHz
- Έως 64-Byte FIFO

### Καρφίτσες SDIO:

Το ESP8266 διαθέτει Secure Digital Input / Output Interface (SDIO) που χρησιμοποιείται για την άμεση διασύνδεση καρτών SD. Υποστηρίζονται 4-bit 25 MHz SDIO v1.1 και 4-bit 50 MHz SDIO v2.0.

### Καρφίτσες PWM:

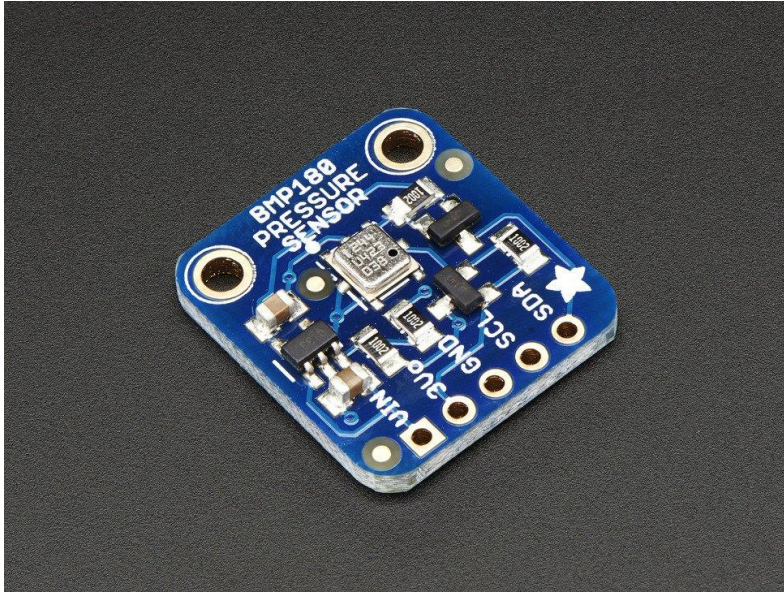
Η πλακέτα διαθέτει 4 κανάλια Pulse Width Modulation (PWM). Η έξοδος PWM μπορεί να υλοποιηθεί μέσω προγραμματισμού και να χρησιμοποιηθεί για την οδήγηση ψηφιακών κινητήρων και LED. Το εύρος συχνοτήτων PWM είναι ρυθμιζόμενο από 1000 μs έως 10000 μs, δηλαδή μεταξύ 100 Hz και 1 kHz.

### Καρφίτσες ελέγχου:

Χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο ESP8266. Αυτές οι ακίδες περιλαμβάνουν την καρφίτσα Ενεργοποίησης τσιπ (EN), την καρφίτσα επαναφοράς (RST) και την καρφίτσα WAKE.

- EN pin - Το τσιπ ESP8266 είναι ενεργοποιημένο όταν το EN pin τραβιέται ΥΨΗΛΑ. Όταν τραβηχτεί ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ το τσιπ λειτουργεί με ελάχιστη ισχύ.
- Πείρος RST - Ο πείρος RST χρησιμοποιείται για την επαναφορά του τσιπ ESP8266.
- Wake pin - Το Wake pin χρησιμοποιείται για να αφυπνίσει το chip από βαθύ ύπνο.

- **Bmp180**



30 Σχήμα 10.1: Ο αισθητήρας θερμοκρασίας BMP180

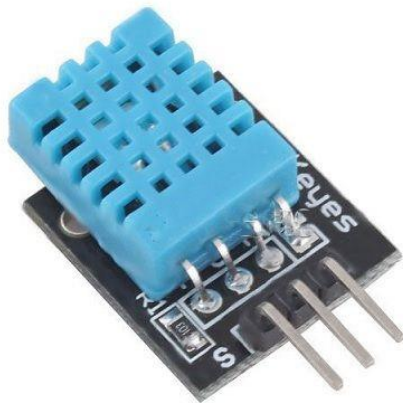
Αυτός ο αισθητήρας ακριβείας της Bosch είναι η καλύτερη λύση χαμηλού κόστους ανίχνευσης για τη μέτρηση της βαρομετρικής πίεσης και της θερμοκρασίας. Επειδή η πίεση αλλάζει με το υψόμετρο, μπορούμε επίσης να τον χρησιμοποιήσουμε ως αισθητήρα μέτρησης υψομέτρου. Ο αισθητήρας συγκολλάτε σε PCB με ρυθμιστή 3.3V, μετατόπιση στάθμης I2C και αντιστάσεις pull-up στις ακίδες I2C. Ο BMP180 είναι η επόμενη γενιά αισθητήρων της Bosch και αντικαθιστά το BMP085. Τα καλά νέα είναι ότι είναι απολύτως πανομοιότυπο με το BMP085 όσον αφορά το λογισμικό.

Αυτή η πλακέτα είναι συμβατή με 5V - περιλαμβάνεται ρυθμιστής 3.3V και κύκλωμα αλλαγής στάθμης i2c, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ο αισθητήρας με ασφάλεια με λογική ισχύ 5V.

Τεχνικά χαρακτηριστικά :

- $V_{in}$ : 3 έως 5VDC
- Λογική: 3 έως 5V
- Εύρος ανίχνευσης πίεσης: 300-1100 hPa (9000m έως -500m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας)
- Έως 0,03hPa / 0,25m ανάλυση
- -40 έως + 85 ° C εύρος λειτουργίας, + -2 ° C ακρίβεια θερμοκρασίας
- Αυτό το board / chip χρησιμοποιεί I2C 7-bit διεύθυνση 0x77.

- DHT11



31 Σχήμα 10.1: Ο αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11

Ο DHT11 είναι ένας βασικός ψηφιακός αισθητήρας θερμοκρασίας και υγρασίας χαμηλού κόστους. Χρησιμοποιεί έναν χωρητικό αισθητήρα υγρασίας και ένα θερμίστορ για τη μέτρηση του περιβάλλοντος αέρα και εκπέμπει ένα ψηφιακό σήμα στον ακροδέκτη δεδομένων (δεν χρειάζονται αναλογικές ακίδες εισόδου). Οι συνδέσεις είναι απλές, ο πρώτος ακροδέκτης στα αριστερά με ισχύ 3-5V, ο δεύτερος ακροδέκτης στον ακροδέκτη εισόδου δεδομένων και ο τρίτος ακροδέκτης στη γείωση. Ο αισθητήρας DHT11 είναι ένας φθηνός και αξιόπιστος αισθητήρας. Έχει μικρό μέγεθος, μικρή κατανάλωση ρεύματος και μπορεί να μεταδίδει δεδομένα στην πλακέτα κάθε 2 sec. Το εξωτερικό περίβλημα που προστατεύει τον αισθητήρα είναι από πλαστικό. Λόγω αυτών των ιδιοτήτων του έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλές εφαρμογές και υπάρχει πληθώρα βιβλιοθηκών στο διαδίκτυο. Ο αισθητήρας αυτός ακολουθεί το πρωτόκολλο επικοινωνίας του 1-Wire. Η μονόδρομη επικοινωνία γίνεται μέσω ενός μόνο καλωδίου, ανά τακτά χρονικά διαστήματα, στέλνει μόνο τις τιμές των μετρήσεων. Δεν ελέγχει την πληροφορία.

Τεχνικά χαρακτηριστικά :

- Τάση λειτουργίας: 3,5V έως 5,5V
- Ρεύμα λειτουργίας: 0.3mA (μέτρηση) 60uA (αναμονή)
- Έξοδος: Σειριακά δεδομένα
- Εύρος θερμοκρασίας: 0 ° C έως 50 ° C
- Εύρος υγρασίας: 20% έως 90%
- Ανάλυση: Η θερμοκρασία και η υγρασία και οι δύο είναι 16-bit
- Ακρίβεια:  $\pm 1$  ° C και  $\pm 1\%$

- Raindrops module sensor



32 Σχήμα 10.1: Ο αισθητήρας βροχής MH-RD rain sensor

Ο αισθητήρας που χρησιμοποιείται στο σύστημα αισθάνεται τόσο την εμφάνιση βροχόπτωσης όσο και την ένταση της βροχής. Αυτός αποτελείται από δύο μέρη: την αισθητήρια πλακέτα που εμφανίζει μεταβαλλόμενη αντίσταση και μια πλακέτα ελέγχου. Ο λόγος που είναι διαχωρισμένα είναι ο προφανής, ότι δηλαδή δεν μπορεί η πλακέτα ελέγχου να βραχεί.

Το αυτό καθαυτό αισθητήριο είναι μια πλακέτα η οποία έχει επικαλυφθεί από γραμμές νικελίου. Όταν σταγόνες βροχής πέφτουν στην πλακέτα αυτήν, δημιουργούν μονοπάτια παράλληλων αντιστάσεων που γίνονται αντιληπτό από την πλακέτα ελέγχου. Όταν αυτή εμφανίζεται υγρή δίνει μικρότερη αντίσταση ενώ όταν εμφανίζεται στεγνή υψηλότερη. Οι σταγόνες βροχής δηλαδή μειώνουν την τιμή της αντίστασης διότι αυτές είναι αγώγιμες και μέσω αυτών συνδέονται οι παράλληλες γραμμές νικελίου.

Αξίζει να ειπωθεί ότι από προσωπική εμπειρία ο αισθητήρας κρίνεται αρκετά αξιόπιστος καθώς μπορεί να αναγνωρίζει και να ξεχωρίζει τις σταγόνες βροχής που πέφτουν από εκείνες που πιθανώς να έχουν απομείνει πάνω στην πλακέτα. Είναι δηλαδή και ικανός να ξεχωρίσει καταστάσεις μεγάλης υγρασίας από βροχοπτώσεις. Σε κάθε περίπτωση αποτελεί καλή πρακτική η τοποθέτηση του αισθητήρα με μια κλίση, ώστε αφού οι σταγόνες πέσουν στο αισθητήριο να κυλήσουν τελικώς εκτός αυτού.

Τεχνικά χαρακτηριστικά:

- Τάση λειτουργίας 5V
- Μορφή εξόδου: Ψηφιακή έξοδος μεταγωγής (0 και 1) και αναλογική έξοδος τάσης AO
- Το ποτενσιόμετρο ρυθμίζει την ευαισθησία
- Χρησιμοποιεί ένα συγκριτή ευρείας τάσης LM393

- Η καθαρή κυματομορφή σήματος εξόδου είναι καλή, ικανότητα οδήγησης, πάνω από 15mA
- Αντι-οξειδωση, αντι-αγωγιμότητα, με μεγάλο χρόνο χρήσης
- Με οπές μπουλονιών για εύκολη εγκατάσταση
- Μικρό μέγεθος πλακέτας PCB: 3,2 εκατοστά x 1,4 εκατοστά

## 10.2 Το χρονικό της συνδεσμολογίας του κυκλώματος και του κώδικα στον Arduino

Αυτή η υποενότητα θα αφορά τον τρόπο κατασκευής του κυκλώματος του μετεωρολογικού σταθμού και τον χρησιμοποιούμενο κώδικα ώστε τελικά η εφαρμογή μας να τρέξει. Αρχικά χρησιμοποιώντας τον Esp8266 NodeMCU θα συνδέσουμε τον αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας DHT11, τον αισθητήρα βαρομετρικής πίεσης BMP180, και τον αισθητήρα βροχής MH-RD raindrops module sensor. Αφού η συνδεσμολογία πραγματοποιηθεί με ακρίβεια και σωστό τρόπο συνδέουμε τον μικροελεγκτή Esp8266 μέσω καλωδίου και θύρας usb με τον υπολογιστή μας.

Στην συνέχεια ανοίγουμε την εφαρμογή του Arduino και προσθέτουμε τις απαιτούμενες βιβλιοθήκες για τους αισθητήρες μας. Το πρόγραμμα για την παρακολούθηση του μετεωρολογικού σταθμού με την χρήση του Esp8266 NodeMCU χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αποτελεί τον κύριο κώδικα του Arduino, και το δεύτερο μέρος αποτελεί ένα index.h HTML αρχείο για την διαμόρφωση του widget μας, και πώς αυτό θα εμφανίζεται στην ιστοσελίδα μας.

- **Ο κώδικας για την διαμόρφωση του widget μας και την εμφάνισή του σε ιστοσελίδα είναι**

```
const char MAIN_page[] PROGMEM = R"=====(
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
<title>WeatherStation</title>
</head>
<style>
@import url(https://fonts.googleapis.com/css?family=Montserrat);
@import url(https://fonts.googleapis.com/css?family=Advent+Pro:400,200);
*{margin: 0;padding: 0;}
```

```
body{  
  
  background:#d6e86f;  
  
  font-family:Montserrat,Arial,sans-serif;  
  
}  
  
h2{  
  
  font-size:18px;  
  
}  
  
.widget{  
  
  box-shadow:0 90px 10px 5px rgba(0,0,0,255);  
  
  margin:100px auto;  
  
  height: 330px;  
  
  position: relative;  
  
  width: 600px;  
  
}  
  
.upper{  
  
  border-radius:5px 5px 0 0;  
  
  background:#aef7a6;  
  
  height:200px;  
  
  padding:20px;  
  
}  
  
.date{  
  
  font-size:40px;  
  
}  
  
.year{
```

```
font-size:30px;
color:#0000ff;
}

.place{
color:#0000ff;
font-size:40px;
}

.lower{
background:#97f78d;
border-radius:0 0 5px 5px;
font-family:'Advent Pro';
font-weight:200;
height:130px;
width:100%;
}

.clock{
background:#97f78d;
border-radius:100%;
box-shadow:0 0 0 15px #0000ff,0 10px 10px 5px rgba(0,0,0,0);
height:150px;
position:absolute;
right:25px;
top:-35px;
width:150px;
}
```

```
.hour{  
  background:#0000ff;  
  height:50px;  
  left:50%;  
  position: absolute;  
  top:25px;  
  width:4px;  
}
```

```
.min{  
  background:#0000ff;  
  height:65px;  
  left:50%;  
  position: absolute;  
  top:10px;  
  transform:rotate(100deg);  
  width:4px;  
}
```

```
.min,.hour{  
  border-radius:5px;  
  transform-origin:bottom center;  
  transition:all .5s linear;  
}
```

```
.infos{  
  list-style:none;
```

```
}  
  
.info{  
  
  color:#000000;  
  
  float:left;  
  
  height:100%;  
  
  padding-top:10px;  
  
  text-align:center;  
  
  width:25%;  
  
}  
  
.info span{  
  
  display: inline-block;  
  
  font-size:40px;  
  
  margin-top:20px;  
  
}  
  
.weather p {  
  
  font-size:20px;padding:10px 0;  
  
}  
  
.anim{animation:fade .8s linear;}  
  
@keyframes fade{  
  
  0%{opacity:0;}  
  
  100%{opacity:1;}  
  
}  
  
a{  
  
  text-align: center;  
  
  text-decoration: none;
```

```

color: black;

font-size: 25px;

font-weight: 500;

}

</style>

<body>

<div class="widget">

<div class="clock">

<div class="min" id="min"></div>

<div class="hour" id="hour"></div>

</div>

<div class="upper">

<div class="date" id="date">21 March</div>

<div class="year">Temperature</div>

<div class="place update" id="temperature">23 &deg;C</div>

</div>

<div style="text-align: center;"><a href="WeatherStation"
style="align:center">WeatherStation</a></div>

<div class="lower">

<ul class="infos">

<li class="info temp">

<h2 class="title">TEMPERATURE</h2>

<span class='update' id="temp">21 &deg;C</span>

</li>

<li class="info weather">

```

```

    <h2 class="title">PRESSURE</h2>

    <span class="update" id="pressure">0 mb</span>

</li>

<li class="info wind">

    <h2 class="title">RAIN</h2>

    <span class='update' id="rain">0%</span>

</li>

<li class="info humidity">

    <h2 class="title">HUMIDITY</h2>

    <span class='update' id="humidity">23%</span>

</li>

</ul>

</div>

</div>

<script>

setInterval(drawClock, 2000);

function drawClock(){

var now = new Date();

var hour = now.getHours();

var minute = now.getMinutes();

var second = now.getSeconds();

//Date

var options = {year: 'numeric', month: 'long', day: 'numeric' };

var today = new Date();

```

```
document.getElementById("date").innerHTML = today.toLocaleDateString("en-US", options);
```

```
//hour
```

```
var hourAngle = (360*(hour/12))+((360/12)*(minute/60));
```

```
var minAngle = 360*(minute/60);
```

```
document.getElementById("hour").style.transform = "rotate("+(hourAngle)+"deg)";
```

```
//minute
```

```
document.getElementById("min").style.transform = "rotate("+(minAngle)+"deg)";
```

```
//Get Humidity Temperature and Rain Data
```

```
var xhttp = new XMLHttpRequest();
```

```
xhttp.onreadystatechange = function() {
```

```
    if (this.readyState == 4 && this.status == 200) {
```

```
        var txt = this.responseText;
```

```
        var obj = JSON.parse(txt); //Ref: https://www.w3schools.com/js/js\_json\_parse.asp
```

```
        document.getElementById("rain").innerHTML = obj.Rain + "%";
```

```
        document.getElementById("temperature").innerHTML = Math.round(obj.Temperature) + "&deg;C";
```

```
        document.getElementById("temp").innerHTML = Math.round(obj.Temperature) + "&deg;C";
```

```
        document.getElementById("humidity").innerHTML = Math.round(obj.Humidity) + "%";
```

```
        document.getElementById("pressure").innerHTML = Math.round(obj.Pressuremb) + "mb";
```

```
    }
```

```
};
```

```
xhttp.open("GET", "readADC", true); //Handle readADC server on ESP8266
```

```

    xhttp.send();
}
</script>
</body>
</html>
)=====";

```

- Ο κύριος κώδικας του μετεωρολογικού μας σταθμού είναι :

```

#include <WiFiClient.h>
#include <ESP8266WebServer.h>
#include <SFE_BMP180.h>
#include <Wire.h>

#include "index.h"
#include "DHTesp.h" //DHT11 Βιβλιοθήκη για ESP

#define LED 2 //On board LED
#define DHTpin 14 //D5 of NodeMCU είναι GPIO14
SFE_BMP180 pressure;
#define ALTITUDE 1655.0 // Υψόμετρο σε μέτρα

DHTesp dht;

//SSID και κωδικός πρόσβασης του δρομολογητή WiFi
const char* ssid = "AndroidAP";
const char* password = "bcis6678";

ESP8266WebServer server(80); //Διακομιστής στη θύρα 80

void handleRoot() {
String s = MAIN_page; //Read HTML contents

```

```

server.send(200, "text/html", s); //Αποστολή ιστοσελίδας

}

float humidity, temperature;

void handleADC() {
char status;
double T,P,ρ0,a; //θερμοκρασια , πιεση ,
double Tdeg, Tfar, ρhg, ρmb; // θερμοκρασια σε βαθμούς , fahrenheit ,
status = pressure.startTemperature();
if (status != 0)
{
// ολοκλήρωση μέτρησης
delay(status);
status = pressure.getTemperature(T);
if (status != 0)
{
// Εκτυπώστε τη μέτρηση:
Serial.print("temperature: ");
Serial.print(T,2);
Tdeg = T;
Serial.print(" deg C, ");
Tfar = (9.0/5.0)*T+32.0; //μετατροπη Fahrenheit σε Κελσίου
Serial.print((9.0/5.0)*T+32.0,2);
Serial.println(" deg F");
status = pressure.startPressure(3);
if (status != 0)
{
// Περιμένουμε να ολοκληρωθεί η μέτρηση:
delay(status);

```

```

status = pressure.getPressure(P,T);
if (status != 0)
{
// Εκτυπώστε τη μέτρηση:
Serial.print("absolute pressure: ");
Serial.print(P,2);
pmb = P;
Serial.print(" mb, ");
pHg = P*0.0295333727; // τυπος για τον αισθητήρα πίεσης
Serial.print(P*0.0295333727,2);
Serial.println(" inHg");

p0 = pressure.sealevel(P,ALTITUDE);
Serial.print("relative (sea-level) pressure: ");
Serial.print(p0,2);
Serial.print(" mb, ");
Serial.print(p0*0.0295333727,2);
Serial.println(" inHg");

a = pressure.altitude(P,p0);
Serial.print("computed altitude: ");
Serial.print(a,0);
Serial.print(" meters, ");
Serial.print(a*3.28084,0);
Serial.println(" feet");
}
else Serial.println("error retrieving pressure measurement\n");
}
else Serial.println("error starting pressure measurement\n");
}
else Serial.println("error retrieving temperature measurement\n");

```

```

}

else Serial.println("error starting temperature measurement\n");

int rain = analogRead(A0);

//Create JSON data
String data =
"{\"Rain\":\","+String(rain)+"\", \"Pressuremb\":\","+String(pmb)+"\", \"Pressurehg\":\","+String(phg)+"\", \"Temperature\":\","+String(temperature) +"\", \"Humidity\":\","+String(humidity) +"\}";

digitalWrite(LED,!digitalRead(LED)); //Toggle LED on data request ajax
server.send(200, "text/plain", data); //Send ADC value, temperature and humidity JSON to client ajax request

delay(dht.getMinimumSamplingPeriod());

humidity = dht.getHumidity();

temperature = dht.getTemperature();

Serial.print("H:");

Serial.println(humidity);

Serial.print("T:");

Serial.println(temperature); //dht.toFahrenheit(temperature));

Serial.print("R:");

Serial.println(rain);

}

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

Serial.println();

// dht11 Sensor

dht.setup(DHTpin, DHTesp::DHT11); //for DHT11 Connect DHT sensor to GPIO 17

```

```

pinMode(LED,OUTPUT);

//BMP180 Sensor
if (pressure.begin())
Serial.println("BMP180 init success");
else
{
Serial.println("BMP180 init fail\n\n");
while(1); // Παύση
}

WiFi.begin(ssid, password); // Σύνδεση στο δρομολογητή WiFi
Serial.println("");

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

//
Εάν η σύνδεση είναι επιτυχής, εμφανίστε τη διεύθυνση IP στη σειριακή οθόνη
Serial.println("");
Serial.print("Connected to ");
Serial.println(ssid);
Serial.print("IP address: ");
Serial.println(WiFi.localIP()); //Η διεύθυνση IP εκχωρήθηκε στον ESP
server.on("/", handleRoot); //αυτή είναι η σελίδα προβολής
server.on("/readADC", handleADC); //Αυτή η σελίδα καλείται από java Script AJAX
server.begin(); //Εκκίνηση διακομιστή
Serial.println("HTTP server started");
}

void loop()

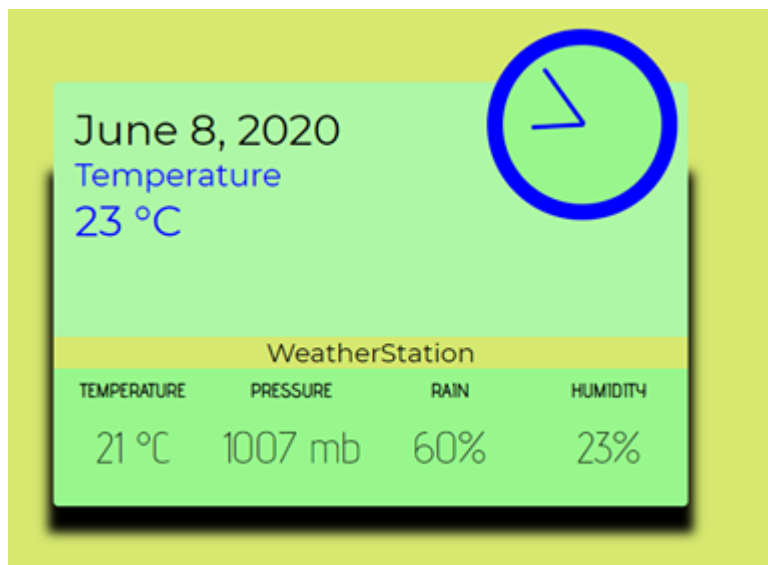
```

```

{
server.handleClient(); //Χειριστείτε αιτήματα πελατών
}

```

Μόλις ανεβάσουμε τον κώδικα βρίσκουμε τη διεύθυνση IP του Esp8266 NodeMCU στη σειριακή οθόνη (serial monitor) του Arduino. Πραγματοποιούμε αντιγραφή και επικόλληση της συγκεκριμένης IP και μεταβαίνουμε σε οποιοδήποτε πρόγραμμα περιήγησης στο διαδίκτυο και εμφανίζουμε τα δεδομένα σε μια όμορφη μορφή widget.



33 Σχήμα 10.2: Η μορφή widget των αποτελεσμάτων του μετεωρολογικού μας σταθμού

## 11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την ενασχόλησή μας με την κατασκευή του δικού μας μετεωρολογικού σταθμού, συμπεραίναμε ότι το θέμα της πτυχιακής μας εργασίας ήταν πολύ ενδιαφέρον. Επίσης παρατηρήσαμε πως εάν κάποιος έχει ελάχιστες γνώσεις προγραμματισμού και συνδεσμολογίας κυκλωμάτων μπορεί να δημιουργήσει πράγματα που χρειάζονται σε καθημερινή χρήση, αποφεύγοντας έτσι να τα αγοράσει.

Ο μετεωρολογικός μας σταθμός εξαιτίας του μικρού του όγκου και σχήματος μπορεί αρκετά εύκολα να μετακινηθεί και να μεταφερθεί εκεί που τον θέλει ο τελικός χρήστης όπως είναι για παράδειγμα μια εκδρομή στο βουνό, στην φύση σε άλλη πόλη ή χώρα. Παραδίδοντας της

τελικές μετρήσεις ασύρματα μέσω Wi-Fi ο χρήστης μπορεί πολύ εύκολα να παρατηρήσει το μικροκλίμα της κάθε περιοχής ενδιαφέροντος του γρήγορα και αξιόπιστα.

Τέλος αλλά και σημαντικότερο είναι ότι κατασκευάσαμε τον δικό μας ασύρματο μετεωρολογικό σταθμό με τις γνώσεις που λάβαμε τόσα χρόνια από την σχολή μας. Η κατασκευή μας αυτή αποτελεί το ' κύκνειο άσμα' της σκληρής και μακροχρόνιας ενασχόλησής μας στον τομέα της ηλεκτρονικής και αποτυπώνονται πλήρως στην πράξη οι γνώσεις που αποκομίσαμε σαν φοιτητές του τμήματος τόσα χρόνια.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΡΕΥΝΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ & ΒΙΩΣΙΜΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΕΘΝΙΚΟ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟ ΑΘΗΝΩΝ [https://www.meteo.noa.gr/Ekthesis\\_Drastiriotiton\\_2015.pdf](https://www.meteo.noa.gr/Ekthesis_Drastiriotiton_2015.pdf)
- [2] ΔΙΚΤΥΟ ΑΥΤΟΜΑΤΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΕΘΝΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ [http://meteosearch.meteo.gr/perigrafi\\_diktyou\\_2020.pdf](http://meteosearch.meteo.gr/perigrafi_diktyou_2020.pdf)
- [3] ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ ΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΜΕΡΟΣ Α΄: ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ <https://meteovyronas.gr/pdf/meteo.pdf>
- [4] ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΔΑΣΙΚΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ, Δημήτριος Στάθης [file:///C:/Users/BlueBoy1908/Downloads/00\\_master\\_document.pdf](file:///C:/Users/BlueBoy1908/Downloads/00_master_document.pdf)
- [5] ΚΑΛΥΤΕΡΟΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ ΔΙΑΦΟΡΩΝ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΙΑΚΗΣ ΧΡΗΣΗΣ <https://techno.expertexpro.com/el/tekhnika-dlya-doma/1732-luchshie-domashnie-meteostantsii.html>
- [6] ΘΕΩΡΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ <http://old-2017.metal.ntua.gr/uploads/4701/1180/chap7.pdf>
- [7] ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΙ ΣΤΑΘΜΟΙ [https://www.meteorology.gr/meteorologikoi\\_stathmoi/](https://www.meteorology.gr/meteorologikoi_stathmoi/)
- [8] ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΕΣ <http://www.eln.teilam.gr/sites/default/files/Lesson03.pdf>
- [9] ARDUINO HOME <https://www.arduino.cc/>
- [10] ARDUINO FORUM <https://forum.arduino.cc/index.php?action=forum>
- [11] Castro,E (2003) Εισαγωγή στην HTML για τον παγκόσμιο ιστό (5<sup>η</sup>) έκδοση. Αθήνα,Κλειδάριθμος
- [12] J.Glenn Brookshear Η επιστήμη των υπολογιστών (10<sup>η</sup>) έκδοση. Κλειδάριθμος