

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΤ' ΟΙΚΟΝ ΑΣΘΕΝΩΝ
ΜΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ**

ΚΑΡΟΥΝΗ ΜΑΡΙΝΑ
ΝΟΣΗΛΕΥΤΡΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2024

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΤ' ΟΙΚΟΝ ΑΣΘΕΝΩΝ
ΜΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ**

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ

ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ
ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΤ' ΟΙΚΟΝ ΑΣΘΕΝΩΝ
ΜΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ ΠΑΘΗΣΕΙΣ**

ΚΑΡΟΥΝΗ ΜΑΡΙΝΑ

ΝΟΣΗΛΕΥΤΡΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΘΗΝΑ 2024

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΖΟΥΛΙΑΣ ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΑΝΤΑΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΛΙΑΣΚΟΣ ΙΩΣΗΦ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες σε όλους όσους με στήριξαν καθ' όλη τη διάρκεια της συγγραφής και ολοκλήρωσης της παρούσας διπλωματικής εργασίας.

Πρώτα απ' όλα, ευχαριστώ θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κ. Ζούλια Εμμανουήλ, για την πολύτιμη καθοδήγηση, τη συνεχή υποστήριξη και τις συμβουλές του καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής μου εργασίας.

Ευχαριστώ επίσης θερμά τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής, κ. Μαντά Ιωάννη και κ. Λιάσκο Ιωσήφ, για τον χρόνο που αφιέρωσαν για την εξέταση της εργασίας μου.

Ιδιαίτερως θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για τη στήριξη και την αγάπη που μου προσέφεραν καθ' όλη τη διάρκεια αυτής της προσπάθειας. Η υπομονή και η ενθάρρυνσή τους με βοήθησαν να ολοκληρώσω τις σπουδές μου. Ένα ξεχωριστό ευχαριστώ στον αδερφό μου, καθώς η αρχική ιδέα για το θέμα αυτής της διπλωματικής εργασίας προήλθε από εκείνον, και η συμβολή του ήταν καθοριστική σε αυτή την προσπάθεια.

Τέλος, ένα μεγάλο ευχαριστώ στον φίλο μου, που ήταν πάντα εκεί για να με υποστηρίξει και να με ακούει όποτε το είχα ανάγκη. Η παρουσία του και η ενθάρρυνσή του με βοήθησαν να προχωρήσω και να ολοκληρώσω αυτή την προσπάθεια.

**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ**

**ΔΙΔΡΥΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΙΔΙΚΕΥΣΗ: ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ ΤΗΣ ΥΓΕΙΑΣ**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΡΟΤΥΠΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ ΓΙΑ
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΤ' ΟΙΚΟΝ ΑΣΘΕΝΩΝ ΜΕ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΕΣ
ΠΑΘΗΣΕΙΣ**

ΤΗΣ ΜΑΡΙΝΑΣ Μ. ΚΑΡΟΥΝΗ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Εισαγωγή: Οι αναπνευστικές παθήσεις, όπως το άσθμα, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και άλλες διαταραχές του αναπνευστικού, αποτελούν συχνές και απειλητικές για την υγεία ασθένειες, που επηρεάζουν εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως. Η συνεχής παρακολούθηση των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της ποιότητας ζωής τους και τη μείωση των σοβαρών επιπλοκών. Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει τη σοβαρότητα των αναπνευστικών παθήσεων σε συνδυασμό με τη σημασία της κατ' οίκον φροντίδας και την ανάγκη ανάπτυξης νέων τεχνολογιών. Παρουσιάζεται ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μίας πρότυπης συσκευής αισθητήρων, που συνδέεται με Arduino, για την παρακολούθηση βασικών παραμέτρων υγείας και της ποιότητας του αέρα στο οικιακό περιβάλλον του ασθενούς.

Σκοπός: Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας πρωτότυπης συσκευής αισθητήρων που συνδέεται με Arduino, με στόχο την παρακολούθηση της κατάστασης των ασθενών και της ποιότητας του αέρα στο περιβάλλον τους. Η συσκευή συνδυάζει τη λειτουργικότητα πολλαπλών αισθητήρων σε μία ενιαία συσκευή, συμβάλλοντας στη βελτίωση της παρεχόμενης φροντίδας για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις. Η συσκευή καταγράφει τη θερμοκρασία και την υγρασία (DHT22), τη συγκέντρωση μονοξειδίου του άνθρακα (MQ-7) και διοξειδίου του άνθρακα (MG811) στην

ατμόσφαιρα και ζωτικές παραμέτρους όπως ο καρδιακός παλμός και το επίπεδο οξυγόνωσης του αίματος (MAX30102). Στόχος είναι να αναπτυχθεί μια οικονομική και εύχρηστη συσκευή, η οποία θα επιτρέπει στους ασθενείς να παρακολουθούν κρίσιμες παραμέτρους υγείας σε πραγματικό χρόνο, συμβάλλοντας στη βελτίωση της συνολικής ποιότητας ζωής των ασθενών.

Μεθοδολογία: Η μεθοδολογία περιλάμβανε τον σχεδιασμό του συστήματος αισθητήρων, τη σύνδεσή τους με έναν μικροελεγκτή Arduino και την ανάπτυξη κατάλληλου λογισμικού για την λήψη και την επεξεργασία των δεδομένων. Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση της συσκευής από ομάδα εστίασης, η οποία αξιολόγησε τη λειτουργικότητα, την ευχρηστία και τη χρησιμότητα της συσκευής, παρέχοντας επίσης σημαντικά σχόλια για τη βελτίωσή της.

Αποτελέσματα: Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές και την αξιολόγηση της προτεινόμενης συσκευής έδειξαν ότι πρόκειται για μια λειτουργική και οικονομικά προσιτή λύση για την κατ' οίκον παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις. Η συσκευή κατέγραψε ικανοποιητικά βασικούς περιβαλλοντικούς και ζωτικούς δείκτες. Οι δοκιμές έδειξαν ότι οι αισθητήρες λειτουργούν αξιόπιστα υπό κανονικές περιβαλλοντικές συνθήκες, παρέχοντας δεδομένα που είναι χρήσιμα για την διαχείριση των αναπνευστικών νοσημάτων.

Συμπεράσματα: Η προτεινόμενη συσκευή αποτελεί μια αποτελεσματική και οικονομική λύση για την κατ' οίκον παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, συνδυάζοντας τη λειτουργικότητα πολλαπλών αισθητήρων σε μία ενιαία συσκευή. Η εφαρμογή της συσκευής μπορεί να συμβάλει στην έγκαιρη ανίχνευση επιδεινώσεων της κατάστασης του ασθενούς, στη βελτίωση της διαχείρισης των χρόνιων παθήσεων και στη συνολική ενίσχυση της ποιότητας ζωής. Μελλοντικές βελτιώσεις θα μπορούσαν να περιλαμβάνουν την ανάπτυξη μιας συνοδευτικής εφαρμογής για κινητές συσκευές, ώστε οι χρήστες να έχουν εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα, καθώς και τη διασύνδεση της συσκευής με πλατφόρμες IoT για αποθήκευση και ανάλυση των δεδομένων, ενισχύοντας τη λειτουργικότητα και την ευχρηστία της.

Λέξεις - κλειδιά: Αναπνευστικές παθήσεις, Κατ' οίκον φροντίδα, Αισθητήρες περιβάλλοντος και ζωτικών σημείων, Arduino, Παρακολούθηση ασθενών, Τηλεϊατρική.

NATIONAL AND KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS

FACULTY OF NURSING

**INTERUNIVERSITY POSTGRADUATE PROGRAM IN HEALTH CARE
MANAGEMENT AND HEALTH CARE INFORMATICS**

DISSERTATION

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE SENSOR DEVICE FOR
HOME MONITORING OF PATIENTS WITH RESPIRATORY CONDITIONS**

BY MARINA KAROUNI

SUMMARY

Introduction: Respiratory diseases, such as asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), and other respiratory disorders, are common and health-threatening conditions affecting millions of people worldwide. Continuous monitoring of patients with respiratory diseases is crucial for maintaining their quality of life and reducing severe complications. This thesis explores the severity of respiratory diseases in conjunction with the importance of home care and the need for developing new technologies. It presents the design and development of a prototype sensor device, connected to an Arduino, for monitoring key health parameters and air quality in the patient's home environment.

Purpose: The purpose of this study is to develop an innovative sensor device connected to an Arduino, aiming to monitor the condition of patients and the air quality in their environment. The device integrates the functionality of multiple sensors into a single unit, enhancing the quality of care provided to patients with respiratory diseases. The device measures temperature and humidity (DHT22), carbon monoxide (MQ-7), and carbon dioxide (MG811) concentrations in the atmosphere, as well as vital parameters such as heart rate and blood oxygen saturation (MAX30102). The goal is to create an affordable and user-friendly device that enables patients to monitor critical health parameters in real-time, contributing to an improved overall quality of life.

Methodology: The methodology involved the design of the sensor system, its integration with an Arduino microcontroller, and the development of appropriate software for data acquisition and processing. Additionally, the device was evaluated by a focus group, which assessed its functionality, usability, and usefulness while also providing valuable feedback for its improvement.

Results: The results from the testing and evaluation of the proposed device demonstrated that it is a functional and cost-effective solution for home monitoring of patients with respiratory diseases. The device successfully recorded key environmental and vital indicators. Testing showed that the sensors operate reliably under normal environmental conditions, providing data that are valuable for managing respiratory conditions.

Conclusions: The proposed device represents an effective and affordable solution for home monitoring of patients with respiratory diseases, combining the functionality of multiple sensors into a single unit. Its implementation can contribute to the timely detection of patient condition deteriorations, improved management of chronic conditions, and an overall enhancement of quality of life. Future improvements could include the development of a companion mobile application for easy access to the data by users, as well as the integration of the device with IoT platforms for data storage and analysis, further enhancing its functionality and usability.

Keywords: Respiratory diseases, Home care, Environmental and vital sign sensors, Arduino, Patient monitoring, Telemedicine

Περιεχόμενα

Πίνακας Εικόνων	13
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο : Αναπνευστικές Παθήσεις και Κατ'Οίκον Παρακολούθηση	17
1.1. Το Αναπνευστικό Σύστημα	17
1.1.1. Ανατομία του Αναπνευστικού Συστήματος	17
1.1.2. Λειτουργίες του Αναπνευστικού Συστήματος	18
1.1.3. Δυσλειτουργία του Αναπνευστικού Συστήματος.....	19
1.2. Αναπνευστικές Παθήσεις και οι Επιπτώσεις τους στην Υγεία	21
1.2.1. Συμπτώματα των Αναπνευστικών Παθήσεων	21
1.2.2. Κατηγορίες Αναπνευστικών Παθήσεων	22
Α. Οξείες Λοιμώξεις Κατώτερου Αναπνευστικού Συστήματος.....	22
Β. Χρόνιες Αναπνευστικές Παθήσεις – Αποφρακτικές Πνευμονοπάθειες	24
1.3. Κατ' Οίκον Φροντίδα και Παρακολούθηση	31
1.3.1. Κατ' Οίκον Φροντίδα και Υπηρεσίες	31
1.3.2. Σύστημα Κατ'Οίκον Φροντίδας	32
1.3.3. Κατ' Οίκον Παρακολούθηση	33
1.3.4. Πλεονεκτήματα της Κατ' Οίκον Φροντίδας και Παρακολούθησης	34
1.4. Διαχείριση των Αναπνευστικών Παθήσεων Κατ' Οίκον.....	35
1.4.1. Κατ' Οίκον Υπηρεσίες Φροντίδας σε Ασθενείς με Αναπνευστικές Νόσους 36	
1) Εκπαίδευση των Ασθενών	36
2) Χρήση Ιατρικού Εξοπλισμού στις Αναπνευστικές Παθήσεις	36
3) Φυσικοθεραπεία Αναπνοής.....	38
4) Ψυχολογική Υποστήριξη και Συμβουλευτική	39
1.5. Ποιότητα Ζωής των Κατ' Οίκον Ασθενών	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο : Η Βιοϊατρική Τεχνολογία στη Φροντίδα Κατ' Οίκον Ασθενών με Αναπνευστικές Παθήσεις.....	42
2.1. Ιατροτεχνολογικός Εξοπλισμός	42
2.1.1. Ορισμός.....	42
2.1.2. Νομοθεσία Ιατροτεχνολογικού Εξοπλισμού	42
2.1.3. Ταξινόμηση Ιατροτεχνολογικού Εξοπλισμού	43
2.1.4. Πιστοποίηση Ιατροτεχνολογικού Εξοπλισμού.....	44
2.1.5. Μη Πιστοποιημένος Ιατροτεχνολογικός Εξοπλισμός	45

2.2.	Αναπνευστικό Monitoring	46
2.2.1.	Παρακολούθηση του Κορεσμού Οξυγόνου (SpO ₂)	46
2.2.2.	Καπνογραφία (Capnography)	48
2.2.3.	Σπιρομέτρηση	49
2.2.4.	Παρακολούθηση του Αναπνευστικού Ρυθμού (RR).....	51
2.2.5.	Ανάλυση Αερίων Αίματος (ABG).....	52
2.3.	Τεχνολογίες Υποστήριξης Αναπνευστικών Ασθενών στο Σπίτι	52
2.3.1.	Συσκευές Οξυγονοθεραπείας.....	53
2.3.2.	Συσκευές Υποστήριξης της Αναπνοής (CPAP και BiPAP)	54
2.3.3.	Θεραπεία Εισπνοής με Νεφελοποίηση	55
2.4.	Ενδεικτικά Συστήματα Τηλεπαρακολούθησης	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο : Μεθοδολογία Σχεδιασμού Συσκευής Αισθητήρων		59
3.1.	Αναγκαιότητα Δημιουργίας της Συσκευής Αισθητήρων Υγείας στους Ασθενείς με Αναπνευστικές Παθήσεις	59
3.2.	Προσδιορισμός Απαιτήσεων Συστήματος.....	61
3.2.1.	Βασικές Μετρήσεις που Απαιτούνται για την Αναπνευστική Υγεία.....	62
1.	Αναπνευστικός Ρυθμός.....	62
2.	Οξυγόνωση του Αίματος (SpO ₂)	62
3.	Καρδιακός Ρυθμός (HR).....	63
4.	Ποιότητα του Ατμοσφαιρικού Αέρα (επίπεδα CO ₂ και CO).....	63
5.	Θερμοκρασία και Υγρασία Περιβάλλοντος.....	64
3.2.2.	Ολοκλήρωση Συστήματος και Αξιοποίηση Δεδομένων	65
3.3.	Σχεδίαση και Ανάπτυξη Συστήματος Αισθητήρων.....	66
3.3.1.	Αισθητήρας MAX30102 για SpO ₂ και HR	66
3.3.2.	Αισθητήρας DHT22 για τη Θερμοκρασία και την Υγρασία του Περιβάλλοντος	68
3.3.3.	Αισθητήρας MG811 για την Ανίχνευση Διοξειδίου του Άνθρακα (CO ₂) ...	70
3.3.4.	Αισθητήρας MQ-7 για την Ανίχνευση Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO) ...	72
3.4.	Σχεδιασμός για Χρήση στο Σπίτι	73
3.4.1.	Φορητότητα	74
3.4.2.	Ανθεκτικότητα.....	74
3.4.3.	Ασφάλεια και Σχεδιασμός με Επίκεντρο τον Χρήστη	75
3.4.4.	Ευκολία Χρήσης και Άνεση	76
3.4.5.	Μετάδοση Δεδομένων και Συνδεσιμότητα	76
3.4.6.	Διάρκεια Ζωής Μπαταρίας	77
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο : Σχεδιασμός και Ανάπτυξη της Συσκευής Αισθητήρων		78

4.1.	Ανάλυση Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων Συσκευής	78
4.1.1.	Arduino UNO	78
4.1.2.	Πλακέτα Επέκτασης I/O	80
4.1.3.	Arduino Breadboard	81
4.1.4.	Αισθητήρας Θερμοκρασίας & Υγρασίας (DHT22)	82
4.1.5.	Αισθητήρας Μονοξειδίου του Άνθρακα (MQ-7)	83
4.1.6.	Αισθητήρας Διοξειδίου του Άνθρακα (MG811).....	84
4.1.7.	Αισθητήρας Καρδιακών Παλμών & Οξύμετρο (MAX30102)	86
4.1.8.	Οθόνη LCD Display Qapass 16x2	88
4.2.	Διασύνδεση Αισθητήρων με Arduino UNO	90
4.2.1.	Λογισμικό Arduino IDE	90
4.2.2.	Διασύνδεση Αισθητήρα DHT22 με Arduino UNO	91
4.2.3.	Διασύνδεση Αισθητήρα MQ-7 με Arduino UNO	93
4.2.4.	Διασύνδεση Αισθητήρα MG811 με Arduino UNO	95
4.2.5.	Διασύνδεση Αισθητήρα MAX30102 με Arduino UNO	97
4.2.6.	Διασύνδεση οθόνης LCD 16x2 με Arduino UNO	98
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο : Αξιολόγηση της Συσκευής Αισθητήρων για Εφαρμογή στην		
Παρακολούθηση Ασθενών με Αναπνευστικές Παθήσεις Κατ' Οίκον.....		
5.1.	Αξιολόγηση Αντικειμενικών Τεχνικών Χαρακτηριστικών Αισθητήρων	103
5.2.	Αξιολόγηση Συσκευής Αισθητήρων από Ομάδα Εστίασης (Focus Group)	106
5.2.1.	Μεθοδολογία Επιλογής Συμμετεχόντων της Ομάδας Εστίασης	106
5.2.2.	Μεθοδολογία Διεξαγωγής της Αξιολόγησης.....	107
5.2.3.	Ανάλυση και Τελικά Συμπεράσματα της Ομάδας Εστίασης.....	110
5.3.	Αξιολόγηση της Συσκευής Αισθητήρων με Βάση το Κόστος και τα Οφέλη που Προσφέρει.....	113
5.3.1.	Συνολικό Κόστος της Συσκευής Αισθητήρων	114
5.3.2.	Οφέλη της Συσκευής Συγκριτικά με το Κόστος.....	114
5.3.3.	Σύγκριση με Πιστοποιημένο Βιοϊατρικό Εξοπλισμό.....	115
6.	Συζήτηση	118
7.	Συμπεράσματα.....	123
7.1.	Μελλοντικές προεκτάσεις.....	124
Βιβλιογραφία.....		128
Παράρτημα.....		137

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1 - Αναπνεόμενοι όγκοι και χωρητικότητες των πνευμόνων (Medical.gr, 2024)...	50
Εικόνα 2 - Φορητή συσκευή οξυγονοθεραπείας (MedPlace, 2024)	54
Εικόνα 3 - Συσκευές υποστήριξης της αναπνοής. BiPAP (αριστερα), CPAP (δεξιά) (Chiotisgroup, 2024; Vaidyam, 2024).....	55
Εικόνα 4 - Πλακέτα Arduino UNO Pin Diagram (Πηγή: https://www.arduino.cc/)	80
Εικόνα 5 - I/O Expansion Shield (Πηγή: https://store.arduino.cc)	81
Εικόνα 6 - DHT22 Sensor Pin Diagram (Πηγή: https://www.ardumotive.com).....	83
Εικόνα 7 - MQ-7 Sensor Pin Diagram (Πηγή : https://www.blue-pcb.com)	84
Εικόνα 8 - MG811 Sensor (Πηγή: https://grobotronics.com).....	85
Εικόνα 9 - MAX30102 Sensor Pin Diagram (Πηγή: https://lastminuteengineers.com)	88
Εικόνα 10 - LCD 16x2 Display Pin Diagram (Πηγή: https://lastminuteengineers.com)...	89
Εικόνα 11 - Συνδεσμολογία DHT22 - Arduino UNO	92
Εικόνα 12 - Συνδεσμολογία MQ-7 - Arduino UNO	94
Εικόνα 13 - Συνδεσμολογία MG811 - Arduino UNO	96
Εικόνα 14 - Συνδεσμολογία Οθόνης LCD - Arduino UNO	99
Εικόνα 15 - Φωτογραφία της Συσκευής (1)	100
Εικόνα 16 - Φωτογραφία της Συσκευής (2)	101
Εικόνα 17 - Φωτογραφία της Συσκευής (3)	101
Εικόνα 18 - Στιγμιότυπο οθόνης από το λογισμικό Arduino IDE (1).....	102
Εικόνα 19 - Στιγμιότυπο οθόνης από το λογισμικό Arduino IDE (2).....	102

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι αναπνευστικές παθήσεις όπως το άσθμα, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και οι λοιμώξεις του αναπνευστικού αποτελούν μερικές από τις πιο συχνές και απειλητικές για τον άνθρωπο ασθένειες. Η ολοένα και συχνότερη εμφάνισή τους και η επικινδυνότητά τους, καθιστούν απαραίτητη την συνεχή παρακολούθηση των ασθενών αυτών, καθώς μπορεί να βοηθήσει στην έγκαιρη αναγνώριση κρίσιμων αλλαγών στην κατάστασή τους και να συμβάλει στην πρόληψη σοβαρών επιπλοκών. Η παρακολούθηση των αναπνευστικών παθήσεων βασίζεται κυρίως στη φυσική παρουσία του ασθενούς σε κάποια νοσοκομειακή μονάδα ή κέντρο υγείας, καθώς επίσης και στη χρήση πολλών διαφορετικών συσκευών. Ωστόσο, ιδιαίτερα σε χρόνιους ασθενείς που χρήζουν διαρκούς παρακολούθησης και φροντίδας, αυτή η μέθοδος μπορεί να έχει περιορισμούς, τόσο για την ποιότητα φροντίδας που τους παρέχεται, όσο και για την ανεξαρτησία τους. Για τον λόγο αυτό, είναι απαραίτητη η ανάπτυξη νέων τεχνολογιών στον τομέα της υγείας, οι οποίες θα υποστηρίξουν την κατ'οίκον παρακολούθηση αυτών των ασθενών σε πραγματικό χρόνο και από απόσταση, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα ζωής τους και την παρεχόμενη φροντίδα.

Η εργασία αυτή εξετάζει την σοβαρότητα των αναπνευστικών παθήσεων σε συνδυασμό με την σημασία της κατ'οίκον φροντίδας και την αναγκαιότητα για ανάπτυξη νέων τεχνολογιών, μέσω της αξιοποίησης των απαραίτητων αισθητήρων και την ενοποίησή τους σε μία ενιαία συσκευή. Με τον τρόπο αυτό, η προτεινόμενη συσκευή συμβάλλει στη βελτίωση της παρεχόμενης φροντίδας για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις προσφέροντας άμεση παρακολούθηση και καλύτερη ποιότητα ζωής.

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, στόχος είναι ο σχεδιασμός μιας πρότυπης ενιαίας συσκευής, η οποία αποτελείται από έναν αριθμό διαφορετικών αισθητήρων και προορίζεται για κατ'οίκον χρήση από ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις. Η συσκευή αυτή στοχεύει στη συνεχή παρακολούθηση ζωτικών παραμέτρων που αφορούν την λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος, καθώς επίσης και στην αξιολόγηση της ποιότητας του αέρα, μέσω αισθητήρων που δέχονται δεδομένα από τον περιβάλλοντα χώρο του ασθενούς. Συγκεκριμένα, στη συσκευή αυτή ενσωματώθηκαν τέσσερις διαφορετικοί αισθητήρες, ένας για τη μέτρηση του καρδιακού παλμού

και της οξυμετρίας, ένας για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας στο περιβάλλον, και δύο που αφορούν το μονοξείδιο (CO) και διοξείδιο (CO₂) του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα υλικά και οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή της συσκευής αυτής δεν είναι ιατροτεχνολογικά πιστοποιημένα και δεν έχουν εγκριθεί από κάποιον επίσημο φορέα για ιατρική χρήση. Συνεπώς, δεν υπάρχουν εγγυήσεις για την ακρίβεια ή την ασφάλειά της, καθώς τα δεδομένα που παρέχονται πιθανόν να μην είναι απόλυτα ακριβή και μπορεί να οδηγήσουν σε λάθος συμπεράσματα για την κατάσταση της υγείας. Ωστόσο, η συσκευή αυτή, παρόλο που δεν είναι πιστοποιημένη για άμεση κλινική χρήση, έχει σκοπό να χρησιμοποιηθεί σε εφαρμογές κατ'οίκον φροντίδας ως πρότυπο υλικό δοκιμής και για περαιτέρω ανάπτυξη. Αυτό, μας παρέχει τη δυνατότητα να αξιολογήσουμε τη λειτουργικότητα, την απόδοση και τις τεχνολογικές δυνατότητες μιας τέτοιας συσκευής, συμβάλλοντας έτσι στη βελτίωση και την ανάπτυξή της για μελλοντική χρήση σε πραγματικές συνθήκες κατ'οίκον φροντίδας. Ο σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας επομένως, αφορά τον σχεδιασμό μιας συσκευής, η οποία μπορεί να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της κατ' οίκον παρακολούθησης, ενώ παράλληλα παρέχει τη δυνατότητα μελλοντικών βελτιώσεων μέσω περαιτέρω έρευνας και ανάπτυξης.

Η εργασία αυτή χωρίζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος εστιάζει στο θεωρητικό υπόβαθρο, ενώ το δεύτερο επικεντρώνεται στον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση του αισθητήρα.

Στο πρώτο μέρος, πραγματοποιείται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας η οποία εστιάζει στις αναπνευστικές παθήσεις και στις επιπτώσεις τους στην δημόσια υγεία. Παράλληλα, γίνεται αναφορά στον θεσμό της κατ'οίκον παρακολούθησης στον πληθυσμό γενικά και ύστερα συγκεκριμένα σε ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις. Το κεφάλαιο κλείνει παρουσιάζοντας υπάρχουσες λύσεις για παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις.

Στη συνέχεια, αναφέρεται στην αναγκαιότητα ύπαρξης τεχνολογιών για παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις καθώς επίσης και στους ήδη υπάρχοντες αισθητήρες που χρησιμοποιούνται για τον σκοπό αυτό. Αναφέρονται επίσης οι περιορισμοί στη χρήση των αισθητήρων και τέλος

τονίζεται η ανάγκη για ανάπτυξη μιας νέας συσκευής που θα απευθύνεται σε αυτούς τους ασθενείς και θα καλύπτει τις ανάγκες τους.

Στο δεύτερο μέρος της εργασίας, αναλύεται η μεθοδολογία της ανάπτυξης της συσκευής. Αρχικά, παρουσιάζονται τα κριτήρια επιλογής των αισθητήρων, τα οποία καθορίστηκαν με βάση τις απαιτήσεις της εργασίας. Αρχικά, αναφέρονται τα κριτήρια επιλογής των αισθητήρων για αναπνευστικά δεδομένα και έπειτα πραγματοποιείται η σχεδίαση και η ανάπτυξή του. Στη συνέχεια, αναλύεται ξεχωριστά κάθε αισθητήρας που χρησιμοποιήθηκε στη συσκευή, περιγράφοντας τα τεχνικά χαρακτηριστικά του, τη λειτουργία του, καθώς και τον τρόπο διασύνδεσης του με την πλακέτα Arduino UNO.

Στη συνέχεια της εργασίας, πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της συσκευής. Σε αυτή τη φάση, εξετάστηκαν τα τεχνικά χαρακτηριστικά κάθε αισθητήρα ξεχωριστά, καθώς και η συνολική λειτουργικότητα της συσκευής. Παράλληλα, εκτιμήθηκε το κόστος κατασκευής της συσκευής, το οποίο αξιολογήθηκε σε σχέση με τα οφέλη που προσφέρει, όπως η ακρίβεια μετρήσεων και η αξιοπιστία της. Παράλληλα, το κόστος συγκρίθηκε με αντίστοιχες συσκευές που διατίθενται στην αγορά, προκειμένου να εκτιμηθεί η ανταγωνιστικότητά της. Η ανάλυση αυτή ανέδειξε τη σχέση κόστους - οφέλους. Επιπλέον, για την εκτίμηση της πρακτικότητας και της αποτελεσματικότητας της συσκευής σε πραγματικές συνθήκες, πραγματοποιήθηκε αξιολόγηση από μια ομάδα εστίασης (Focus Group). Τα αποτελέσματα της αξιολόγησης συνέβαλαν στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων και στην πιθανή βελτιστοποίηση της συσκευής.

Τέλος, η εργασία καταλήγει με τα συμπεράσματα από την αξιολόγηση και τη λειτουργικότητα της συσκευής, προβλήματα που δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και της αξιολόγησης και κλείνει με μελλοντικές προτάσεις για περαιτέρω βελτίωση και ανάπτυξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: Αναπνευστικές Παθήσεις και Κατ'Οίκον Παρακολούθηση

1.1. Το Αναπνευστικό Σύστημα

Το αναπνευστικό σύστημα είναι το σύνολο των οργάνων και των δομών στο σώμα που είναι υπεύθυνα για την πρόσληψη του οξυγόνου από τον αέρα και την αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα. Αποτελεί βασικό σύστημα του ανθρώπινου σώματος, καθώς η ανταλλαγή αερίων είναι απαραίτητη για την επιβίωση των κυττάρων. Το αναπνευστικό σύστημα έχει ως κύριο σκοπό τη δέσμευση του οξυγόνου από το περιβάλλον και την οξυγόνωση του ανθρώπινου σώματος. [1] Η καλή λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος είναι απαραίτητη για την πραγματοποίηση όλων των λειτουργιών του σώματος και τη διατήρηση της ζωής. Η γνώση της δομής και του τρόπου λειτουργίας του αναπνευστικού συστήματος βοηθά στη διατήρηση μιας υγιούς αναπνοής και στην καλύτερη κατανόηση των αναπνευστικών παθήσεων.

1.1.1. Ανατομία του Αναπνευστικού Συστήματος

Το αναπνευστικό σύστημα χωρίζεται σε 2 βασικά μέρη: το ανώτερο και το κατώτερο αναπνευστικό σύστημα.

A. Το ανώτερο αναπνευστικό σύστημα περιλαμβάνει τις δομές που βρίσκονται εκτός της θωρακικής κοιλότητας. Αυτές αποτελούνται αρχικά από τη ρινική κοιλότητα, μέσω της οποίας ο αέρας εισέρχεται από τη μύτη ή το στόμα και περνάει στο υπόλοιπο σώμα. Στη συνέχεια, ο φάρυγγας, ο οποίος αποτελεί κοινή δίοδο για τον αέρα και για τις τροφές, οδηγεί τον αέρα προς τον λάρυγγα. Ο λάρυγγας βρίσκεται στο λαιμό και περιέχει τις φωνητικές χορδές. Είναι υπεύθυνος για τη φωνή και διασφαλίζει ότι ο αέρας περνά μόνο προς τους πνεύμονες.

B. Το κατώτερο αναπνευστικό σύστημα περιλαμβάνει τα κύρια όργανα εντός του θώρακα που είναι υπεύθυνα για την ανταλλαγή αερίων. Στην κορυφή του βρίσκεται η επιγλωττίδα η οποία εμποδίζει την είσοδο τροφών και υγρών στο κατώτερο αναπνευστικό σύστημα. Το πρώτο μέρος του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος αποτελείται από την τραχεία. Πρόκειται για τον

κεντρικό και μεγαλύτερο αεραγωγό που έχει σχήμα σωλήνα και κατευθύνει τον αέρα από τον λάρυγγα στους βρόγχους. Οι βρόγχοι ουσιαστικά αποτελούν κλάδους της τραχείας, οι οποίοι διακλαδίζονται και οδηγούν τον αέρα στους δύο πνεύμονες. Οι πνεύμονες είναι τα κύρια όργανα του αναπνευστικού συστήματος, όπου πραγματοποιείται η ανταλλαγή αερίων. Οι κυψελίδες είναι η τελική κατάληξη των αεραγωγών. Πρόκειται για μικροσκοπικές δομές που βρίσκονται μέσα στους πνεύμονες και εκεί πραγματοποιείται η απορρόφηση του οξυγόνου και η αποβολή του διοξειδίου του άνθρακα. Από τις κυψελίδες, το δεσμευμένο πλέον οξυγόνο στα ερυθρά αιμοσφαίρια, μεταφέρεται στην καρδιά η οποία αναλαμβάνει να το στείλει σε όλα τα μέρη του ανθρώπινου σώματος. [2]

1.1.2. Λειτουργίες του Αναπνευστικού Συστήματος

Το αναπνευστικό σύστημα επιτελεί πολλές σημαντικές λειτουργίες που είναι κρίσιμες για την επιβίωση και τη σωστή λειτουργία του οργανισμού. Η κύρια λειτουργία του είναι η ανταλλαγή του οξυγόνου και διοξειδίου του άνθρακα ανάμεσα στον αέρα και το αίμα. Αυτό πραγματοποιείται μέσω της λειτουργίας της αναπνοής, η οποία διακρίνεται σε δύο φάσεις, την εισπνοή και την εκπνοή. Κατά την εισπνοή το διάφραγμα, το οποίο είναι ο κύριος αναπνευστικός μυς, και οι μεσοπλεύριοι μύες συσπώνονται προκαλώντας αύξηση του όγκου της θωρακικής κοιλότητας και εισαγωγή αέρα στους πνεύμονες. Ο αέρας που εισπνέουμε περιέχει οξυγόνο, το οποίο απορροφάται από το αίμα στις κυψελίδες. Το αίμα μεταφέρει το οξυγόνο στους ιστούς του σώματος όπου χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας. Αντίστοιχα κατά την εκπνοή το διάφραγμα χαλαρώνει και οι πνεύμονες συστέλλονται, απελευθερώνοντας αέρα πλούσιο σε διοξείδιο του άνθρακα. Το διοξείδιο του άνθρακα, που αποτελεί παραπροϊόν του μεταβολισμού, μεταφέρεται από το αίμα στους πνεύμονες για να αποβληθεί κατά την εκπνοή. [2]

Παράλληλα το αναπνευστικό σύστημα συμμετέχει στη ρύθμιση του pH του αίματος, ελέγχοντας τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Όταν το διοξείδιο του άνθρακα συσσωρεύεται, σχηματίζεται ανθρακικό οξύ αυξάνοντας την οξύτητα του αίματος προκαλώντας χαμηλή τιμή pH. Αντίθετα, με την απομάκρυνση του διοξειδίου του άνθρακα μέσω της αναπνοής το pH διατηρείται σε φυσιολογικά επίπεδα. [3]

Άλλη μια λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος είναι η προστασία του οργανισμού από βλαβερούς παράγοντες που εισέρχονται μέσω της αναπνοής. Οι δομές του αναπνευστικού συστήματος φιλτράρουν και απομακρύνουν ξένα σωματίδια και παθογόνους μικροοργανισμούς του αέρα πριν φτάσουν στους πνεύμονες, προστατεύοντας έτσι τον οργανισμό από λοιμώξεις. Ακόμα το αναπνευστικό σύστημα συμβάλλει στην παραγωγή του ήχου καθώς ο λάρυγγας, ο οποίος βρίσκεται στην ανώτερη περιοχή του αναπνευστικού συστήματος, περιέχει τις φωνητικές χορδές. Η ροή αέρα διαμέσου των φωνητικών χορδών προκαλεί την παραγωγή ήχων επιτρέποντας την ομιλία. Τέλος, το αναπνευστικό σύστημα συμβάλλει στη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. Ο αέρας που εισπνέεται θερμαίνεται ή ψύχεται, ανάλογα με τις εξωτερικές συνθήκες, εξισορροπώντας έτσι τη θερμοκρασία του σώματος. Η εκπνοή αφαιρεί ζεστό αέρα από το σώμα, συμβάλλοντας στη μείωση της θερμοκρασίας όταν αυτό είναι απαραίτητο. [4]

Όλες οι παραπάνω λειτουργίες είναι απαραίτητες και συνεργάζονται για τη διατήρηση της ισορροπίας του οργανισμού και τη σωστή λειτουργία του. Χωρίς την ομαλή λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος, το σώμα αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα που μπορούν να επηρεάσουν την υγεία σε διάφορα επίπεδα.

1.1.3. Δυσλειτουργία του Αναπνευστικού Συστήματος

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το αναπνευστικό σύστημα συμβάλλει σε πολλές λειτουργίες του οργανισμού. Οι διαταραχές σε αυτές τις λειτουργίες μπορεί να έχουν σοβαρές και απειλητικές για τη ζωή επιπτώσεις. Για παράδειγμα η ανικανότητα των πνευμόνων να προσλάβει επαρκές οξυγόνο από τον αέρα οδηγεί σε υποξία, δηλαδή σε μειωμένη ποσότητα οξυγόνου στο αίμα και στα κύτταρα. Χωρίς επαρκή οξυγόνωση τα κύτταρα δεν μπορούν να παράγουν αρκετή ενέργεια μέσω του αερόβιου μεταβολισμού. Έτσι τα όργανα, ιδιαίτερα ο εγκέφαλος και η καρδιά, δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά προκαλώντας συμπτώματα όπως σύγχυση ζάλη απώλεια συνείδησης και σε ακραίες περιπτώσεις θάνατο. Αντίθετα, όταν το αναπνευστικό σύστημα δεν μπορεί να απομακρύνει αποτελεσματικά το διοξείδιο του άνθρακα από το αίμα προκύπτει υπερκαπνία, υπερβολική συσσώρευση διοξειδίου του άνθρακα

δηλαδή. Αυτό μπορεί να προκαλέσει αναπνευστική οξέωση, η οποία μειώνει το pH του αίματος και οδηγεί σε αλκαλική ανισορροπία που μπορεί να επηρεάσει τη λειτουργία των κυττάρων. Συμπτώματα που εμφανίζονται κατά την υπερκαπνία είναι η δυσκολία στην αναπνοή, το αίσθημα κόπωσης, ληθαργικότητα, κεφαλαλγία και σε σοβαρές περιπτώσεις, ακόμα και κώμα. [5]

Η αναπνευστική δυσλειτουργία μπορεί να προκαλέσει επιπλοκές και στο καρδιαγγειακό σύστημα όπως για παράδειγμα πνευμονική υπέρταση. Η πνευμονική υπέρταση αποτελεί μια παθολογική κατάσταση κατά την οποία παρατηρείται αυξημένη πίεση στα αιμοφόρα αγγεία των πνευμόνων, τα οποία παραλαμβάνουν το οξυγόνο από τους πνεύμονες. Η φυσιολογική πίεση στην πνευμονική αρτηρία είναι 12 έως 15mmHg. Η παθολογική αύξηση της πίεσης στην πνευμονική αρτηρία λέγεται πνευμονική υπέρταση και μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε καρδιακή ανεπάρκεια. [6]

Η κακή λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος μπορεί να αυξήσει τον κίνδυνο λοιμώξεων. Η μειωμένη ικανότητα του οργανισμού να καθαρίσει τους πνεύμονες από ξένα σωματίδια και παθογόνους μικροοργανισμούς μπορεί να οδηγήσει σε επεισόδια πνευμονίας. Ιδιαίτερα, άτομα με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις όπως το άσθμα ή η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), έχουν συχνά αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης λοιμώξεων του αναπνευστικού συστήματος.

Η δυσκολία στην αναπνοή μπορεί να περιορίσει την ικανότητα ενός ατόμου να εκτελεί καθημερινές δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα μπορεί να οδηγήσει σε μειωμένη σωματική δραστηριότητα και άσκηση. Είναι πιθανόν να εμφανιστούν ψυχολογικά προβλήματα, όπως άγχος και κατάθλιψη, λόγω της συνεχιζόμενης δυσκολίας στην αναπνοή, καθώς μειώνεται η ποιότητα ζωής των ατόμων. Τέλος, σε σοβαρές περιπτώσεις η αποτυχία των πνευμόνων να ανταποκριθούν στις ανάγκες του οργανισμού μπορεί να οδηγήσει σε αναπνευστική ανεπάρκεια, όπου ο ασθενής δεν μπορεί να αναπνεύσει επαρκώς χωρίς υποστήριξη. [5]

Είναι κατανοητό λοιπόν, πώς η ομαλή λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της υγείας. Για τον λόγο αυτό, η πρόληψη, η έγκαιρη διάγνωση και η θεραπεία προβλημάτων του αναπνευστικού συστήματος είναι κρίσιμη για την αποφυγή σοβαρών επιπλοκών και τη διασφάλιση καλής ποιότητας υγείας

1.2. Αναπνευστικές Παθήσεις και οι Επιπτώσεις τους στην Υγεία

Οι αναπνευστικές παθήσεις είναι ασθένειες που επηρεάζουν το αναπνευστικό σύστημα, το οποίο περιλαμβάνει τη μύτη, τον φάρυγγα, τον λάρυγγα, την τραχεία, τους βρόγχους, τους πνεύμονες και το διάφραγμα. Αυτές οι παθήσεις μπορεί να είναι οξείες ή χρόνιες και μπορούν να επηρεάσουν την ικανότητα ενός ατόμου να αναπνέει αποτελεσματικά προκαλώντας δυσφορία, πόνο ή ακόμα και σοβαρές επιπλοκές στην υγεία. Είναι παγκοσμίως από τις πιο συχνές αιτίες νοσηρότητας και θνησιμότητας καθώς ευθύνονται για περίπου το ένα έκτο των θανάτων παγκοσμίως. Τα στοιχεία για την επίπτωση και τον επιπολασμό ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή, την ηλικιακή ομάδα και άλλους παράγοντες κινδύνου, όπως το κάπνισμα, η ρύπανση και οι συνθήκες υγειονομικής περίθαλψης.

1.2.1. Συμπτώματα των Αναπνευστικών Παθήσεων

Οι αναπνευστικές παθήσεις μπορεί να έχουν ποικίλα συμπτώματα ανάλογα με τη σοβαρότητα και τη φύση της νόσου. Τα πιο βασικά από αυτά αποτελούν:

1) Δύσπνοια: Η δύσπνοια είναι το αίσθημα δυσκολίας κατά την αναπνοή. Το σύμπτωμα αυτό μπορεί να αποτελείται από ποιοτικώς διαφορετικές συνιστώσες, όπως αίσθημα σφιζίματος στο στήθος ή αποπνικτικό αίσθημα. Η δύσπνοια συνήθως συνυπάρχει και με άλλα ευρήματα όπως ταχυκαρδία, ταχύπνοια, κυάνωση καθώς επίσης παρατηρείται ελάττωση της κινητικότητας των ημιθωρακίων, χρήση των επικουρικών μυών της αναπνοής και συρίττουσα αναπνοή. Συνοδεύει τις περισσότερες από τις παθήσεις του αναπνευστικού συστήματος και αποτελεί έναν από τους συχνότερους λόγους επίσκεψης στον ιατρό.

2) Βήχας: Ο βήχας είναι ένα πολύ συχνό, πρώιμο σύμπτωμα πολλών νοσημάτων του αναπνευστικού συστήματος και χαρακτηρίζεται από έντονη και βίαιη εκπνευστική προσπάθεια που αποσκοπεί στην απομάκρυνση από τους πνεύμονες εκκρίσεων, βλαβερών ουσιών ή σωμάτων. Ο βήχας μπορεί να είναι σύμπτωμα ενός απλού κρυολογήματος, μπορεί όμως να αφορά και πολύ

σοβαρότερες καταστάσεις όπως είναι ο καρκίνος του πνεύμονα ή ΧΑΠ, άσθμα, κ.α.

3) Αιμόπτυση: Αιμόπτυση είναι η αποβολή με τον βήχα αίματος που προέρχεται από την περιοχή του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος. Συνήθως η ποσότητα του αίματος είναι μικρή, όμως υπάρχουν περιπτώσεις που η αιμόπτυση είναι μεγάλη και απειλητική για τη ζωή. Η εμφάνιση αίματος στα πτύελα πρέπει άμεσα να οδηγούν τον ασθενή στον γιατρό, καθώς χρειάζεται έγκαιρη διάγνωση της αιτίας και άμεση αντιμετώπισή της.

4) Συριγμός κατά την αναπνοή: Είναι το αποτέλεσμα της βεβιασμένης διέλευσης αέρα μέσω των διογκωμένων και μερικώς αποφραγμένων αεραγωγών στους πνεύμονες, η οποία προκαλεί συριγμούς διαφόρων ειδών και εντάσεων. Ο ήχος συχνά περιγράφεται από τον ασθενή ως "σφύριγμα της αναπνοής" ή "βράσιμο στο στήθος". Ανάλογα με την αιτία του, ο συριγμός μπορεί να είναι είτε μόνιμος είτε να εμφανίζεται παροδικά. Συνήθως, αποτελεί χαρακτηριστικό σύμπτωμα του άσθματος, αν και μπορεί να είναι ενδεικτικός και άλλων παθήσεων του αναπνευστικού.

5) Θωρακικό άλγος: Ο πόνος στο στήθος υπάρχει συνήθως σε όλες τις παθήσεις του αναπνευστικού. Το θωρακικό άλγος που είναι σχετιζόμενο με παθήσεις του αναπνευστικού, μπορεί να υποκρύπτει καταστάσεις όπως ο πνευμοθώρακας ή η πνευμονική εμβολή που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης με σκοπό την προστασία της ζωής του ασθενούς. [7]

1.2.2. Κατηγορίες Αναπνευστικών Παθήσεων

A. Οξείες Λοιμώξεις Κατώτερου Αναπνευστικού Συστήματος

Οι οξείες λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος είναι παθήσεις που επηρεάζουν τα όργανα του αναπνευστικού συστήματος κάτω από τον λάρυγγα, όπως τους βρόχους, τους πνεύμονες και τις κυψελίδες. Περιλαμβάνουν την πνευμονία (λοίμωξη της κυψελίδας του πνεύμονα), καθώς επίσης λοιμώξεις που επηρεάζουν τους αεραγωγούς, όπως η οξεία βρογχίτιδα και η βρογχιολίτιδα, και την γρίπη. Αποτελούν κύρια αιτία ασθενειών και θανάτων σε παιδιά και ενήλικες ανά τον κόσμο και απαιτούν άμεση ιατρική παρέμβαση. [8]

1) Πνευμονία: Είναι λοίμωξη των πνευμόνων συνήθως προκαλούμενη από

βακτήρια, ιούς ή μύκητες. Μπορεί να προσβάλλει όλες τις ηλικίες, είναι όμως πιο συχνή σε μικρά παιδιά στα οποία αποτελεί και τη μεγαλύτερη λοιμώδη αιτία θανάτου παγκοσμίως. Περισσότεροι από 808.000 θάνατοι παιδιών κάτω των 5 ετών το 2017 ευθύνονται στην πνευμονία, αντιπροσωπεύοντας το 15% όλων των θανάτων παιδιών κάτω των 5 ετών. [9] Τα άτομα που διατρέχουν κίνδυνο για πνευμονία περιλαμβάνουν επίσης ενήλικες άνω των 65 ετών και άτομα με προϋπάρχοντα προβλήματα υγείας. Στους ενήλικες προκαλείται συνήθως από μικρόβια με πιο συνηθισμένο τον στρεπτόκοκκο της πνευμονίας. Στα παιδιά πιο συχνά παρατηρείται λοίμωξη από ιούς (RSV), ενώ σε ασθενείς με προσβεβλημένο ανοσοποιητικό σύστημα μπορεί να παρατηρηθεί πνευμονία από μύκητες. Η πνευμονία αποτελεί σοβαρή κατάσταση η οποία συνήθως χρειάζεται νοσηλεία σε νοσοκομείο αφού πρόκειται για την πιο συχνή αιτία θανάτου από λοίμωξη στην Αμερική και την Ευρώπη. Σε υγιείς ασθενείς νεαρής ηλικίας με καλή γενική κατάσταση μπορεί η αγωγή να δοθεί κατ'οίκον με συνεχή παρακολούθηση, αλλά στην πλειονότητα των περιπτώσεων και ανάλογα με την σοβαρότητα της κατάστασης ο ασθενής παραπέμπεται σε κάποιο νοσηλευτικό κέντρο. Ανάλογα με τη σοβαρότητα της πνευμονίας, τα συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν βήχα σε συνδυασμό με πυρετό, αδυναμία ή δύσπνοια χωρίς προφανή αιτία. Η διάγνωση της πνευμονίας γίνεται με την κλινική εξέταση του ασθενούς αφού αξιολογηθούν τα συμπτώματά του, και επιβεβαιώνεται με ακτινογραφία θώρακος, στην οποία παρατηρείται πύκνωση - "σκιά". Η θεραπεία της πνευμονίας εξαρτάται από τον αιτιολογικό παράγοντα. Σε περίπτωση λοίμωξης από κάποιο μικρόβιο, δίνεται αγωγή με αντιβιοτικό παράγοντα ή ακόμα και συνδυασμός αντιβιοτικών, ανάλογα με τη σοβαρότητα της κατάστασης. Η ξεκούραση και η άφθονη ενυδάτωση μπορούν επίσης να βοηθήσουν τους ασθενείς να αναρρώσουν ταχύτερα. [10]

1) Οξεία βρογχίτιδα και βρογχιολίτιδα: Η οξεία βρογχίτιδα αποτελεί λοίμωξη των κατώτερων αεραγωγών, εμφανίζεται κυρίως σε ενήλικες και οφείλεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων (>90%) σε ιούς και λιγότερο συχνά σε βακτήρια. Η βρογχιολίτιδα αποτελεί λοίμωξη των κατώτερων αεραγωγών η οποία επηρεάζει βρέφη και νήπια μικρότερα της ηλικίας των 2 ετών. Πρόκειται για την πιο κοινή αιτία εισαγωγής σε νοσοκομεία, για βρέφη ηλικίας κάτω του 1 έτους. Όπως και στην οξεία βρογχίτιδα, οφείλεται σε ιούς με

κυριότερο εκπρόσωπο τον αναπνευστικό συγκυτιακό ιό (RSV). Το κύριο σύμπτωμα της οξείας βρογχίτιδας είναι ο βήχας, ενώ η βρογχιολίτιδα σε βρέφη και νήπια χαρακτηρίζεται από συριγμό και έντονο ξηρό βήχα με διάρκεια αρκετών μηνών. Η διάγνωση της βρογχίτιδας και της βρογχιολίτιδας γίνεται μέσω κλινικής εξέτασης και παρακολούθησης των συμπτωμάτων. Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων οξείας βρογχίτιδας και βρογχιολίτιδας δεν χρειάζεται φαρμακευτική αγωγή για την θεραπεία τους και τα συμπτώματα μπορούν να αντιμετωπιστούν με ανάπαυση και ενυδάτωση στο σπίτι. Τα αντιβιοτικά δεν έχουν καμία επίδραση στους ιούς και επομένως δεν ενδείκνυται η χορήγησή τους σε αυτές τις περιπτώσεις. [8]

2) Γρίπη: Η γρίπη εμφανίζεται με ετήσιες εξάρσεις σε ορισμένες περιοχές ενώ όταν εμφανίζεται μια νέα μετάλλαξη σε στέλεχος, η γρίπη εξαπλώνεται πιο εύκολα επειδή οι άνθρωποι δεν έχουν αναπτύξει αντισώματα έναντι του νέου στελέχους. Η νόσος προσβάλλει όλες τις ηλικίες με τις πιο σοβαρές μορφές της να παρατηρούνται σε άτομα μεγαλύτερα των 65 ετών, σε παιδιά και σε ασθενείς με συνυπάρχουσες παθήσεις. Τα κυριότερα συμπτώματα της γρίπης είναι ο πυρετός και η γενικευμένη αδυναμία, οι μυαλγίες, η κεφαλαλγία, ο πονόλαιμος και η ρινική συμφόρηση. Σε περίπτωση που η λοίμωξη είναι πιο σοβαρή, μπορεί να οδηγήσει σε πνευμονία, η οποία σε ευπαθείς ομάδες συνήθως απαιτείται νοσηλεία σε νοσοκομείο. Η διάγνωση της γρίπης γίνεται από τον ιατρό βάσει των συμπτωμάτων και του ιατρικού ιστορικού. Για την θεραπεία ήπιας μορφής της γρίπης δεν απαιτείται φαρμακευτική αγωγή παρά μόνο ξεκούραση και κατανάλωση υγρών, ενώ σε ευπαθή άτομα που διατρέχουν κίνδυνο για άλλες επιπλοκές μπορούν να χρησιμοποιηθούν αντι-ϊικά φάρμακα. [8]

B. Χρόνιες Αναπνευστικές Παθήσεις – Αποφρακτικές Πνευμονοπάθειες

Οι αποφρακτικές παθήσεις των πνευμόνων είναι μια κατηγορία χρόνιων αναπνευστικών διαταραχών που χαρακτηρίζονται από επίμονη και μη αναστρέψιμη στένωση ή απόφραξη των αεραγωγών, επηρεάζοντας τη ροή του αέρα από και προς τους πνεύμονες. Αυτές οι παθήσεις χαρακτηρίζονται από προοδευτική αναπνευστική δυσλειτουργία και συχνά οφείλονται σε χρόνια ερεθισμό των αεραγωγών, κυρίως λόγω καπνίσματος ή έκθεσης σε

ρυπογόνους παράγοντες. Οι κυριότερες αναπνευστικές παθήσεις που συναντώνται αναλύονται παρακάτω. [11]

1) Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ): Η ΧΑΠ αποτελεί μακροχρόνια ασθένεια η οποία προκαλεί αργή, προοδευτική και ανεπανόρθωτη απόφραξη των αεροφόρων οδών καθώς και φλεγμονή στους πνεύμονες. Η νόσος στην πορεία της παρουσιάζει εξάρσεις οι οποίες χαρακτηρίζονται από αύξηση της δύσπνοιας και της παραγωγής πτυέλων και, μερικές φορές, αναπνευστική ανεπάρκεια. Η κυριότερη αιτία εμφάνισης ΧΑΠ αποτελεί το κάπνισμα, αφού περίπου 40-50% των δια βίου καπνιστών θα εμφανίσουν ΧΑΠ, σε σύγκριση με το 10% των ανθρώπων που δεν έχουν καπνίσει ποτέ. Παράλληλα, η ατμοσφαιρική ρύπανση, ιδιαίτερα σε αστικές περιοχές, μπορεί να συμβάλλει στην εμφάνισή της καθώς επίσης και επαγγελματική έκθεση σε σκόνη, χημικές ουσίες και αέρια. Μια σπάνια γενετική αιτία μπορεί να αποτελέσει η ανεπάρκεια της α1-αντιθρυψίνης, μιας πρωτεΐνης που παράγεται κυρίως στο ήπαρ και κυκλοφορεί στο αίμα και προστατεύει τους ιστούς του σώματος, ειδικά τους πνεύμονες, από βλάβες που προκαλούνται από ένζυμα. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, 64 εκατομμύρια άνθρωποι επηρεάζονται παγκοσμίως και περίπου 3 εκατομμύρια πέθαναν από τη νόσο. Στην Ελλάδα, αποτελεί ένα από τα δύο συχνότερα αναπνευστικά νοσήματα, καθώς από επιδημιολογικές μελέτες της Ελληνικής Πνευμονολογικής Εταιρείας έχει βρεθεί ότι 500 - 700 χιλιάδες Έλληνες πάσχουν από αυτή. [12]

Τα κύρια συμπτώματα της ΧΑΠ αναπτύσσονται σταδιακά και περιλαμβάνουν τη δύσπνοια, ιδιαίτερα στην σωματική δραστηριότητα, η οποία επιδεινώνεται καθημερινά με την πάροδο του χρόνου και ο χρόνιος βήχας, με ή χωρίς παραγωγή πτυέλων. Οι ασθενείς ενδέχεται να εμφανίσουν κόπωση και απώλεια βάρους με την πάροδο του χρόνου, ενώ συχνές είναι και οι επαναλαμβανόμενες λοιμώξεις του αναπνευστικού, δεδομένου ότι οι μόνιμες βλάβες που προκαλεί η ΧΑΠ στους βρόγχους επηρεάζουν αρνητικά την άμυνα των πνευμόνων έναντι μικροβίων και ιών. Σε μεγάλο ποσοστό οι ασθενείς με ΧΑΠ πάσχουν και από άλλα συνοδά νοσήματα, όπως στεφανιαία νόσο, υπέρταση, καρδιακή ανεπάρκεια, διαβήτη, χρόνια νεφροπάθεια, οστεοπόρωση, νεοπλασμάτα, άγχος και κατάθλιψη. Επειδή η ΧΑΠ εξελίσσεται με αργό ρυθμό και συνήθως απαιτείται αρκετός καιρός για να καταστεί κλινικά σημαντική, η διάγνωση τις περισσότερες φορές καθυστερεί να

πραγματοποιηθεί. Η συμπτωματολογία σε συνδυασμό με την κλινική εξέταση και το ιστορικό θέτουν υποψίες για τη διάγνωση. Η διάγνωση επαληθεύεται μέσω εξέτασης σπιρομέτρησης. Η φαρμακευτική θεραπεία του ασθενούς με ΧΑΠ βασίζεται στα βρογχοδιασταλτικά, τα οποία βελτιώνουν τα συμπτώματα και την αναπνευστική λειτουργία του ασθενούς, ενώ έχουν επίδραση και στη μείωση των παροξύνσεων. Σε ασθενείς υψηλού κινδύνου τα βρογχοδιασταλτικά συνίσταται να συνδυάζονται με προσθήκη εισπνεόμενων κορτικοειδών, τα οποία μειώνουν τη συχνότητα των παροξύνσεων. Ταυτόχρονα, η θεραπεία με οξυγόνο μπορεί να βοηθήσει στη διευκόλυνση της αναπνοής. Στα γενικά θεραπευτικά μέτρα περιλαμβάνονται η διακοπή του καπνίσματος, η σωματική άσκηση και η σωστή διατροφή, η διαχείριση των συννοσηροτήτων και οι εμβολιασμοί για την πρόληψη των λοιμώξεων. [11]

2) Βρογχικό άσθμα: Το άσθμα είναι χρόνια φλεγμονώδης διαταραχή των αεροφόρων οδών, η οποία προκαλεί στένωση αυτών με εμφάνιση επεισοδίων συριγμού, δύσπνοιας ή συσφικτικού πόνου στο στήθος. Το βρογχικό άσθμα για το οποίο υπάρχει μια κληρονομική προδιάθεση, προσβάλλει ανθρώπους κάθε ηλικίας και προκαλείται συνήθως από αλλεργικές αντιδράσεις, από υποτροπιάζουσες λοιμώξεις του αναπνευστικού, καθώς και από περιβαλλοντικούς παράγοντες, όπως έκθεση σε ρύπος ή από εισπνοή ερεθιστικών παραγόντων. Από επιδημιολογικές μελέτες της Ελληνικής Πνευμονολογικής Εταιρείας, έχει βρεθεί ότι αποτελεί τη συχνότερη αναπνευστική πάθηση καθώς 800 - 900 χιλιάδες άτομα πάσχουν από αυτό. [13]

Τα συμπτώματα του άσθματος ποικίλουν και μπορεί να εμφανίζονται περιστασιακά ή συνεχώς, ανάλογα με τη σοβαρότητα της πάθησης. Συνήθως περιλαμβάνουν δύσπνοια, συριγμό κατά την αναπνοή, αίσθημα πίεσης ή βάρους στο στήθος και βήχα. Τα συμπτώματα συνήθως εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της νύχτας με αφύπνιση του ασθενούς ή νωρίς το πρωί. Τα επεισόδια αυτά ονομάζονται κρίσεις άσθματος και σχετίζονται κυρίως με λοιμώξεις κατά τη χειμερινή περίοδο ή με εποχιακή έξαρση της αλλεργίας κατά την άνοιξη και το φθινόπωρο. Στις περιπτώσεις αυτές, είναι απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση του κορεσμού του αίματος με συνεχή οξυμετρία για έλεγχο της κατάστασης, πριν επιβαρυνθεί περεταίρω. Η διάγνωση του άσθματος βασίζεται

σε κλινικά και εργαστηριακά δεδομένα. Μετά την τυπική συμπτωματολογία, στην επιβεβαίωση της διάγνωσης και στην εκτίμηση της βαρύτητας μιας οξείας έξαρσης μπορούν να βοηθήσουν διαγνωστικές εξετάσεις, όπως σπιρομέτρηση ή δοκιμές αλλεργίας, για να διαπιστωθούν αλλεργικοί παράγοντες που μπορεί να προκαλούν άσθμα. Ο σημαντικότερος στόχος της θεραπείας είναι ο έλεγχος της νόσου, ο οποίος επιτυγχάνεται με σωστή εκπαίδευση του ασθενούς και συνεχή παρακολούθηση όσον αφορά την παρουσία ημερησίων και νυχτερινών συμπτωμάτων, τον περιορισμό της καθημερινής του δραστηριότητας και την χρήση φαρμάκων για ανακούφιση της συμπτωματολογίας. Η φαρμακευτική αγωγή περιλαμβάνει τη χορήγηση εισπνεόμενων κορτικοστεροειδών, στα οποία προστίθενται βρογχοδιασταλτικά μικρής και μεγάλης διάρκειας δράσης για πρόσθετο έλεγχο των συμπτωμάτων, ανάλογα με τις ανάγκες. Η αποφυγή ελκυστικών και ερεθιστικών παραγόντων είναι κρίσιμη για τον έλεγχο του άσθματος. [14]

3) Καρκίνος του πνεύμονα: Ο καρκίνος του πνεύμονα είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους και σοβαρούς τύπους καρκίνου, καθώς ευθύνεται περίπου για το 20 % των θανάτων που σχετίζονται με καρκίνους παγκοσμίως και αποτελεί τον πιο θανατηφόρο καρκίνο σε άντρες και γυναίκες. Εμφανίζεται όταν τα κύτταρα στους πνεύμονες αναπτύσσονται ανεξέλεγκτα και σχηματίζουν έναν όγκο. Πάνω από το 80% των περιπτώσεων καρκίνων του πνεύμονα οφείλεται στο κάπνισμα. Μικρό αλλά σημαντικά αυξημένο κίνδυνο να παρουσιάσουν καρκίνο πνεύμονα διατρέχουν επίσης άτομα που εκτίθενται παθητικά στον καπνό. Το δεύτερο σημαντικότερο αίτιο αποτελεί η επαγγελματική έκθεση σε αμίαντο, ραδόνιο, βηρύλλιο και αρσενικό, ειδικά αν συνδυάζονται και με κάπνισμα. Πνευμονικές παθήσεις που αυξάνουν την πιθανότητα εμφάνισης καρκίνου είναι οι ΧΑΠ και η Πνευμονική ίνωση. Ενδέχεται να υπάρχει γενετική προδιάθεση για καρκίνο του πνεύμονα επίσης, και αν υπάρχει οικογενειακό ιστορικό της ασθένειας, είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί η νόσος.

Ο καρκίνος του πνεύμονα συνήθως στα πρώιμα στάδια δεν παρουσιάζει συμπτώματα στα και στις περισσότερες περιπτώσεις ανευρίσκεται σε προχωρημένο στάδιο. Η κλινική εικόνα εξαρτάται από την εντόπιση και το μέγεθος του όγκου και την ύπαρξη ή όχι μετάστασης. Οι περισσότεροι ασθενείς παρουσιάζουν βήχα, αιμόπτυση, δύσπνοια και θωρακικό άλγος. Συχνά οι ασθενείς εμφανίζουν απώλεια βάρους και όρεξης και νιώθουν ένα αίσθημα

μόνιμης κόπωσης. Σε πρώτο στάδιο, η εκτίμηση του πνευμονικού καρκίνου πραγματοποιείται με το ιστορικό και την κλινική εξέταση σε συνδυασμό με τις ακτινογραφίες. Η διάγνωση πραγματοποιείται με αξονική τομογραφία θώρακος για την εντόπιση της βλάβης, ενώ για την περαιτέρω σταδιοποίηση ο ασθενής υποβάλλεται σε αξονική στο υπόλοιπο σώμα για τον εντοπισμό απομακρυσμένων μεταστάσεων. Η λήψη βιοψίας για προσδιορισμό του τύπου του καρκίνου γίνεται με την βρογχοσκόπηση. Η θεραπεία του καρκίνου του πνεύμονα εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, όπως ο τύπος του καρκίνου, το στάδιο στο οποίο βρίσκεται και η παρουσία μεταστάσεων. Υπάρχουν διάφορες θεραπευτικές επιλογές, οι οποίες μπορεί να χρησιμοποιηθούν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό για να μεγιστοποιηθεί η αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Η χειρουργική αντιμετώπιση στοχεύει στην αφαίρεση του καρκινικού όγκου, και αποτελεί την προτιμώμενη θεραπεία για ασθενείς με πρώιμο στάδιο. Στις περισσότερες περιπτώσεις χρησιμοποιείται χημειοθεραπεία με ενδοφλέβια χορήγηση, ενώ σε λίγες περιπτώσεις καρκίνου του πνεύμονα χρησιμοποιείται ακτινοθεραπεία μόνο ή σε συνδυασμό με τη χημειοθεραπεία, κυρίως για μείωση του μεγέθους του καρκίνου. Η ανακουφιστική φροντίδα επικεντρώνεται στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών σε προχωρημένο στάδιο και στη διαχείριση των συμπτωμάτων τους. [15]

4) Διάμεσες Πνευμονοπάθειες: Με τον όρο διάμεση πνευμονοπάθεια περιγράφεται μια ομάδα παθήσεων που χαρακτηρίζονται από διάχυτη πνευμονική βλάβη και φλεγμονή, ή οποία συχνά εξελίσσεται σε ανεπανόρθωτη οίκος και βαριά διαταραχή της ανταλλαγής των αερίων. Υπάρχουν περισσότερες από 300 διαφορετικές ασθένειες οι οποίες ταξινομούνται ως διάμεσες πνευμονοπάθειες. Οι περισσότερες είναι πολύ σπάνιες, ωστόσο οι συνηθέστερες διάμεσες πνευμονοπάθειες περιλαμβάνουν τη διάμεση πνευμονοπάθεια που σχετίζεται με νόσο συνδετικού ιστού, τη σαρκοείδωση, τη διάμεση πνευμονοπάθεια σχετιζόμενη με φάρμακα και την πνευμονοκονίαση.

Οι διάμεσες πνευμονοπάθειες συνήθως εκδηλώνονται σταδιακά. Οι περισσότεροι ασθενείς με διάμεσες πνευμονοπάθειες νιώθουν δύσπνοια κατά την άσκηση, αλλά σε προχωρημένα στάδια μπορεί να εμφανίζεται ακόμα και σε κατάσταση ηρεμίας. Άλλα συμπτώματα περιλαμβάνουν τον επίμονο ξηρό βήχα, ο πόνος στο στήθος και η κόπωση και αδυναμία. Σε προχωρημένο στάδιο της

νόσου μπορεί να υπάρχει μπλε χρώμα στα χείλη και στα νύχια, λόγω χαμηλού οξυγόνου στο αίμα, και πληκτροδακτυλία ή πρήξιμο των δακτύλων. Η διάγνωση πραγματοποιείται με την απεικόνιση των πνευμόνων με ακτινογραφία θώρακα και αξονική τομογραφία (CT). Οι υψηλής ανάλυσης αξονικές τομογραφίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βοηθήσουν στον καθορισμό του συγκεκριμένου τύπου διάμεσης πνευμονοπάθειας, εξετάζοντας τον τύπο και την εξάπλωση της πνευμονικής σκίασης στην απεικόνιση. Σε σπάνιες περιπτώσεις ο ασθενής μπορεί να υποβληθεί σε βρογχοσκόπηση ή σε βιοψία πνευμόνων για την επιβεβαίωση της διάγνωσης. Η θεραπεία εξαρτάται από την υποκείμενη αιτία και το στάδιο της νόσου, και επικεντρώνεται κυρίως στην επιβράδυνση της εξέλιξης της νόσου και στη διαχείριση των συμπτωμάτων. Συνήθως χρησιμοποιούνται αντιφλεγμονώδη φάρμακα (κορτικοστεροειδή) και ανοσοκατασταλτικά. Σε προχωρημένο στάδιο της νόσου χρησιμοποιούνται ανακουφιστικά μέτρα όπως η οξυγονοθεραπεία, για τη βελτίωση της αναπνοής. [16]

5) Κυστική Ίνωση: Η κυστική ίνωση είναι μια γενετική διαταραχή που προσβάλλει πολλά συστήματα οργάνων, όπως το πεπτικό, το ήπαρ και τα οστά, αλλά κυρίως επιδρά στους πνεύμονες. Χαρακτηρίζεται από τη συσσώρευση παχύρρευστης και κολλώδους βλέννας, η οποία μπλοκάρει τους αεραγωγούς και τα κανάλια εκκρίσεων σε διάφορα όργανα του σώματος, με αποτέλεσμα να προκαλούνται λοιμώξεις, προβλήματα πέψης και άλλες επιπλοκές. Αποτελεί τη συχνότερη θανατηφόρο γενετική διαταραχή του λευκού πληθυσμού. Με ταχεία εξέλιξη και πολύ μικρό προσδόκιμο επιβίωσης (κατά μέσο όρο 3-5 έτη). Η ΚΙ αποτελεί κληρονομική (γενετική) ασθένεια και προκαλείται συνήθως από προβλήματα με ένα γονίδιο που ονομάζεται διαμεμβρανικός ρυθμιστής της κυστικής ίνωσης (CFTR). Έχει αναγνωριστεί μεγάλος αριθμός μεταλλάξεων του συγκεκριμένου γονιδίου και η σοβαρότητα της ασθένειας εξαρτάται από την κάθε παραλλαγή. Η έκθεση στον καπνό του τσιγάρου, η ατμοσφαιρική ρύπανση και τα αλλεργιογόνα μπορούν να συμβάλουν στη μακροπρόθεσμη εξέλιξη της ασθένειας.

Τα συμπτώματα της κυστικής ίνωσης περιλαμβάνουν αρχικά τη σταδιακά επιδεινούμενη δύσπνοια κυρίως στην κόπωση. Ο χρόνιος βήχας με παχύρρευστη βλέννα και οι συχνές λοιμώξεις του αναπνευστικού, όπως

βρογχίτιδα και πνευμονία αποτελούν μερικά ακόμα συμπτώματα που εμφανίζουν οι ασθενείς. Παράλληλα, συχνά παρατηρείται αλμυρή γέυση στο δέρμα λόγω αυξημένης συγκέντρωσης άλατος στον ιδρώτα. Η διάγνωση της ΚΙ στα νεογέννητα μωρά πραγματοποιείται μέσω εξέτασης με ένα τρύπημα στη φτέρνα, όπου λαμβάνεται μικρό δείγμα αίματος και αναλύονται τα γονίδια για εύρεση μετάλλαξης. Για την οριστική διάγνωση της ινοκυστικής νόσου πραγματοποιείται τεστ, κατά το οποίο μετράται η συγκέντρωση του χλωρίου στον ιδρώτα. Η αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στον ιδρώτα (>60mEq/L) είναι ένδειξη κυστικής ίνωσης. Δεν υπάρχει διαθέσιμη θεραπεία ίασης την ινοκυστικής νόσου, επομένως βασικός στόχος της θεραπείας είναι η ανακούφιση των συμπτωμάτων, ώστε να βελτιωθεί η ποιότητα ζωής του ασθενούς και να επιβραδυνθεί η πρόοδος της νόσου. Συστήνεται η χορήγηση εισπνεόμενων φαρμάκων, όπως βρογχοδιασταλτικά για να ανοίξουν οι αεραγωγοί και αντιβιοτικών, για την καταπολέμηση των λοιμώξεων. Σε ασθενείς στα τελικά στάδια της νόσου, η υποστηρικτική θεραπεία με οξυγονοθεραπεία και η αναλγητική αγωγή, μπορούν να ανακουφίσουν τα συμπτώματα του ασθενούς σε σημαντικό βαθμό. Κάποια άτομα με ΚΙ ενδέχεται επίσης να υποβληθούν σε μεταμόσχευση πνευμόνων. [17]

6) Διαταραχές αναπνοής κατά τον ύπνο: Οι διαταραχές αναπνοής κατά τον ύπνο αποτελούν μια μεγάλη ομάδα νοσημάτων, που επηρεάζουν τη φυσιολογική αναπνοή κατά τη διάρκεια του ύπνου, προκαλώντας διακοπές στην αναπνοή ή μείωση της ροής αέρα. Αυτό συμβάλλει δυσχερώς στην ποιότητα του ύπνου και ο ασθενής παρουσιάζει έντονη υπνηλία και κόπωση κατά τη διάρκεια της ημέρας. Οι πιο συχνές μορφές είναι η υπνική άπνοια και το σύνδρομο υποαερισμού. Παρατηρείται σε συχνότητα 4% στους άνδρες μέσης και μεγάλης ηλικίας, ενώ στις γυναίκες η συχνότητα αυτή είναι μικρότερη. Αυτές οι διαταραχές μπορούν να έχουν σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία, όπως κόπωση, προβλήματα συγκέντρωσης, και αυξημένο κίνδυνο καρδιαγγειακών νοσημάτων. Ο βασικότερος παράγοντας για εμφάνιση διαταραχών ύπνου είναι η παχυσαρκία, όπου παρουσιάζεται σε ποσοστό μεγαλύτερο του 60 % των ασθενών. Ακόμα, το κάπνισμα και το αλκοόλ μπορεί να αποτελούν προδιαθεσικούς παράγοντες. [18]

Η λήψη ιστορικού και η αξιολόγηση των συμπτωμάτων είναι πολύ σημαντικά στοιχεία για την διάγνωση. Τα συμπτώματα της υπνικής άπνοιας, όπως το ροχαλητό και οι μαρτυρίες άπνοιας, είναι ενδεικτικά σημεία της πάθησης. Ωστόσο, απαιτείται ολονύκτια καταγραφή του ύπνου για να υπάρξει επιβεβαίωση της διάγνωσης. Τα γενικά μέτρα που συστήνονται στους ασθενείς είναι η απώλεια βάρους, η αποφυγή κατανάλωσης μεγάλων γευμάτων, καφέ και αλκοόλ το βράδυ. Σε σοβαρές περιπτώσεις αποφρακτικής υπνικής άπνοιας, η χειρουργική αφαίρεση ιστών που εμποδίζουν τους αεραγωγούς, όπως οι αμυγδαλές ή οι πολύποδες αποτελούν θεραπεία εκλογής. Στο μεγαλύτερο ποσοστό των ασθενών ωστόσο, χρησιμοποιούνται ενδοστοματικές συσκευές που προλαμβάνουν την απόφραξη των αεραγωγών, ή μηχανήματα συνεχούς θετικής πίεσης (CPAP). Το μηχάνημα αυτό παρέχει σταθερή πίεση αέρα μέσω μιας μάσκας που φορά ο ασθενής κατά τη διάρκεια του ύπνου, ώστε να διατηρούνται οι αεραγωγοί ανοικτοί. Η σωστή θεραπευτική αντιμετώπιση των διαταραχών αναπνοής κατά τον ύπνο είναι ζωτικής σημασίας για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών και την πρόληψη σοβαρών επιπλοκών.

1.3. Κατ' Οίκον Φροντίδα και Παρακολούθηση

1.3.1. Κατ' Οίκον Φροντίδα και Υπηρεσίες

Σύμφωνα με τον Εθνικό Σύλλογο Κατ' Οίκον και Ανακουφιστικής Φροντίδας (National Association for Home Care and Hospice – NACH 2009) ως κατ' οίκον φροντίδα ορίζονται οι υπηρεσίες για την αποθεραπεία ατόμων με αναπηρία ή χρόνιως πασχόντων που χρήζουν θεραπειάς ή υποστήριξης, προκειμένου να αποκτήσουν τη λειτουργικότητά της στο περιβάλλον του σπιτιού. [19] Η υπηρεσία αυτή εξυπηρετεί άτομα που χρειάζονται συνεχή παρακολούθηση ή θεραπεία, αλλά μπορούν να παραμένουν στο σπίτι τους. Ασθενείς της οποίας παρέχονται υπηρεσίες κατ' οίκον φροντίδας μπορεί να είναι:

- Άτομα που αδυνατούν να αυτοεξυπηρετηθούν στο περιβάλλον του σπιτιού λόγω ηλικίας, ασθένειας ή ανικανότητας.
- Ασθενείς με χρόνιες παθήσεις της καρδιοπάθειες, οι νεφροπάθειες, τα νοσήματα του αναπνευστικού, ο σακχαρώδης διαβήτης κ.α.

- Ασθενείς με καρκίνο τελικού σταδίου, που επιθυμούν παρηγορητική φροντίδα.
- Ασθενείς που χρήζουν βραχυπρόθεσμης βοήθειας στο σπίτι, κατά τη μετεγχειρητική περίοδο. [20]

Αυτή η φροντίδα μπορεί να καλύπτει ένα ευρύ φάσμα υπηρεσιών, από καθημερινή βοήθεια σε βασικές δραστηριότητες, της το φαγητό, το μπάνιο και η μετακίνηση, μέχρι πιο εξειδικευμένη ιατρική φροντίδα από επαγγελματίες υγείας. Ορισμένες από της πιο βασικές υπηρεσίες κατ' οίκον φροντίδας που παρέχονται είναι:

- i. Νοσηλευτική φροντίδα: Παροχή φαρμακευτικής αγωγής, περιποίηση τραυμάτων, παρακολούθηση ζωτικών σημείων, ενέσεις κ.λπ.
- ii. Ιατρική παρακολούθηση: Επισκέψεις από γιατρούς για έλεγχο και αξιολόγηση της κατάστασης.
- iii. Φροντίδα ασθενών με χρόνιες παθήσεις: Παρακολούθηση και υποστήριξη ατόμων με χρόνιες νόσους.
- iv. Φυσικοθεραπεία και αποκατάσταση: Βοήθεια στην αποκατάσταση της κινητικότητας και της λειτουργικότητας.
- v. Φροντίδα καθημερινών αναγκών: Βοήθεια της βασικές ανάγκες και της καθημερινές δραστηριότητες.
- vi. Ψυχολογική υποστήριξη: Προσπάθεια για βελτίωση της ψυχικής υγείας των ασθενών. [20]

1.3.2. Σύστημα Κατ'Οίκον Φροντίδας

Η κατ' οίκον φροντίδα αποτελεί μια πολύπλευρη προσέγγιση που στοχεύει στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών και στη μείωση της ανάγκης για νοσηλεία. Πιο συγκεκριμένα, παρέχονται υπηρεσίες σε συνθήκες ανάλογες της ενδονοσοκομειακής φροντίδας, με ιατρονοσηλευτική υποστήριξη, συνεχή παρακολούθηση και παράλληλη στήριξη από εκπαιδευμένους φροντιστές. Σχηματίζεται μια διεπιστημονική ομάδα η οποία αποτελείται από εκπαιδευμένο προσωπικό με εμπειρία και εξειδίκευση σε διάφορους τομείς της υγείας, καθώς συχνά οι ασθενείς χρήζουν ταυτόχρονων υπηρεσιών από διάφορους επαγγελματίες, όπως ιατροί, νοσηλευτές, φυσικοθεραπευτές,

ψυχολόγοι κ.α. Η ομάδα αυτή, δημιουργεί ένα εξατομικευμένο σχέδιο φροντίδας για κάθε ασθενή, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαίτερες ανάγκες και προτεραιότητές του, καθώς επίσης είναι υπεύθυνη για την εκπαίδευση αυτού και του φροντιστή του. Φροντιστής είναι συνήθως ένα πρόσωπο της οικογένειας του ασθενούς που μετά την εκπαίδευση αναλαμβάνει την υποστήριξη του ασθενή στο σπίτι. [21] Το σύστημα κατ' οίκον φροντίδας είναι αμφίδρομο και λειτουργεί πιο αποδοτικά όταν εξασφαλίζεται απόλυτη συνεργασία και καλή σχέση των φροντιστών/γονέων και ασθενών με τους ιατρούς και το προσωπικό. Αυτού του είδους η φροντίδα προσφέρει σημαντικά οφέλη για τον ασθενή, όπως την παραμονή του σε ένα άνετο και οικείο περιβάλλον του σπιτιού του, τη διατήρηση της ανεξαρτησίας του και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής του. [22]

1.3.3. Κατ' Οίκον Παρακολούθηση

Η κατ' οίκον φροντίδα συχνά συνδυάζεται και με άλλες υπηρεσίες, όπως την κατ' οίκον παρακολούθηση, διασφαλίζοντας μια ολοκληρωμένη υποστήριξη για τους ασθενείς. Η κατ' οίκον παρακολούθηση αναφέρεται στη συνεχή παρακολούθηση της υγείας και της κατάστασης ενός ατόμου από το σπίτι του, χωρίς την ανάγκη για νοσηλεία σε νοσοκομείο ή κλινική. Αποτελεί μια σημαντική προσέγγιση για τη διαχείριση χρόνιων ασθενειών και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. [23] Αυτή η παρακολούθηση μπορεί να πραγματοποιείται με τη χρήση τεχνολογικών συσκευών και συστημάτων τηλεϊατρικής, επιτρέποντας στους επαγγελματίες υγείας να παρακολουθούν από απόσταση την πορεία του ασθενούς. Η χρήση τεχνολογιών τηλεϊατρικής και απομακρυσμένης παρακολούθησης μπορεί να συμβάλει στη μείωση των νοσηλειών και στην παροχή εξατομικευμένης φροντίδας. [24]

Οι υπηρεσίες κατ' οίκον παρακολούθησης μπορεί να περιλαμβάνουν:

- i. Παρακολούθηση των ζωτικών σημείων: Συνεχής μέτρηση παραμέτρων όπως η αρτηριακή πίεση, το επίπεδο του οξυγόνου στο αίμα, ο καρδιακός ρυθμός και η θερμοκρασία του σώματος.
- ii. Παρακολούθηση ασθενών με χρόνιες παθήσεις: Ασθενείς με χρόνιες παθήσεις, όπως ο διαβήτης, η καρδιακή ανεπάρκεια ή η υπέρταση, μπορούν να παρακολουθούνται από ειδικές συσκευές που αποστέλλουν δεδομένα στους θεράποντες ιατρούς.

- iii. Συστήματα τηλεϊατρικής: Απομακρυσμένη παρακολούθηση μέσω συσκευών ή άλλων ηλεκτρονικών μέσων, όπου οι ασθενείς μπορούν να επικοινωνούν με τους γιατρούς τους, να δίνουν αναφορές για την υγεία τους και να λαμβάνουν καθοδήγηση μειώνοντας την ανάγκη φυσικής παρουσίας.
- iv. Εγκατάσταση συστημάτων ειδοποίησης σε περίπτωση έκτακτων περιστατικών (π.χ. πτώση ασθενούς).
- v. Μόνιτορ φαρμάκων: Συσκευές που θυμίζουν στους ασθενείς να πάρουν τα φάρμακά τους ή που παρακολουθούν τη δοσολογία και τη συμμόρφωση με τη θεραπεία.
- vi. Συσκευές εντοπισμού: Χρήση GPS ή άλλων συστημάτων για ασθενείς που ενδέχεται να χαθούν, όπως άτομα με άνοια. [25]

1.3.4. Πλεονεκτήματα της Κατ' Οίκον Φροντίδας και Παρακολούθησης

Η κατ' οίκον φροντίδα και παρακολούθηση αποτελεί μια ολοκληρωμένη προσέγγιση στην υγειονομική υποστήριξη που προσφέρεται σε άτομα από το σπίτι τους. Αυτή η συνδυαστική φροντίδα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για άτομα που αντιμετωπίζουν χρόνιες ασθένειες, ηλικιωμένους, ή άτομα που αναρρώνουν από σοβαρές καταστάσεις, διασφαλίζοντας την κάλυψη τόσο των καθημερινών αναγκών τους όσο και της ιατρικής τους παρακολούθησης. Η κατ' οίκον φροντίδα δίνει έμφαση στην καθημερινή βοήθεια και τη σωματική και ψυχολογική ευεξία του ατόμου. Τα άτομα μπορούν να παραμένουν σπίτι τους, σε ένα οικείο και υποστηρικτικό περιβάλλον που γνωρίζουν καλά και νιώθουν άνετα, διατηρώντας τόσο την ανεξαρτησία τους όσο το δυνατόν περισσότερο όσο και την καθημερινή τους ρουτίνα. [26] Παράλληλα, η αίσθηση της οικειότητας βελτιώνει την ψυχολογική τους κατάσταση και μειώνει το άγχος. Το γεγονός ότι οι ασθενείς μπορούν να βρίσκονται κοντά με την οικογένειά τους αποτελεί άλλο ένα πλεονέκτημα της φροντίδας στο σπίτι, καθώς αυτοί μπορούν να τους παρέχουν συνεχή συναισθηματική υποστήριξη και να μένουν δίπλα τους όποτε το χρειάζονται. [27] Οι ασθενείς παρακολουθούνται συνεχώς, ακόμα κι αν δεν βρίσκονται σε νοσοκομείο, και η φροντίδα προσαρμόζεται με βάση τις ανάγκες τους, κάτι που τους κάνει να αισθάνονται ότι λαμβάνουν καλύτερη και

πιο προσωπική φροντίδα. Οι ασθενείς νιώθουν ασφάλεια γνωρίζοντας ότι η υγεία τους παρακολουθείται τακτικά από επαγγελματίες. Με τη σωστή παρακολούθηση εντοπίζονται άμεσα αλλαγές στην υγεία των ασθενών και υπάρχει ταχεία αντίδραση, προλαμβάνοντας έτσι επείγοντα περιστατικά που μπορεί να οδηγήσουν σε νοσηλεία. Συνεπώς, οι επισκέψεις σε νοσοκομεία ή ιατρεία ελαχιστοποιούνται, εξοικονομώντας χρόνο και χρήματα. Συμπερασματικά, η κατ' οίκον φροντίδα και παρακολούθηση συμβάλλει στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος όπου οι ασθενείς αισθάνονται ασφάλεια, άνεση και προστασία, ενισχύοντας έτσι την ποιότητα ζωής τους.

1.4. Διαχείριση των Αναπνευστικών Παθήσεων Κατ' Οίκον

Αρκετοί ασθενείς πάσχουν από διάφορα αναπνευστικά νοσήματα, όπως δύσπνοια, σύνδρομο υπνικής άπνοιας (SAS), άσθμα και χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), τα οποία απαιτούν συνεχή παρακολούθηση και φροντίδα. Αυτοί οι ασθενείς μπορούν να υποστηριχθούν με έγκαιρη ανίχνευση των συμπτωμάτων τους και χορήγηση κατάλληλης θεραπείας. Ωστόσο, είναι σοβαρό βάρος για αυτούς και την οικογένειά τους να φροντίζουν τις αναπνευστικές τους παθήσεις στην καθημερινή τους ζωή. Η παρατεταμένη νοσηλεία σε κάποιο υγειονομικό κέντρο είναι αρκετά δαπανηρή τόσο για την οικογένεια όσο και για το σύστημα υγείας. Η κατ' οίκον φροντίδα και παρακολούθηση αποτελεί μια πιο οικονομική λύση και επιτρέπει στους ασθενείς αυτούς να λαμβάνουν την αναγκαία φροντίδα στο σπίτι τους, αποφεύγοντας συχνές εισαγωγές στο νοσοκομείο και βελτιώνοντας την ποιότητα της ζωής τους. [28]

Στόχος της φροντίδας στο σπίτι είναι η βελτίωση της ποιότητας ζωής του ασθενούς, η μείωση των νοσηλειών και η διασφάλιση της σταθερότητας της κατάστασής του. Η αποτελεσματική διαχείριση των συμπτωμάτων, όπως η δύσπνοια, ο βήχας και η αδυναμία, μέσω της τακτικής παρακολούθησης και της κατάλληλης φαρμακευτικής αγωγής, βοηθά στην πρόληψη πιθανών παροξύνσεων της νόσου, μειώνοντας τις πιθανότητες για αιφνίδιες επιδείνωσης της υγείας που απαιτούν εισαγωγή στο νοσοκομείο και οδηγούν στον έλεγχο της αναπνευστικής λειτουργίας και στην σταθεροποίηση της κατάστασης του ασθενούς.

1.4.1. Κατ' Οίκον Υπηρεσίες Φροντίδας σε Ασθενείς με Αναπνευστικές Νόσους

1) Εκπαίδευση των Ασθενών

Η κατ' οίκον φροντίδα ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις περιλαμβάνει ένα σύνολο υπηρεσιών που συνδυάζουν την ιατρική φροντίδα, την τεχνολογία και την ψυχολογική υποστήριξη. Η εκπαίδευση των ασθενών στην κατ' οίκον φροντίδα αποτελεί έναν από τους πιο κρίσιμους παράγοντες για την επιτυχία της θεραπείας και τη διατήρηση της ποιότητας της ζωής τους. Οι ασθενείς και η οικογένεια τους πρέπει να συμμετέχουν ενεργά στην εκπαίδευση, να εξασκούνται στη χρήση του ιατροτεχνολογικού εξοπλισμού και να κάνουν επαναλαμβανόμενες επιδείξεις για να εμπεδώσουν τις οδηγίες. Είναι απαραίτητο οι ασθενείς να κατανοήσουν τη φύση της αναπνευστικής τους πάθησης, να μάθουν πώς να διαχειρίζονται τα συμπτώματά τους καθημερινά και να μπορούν να αναγνωρίζουν σημάδια επιδείνωσης. Ακόμα, οι ασθενείς εκπαιδεύονται στη σωστή λήψη της φαρμακευτικής τους αγωγής (π.χ. εισπνεόμενα, βρογχοδιασταλτικά και κορτικοστεροειδή) και στη χορήγηση δόσεων ανάλογα με τις οδηγίες του ιατρού. Επίσης είναι απαραίτητο να μάθουν να αναγνωρίζουν τυχόν παρενέργειες και αλληλεπιδράσεις με άλλα φάρμακα ή τροφές και τότε να επικοινωνούν με το επιβλέποντα ιατρό τους. Οι ασθενείς θα πρέπει να ενημερωθούν για την σημασία της συνέπειας στη λήψη των φαρμάκων και τη χρήση συσκευών ακόμα και όταν δεν εμφανίζουν συμπτώματα. Ταυτόχρονα, είναι σημαντικό να συμμετέχουν στην εκπαίδευση και η οικογένεια και οι φροντιστές του ασθενούς, ιδιαίτερα όταν αυτός χρειάζεται βοήθεια με την καθημερινή φροντίδα ή τη χρήση του ιατρικού εξοπλισμού. Η εκπαίδευση είναι μια συνεχής διαδικασία, όπου πρέπει να γίνεται παρακολούθηση της προόδου του ασθενούς ανά τακτά χρονικά διαστήματα και να λύνονται τυχόν απορίες έτσι ώστε να διασφαλιστεί ότι οι οδηγίες εφαρμόζονται σωστά. [28-29]

2) Χρήση Ιατρικού Εξοπλισμού στις Αναπνευστικές Παθήσεις

Η οξυγονοθεραπεία είναι μια διαδικασία αντιμετώπισης νοσημάτων που αφορούν το αναπνευστικό σύστημα με τη χρήση ιατρικού οξυγόνου. Αρκετοί ασθενείς με παθήσεις των πνευμόνων και της καρδιάς σε προχωρημένο στάδιο

έχουν δυσκολία στην αναπνοή, δηλαδή δύσπνοια, ακόμη και στις καθημερινές τους δραστηριότητες. Οι ασθενείς με αναπνευστική ανεπάρκεια ωφελούνται πολύ όταν χρησιμοποιούν επιπλέον συμπληρωματικό οξυγόνο. Η χρήση συμπληρωματικού οξυγόνου μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως μέσω συμπυκνωτών οξυγόνου ή με φιάλες οξυγόνου. Η οξυγονοθεραπεία ανακουφίζει σημαντικά από τη δύσπνοια και διευκολύνει πολύ τους ασθενείς με αναπνευστική ανεπάρκεια στην καθημερινότητά τους. Ωστόσο, το οξυγόνο που χορηγεί η οξυγονοθεραπεία δεν αποθηκεύεται στον ανθρώπινο οργανισμό. Η ανακούφιση από τη δύσπνοια και η αύξηση της αντοχής που αναφέρονται παραπάνω διαρκούν για όσο χρονικό διάστημα ο ασθενής χρησιμοποιεί το συμπληρωματικό οξυγόνο. Για να επιτύχουν επιθυμητά αποτελέσματα, οι ασθενείς με αναπνευστική ανεπάρκεια θα πρέπει να χρησιμοποιούν το οξυγόνο με σωστό, κατάλληλο και ασφαλή τρόπο. Αυτό σημαίνει ότι κάθε ασθενής θα πρέπει να λαμβάνει το είδος οξυγονοθεραπείας που είναι κατάλληλο γι' αυτόν και να ακολουθεί πιστά τις ιατρικές οδηγίες που ορίζουν την ποσότητα οξυγόνου (δηλ. τη ροή σε λίτρα ανά λεπτό) που πρέπει να παίρνει, το καθημερινό πρόγραμμα της οξυγονοθεραπείας, το συνολικό χρόνο που πρέπει να χρησιμοποιήσει το οξυγόνο και τις προφυλάξεις που θα πρέπει να τηρεί κατά τη χρήση του.

Ο μη επεμβατικός αερισμός (NIV) είναι μια θεραπευτική μέθοδος που χρησιμοποιείται για την υποστήριξη της αναπνοής χωρίς την ανάγκη διασωλήνωσης. Αυτή η μέθοδος είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις, όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) ή η υπνική άπνοια. Περιλαμβάνει τη χρήση ειδικών συσκευών που παρέχουν αέρα ή οξυγόνο μέσω μιας μάσκας ή άλλης συσκευής χωρίς να χρειάζεται να τοποθετηθεί σωλήνας στον αεραγωγό του ασθενούς. Οι κύριοι τύποι μη επεμβατικού αερισμού περιλαμβάνουν τη συσκευή CPAP (Continuous Positive Airway Pressure) και τη συσκευή BiPAP (Bilevel Positive Airway Pressure), οι οποίες περιγράφονται στη συνέχεια.

Η εκπαίδευση των ασθενών για τη χρήση αυτών των συσκευών είναι κρίσιμη για την αποτελεσματικότητα της θεραπείας της αποφρακτικής άπνοιας ύπνου ή άλλων αναπνευστικών παθήσεων. Η σωστή χρήση της μάσκας διασφαλίζει τη μέγιστη άνεση και αποτελεσματικότητα, μειώνοντας τις παρενέργειες και βελτιώνοντας τη συμμόρφωση του ασθενούς. Αρχικά, πρέπει

να γίνει επιλογή της σωστής μάσκας για τον ασθενή ανάλογα με τις ανάγκες του. Ο ασθενής πρέπει να εκπαιδευτεί στη σωστή εφαρμογή της μάσκας έτσι ώστε να μην υπάρχει διαρροή αέρα, καθώς επίσης και στις οδηγίες χρήσης της συσκευής. Συγκεκριμένα, ο ασθενής μαθαίνει πώς να ρυθμίσει και να χρησιμοποιεί τη συσκευή σωστά. Παράλληλα, οι ασθενείς εκπαιδεύονται να καθαρίζουν και να συντηρούν τη συσκευή και τα αξεσουάρ για να διασφαλίσουν τη σωστή λειτουργία αλλάζοντας τα φίλτρα ή άλλα αναλώσιμα υλικά. Για την αντιμετώπιση της ξηρότητας των αεροφόρων οδών εξαιτίας της συσκευής, χρειάζεται αύξηση της υγρασίας του εισπνεόμενου αέρα με τη χρήση υγραντήρα και επιπλέον επαρκής λήψη υγρών για να διατηρούνται υγροί βλεννογόνοι. Η εκπαίδευση των ασθενών στη χρήση αυτών των συσκευών είναι αναγκαίες για την επιτυχία της θεραπείας. Η τακτική χρήση της μάσκας σε καθημερινή βάση προσφέρει πολλά οφέλη, όπως η βελτίωση της ποιότητας του ύπνου, η μείωση της κόπωσης και υπνηλίας κατά τη διάρκεια της ημέρας και γενικότερα βελτίωση της υγείας. Οι ασθενείς μπορούν να μάθουν να χρησιμοποιούν αποτελεσματικά τις συσκευές βελτιώνοντας την ποιότητα ζωής τους, μειώνοντας έτσι τις επιπλοκές που σχετίζονται με τις αναπνευστικές παθήσεις. [30]

3) Φυσικοθεραπεία Αναπνοής

Οι αναπνευστικές ασκήσεις είναι σημαντικό κομμάτι της φροντίδας ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, ειδικά στο πλαίσιο της κατ' οίκον φροντίδας. Αυτές οι ασκήσεις αναπνευστικής φροντίδας, όπως η επίκρουση, η παροχέτευση θέσης και οι τεχνικές ελεγχόμενου βήχα βοηθούν στη βελτίωση της αναπνευστικής λειτουργίας, στην αποδοτική χρήση των πνευμόνων και στη μείωση της δύσπνοιας. Οι ασκήσεις πρέπει να προσαρμόζονται στις ανάγκες και την ικανότητα του κάθε ασθενούς, χωρίς να υπερβαίνουν τις δυνατότητές τους. Ο ασθενής πρέπει να ενσωματώσει τις ασκήσεις αυτές στην καθημερινότητά του και να τις εκτελεί σύμφωνα με τις οδηγίες του ιατρού.

Μερικές βασικές αναπνευστικές ασκήσεις είναι:

- Αναπνοές με διαφραγματική αναπνοή, ενθαρρύνει τη χρήση του διαφράγματος για την αναπνοή, αντί για τους μύες του θώρακα.

- Αναπνοές με Χείλη, βοηθούν στη ρύθμιση της ροής του αέρα και στη μείωση της δύσπνοιας.
- Αναπνοή με Απασχολημένο Θωρακικό Χώρο, αποτελεί άσκηση που βελτιώνει την ελαστικότητα των πνευμόνων.
- Ασκήσεις εκκαθάρισης των αεραγωγών, όπου βοηθάνε στην εξάλειψη της βλέννας και τη βελτίωση της αναπνευστικής ικανότητας.
- Ασκήσεις με βάρος ή αντίσταση, οι οποίες προσφέρουν ενίσχυση της αναπνευστικής μυϊκής δύναμης. [31-32]

4) Ψυχολογική Υποστήριξη και Συμβουλευτική

Η ψυχολογική υποστήριξη και συμβουλευτική είναι εξίσου σημαντικές για ασθενείς με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις καθώς η σωματική τους υγεία επηρεάζει άμεσα την ψυχική τους ευεξία. Οι αναπνευστικές παθήσεις, όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, το άσθμα και πνευμονική ίνωση, μπορούν να προκαλέσουν συναισθήματα άγχους, κατάθλιψης και γενικά ψυχολογική δυσφορία λόγω των περιορισμών που επιβάλλουν στην καθημερινότητα του ασθενούς. [33] Η ψυχολογική υποστήριξη έχει ως στόχο να βοηθήσει τους ασθενείς να διαχειριστούν τα συναισθήματά τους, να προσαρμοστούν στη ζωή με μια χρόνια πάθηση και να βελτιώσουν την ψυχολογική τους ευημερία. Η εκπαίδευση των ασθενών σχετικά με την κατάστασή τους είναι σημαντική για τη μείωση του άγχους και της ανασφάλειας. Οι ασθενείς πρέπει να ενημερώνονται για τις θεραπευτικές τους επιλογές και την πρόοδο της υγείας τους, ώστε να αισθάνονται ότι έχουν τον έλεγχο της κατάστασής τους. Η υποστήριξη από οικογένεια και φίλους παίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ψυχικής υγείας των ασθενών. Οι φροντιστές και οι οικογένειες μπορούν να βοηθήσουν όχι μόνο με τη φυσική φροντίδα, αλλά και με τη συναισθηματική υποστήριξη του ασθενούς. Η εκπαίδευση τεχνικών χαλάρωσης μπορεί να βοηθήσει τους ασθενείς να μειώσουν το άγχος τους και να αισθάνονται μεγαλύτερη ηρεμία. [31] Επιπλέον, η ατομική ή ομαδική ψυχοθεραπεία μπορεί να είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη για τους ασθενείς που αντιμετωπίζουν συναισθηματικές διαταραχές. Ο ασθενής εκπαιδεύεται στο να επεξεργάζεται τα συναισθήματά του, να αντιμετωπίζει τον φόβο και το άγχος του και να βρίσκει τρόπους να προσαρμοστεί στη νέα του πραγματικότητα.

Τέλος, είναι σημαντικό οι ασθενείς να επανέλθουν στις καθημερινές δραστηριότητές τους, καθώς αυτό μπορεί να βελτιώσει τόσο τη σωματική, όσο και την ψυχική τους κατάσταση. Η ενεργή συμμετοχή σε δραστηριότητες καθημερινής ζωής, όπως το περπάτημα, η κοινωνικοποίηση, τα χόμπι, συμβάλλουν για στη διατήρηση της λειτουργικότητας και ενισχύουν την αυτονομία των ασθενών, διότι προσφέρουν μια αίσθηση ανεξαρτησίας και ελέγχου στη ζωή τους. [25]

1.5. Ποιότητα Ζωής των Κατ' Οίκον Ασθενών

Η «ποιότητα ζωής που σχετίζεται με την υγεία» είναι μια έννοια που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του τρόπου με τον οποίο η υγεία επηρεάζει σωματικά, κοινωνικά και συναισθηματικά τους ασθενείς. [33] Μακροχρόνιες παθήσεις, όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ), το άσθμα ή η διάμεση πνευμονοπάθεια μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες, επηρεάζοντας την ποιότητα ζωής. Οι επιπτώσεις μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τη σοβαρότητα της νόσου και το βαθμό ελέγχου των συμπτωμάτων. Ο χρόνιος βήχας έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα ζωής, καθώς σύμφωνα με έρευνα η πλειοψηφία των ατόμων που τον εμφανίζουν ανέφερε ότι ο βήχας επηρέασε την ποιότητα ζωής, τη διάθεσή τους και την ικανότητά τους να αναλαμβάνουν δραστηριότητες. [34] Περίπου το 88% των ασθενών με μέτριο έως σοβαρό άσθμα δεν ελέγχονταν πλήρως παρά τη θεραπεία με αντιφλεγμονώδη φάρμακα. Η έλλειψη ελέγχου του άσθματος σχετίζεται με σημαντική επιβάρυνση των ασθενών, αφού αδυνατούν να εκτελέσουν τις ίδιες δραστηριότητες που κάνανε πριν αρρωστήσουν. [35]

Παράλληλα, οι ασθενείς συχνά μειώνουν τη σωματική τους δραστηριότητα και τον συνήθη τρόπο ζωής τους λόγω των δυσάρεστων συμπτωμάτων που σχετίζονται με τη νόσο και της περιορισμένης ικανότητας των πνευμόνων. Η έλλειψη φυσικής δραστηριότητας είναι ένας από τους πιο συνηθισμένους προγνωστικούς παράγοντες θνησιμότητας. [25]

Αρκετές φορές, η αναπνευστική νόσος έχει αντίκτυπο στο πώς αντιλαμβάνεται ο ίδιος ο ασθενής τον ρόλο του στην καθημερινότητα, όπως για παράδειγμα στην εργασία, τις αλληλεπιδράσεις με την οικογένεια και τους φίλους καθώς και στην αυτοεκτίμησή τους. Η συχνή απουσία από την εργασία

λόγω παροξύνσεων ή νοσηλειών μπορεί να επηρεάσουν αρνητικά την επαγγελματική σταδιοδρομία και τη χρηματοοικονομική κατάσταση των ασθενών, με αποτέλεσμα να χάσουν την αυτονομία τους.

Περίπου ένας στους τέσσερις από τα άτομα που ζουν με πνευμονική νόσο θα εμφανίσουν μια πάθηση ψυχικής υγείας κάποια στιγμή στη ζωή τους. Οι ασθενείς εμφανίζουν άγχος ή ακόμα και κατάθλιψη συχνά, εξαιτίας του φόβου των παροξύνσεων ή των νοσηλειών. Αυτό το αίσθημα, μπορεί να οδηγήσει στην απομόνωση λόγω δυσκολίας συμμετοχής σε κοινωνικές ομάδες. Η πάθηση της ψυχικής υγείας μπορεί επίσης να επηρεάσει την ικανότητα των ατόμων να αντιμετωπίσουν αποτελεσματικά την πάθηση των πνευμόνων τους. Εάν τα συμπτώματά δεν αντιμετωπιστούν καταλλήλως, μπορεί αυτό να προκαλέσει περαιτέρω επιπτώσεις στην ψυχική και σωματική υγεία του ατόμου. [36]

Η κατάλληλη διαχείριση των χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων μέσω φαρμακευτικής αγωγής, αλλαγών στον τρόπο ζωής και πνευμονικής αποκατάστασης μπορεί να βελτιώσει τη λειτουργικότητα και την ποιότητα ζωής των ασθενών. Η υποστήριξη από επαγγελματίες υγείας ή από άτομα που πάσχουν με την ίδια νόσο, μπορούν να βοηθήσουν τους ασθενείς να διαχειριστούν το άγχος, την κατάθλιψη ή το φόβο που μπορεί να προκληθούν από την αβεβαιότητα της κατάστασης και να βελτιώσουν την ψυχολογική κατάσταση, ενισχύοντας το αίσθημα κοινωνικής σύνδεσης και κατανόησης. Φάρμακα όπως αντικαταθλιπτικά ή αγχολυτικά, είναι πιθανό να βοηθήσουν στον έλεγχο της ψυχολογικής κατάστασης και κατ' επέκταση στην καθημερινότητα και την ποιότητα ζωής. Τέλος η υποστήριξη από την οικογένεια και τους φίλους είναι απαραίτητη για την καλή ψυχική υγεία των ασθενών. Η συμμετοχή της οικογένειας στη φροντίδα και την κατανόηση της κατάστασης του ασθενούς μπορεί να μειώσει την απομόνωση και να βελτιώσει την ποιότητα ζωής τους. Η κατάλληλη διαχείριση, προσαρμοσμένη στις ανάγκες του κάθε ασθενούς, μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στην αντιμετώπιση των επιπτώσεων των χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων για την ανακούφιση των συμπτωμάτων και τη βελτίωση της καθημερινότητας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: Η Βιοϊατρική Τεχνολογία στη Φροντίδα Κατ' Οίκον Ασθενών με Αναπνευστικές Παθήσεις

2.1. Ιατροτεχνολογικός Εξοπλισμός

2.1.1. Ορισμός

Ο ιατροτεχνολογικός εξοπλισμός (ΙΕ) αναφέρεται σε κάθε όργανο, συσκευή ή μηχανήμα που χρησιμοποιείται σε χώρους υγειονομικής περίθαλψης για την υποστήριξη, τη διάγνωση, τη θεραπεία ή την παρακολούθηση των ασθενών. Ο εξοπλισμός αυτός είναι απαραίτητος στη σύγχρονη υγειονομική περίθαλψη, καθώς επιτρέπει στους επαγγελματίες του ιατρικού κλάδου να αξιολογούν και να διαχειρίζονται με ακρίβεια διάφορες καταστάσεις υγείας. Σύμφωνα με τους σύγχρονους ορισμούς, ο ιατρικός εξοπλισμός περιλαμβάνει κάθε συσκευή που προορίζεται για χρήση σε ιατρικές διαδικασίες, είτε με άμεση εφαρμογή στον ασθενή είτε ως μέρος της θεραπευτικής διαδικασίας, περιλαμβάνοντας ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών, από διαγνωστικές εξετάσεις έως θεραπευτικές παρεμβάσεις. [37]

Ο ΙΕ διακρίνεται σε διάφορους τύπους εργαλείων λόγω του ειδικού σκοπού του στο πλαίσιο της υγειονομικής περίθαλψης, όπου πρέπει να πληροί αυστηρά πρότυπα ασφάλειας και επιδόσεων, ώστε να διασφαλίζεται η ασφάλεια των ασθενών και η αποτελεσματική λειτουργικότητα. Η νομοθεσία, όπως θα αναλυθεί στην επόμενη ενότητα, τονίζει ότι ο ιατρικός εξοπλισμός πρέπει να σχεδιάζεται ρητά για χρήση στην υγειονομική περίθαλψη, καθώς διαδραματίζει άμεσο ρόλο στη βελτίωση των αποτελεσμάτων της υγείας και στην υποστήριξη διαδικασιών που σώζουν ζωές. [38] Ο εξοπλισμός πρέπει να είναι ασφαλής, αξιόπιστος και να συντηρείται αυστηρά ώστε να πληροί τα πρότυπα υγειονομικής περίθαλψης και τις κανονιστικές απαιτήσεις.

2.1.2. Νομοθεσία Ιατροτεχνολογικού Εξοπλισμού

Ο κανονισμός 2017/745 της ΕΕ και ο ελληνικός νόμος αριθ. 4865 παρέχουν τα βασικά πλαίσια για τη ρύθμιση και τη διαχείριση των ιατροτεχνολογικών προϊόντων, δίνοντας προτεραιότητα στην ασφάλεια των ασθενών, την ποιότητα των προϊόντων και την αποτελεσματική κατανομή των

πόρων. Ο κανονισμός (ΕΕ) 2017/745 εναρμονίζει την εμπορία, τη διανομή και τη χρήση των ιατροτεχνολογικών προϊόντων στα κράτη μέλη της ΕΕ. Στους κύριους στόχους του περιλαμβάνονται η ενίσχυση των αξιολογήσεων συμμόρφωσης, η αύξηση της ιχνηλασιμότητας μέσω ενός συστήματος μοναδικής αναγνώρισης συσκευής (UDI) και η εναρμόνιση των πρωτοκόλλων κλινικών ερευνών. Εφαρμόζεται τόσο σε ιατρικά όσο και σε ορισμένα μη ιατρικά προϊόντα, ταξινομώντας τα προϊόντα με βάση το επίπεδο κινδύνου, με αυστηρή παρακολούθηση για τα προϊόντα υψηλού κινδύνου, όπως τα εμφυτεύματα. Ο κανονισμός δίνει επίσης έμφαση στις υποχρεώσεις των κατασκευαστών, των εισαγωγέων και των διανομέων, απαιτώντας επιτήρηση μετά τη διάθεση στην αγορά και επαρκή κάλυψη της ευθύνης.

Στην Ελλάδα, ο νόμος αριθ. 4865 θέσπισε την Εθνική Κεντρική Αρχή Προμηθειών Υγείας (ΕΚΑΠΥ), μια κεντρική οντότητα που υπάγεται στο Υπουργείο Υγείας, για τη διαχείριση της προμήθειας, αποθήκευσης και διανομής ιατροτεχνολογικών προϊόντων σε εθνικό επίπεδο. Στις αρμοδιότητες της ΕΚΑΠΥ περιλαμβάνονται ο συντονισμός των κεντρικών διαγωνισμών, η παρακολούθηση της κατανάλωσης υλικών και η επιβολή προτύπων διαχείρισης της ποιότητας σε όλες τις εγκαταστάσεις υγειονομικής περίθαλψης. Με την ενοποίηση των προμηθειών, το ΕΚΑΠΥ διασφαλίζει τη σχέση κόστους-αποτελεσματικότητας, τη συνεπή ποιότητα και τη δίκαιη κατανομή των πόρων. Δίνει επίσης έμφαση στην ιχνηλασιμότητα και τη λογοδοσία, ευθυγραμμίζοντας το σύστημα υγειονομικής περίθαλψης της Ελλάδας με τα πρότυπα της ΕΕ.

Μαζί, ο κανονισμός 2017/745 της ΕΕ και ο ελληνικός νόμος αριθ. 4865 δημιουργούν ένα ισχυρό νομοθετικό θεμέλιο για τη διακυβέρνηση των ιατροτεχνολογικών προϊόντων, ενισχύοντας την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και τη διαφάνεια στον τομέα της υγειονομικής περίθαλψης σε ολόκληρη την ΕΕ και συγκεκριμένα στην Ελλάδα. Η ευθυγράμμιση αυτή αποσκοπεί στην προστασία της δημόσιας υγείας και στη διατήρηση υψηλών προτύπων στη χρήση και τη διανομή ιατροτεχνολογικών προϊόντων.

2.1.3. Ταξινόμηση Ιατροτεχνολογικού Εξοπλισμού

Τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα κατηγοριοποιούνται με βάση τον κίνδυνο που ενέχουν για τους ασθενείς και τους χρήστες, καθώς και την πολυπλοκότητα και την προβλεπόμενη χρήση τους. Τα συστήματα ταξινόμησης, όπως ο

κανονισμός της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τις ιατρικές συσκευές (MDR), κατηγοριοποιούν τις συσκευές σε κατηγορίες I, IIa, IIb και III, με την κατηγορία I να αντιπροσωπεύει συσκευές χαμηλού κινδύνου και την κατηγορία III να υποδεικνύει συσκευές υψηλού κινδύνου που απαιτούν αυστηρά μέτρα ελέγχου λόγω των πιθανών κινδύνων. [39]

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) χρησιμοποιεί ένα σύστημα ταξινόμησης τριών επιπέδων, όπου οι συσκευές της κατηγορίας I υπόκεινται σε γενικούς ελέγχους, οι συσκευές της κατηγορίας II υπόκεινται σε πρότυπα επιδόσεων και οι συσκευές της κατηγορίας III απαιτούν έγκριση πριν από την κυκλοφορία τους, η οποία συχνά περιλαμβάνει κλινικές δοκιμές και εκτεταμένη αξιολόγηση. [40]

Αυτά τα συστήματα ταξινόμησης όχι μόνο καθορίζουν τους ρυθμιστικούς ελέγχους για κάθε τύπο συσκευής, αλλά δίνουν επίσης έμφαση στη συμμόρφωση με αυστηρά πρότυπα ασφάλειας και επιδόσεων, τα οποία μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με την τεχνολογική και κλινική πολυπλοκότητα της συσκευής.

2.1.4. Πιστοποίηση Ιατροτεχνολογικού Εξοπλισμού

Η πιστοποίηση είναι μια ζωτικής σημασίας διαδικασία που επιβεβαιώνει την ασφάλεια, την αποτελεσματικότητα και την ρυθμιστική συμμόρφωση των ιατροτεχνολογικών προϊόντων πριν αυτά φτάσουν στην αγορά. Εντός της Ευρωπαϊκής Ένωσης, η σήμανση CE αποτελεί πρωταρχική πιστοποίηση για τα ιατροτεχνολογικά προϊόντα, υποδηλώνοντας τη συμμόρφωση με τα βασικά πρότυπα ασφάλειας και επιδόσεων σύμφωνα με τον MDR. [41] Η πιστοποίηση αυτή περιλαμβάνει αυστηρές δοκιμές, τεκμηρίωση και αξιολογήσεις από κοινοποιημένους οργανισμούς, ανεξάρτητους οργανισμούς που έχουν οριστεί να εξετάζουν και να εγκρίνουν τη συμμόρφωση των συσκευών για την είσοδο στην αγορά. Για τις συσκευές υψηλού κινδύνου, η MDR επιβάλλει την ολοκληρωμένη τεκμηρίωση και τις κλινικές αξιολογήσεις για να διασφαλιστεί η ενδεδειγμένη αξιολόγηση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας. [42]

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, ο Οργανισμός Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA) εποπτεύει την πιστοποίηση των ιατροτεχνολογικών προϊόντων, συμπεριλαμβανομένων των ταξινομήσεων από την Κλάση I έως την Κλάση III, με βάση τον κίνδυνο. Οι συσκευές της κατηγορίας I μπορεί να απαιτούν

ελάχιστη ρυθμιστική εποπτεία, ενώ οι συσκευές της κατηγορίας III, που ενέχουν σημαντικό κίνδυνο για τους ασθενείς, πρέπει να υποβάλλονται σε εκτεταμένες διαδικασίες έγκρισης πριν από την κυκλοφορία, οι οποίες περιλαμβάνουν κλινικές δοκιμές και μελέτες ασφάλειας. [43] Η πιστοποίηση των ιατροτεχνολογικών προϊόντων δεν είναι χωρίς προκλήσεις, καθώς πρόσφατες μελέτες έχουν δείξει ότι οι διαδικασίες πιστοποίησης μπορεί μερικές φορές να αποτύχουν να αποτρέψουν περιστατικά που σχετίζονται με συσκευές, συχνά λόγω διαδικαστικών ζητημάτων ή ζητημάτων εποπτείας στις κανονιστικές αξιολογήσεις. [44] Κατά συνέπεια, οι συνεχείς επικαιροποιήσεις και τροποποιήσεις των πρωτοκόλλων πιστοποίησης αποσκοπούν στην ενίσχυση της ασφάλειας και της υπευθυνότητας στον εν λόγω τομέα.

2.1.5. Μη Πιστοποιημένος Ιατροτεχνολογικός Εξοπλισμός

Τα μη πιστοποιημένα ιατροτεχνολογικά προϊόντα, τα οποία παρακάμπτουν τις επίσημες κανονιστικές εγκρίσεις, ενέχουν σημαντικούς κινδύνους στο περιβάλλον της υγειονομικής περίθαλψης. Οι συσκευές αυτές δεν διαθέτουν τεκμηριωμένες επικυρώσεις ασφάλειας και αποτελεσματικότητας και η χρήση τους μπορεί να οδηγήσει σε ανεπιθύμητα συμβάντα, συμπεριλαμβανομένης της πιθανής βλάβης των ασθενών. Σε ορισμένες περιοχές, οι μη πιστοποιημένες συσκευές εισέρχονται στην αγορά λόγω επιεικέστερων κανονισμών ή κενών στις διαδικασίες πιστοποίησης, ιδίως με συσκευές χαμηλού κινδύνου που μπορεί να υπόκεινται σε λιγότερη εποπτεία. Μελέτες δείχνουν ότι η πιθανότητα ανεπιθύμητων συμβάντων αυξάνεται με τις μη πιστοποιημένες συσκευές, καθώς οι επιδόσεις και η ποιότητά τους δεν μπορούν να διασφαλιστούν μέσω αυστηρών δοκιμών και αξιολογήσεων που απαιτούνται για τις πιστοποιημένες συσκευές. [45]

Η χρήση μη πιστοποιημένων συσκευών δεν είναι ενδεδειγμένη σε κρίσιμες συνθήκες υγειονομικής περίθαλψης, όπου η αξιοπιστία των συσκευών είναι υψίστης σημασίας. Για παράδειγμα, ακόμη και στις περιπτώσεις όπου οι μη πιστοποιημένες συσκευές είναι παρόμοιες με τα υπάρχοντα πιστοποιημένα μοντέλα, η έλλειψη επίσημης επικύρωσης αυξάνει τον κίνδυνο, ιδίως σε εφαρμογές υψηλού κινδύνου, όπως τα εμφυτεύματα και τα διαγνωστικά εργαλεία. Ως εκ τούτου, η χρήση μη πιστοποιημένων συσκευών αποθαρρύνεται ή περιορίζεται σε πολλά συστήματα υγειονομικής περίθαλψης για την

προάσπιση της ασφάλειας των ασθενών και τη διατήρηση της ακεραιότητας των ιατρικών παρεμβάσεων. Ενώ η μη πιστοποίηση μπορεί να μειώσει το αρχικό κόστος, οι πιθανές ευθύνες και οι ανησυχίες για την ασφάλεια την καθιστούν μη πρακτική προσέγγιση για υπεύθυνες πρακτικές υγειονομικής περίθαλψης.

Μια μη πιστοποιημένη ιατροτεχνολογικά συσκευή μπορεί να χρησιμοποιηθεί με συγκεκριμένο τρόπο μόνο κατά τη διαδικασία έρευνας και ανάπτυξης. Λόγω του ότι δεν έχει ακόμα αξιολογηθεί επίσημα ως ασφαλής και αποτελεσματική για κανονική κλινική χρήση, η χρήση της περιορίζεται αυστηρά σε ερευνητικά περιβάλλοντα και υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

Η χρήση μιας μη πιστοποιημένης ιατροτεχνολογικά συσκευής στη διαδικασία ανάπτυξης και έρευνας είναι δυνατή υπό ορισμένες προϋποθέσεις και περιορισμούς, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι η συσκευή θα αναπτυχθεί με ασφάλεια και ότι τα δεδομένα που θα συλλεχθούν θα είναι αξιόπιστα. Η χρήση της υπόκειται σε αυστηρό έλεγχο και προϋποθέτει την τήρηση όλων των κανονισμών και δεοντολογικών κανόνων για την προστασία των συμμετεχόντων και τη διασφάλιση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων. Κάθε βήμα της διαδικασίας πρέπει να γίνεται με πλήρη συμμόρφωση προς τις ρυθμιστικές αρχές και με την προάσπιση της ασφάλειας των συμμετεχόντων.

2.2. Αναπνευστικό Monitoring

Σε αυτή την ενότητα, θα αναλυθούν διάφορες μέθοδοι παρακολούθησης της αναπνευστικής λειτουργίας, που είναι ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση της υγείας του ασθενούς και την ανίχνευση ανωμαλιών στην αναπνοή και την ανταλλαγή αερίων. Οι βασικές τεχνικές περιλαμβάνουν την παρακολούθηση του κορεσμού του οξυγόνου, τη μέτρηση της αποβολής CO₂, την αξιολόγηση της πνευμονικής λειτουργίας, την παρακολούθηση του αναπνευστικού ρυθμού και τη διενέργεια αναλύσεων των αερίων του αίματος.

2.2.1. Παρακολούθηση του Κορεσμού Οξυγόνου (SpO₂)

Η χρήση της παλμικής οξυμετρίας για την παρακολούθηση του κορεσμού του οξυγόνου (SpO₂) έχει επεκταθεί πέρα από τις κλινικές συνθήκες, παρέχοντας μια μη επεμβατική μέτρηση των επιπέδων οξυγόνου στο αίμα σε

πραγματικό χρόνο. Το παλμικό οξύμετρο αναλύει την απορρόφηση του φωτός μέσω του παλμού του αίματος, η οποία αντικατοπτρίζει τα επίπεδα κορεσμού οξυγόνου. Στα οξύμετρα η εκτίμηση του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης με οξυγόνο βασίζεται στα διαφορετικά φάσματα απορρόφησης της οξυαιμοσφαιρίνης και της αναχθείσας αιμοσφαιρίνης. Οι αισθητήρες τοποθετούνται συνήθως στα δάκτυλα ή στα ωτικά λοβία, τα οποία επιτρέπουν την μετάδοση του φωτός από τη φωτεινή πηγή που βρίσκεται στη μία πλευρά του ιστού στον αισθητήρα που είναι τοποθετημένος στην άλλη. Οι πρόσφατες εξελίξεις στα φορητά παλμικά οξύμετρα έχουν εισαγάγει επιλογές για συνεχή και διακριτική παρακολούθηση του SpO₂, όπως τα παλμικά οξύμετρα του αυτιού, τα οποία έχουν δείξει ισχυρή ακρίβεια και ευκολία για μακροχρόνια παρακολούθηση. [46]

Παρά τη χρησιμότητά της, η παλμική οξυμετρία έχει περιορισμούς, ιδίως σε ασθενείς με μειωμένη περιφερική αιμάτωση ή καταστάσεις όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ). Μελέτες έχουν δείξει ότι οι μετρήσεις SpO₂ συχνά υπερεκτιμούν τον αρτηριακό κορεσμό οξυγόνου σε τέτοιες περιπτώσεις, παραβλέποντας ενδεχομένως την υποξαιμία. Οι φορητές συσκευές δυσκολεύονται επίσης με την ακρίβεια κατά τη διάρκεια φυσικών δραστηριοτήτων λόγω των τεχνασμάτων κίνησης, αλλά οι καινοτομίες στη διόρθωση βάσει αλγορίθμων βελτιώνουν την αξιοπιστία των μετρήσεων.

Σε κλινικά περιβάλλοντα, το SpO₂ θεωρείται συνήθως ακριβές σε επίπεδα άνω του 90%, ωστόσο μπορεί να προκύψουν αποκλίσεις με την ανάλυση των αερίων του αρτηριακού αίματος, ιδίως σε κρίσιμες καταστάσεις, όπως οι μονάδες εντατικής θεραπείας. Σύμφωνα με τις κατευθυντήριες οδηγίες της British Thoracic Society, σε ασθενείς με κίνδυνο υπερκαπνικής αναπνευστικής ανεπάρκειας, συνιστάται η διατήρηση του κορεσμού οξυγόνου (SpO₂) μεταξύ 88% και 92%. [47] Επιπλέον, σε ασθενείς με χρόνια αναπνευστική ανεπάρκεια, η διατήρηση του SpO₂ στο εύρος 88-92% θεωρείται γενικά κατάλληλη. Ωστόσο, σε άλλες οξείες ιατρικές καταστάσεις, συνιστάται η χορήγηση οξυγόνου όταν το SpO₂ είναι κάτω από 92% και η τιτλοποίηση σε στόχο SpO₂ μεταξύ 92% και 96%. [48] Η συνεχής παρακολούθηση του SpO₂, ιδίως με τη φορητή τεχνολογία, υπόσχεται πολλά για τη μακροχρόνια φροντίδα και την εξ αποστάσεως παρακολούθηση της υγείας, προσφέροντας υψηλή

εγκυρότητα δεδομένων, ιδίως σε σταθερές συνθήκες όπως η καθημερινή ρουτίνα των ασθενών με ΧΑΠ.

Συμπερασματικά, η παλμική οξυμετρία παραμένει ένα ζωτικό, προσιτό εργαλείο για την παρακολούθηση του οξυγόνου, αλλά η προσοχή στους περιορισμούς της συσκευής και στις αναδυόμενες τεχνολογίες μπορεί να βελτιώσει περαιτέρω την ακρίβεια και την κλινική της εφαρμογή.

2.2.2. Καπνογραφία (Capnography)

Η καπνογραφία είναι μια μη επεμβατική, συνεχής μέθοδος μέτρησης της μερικής πίεσης του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στα εκπνεόμενα αέρια, που χρησιμοποιείται κυρίως για την αξιολόγηση του αερισμού και της ανταλλαγής αερίων σε ασθενείς. Η διαδικασία αυτή είναι πολύτιμη για την παρακολούθηση του τελικού αναπνεόμενου CO_2 (ETCO_2), της συγκέντρωσης CO_2 στο τέλος μιας εκπνοής, η οποία συσχετίζεται με την κατάσταση αερισμού του ασθενούς και την αποτελεσματικότητα της αποβολής του CO_2 . Εμφανίζοντας τις τιμές ETCO_2 με την πάροδο του χρόνου, η καπνογραφία παράγει μια κυματομορφή ή καπνογράφημα, που παρέχει εικόνα των αναπνευστικών προτύπων και βοηθά στον εντοπισμό πιθανών αναπνευστικών επιπλοκών. [49]

Επίσης, η καπνογραφία εφαρμόζεται ευρέως σε καταστάσεις εντατικής θεραπείας και αναισθησίας. Στις μονάδες εντατικής θεραπείας, βοηθά στην παρακολούθηση των ασθενών σε μηχανικό αερισμό παρέχοντας άμεση ανατροφοδότηση σχετικά με τις αλλαγές στον αερισμό, την αναπνευστική λειτουργία και την καρδιακή παροχή, ιδίως σε περιπτώσεις οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας ή καρδιακών συμβάντων. Για παράδειγμα, τα επίπεδα ETCO_2 μπορούν να υποδείξουν την αποτελεσματικότητα της καρδιοπνευμονικής αναζωογόνησης (ΚΑΡΠΑ) αντανακλώντας την κατάσταση της κυκλοφορίας κατά τη διάρκεια των συμπίεσεων. [50]

Τα προηγμένα καπνογραφικά μοντέλα μπορούν να διακρίνουν μεταξύ διαφορετικών αναπνευστικών παθήσεων, όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και η συμφορητική καρδιακή ανεπάρκεια (CHF), αναλύοντας συγκεκριμένα χαρακτηριστικά του καπνογραφήματος, προσφέροντας διαγνωστική αξία πέρα από τη γενική παρακολούθηση. [51] Επιπλέον, η καπνογραφία έχει επιδείξει χρησιμότητα στην έγκαιρη ανίχνευση

αναπνευστικών διαταραχών μετά από χειρουργική επέμβαση, ιδίως όταν συνδυάζεται με τη διαδερμική παρακολούθηση CO₂ σε ασθενείς με κίνδυνο άπνοιας στον ύπνο. [52]

Συνοψίζοντας, η καπνογραφία χρησιμεύει ως ζωτικό εργαλείο για τη συνεχή αξιολόγηση της αναπνευστικής απόδοσης και της ασφάλειας των ασθενών, ιδίως στην εντατική φροντίδα και την αναισθησία. Οι μετρήσεις της ET_{CO₂} σε πραγματικό χρόνο συμβάλλουν σε άμεσες κλινικές αποφάσεις, εξασφαλίζοντας άμεση παρέμβαση όταν χρειάζεται.

2.2.3. Σπιρομέτρηση

Η σπιρομέτρηση είναι ένα κρίσιμο διαγνωστικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για την αξιολόγηση της πνευμονικής λειτουργίας με τη μέτρηση της ροής του αέρα και του όγκου των πνευμόνων κατά την εισπνοή και την εκπνοή. Κατά τη διάρκεια της σπιρομέτρησης, όταν ο εξεταζόμενος εισπνέει ή εκπνέει μέσα στη συσκευή, περιστρέφεται ένας έλικας τοποθετημένος ανάμεσα σε μια πηγή φωτός (LED) και έναν ανιχνευτή φωτός (φωτοκύτταρο). Η περιστροφή του έλικα παράγει φωτεινούς παλμούς, οι οποίοι ανταποκρίνονται στην ταχύτητα ροής του αέρα. Αυτοί οι παλμοί εντοπίζονται από το φωτοκύτταρο και, μέσω της καταγραφής των παλμών, μετατρέπονται σε μετρήσεις όγκου αέρα. [53]

Αυτή η μη επεμβατική εξέταση, κεντρική για την αναπνευστική διάγνωση, περιλαμβάνει τους εξής αναπνεόμενους όγκους και χωρητικότητες των πνευμόνων:

1. Αναπνεόμενος όγκος (tidal volume, VT) είναι ο όγκος αέρα που διακινείται από το αναπνευστικό σύστημα κατά την διάρκεια κάθε ήρεμης αναπνοής.
2. Λειτουργική Υπολειπόμενη Χωρητικότητα (Functional Residual Capacity, FRC) είναι ο όγκος αέρα που παραμένει εντός του αναπνευστικού συστήματος στο τέλος ήρεμης εκπνοής. Ονομάζεται αλλιώς και τελο-εκπνευστικός όγκος.
3. Ολική Πνευμονική Χωρητικότητα (Total Lung Capacity, TLC) είναι ο όγκος αέρα που περιέχεται στο αναπνευστικό σύστημα στην μέγιστη εισπνευστική θέση.
4. Υπολειπόμενος όγκος (Residual Volume, RV) είναι ο όγκος αέρα που παραμένει εντός του αναπνευστικού συστήματος μετά από μέγιστη εκπνοή.

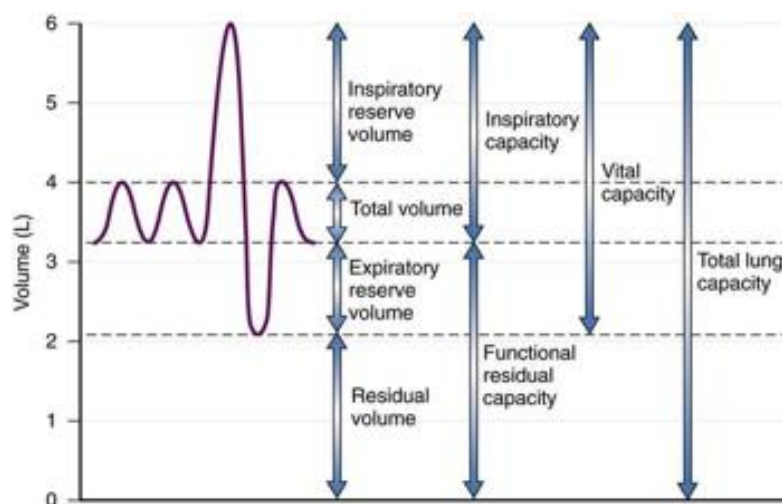
5. Ζωτική Χωρητικότητα (Vital Capacity, VC) είναι ο όγκος αέρα που εκπνέεται από την μέγιστη εισπνευστική θέση προς την μέγιστη εκπνευστική θέση ή και αντιστρόφως (FIVC), βιαίως (FEVC) ή βραδέως (SVC).

6. Εισπνευστική Χωρητικότητα (Inspiratory Capacity, IC) είναι ο όγκος αέρα που εισπνέεται από την Λειτουργική Υπολειπόμενη Χωρητικότητα ως την μέγιστη εισπνευστική θέση.

7. Εισπνευστικός εφεδρικός όγκος (Inspiratory Reserve Volume, IRV) είναι ο όγκος αέρα που αντιστοιχεί μεταξύ VT και TLC.

8. Εκπνευστικός εφεδρικός όγκος (Expiratory Reserve Volume, ERV) είναι ο όγκος αέρα που αντιστοιχεί μεταξύ FRC και RV. [53]

Σε κλινικές συνθήκες, η σπιρομέτρηση βοηθά στη διάκριση μεταξύ διαταραχών όπως η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και το άσθμα, όπου οι περιορισμοί της ροής του αέρα μπορούν να επηρεάσουν την ποιότητα ζωής των ασθενών και τα αποτελέσματα της υγείας.



Εικόνα 1 - Αναπνεόμενοι όγκοι και χωρητικότητες των πνευμόνων (Medical.gr, 2024)

Η χρησιμότητα της σπιρομέτρησης επεκτείνεται σε παιδιατρικούς και ενήλικους πληθυσμούς, βοηθώντας τους κλινικούς γιατρούς να παρακολουθούν την εξέλιξη της νόσου και τον αντίκτυπο της θεραπείας σε ένα ευρύ φάσμα αναπνευστικών παθήσεων. Με την αυξανόμενη φορητότητα, τα σπιρόμετρα μπορούν πλέον να διευκολύνουν την παρακολούθηση των ασθενών εκτός των παραδοσιακών χώρων υγειονομικής περίθαλψης, επιτρέποντας τη συλλογή δεδομένων σε οικιακά περιβάλλοντα για καταστάσεις που απαιτούν μακροχρόνια παρακολούθηση.

Για τη βελτίωση της διαγνωστικής ακρίβειας, οι πρόσφατες εξελίξεις περιλαμβάνουν προηγμένα μοντέλα πρόβλεψης παραμέτρων όπως η μέγιστη εκπνευστική ροή (PEF), ζωτικής σημασίας για την αξιολόγηση σοβαρών περιπτώσεων όπως η ιδιοπαθής πνευμονική ίνωση, όπου η μείωση της πνευμονικής λειτουργίας απαιτεί στενή παρακολούθηση. [54] Αναδυόμενες μέθοδοι, όπως η περιοχή κάτω από την καμπύλη εκπνευστικής ροής - όγκου (AEX), προσφέρουν εκλεπτυσμένη διαφοροποίηση μεταξύ φυσιολογικών, αποφρακτικών και περιοριστικών πνευμονικών διαταραχών, ενισχύοντας τη διαγνωστική ακρίβεια σε πολύπλοκες περιπτώσεις.

Συνοψίζοντας, η σπιρομέτρηση παραμένει ένα θεμελιώδες, εξελισσόμενο εργαλείο για τη διάγνωση, την παρακολούθηση και τη διαχείριση της αναπνευστικής υγείας. Ο ρόλος της στις κλινικές αξιολογήσεις είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση έγκαιρης παρέμβασης και αποτελεσματικών στρατηγικών θεραπείας σε διάφορες αναπνευστικές παθήσεις.

2.2.4. Παρακολούθηση του Αναπνευστικού Ρυθμού (RR)

Η παρακολούθηση του αναπνευστικού ρυθμού, ενός κρίσιμου δείκτη της υγείας του ασθενούς, μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορες μεθόδους, η καθεμία από τις οποίες είναι κατάλληλη για διαφορετικά κλινικά περιβάλλοντα. Η πιο παραδοσιακή τεχνική περιλαμβάνει την οπτική επιθεώρηση, όπου οι κλινικοί ιατροί παρατηρούν την άνοδο και την πτώση του θώρακα του ασθενούς για να μετρήσουν τις αναπνοές ανά λεπτό. Αυτή η χειροκίνητη μέθοδος είναι απλή, αλλά μπορεί να στερείται ακρίβειας, ιδίως σε ένα κλινικό περιβάλλον υψηλής έντασης. Για τη βελτίωση της ακρίβειας μπορεί να χρησιμοποιηθεί η καπνομετρία, μια τεχνική που χρησιμοποιεί μάσκα με θύρα δειγματοληψίας διοξειδίου του άνθρακα. Αυτή η μέθοδος μετρά συνεχώς τον αναπνευστικό ρυθμό μέσω του εκπνεόμενου CO₂, επιτρέποντας συνεκτικές και αξιόπιστες μετρήσεις, ακόμη και σε ασθενείς που λαμβάνουν συμπληρωματικό οξυγόνο. [55]

Οι εξελίξεις στις τεχνολογίες χωρίς επαφή, όπως η παρακολούθηση μέσω βίντεο, προσφέρουν εναλλακτικές λύσεις για περιβάλλοντα όπου η άμεση επαφή είναι δύσκολη. Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν ανάλυση βίντεο προσώπου για την ανίχνευση λεπτών αναπνευστικών κινήσεων, καθιστώντας

τις ιδιαίτερα κατάλληλες για συνεχή παρακολούθηση σε ευαίσθητες περιπτώσεις, όπως η νεογνική ή η εντατική φροντίδα. [56] Επιπλέον, μη επεμβατικοί αισθητήρες, όπως η φωτοπλεγματογραφία και η τεχνολογία οπτικών ινών, ενσωματώνονται σε συσκευές όπως τα παλμικά οξύμετρα για να προσφέρουν αξιόπιστη, έμμεση παρακολούθηση χωρίς να διακόπτεται η άνεση ή η ρουτίνα του ασθενούς. [57]

2.2.5. Ανάλυση Αερίων Αίματος (ABG)

Η ανάλυση των αερίων του αρτηριακού αίματος (ABG) είναι απαραίτητη για την αξιολόγηση της οξυγόνωσης, του αερισμού και της οξεοβασικής ισορροπίας σε βαρέως πάσχοντες ασθενείς. Η διαδικασία αρχίζει με τη λήψη δείγματος αίματος, συνήθως μέσω παρακέντησης της κερκιδικής αρτηρίας. Για να διασφαλιστεί η ασφάλεια, μπορεί να προηγηθεί μια τροποποιημένη δοκιμή Allen για την επαλήθευση της επαρκούς ροής αίματος στο χέρι μέσω της παράπλευρης κυκλοφορίας. Μετά τη λήψη, το δείγμα αναλύεται με τη χρήση αναλυτή αερίων αίματος για τη μέτρηση του pH, των μερικών πιέσεων του οξυγόνου (PaO_2) και του διοξειδίου του άνθρακα ($PaCO_2$), παρέχοντας δεδομένα σχετικά με την αναπνευστική και μεταβολική κατάσταση του ασθενούς.

Ο σωστός χειρισμός του δείγματος αίματος είναι ζωτικής σημασίας για την αποφυγή φυσαλίδων αέρα, οι οποίες μπορούν να μεταβάλουν τη σύνθεση των αερίων. Η άμεση ανάλυση μετά τη συλλογή ελαχιστοποιεί τις μεταβολές στα επίπεδα οξυγόνου και CO_2 , ενισχύοντας την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Οι κλινικοί ιατροί χρησιμοποιούν αυτά τα δεδομένα για να αξιολογήσουν καταστάσεις όπως η υποξαιμία και η υπερκαπνία, καθοδηγώντας τις παρεμβάσεις σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης και τη διαχείριση χρόνιων ασθενειών.

2.3. Τεχνολογίες Υποστήριξης Αναπνευστικών Ασθενών στο Σπίτι

Η κατ' οίκον φροντίδα των ασθενών με χρόνιες και οξείες αναπνευστικές παθήσεις βασίζεται σε διάφορες προηγμένες τεχνολογίες για την ενίσχυση της αναπνοής και την παροχή οξυγόνου, ιδίως για άτομα με παθήσεις όπως η ΧΑΠ

και το άσθμα. Οι τεχνολογίες αυτές περιλαμβάνουν φορητές συσκευές οξυγονοθεραπείας, μηχανήματα CPAP/BiPAP και νεφελοποιητές για τη χορήγηση φαρμάκων, επιτρέποντας στους ασθενείς να διατηρούν καλύτερη αναπνευστική λειτουργία στο σπίτι.

2.3.1. Συσκευές Οξυγονοθεραπείας

Η θεραπεία με οξυγόνο είναι απαραίτητη για τους ασθενείς με χρόνια υποξαιμία. Οι σταθεροί και φορητοί συμπυκνωτές οξυγόνου παρέχουν οξυγόνο υψηλής καθαρότητας, το οποίο παρέχεται μέσω ρινικών σωληνάρων ή μάσκας. Οι σταθερές συσκευές παρέχουν συνήθως οξυγόνο συνεχούς ροής, ενώ τα φορητά μοντέλα μπορεί να χρησιμοποιούν τεχνολογία παλμικών δόσεων για την απελευθέρωση οξυγόνου μόνο κατά την εισπνοή, εξοικονομώντας οξυγόνο και επεκτείνοντας τη χρηστικότητα της συσκευής. Τα σταθερά συστήματα είναι ωφέλιμα για σταθερή χρήση, αλλά είναι λιγότερο κατάλληλα για κινητικότητα, περιορίζοντας έτσι την ανεξαρτησία των ασθενών στις καθημερινές δραστηριότητες. Αντίθετα, τα φορητά συστήματα βοηθούν τον ασθενή να κινείται, αλλά ενδέχεται να μην διατηρούν επαρκή επίπεδα οξυγόνωσης σε σύγκριση με τα συνδυασμένα συστήματα σταθερών και φορητών συσκευών. Μελέτες δείχνουν ότι, ενώ τα φορητά συστήματα προτιμώνται για ευκολία, συχνά αποτυγχάνουν να παρέχουν τον ίδιο κορεσμό οξυγόνου με τον συνδυασμό σταθερής-φορητής συσκευής, ιδίως σε ασθενείς με ΧΑΠ. [58] Οι πρόσφατες καινοτομίες στην τηλεπαρακολούθηση διευκολύνουν επίσης την παρακολούθηση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για τους συμπυκνωτές οξυγόνου, επιτρέποντας στους παρόχους να προσαρμόζουν τα σχέδια φροντίδας εξ αποστάσεως με βάση τα επίπεδα οξυγόνου και τα πρότυπα χρήσης της συσκευής. [59]



Εικόνα 2 - Φορητή συσκευή οξυγονοθεραπείας (MedPlace, 2024)

2.3.2. Συσκευές Υποστήριξης της Αναπνοής (CPAP και BiPAP)

Τα μηχανήματα συνεχούς θετικής πίεσης των αεραγωγών (CPAP) και τα μηχανήματα διπλής θετικής πίεσης των αεραγωγών (BiPAP) χρησιμοποιούνται συνήθως για την αποφρακτική άπνοια στον ύπνο, αλλά ωφελούν επίσης τους ασθενείς με άλλες αναπνευστικές παθήσεις διατηρώντας ανοικτούς αεραγωγούς. Το CPAP παρέχει ένα σταθερό επίπεδο πίεσης, ενώ το BiPAP προσφέρει δύο διαφορετικές πιέσεις: μία για την εισπνοή και μία για την εκπνοή, καθιστώντας το κατάλληλο για όσους χρειάζονται πιο ευέλικτη υποστήριξη. Η CPAP έχει σχεδιαστεί για τη βελτίωση της οξυγόνωσης μέσω της διατήρησης της πίεσης των αεραγωγών, ενώ η BiPAP μειώνει το έργο της αναπνοής και βοηθά τους ασθενείς με χρόνια αναπνευστική ανεπάρκεια να διαχειρίζονται καλύτερα τον αερισμό, ιδίως κατά τη διάρκεια του ύπνου. [60] Τα μηχανήματα BiPAP είναι γενικά προσαρμόσιμα στις ανάγκες των ασθενών με ΧΑΠ, υποστηρίζοντας την ανταλλαγή αερίων και ενδεχομένως βελτιώνοντας τα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. [61]



Εικόνα 3 - Συσσκευές υποστήριξης της αναπνοής. BiPAP (αριστερα), CPAP (δεξιά) (Chiotisgroup, 2024; Vaidyam, 2024)

2.3.3. Θεραπεία Εισπνοής με Νεφελοποίηση

Οι νεφελοποιητές χορηγούν εισπνεόμενα φάρμακα μετατρέποντας τα υγρά φάρμακα σε ομίχλη, επιτρέποντας την άμεση χορήγηση στους πνεύμονες. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμοι για τη χορήγηση βρογχοδιασταλτικών και κορτικοστεροειδών για τη θεραπεία των συμπτωμάτων της ΧΑΠ και του άσθματος, παρέχοντας ταχεία ανακούφιση μέσω της διαστολής των αεραγωγών και της μείωσης της φλεγμονής. Η νεφελοποίηση είναι αποτελεσματική τόσο στο νοσοκομείο όσο και στο σπίτι, καθώς οι σύγχρονες συσκευές έχουν γίνει πιο φορητές και αποτελεσματικές. Οι νεφελοποιητές πίδακα και οι νεφελοποιητές υπερήχων συγκαταλέγονται στους κύριους τύπους, καθένας από τους οποίους διαθέτει μοναδικούς μηχανισμούς για την παραγωγή αερολύματος, προσφέροντας διαφορετική καταλληλότητα για συγκεκριμένα φαρμακευτικά σκευάσματα. Η ευρεία εφαρμογή των νεφελοποιητών σε χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις υπογραμμίζει το ρόλο τους στη χορήγηση στοχευμένης αναπνευστικής φαρμακευτικής αγωγής, καθιστώντας τους απαραίτητο εργαλείο στην κατ' οίκον διαχείριση του αναπνευστικού. [62]

Συνοψίζοντας, οι προηγμένες οικιακές αναπνευστικές συσκευές, όπως οι φορητοί συμπυκνωτές οξυγόνου, τα μηχανήματα CPAP/BiPAP και οι νεφελοποιητές, διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της αναπνευστικής λειτουργίας και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Η ενσωμάτωσή τους στις στρατηγικές κατ' οίκον φροντίδας προσφέρει αυξημένη ανεξαρτησία στους αναπνευστικούς ασθενείς, αν και η επιλογή της συσκευής πρέπει να

προσαρμόζεται προσεκτικά στις ατομικές ανάγκες του ασθενούς για βέλτιστη αποτελεσματικότητα.

2.4. Ενδεικτικά Συστήματα Τηλεπαρακολούθησης

Η τηλεϊατρική, ως επιμέρους ενότητα της ψηφιακής υγείας, έχει εισαγάγει διάφορες ειδικές εφαρμογές που αξιοποιούν τη δύναμη της τεχνολογίας για τη βελτίωση της παροχής υγειονομικής περίθαλψης. Οι εφαρμογές αυτές βασίζονται σε συγκεκριμένες λειτουργίες που επιτρέπουν τη συλλογή ακριβών δεδομένων, την παρακολούθηση των ασθενών σε πραγματικό χρόνο και την απλουστευμένη επικοινωνία με τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Παρακάτω, περιγράφω συγκεκριμένα παραδείγματα τηλεπαρακολούθησης, εφαρμογών διαχείρισης ασθενών και διαβουλεύσεων τηλεϊατρικής για να δείξω πώς λειτουργούν αυτές οι τεχνολογίες στην πράξη.

Τα συστήματα τηλεπαρακολούθησης χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο στη διαχείριση χρόνιων ασθενειών, επιτρέποντας τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μέσω φορητών συσκευών που ενσωματώνουν πολλαπλούς αισθητήρες. Για παράδειγμα, το πλαίσιο Multi-Sources Healthcare Architecture (MSHA) αξιοποιεί αισθητήρες όπως το ΗΚΓ, το SpO₂ και τα μόνιτορ αρτηριακής πίεσης, οι οποίοι συνδέονται μέσω ενός ασύρματου δικτύου περιοχής σώματος (WBAN). Το πλαίσιο συνδυάζει αυτές τις διάφορες εισροές αισθητήρων για την ιεράρχηση προτεραιοτήτων εξ αποστάσεως με βάση τα ζωτικά σημεία του ασθενούς. Μέσω τεχνικών συγχώνευσης δεδομένων, το σύστημα ενοποιεί τις πληροφορίες από διαφορετικούς αισθητήρες, ταξινομώντας και ιεραρχώντας τους ασθενείς με βάση τη σοβαρότητα των συμπτωμάτων, γεγονός που επιτρέπει την ταχεία παρέμβαση για όσους έχουν κρίσιμες καταστάσεις. [63]

Ένα άλλο σύστημα τηλεπαρακολούθησης ενσωματώνει το IoT με φορητούς αισθητήρες για να παρέχει ενημερώσεις σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τη θερμοκρασία του σώματος, τον καρδιακό ρυθμό και την αναπνευστική κατάσταση. Σε μια εφαρμογή, οι αισθητήρες καταγράφουν αυτά τα ζωτικά σημεία και τα δεδομένα μεταδίδονται μέσω ενός παγκόσμιου συστήματος κινητής επικοινωνίας (GSM) και ασύρματων δικτύων Zigbee, επιτρέποντας τη μεταφορά δεδομένων σε απομακρυσμένα συστήματα

υγειονομικής περίθαλψης. Το σύστημα αυτό επιτρέπει τη συνεχή παρακολούθηση χωρίς να απαιτείται εισαγωγή στο νοσοκομείο, παρέχοντας στους ασθενείς την ελευθερία να παραμένουν στο σπίτι τους, ενώ οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης παρακολουθούν τα δεδομένα τους από απόσταση, ειδοποιώντας τους όταν εμφανίζονται ακανόνιστα μοτίβα. [64]

Για τη διαχείριση των ασθενών, έχουν εμφανιστεί ειδικές εφαρμογές smartphone που βοηθούν στην παρακολούθηση της τήρησης της φαρμακευτικής αγωγής και της εξέλιξης των συμπτωμάτων. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η εφαρμογή Medisafe, η οποία έχει σχεδιαστεί για να παρέχει υπενθυμίσεις για τη φαρμακευτική αγωγή και να καταγράφει κάθε δόση που λαμβάνεται. Χρησιμοποιώντας έναν συνδυασμό ειδοποιήσεων push και στρατηγικών παιχνιδιοποίησης, το Medisafe ενισχύει τη συμμόρφωση, παρακινώντας τους ασθενείς μέσω οπτικών συστημάτων προόδου και υπενθύμισης. Επιπλέον, επιτρέπει στους χρήστες να καταγράφουν καθημερινά τα συμπτώματα, τα οποία μπορούν να μοιραστούν με τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης, βοηθώντας τους να αξιολογήσουν την αποτελεσματικότητα της θεραπείας. Τέτοιες εφαρμογές περιλαμβάνουν συνήθως επιλογές για τους φροντιστές να παρακολουθούν τη συμμόρφωση εξ αποστάσεως, γεγονός ιδιαίτερα χρήσιμο για τους ηλικιωμένους ασθενείς που μπορεί να χρειάζονται βοήθεια με πολύπλοκα φαρμακευτικά σχήματα.

Άλλες εφαρμογές διαχείρισης ασθενών προχωρούν περαιτέρω, ενσωματώνοντας λειτουργίες που προειδοποιούν τους ασθενείς για πιθανές παρενέργειες ή αλληλεπιδράσεις μεταξύ φαρμάκων. Για παράδειγμα, ορισμένες εφαρμογές διασταυρώνουν αυτόματα τα φάρμακα των ασθενών με γνωστές βάσεις δεδομένων αλληλεπιδράσεων φαρμάκων, ειδοποιώντας τον χρήστη εάν υπάρχει σύγκρουση. Αυτή η λειτουργία παρέχει στους ασθενείς και τους γιατρούς ένα πρόσθετο επίπεδο ασφάλειας, ιδίως για ασθενείς που διαχειρίζονται πολλαπλές χρόνιες παθήσεις. Επιπλέον, αυτές οι εφαρμογές μπορούν να δημιουργήσουν αναφορές που μπορούν να μεταφορτωθούν και να συνοψίζουν τη συμμόρφωση και τις μετρήσεις υγείας για εξέταση σε κλινικές διαβουλεύσεις, δημιουργώντας έτσι ένα καλά τεκμηριωμένο αρχείο υγείας τόσο για τους ασθενείς όσο και για τους γιατρούς.

Οι πλατφόρμες τηλεϊατρικής έχουν συμβάλει καθοριστικά στην επέκταση της πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη, ιδίως για τους ασθενείς σε

αγροτικές ή υποβαθμισμένες περιοχές. Για παράδειγμα, πλατφόρμες όπως η Teladoc και η Amwell παρέχουν υπηρεσίες τηλεδιάσκεψης όπου οι ασθενείς συμβουλευονται τους γιατρούς σε πραγματικό χρόνο. Οι υπηρεσίες αυτές επιτρέπουν στους γιατρούς να αξιολογούν οπτικά τα συμπτώματα, να προσφέρουν άμεσες συστάσεις και ακόμη και να συνταγογραφούν φάρμακα. Κατά τη διάρκεια μιας διαβούλευσης στο Teladoc, για παράδειγμα, οι ασθενείς μπορούν να περιγράψουν τα συμπτώματά τους και οι γιατροί μπορούν να αξιολογήσουν οπτικά τον ασθενή και να του συνταγογραφήσουν θεραπείες ή να προτείνουν περαιτέρω ενέργειες, εάν χρειάζεται. Για ακριβέστερη διάγνωση, ορισμένες πλατφόρμες ενσωματώνουν πλέον την τηλεϊατρική με εργαλεία απομακρυσμένης παρακολούθησης. Ένας ασθενής με καρδιαγγειακά προβλήματα, για παράδειγμα, θα μπορούσε να εξοπλιστεί με μια οθόνη ΗΚΓ που συνδέεται με την εφαρμογή, επιτρέποντας στον γιατρό να παρατηρεί ζωντανά τα δεδομένα του καρδιακού ρυθμού κατά τη διάρκεια της εικονικής διαβούλευσης. [65]

Συνοψίζοντας, οι εφαρμογές ψηφιακής υγείας σήμερα επεκτείνονται πέρα από τη γενική παρακολούθηση, εστιάζοντας σε συγκεκριμένες λειτουργίες που υποστηρίζουν τόσο τους ασθενείς όσο και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης. Οι φορητοί αισθητήρες και οι ενσωματώσεις IoT επιτρέπουν την απομακρυσμένη μετάδοση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για άμεση ιατρική ανάλυση, οι εφαρμογές για smartphones βελτιώνουν την τήρηση της φαρμακευτικής αγωγής και την καταγραφή των συμπτωμάτων και οι πλατφόρμες τηλεϊατρικής παρέχουν προσβάσιμες διαβουλεύσεις υγειονομικής περίθαλψης σε πραγματικό χρόνο, ενισχύοντας την ευκολία και την ασφάλεια στη φροντίδα των ασθενών. Αυτές οι στοχευμένες λύσεις ενισχύουν συλλογικά την προσβασιμότητα, την αποτελεσματικότητα και την εξατομίκευση της υγειονομικής περίθαλψης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Μεθοδολογία Σχεδιασμού Συσκευής Αισθητήρων

3.1. Αναγκαιότητα Δημιουργίας της Συσκευής Αισθητήρων Υγείας στους Ασθενείς με Αναπνευστικές Παθήσεις

Για την αποτελεσματική διαχείριση των αναπνευστικών παθήσεων, υπάρχει αυξανόμενη ανάγκη για συσκευές παρακολούθησης συγκεκριμένων βιολογικών τιμών και σημάτων και ειδικά σχεδιασμένες για τη συνεχή παρακολούθηση της αναπνευστικής λειτουργίας. Η αυξανόμενη συχνότητα εμφάνισης χρόνιων παθήσεων όπως η ΧΑΠ και το άσθμα σημαίνει ότι οι ασθενείς μπορούν να επωφεληθούν σημαντικά από συσκευές που παρέχουν μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο σχετικά με τις αναπνευστικές τους συνθήκες, την πνευμονική τους κατάσταση και άλλους ζωτικούς δείκτες. Αυτές οι συσκευές υποστηρίζουν τόσο τους κλινικούς στην προσαρμογή των θεραπειών, αλλά δίνουν επίσης τη δυνατότητα στους ασθενείς να παρακολουθούν τις συνθήκες τους, μειώνοντας ενδεχομένως τις επισκέψεις στο νοσοκομείο και τις επείγουσες παρεμβάσεις. Έτσι, η ανάπτυξη αποτελεσματικών, φιλικών προς το χρήστη συσκευών παρακολούθησης της αναπνοής έχει καταστεί απαραίτητη στη σύγχρονη υγειονομική περίθαλψη.

Η παρακολούθηση από το σπίτι είναι ένας κρίσιμος παράγοντας για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις και για την αποδοτικότερη λειτουργία του συστήματος υγείας. Με την χρήση μιας συσκευής αισθητήρων υγείας στο σπίτι, οι ασθενείς έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν συνεχώς την υγεία τους, χωρίς να χρειάζεται να επισκέπτονται συχνά τα νοσοκομεία ή τα κέντρα υγείας για τις απαραίτητες μετρήσεις. Η δυνατότητα παρακολούθησης των ασθενών κατ' οίκον συνεπάγεται σημαντικά οφέλη τόσο για τους ίδιους όσο και για το σύστημα υγείας συνολικά. Η αποφυγή συχνών επισκέψεων στα ιατρικά κέντρα προσφέρει μεγαλύτερη άνεση στους ασθενείς και τους επιτρέπει να έχουν καλύτερη ποιότητα ζωής με λιγότερο άγχος και περισσότερη αυτονομία. Παράλληλα, η μείωση των επισκέψεων αποσυμφορεί το σύστημα υγείας, καθιστώντας το πιο αποδοτικό, και συμβάλλει

στη μείωση του κόστους υγειονομικής περίθαλψης, προάγοντας ένα μοντέλο απομακρυσμένης φροντίδας που είναι ωφέλιμο για όλους τους εμπλεκόμενους.

Βασική απαίτηση για τις συσκευές αυτές είναι η ικανότητά τους να παρέχουν συνεχή και ακριβή παρακολούθηση. Έρευνα δείχνει ότι η μακροπρόθεσμη συλλογή δεδομένων υψηλής συχνότητας είναι απαραίτητη για τον εντοπισμό τάσεων και την πρόβλεψη πιθανών παροξύνσεων της νόσου. Η συνεχής αναπνευστική παρακολούθηση μπορεί να αποκαλύψει λεπτές μεταβολές στην υγεία ενός ασθενούς που οι αξιολογήσεις ενός σημείου μπορεί να παραλείπονται, βοηθώντας τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να προσαρμόζουν προληπτικά τα σχέδια θεραπείας. [66] Επιπλέον, η ακρίβεια των μετρήσεων είναι κρίσιμη, καθώς ακόμη και μικρές ανακρίβειες μπορούν να οδηγήσουν σε παρερμηνεία της κατάστασης ενός ασθενούς. Οι εξελίξεις στη φορητή τεχνολογία, όπως οι συσκευές που υποστηρίζονται από τη μηχανική μάθηση, έχουν αποδείξει την ικανότητα ακριβούς καταγραφής των αναπνευστικών μοτίβων σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας ένα αξιόπιστο εργαλείο τόσο για τους κλινικούς γιατρούς όσο και για τους ασθενείς. [67]

Μια άλλη ουσιαστική απαίτηση είναι η άνεση του χρήστη, ιδίως δεδομένου ότι οι ασθενείς αναμένεται να χρησιμοποιούν αυτές τις συσκευές με συνέπεια για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τα παραδοσιακά αναπνευστικά μόνιτορ συχνά απαιτούν δυσκίνητα εξαρτήματα, όπως ζώνες ή ηλεκτρόδια, τα οποία μπορεί να είναι άβολα και να περιορίζουν τη συμμόρφωση των ασθενών. Ωστόσο, οι φορητοί αισθητήρες, οι οποίοι μπορούν να προσαρτηθούν στον ρουχισμό ή να ενσωματωθούν σε αντικείμενα όπως τα έξυπνα γιλέκα, παρέχουν μια πιο άνετη εναλλακτική λύση. Αυτές οι καινοτομίες επιτρέπουν την διακριτική παρακολούθηση του ασθενούς και ενθαρρύνουν τη συμμόρφωση, καθιστώντας την καθημερινή χρήση εφικτή και άνετη. [68]

Επιπλέον, οι αισθητήρες αναπνευστικής υγείας πρέπει να είναι ικανοί να καταγράφουν πολλαπλές αναπνευστικές παραμέτρους για να παρέχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα της υγείας του ασθενούς. Οι συσκευές που παρακολουθούν έναν συνδυασμό αναπνευστικού και καρδιακού ρυθμού, παράλληλα με περιβαλλοντικές παραμέτρους, προσφέρουν ένα ολοκληρωμένο σύνολο δεδομένων που μπορεί να ενημερώσει αποτελεσματικότερα για τη λήψη κλινικών αποφάσεων. Τέτοιοι πολυλειτουργικοί αισθητήρες αποτελούν μια σημαντική πρόοδο στην αναπνευστική φροντίδα, καθώς δεν περιορίζονται

μόνο στην παρακολούθηση ενός αναπνευστικού δείκτη αλλά σε μια ολιστική προσέγγιση για την συνολική ποιότητα της αναπνοής. [69]

Η συνεχής και αδιάλειπτη λειτουργία μιας συσκευής αισθητήρων υγείας για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις αποτελεί βασικό παράγοντα για την αποτελεσματική παρακολούθηση και τη διασφάλιση της υγείας τους. Αυτό σημαίνει ότι η συσκευή πρέπει να λειτουργεί χωρίς διακοπές ή απώλειες δεδομένων. Αυτή η ιδιότητα της συσκευής επιτρέπει την άμεση καταγραφή των ζωτικών παραμέτρων του ασθενή σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας στους γιατρούς, στους φροντιστές και στους ίδιους τους ασθενείς ακριβή εικόνα για την κατάσταση της υγείας τους ανά πάσα στιγμή. Η συνεχής καταγραφή των δεδομένων και των οποιωνδήποτε κρίσιμων αλλαγών, επιτρέπει τον εντοπισμό προειδοποιητικών σημείων επιδείνωσης της υγείας του ασθενή που χρειάζονται άμεση αντιμετώπιση. Έτσι, με τη διαρκή παρακολούθηση ενισχύεται το αίσθημα ασφάλειας του ασθενούς προσφέροντας καλύτερη ποιότητα ζωής και μείωση του άγχους για περιπτώσεις κινδύνου.

Συμπερασματικά, οι συσκευές παρακολούθησης της αναπνοής για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις κατ'οίκον πρέπει να πληρούν αυστηρές απαιτήσεις για ακρίβεια, άνεση και πολυπαραμετρική ανίχνευση. Με την εκπλήρωση αυτών των προδιαγραφών, οι συσκευές παρακολούθησης μπορούν να βελτιώσουν ουσιαστικά τα κλινικά αποτελέσματα, ενισχύοντας την ικανότητα διαχείρισης των χρόνιων αναπνευστικών παθήσεων στο σπίτι. Έτσι, η χρήση των αισθητήρων σηματοδοτεί μια σημαντική πρόοδο στον τομέα της αναπνευστικής υγειονομικής περίθαλψης, παρέχοντας καλύτερη ποιότητα ζωής στους ασθενείς και πιο αποτελεσματική διαχείριση των παθήσεών τους.

3.2. Προσδιορισμός Απαιτήσεων Συστήματος

Η καινοτόμος συσκευή παρακολούθησης της υγείας του αναπνευστικού συστήματος έχει σχεδιαστεί με συγκεκριμένες λειτουργικές απαιτήσεις για την υποστήριξη των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, παρέχοντας συνεχή, ακριβή δεδομένα για την υποβοήθηση της αξιολόγησης της υγείας σε πραγματικό χρόνο και της μακροπρόθεσμης διαχείρισης της νόσου. Η εν λόγω συσκευή αποσκοπεί στην καταγραφή ζωτικών αναπνευστικών παραμέτρων,

όπως ο κορεσμός οξυγόνου στο αίμα (SpO₂), ο καρδιακός ρυθμός, η ποιότητα του αέρα του περιβάλλοντος και η θερμοκρασία. Αυτές οι παράμετροι είναι καθοριστικές για τον εντοπισμό πρώιμων συμπτωμάτων αναπνευστικής δυσχέρειας, τη διευκόλυνση έγκαιρων παρεμβάσεων και την ενίσχυση της ευαισθητοποίησης των ασθενών σχετικά με την αναπνευστική τους υγεία.

3.2.1. Βασικές Μετρήσεις που Απαιτούνται για την Αναπνευστική Υγεία

1. Αναπνευστικός Ρυθμός

Μία από τις θεμελιώδεις μετρήσεις για κάθε συσκευή παρακολούθησης του αναπνευστικού συστήματος είναι ο αναπνευστικός ρυθμός, ο οποίος υποδηλώνει τον αριθμό των αναπνοών που λαμβάνονται ανά λεπτό. Ο αναπνευστικός ρυθμός είναι μια σημαντική παράμετρος στην αξιολόγηση της αναπνευστικής κατάστασης και γενικότερα της υγείας των αναπνευστικών ασθενών. Ο φυσιολογικός αναπνευστικός ρυθμός για τους ενήλικες κυμαίνεται μεταξύ 12 και 20 αναπνοών ανά λεπτό. Ωστόσο, σε αναπνευστικούς ασθενείς, όπως σε περιπτώσεις χρόνιας αποφρακτικής πνευμονοπάθειας (ΧΑΠ), άσθματος, ή οξείας αναπνευστικής δυσχέρειας, ο ρυθμός αυτός μπορεί να διαταραχθεί. Αυτή η μέτρηση είναι απαραίτητη για την ανίχνευση ακανόνιστων μοτίβων αναπνοής, τα οποία θα μπορούσαν να σηματοδοτήσουν αναπνευστική δυσχέρεια ή επιδείνωση σε καταστάσεις όπως η ΧΑΠ ή το άσθμα. Έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνολογίες αισθητήρων, όπως οι ελαστικοί αισθητήρες αναπνοής, για την ακριβή καταγραφή αυτής της μετρικής, ακόμη και κατά τη διάρκεια σωματικής δραστηριότητας ή ανάπαυσης. [70]

2. Οξυγόνωση του Αίματος (SpO₂)

Η παρακολούθηση των επιπέδων οξυγόνου στο αίμα είναι ζωτικής σημασίας για την υγεία του αναπνευστικού συστήματος, καθώς αντικατοπτρίζει την αποτελεσματικότητα της ανταλλαγής οξυγόνου στους πνεύμονες. Μια μείωση του SpO₂ θα μπορούσε να υποδηλώνει υποξαιμία, ένα συχνό πρόβλημα στις αναπνευστικές παθήσεις. Η μέτρηση του SpO₂ είναι σημαντική για να καθοριστεί η ανάγκη για περαιτέρω θεραπεία ή η μεταφορά σε νοσοκομείο, ιδίως σε περιπτώσεις όπου η αναπνευστική δυσχέρεια είναι

προοδευτική και οι κίνδυνοι για την υγεία αυξάνονται. Οι αισθητήρες φωτοπληθυσμογραφίας (PPG) χρησιμοποιούνται συχνά σε φορητές συσκευές για τη μέτρηση του SpO₂, παρέχοντας έναν μη επεμβατικό τρόπο για τη συνεχή αξιολόγηση της οξυγόνωσης. Αυτές οι μετρήσεις προσφέρουν μία εικόνα της κατάστασης οξυγόνωσης του ασθενούς, ιδιαίτερα χρήσιμη για ασθενείς με χρόνιες πνευμονικές παθήσεις. [71]

3. Καρδιακός Ρυθμός (HR)

Ο καρδιακός ρυθμός (HR) είναι μια κρίσιμη παράμετρος στην αξιολόγηση της υγείας των αναπνευστικών ασθενών. Η καρδιακή συχνότητα μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από αναπνευστικά προβλήματα λόγω του αυξημένου φορτίου που δέχεται το σώμα στην προσπάθειά του να διατηρήσει ικανοποιητική οξυγόνωση. Σε καταστάσεις αναπνευστικών διαταραχών, η καρδιακή συχνότητα συχνά αυξάνεται ως απάντηση σε χαμηλά επίπεδα οξυγόνου (υποξία) ή υψηλά επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα (υπερκαπνία).

Η παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού είναι απαραίτητη για τους αναπνευστικούς ασθενείς, καθώς οι μεταβολές του καρδιακού ρυθμού μπορεί να υποδηλώνουν καταπόνηση του καρδιαγγειακού συστήματος λόγω της αναπνευστικής καταπόνησης. Ένας φορητός αισθητήρας μπορεί να καταγράφει δεδομένα καρδιακού ρυθμού μέσω PPG ή ΗΚΓ, επιτρέποντας την έγκαιρη ανίχνευση επιπλοκών που προκύπτουν από χαμηλά επίπεδα οξυγόνου ή αναπνευστικά προβλήματα. Μελέτες υπογραμμίζουν τη χρησιμότητα της ενσωμάτωσης της μέτρησης του καρδιακού ρυθμού με την παρακολούθηση του αναπνευστικού συστήματος για μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση της υγείας. [72]

4. Ποιότητα του Ατμοσφαιρικού Αέρα (επίπεδα CO₂ και CO)

Η ποιότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, και συγκεκριμένα τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και του μονοξειδίου του άνθρακα (CO), έχει σημαντική επίδραση στην υγεία των ατόμων με αναπνευστικές παθήσεις, όπως το άσθμα, η ΧΑΠ και άλλες αναπνευστικές διαταραχές. Το CO₂, αν και συνήθως δεν θεωρείται ιδιαίτερα τοξικό σε χαμηλές συγκεντρώσεις, μπορεί να επηρεάσει την αναπνευστική λειτουργία σε υψηλότερα επίπεδα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ σε εσωτερικούς χώρους ή σε περιοχές με περιορισμένο αερισμό μπορεί

να προκαλέσουν δυσκολίες στην αναπνοή και να αυξήσουν την αίσθηση της δύσπνοιας, κάτι που είναι ιδιαίτερα επιβαρυντικό για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις. Η υπερκαπνία, το αυξημένο CO₂ στο αίμα δηλαδή, μπορεί να επιδεινώσει τα συμπτώματα του άσθματος και της ΧΑΠ, προκαλώντας συμπτώματα όπως ταχύτερη αναπνοή, πονοκέφαλο και αίσθημα αδυναμίας. Το CO είναι πιο τοξικό και επικίνδυνο, ειδικά σε υψηλές συγκεντρώσεις. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό να ελέγχεται η έκθεση στο CO, ειδικά για τους ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις, καθώς προσκολλάται στην αιμοσφαιρίνη και μειώνει την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου στο σώμα, κάτι που μπορεί να είναι εξαιρετικά επιβαρυντικό για άτομα με ήδη περιορισμένη αναπνευστική λειτουργία. Παράλληλα, η έκθεση σε CO μπορεί να επιδεινώσει την υποξία, δηλαδή την έλλειψη οξυγόνου στους ιστούς, αυξάνοντας τον κίνδυνο σοβαρών επιπλοκών. [73]

Επομένως, συνίσταται η χρήση αισθητήρων για την παρακολούθηση των επιπέδων CO και CO₂ σε κλειστούς χώρους έτσι ώστε να ειδοποιούνται οι ασθενείς όταν τα επίπεδα είναι επικίνδυνα.

Ο αισθητήρας ποιότητας του αέρα στη συσκευή παρακολουθεί τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) και μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στο περιβάλλον. Οι αναπνευστικοί ασθενείς είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στους ρύπους, οι οποίοι μπορεί να επιδεινώσουν τα συμπτώματα και να οδηγήσουν σε νοσηλεία. Η παρακολούθηση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα επιτρέπει στους ασθενείς να προσαρμόζουν το περιβάλλον τους ή να περιορίζουν την έκθεσή τους σε επιβλαβείς ρύπους, υποστηρίζοντας τελικά την καλύτερη διαχείριση της νόσου. [74]

5. Θερμοκρασία και Υγρασία Περιβάλλοντος

Η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος παίζουν κρίσιμο ρόλο στη διαχείριση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, όπως το άσθμα, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και άλλες αναπνευστικές διαταραχές.

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την αναπνευστική υγεία, καθώς μπορεί να επηρεάσει τόσο την δυσκολία κατά την αναπνοή, όσο και την ένταση των συμπτωμάτων σε άτομα με αναπνευστικές παθήσεις. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, η διατήρηση της θερμοκρασίας μεταξύ 18-21°C θεωρείται ιδανική, ειδικά για

άτομα με αναπνευστικές παθήσεις, όπως το άσθμα και η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ). [75] Σε αυτό το εύρος θερμοκρασίας, οι αεραγωγοί παραμένουν σε μια σταθερή κατάσταση, χωρίς απότομες αντιδράσεις που προκαλούν κρίσεις ή αναπνευστική δυσχέρεια. Οι χαμηλές θερμοκρασίες, ειδικά σε συνδυασμό με ξηρό αέρα, μπορούν να προκαλέσουν βρογχόσπασμο, δηλαδή τη σύσφιξη των βρόγχων, και να οδηγήσουν σε δύσπνοια ή σφίξιμο στο στήθος. [76] Αντίθετα, οι υψηλές θερμοκρασίες σε συνδυασμό με υψηλή υγρασία, μπορεί να επιδεινώσουν τα συμπτώματα αναπνευστικών παθήσεων. Σε ζεστό περιβάλλον, το σώμα καταπονείται και αυξάνονται οι πιθανότητες αναπνευστικής δυσκολίας.

Η υγρασία του περιβάλλοντος σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του αέρα και μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την αναπνοή. Η ιδανική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 40-60%, καθώς αυτό το επίπεδο βοηθά στην αποφυγή ξηρότητας στους αεραγωγούς χωρίς να ευνοεί την ανάπτυξη μυκήτων ή ακάρεων. Όταν η υγρασία είναι χαμηλή (κάτω από 30%), προκαλεί ξηρότητα στις ρινικές και βρογχικές οδούς, κάτι που μπορεί να οδηγήσει σε ερεθισμό και επιπλοκές, ειδικά σε ασθενείς με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) ή άσθμα. Από την άλλη, η υψηλή υγρασία (πάνω από 60%) αυξάνει τον κίνδυνο ανάπτυξης μούχλας και ακάρεων, που αποτελούν κοινούς αλλεργιογόνους παράγοντες. Επιπλέον, η υπερβολική υγρασία μπορεί να δυσχεράνει την αναπνοή, ιδιαίτερα σε άτομα με ΧΑΠ, λόγω της αίσθησης του βαρέως και κολλώδους αέρα. [77]

Συνεπώς, η ενσωμάτωση ενός αισθητήρα θερμοκρασίας και υγρασίας μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη διαχείριση των συνθηκών περιβάλλοντος για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις, προσφέροντας συνεχή παρακολούθηση και άμεση ενημέρωση για τυχόν μεταβολές που μπορεί να επηρεάσουν την υγεία τους.

3.2.2. Ολοκλήρωση Συστήματος και Αξιοποίηση Δεδομένων

Τα δεδομένα από αυτές τις μετρήσεις καταγράφονται και συλλέγονται, προσφέροντας στους ασθενείς και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης πληροφορίες σχετικά με την κατάσταση της υγείας τους σε πραγματικό χρόνο και επιτρέποντας προληπτικές παρεμβάσεις. Η προσέγγιση αυτή ενισχύει τη

δέσμευση των ασθενών, ενθαρρύνοντας τα άτομα να παρακολουθούν ενεργά την αναπνευστική τους υγεία και να τηρούν τα συνιστάμενα σχέδια θεραπείας.

Συνοπτικά, οι λειτουργικές απαιτήσεις και οι τύποι δεδομένων που καθορίζονται για αυτή την καινοτόμο συσκευή παρακολούθησης της αναπνευστικής υγείας αποτελούν τη βάση για μια ολοκληρωμένη, επικεντρωμένη στον χρήστη και καθοδηγούμενη από τα δεδομένα λύση. Υποστηρίζοντας κρίσιμες μετρήσεις, όπως τον κορεσμό (SpO_2), τον καρδιακό ρυθμό, την ποιότητα αέρα και τη θερμοκρασία και υγρασία του περιβάλλοντος, η συσκευή αυτή καλύπτει βασικές ανάγκες των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, παρέχοντάς τους εργαλεία για την αποτελεσματική διαχείριση τους υγείας τους και την προληπτική φροντίδα.

3.3. Σχεδίαση και Ανάπτυξη Συστήματος Αισθητήρων

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη του συστήματος αισθητήρων παρακολούθησης της αναπνευστικής υγείας εξαρτάται από την προσεκτική επιλογή εξαρτημάτων ικανών να μετρούν με ακρίβεια κρίσιμες μετρήσεις υγείας. Για την παρούσα εργασία, οι επιλεγμένοι αισθητήρες περιλαμβάνουν τον MAX30102 για τον κορεσμό οξυγόνου στο αίμα (SpO_2) και τον καρδιακό ρυθμό, τον DHT22 για τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, τον MG811 για τα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και τον MQ-7 για την ανίχνευση μονοξειδίου του άνθρακα (CO). Κάθε ένας από τους αισθητήρες παρέχει μοναδικές λειτουργίες που είναι απαραίτητες για την ολοκληρωμένη παρακολούθηση του αναπνευστικού συστήματος. Η επιλογή των αισθητήρων για την παρακολούθηση της αναπνευστικής υγείας βασίστηκε σε συγκεκριμένα κριτήρια, ώστε να διασφαλιστεί η ακρίβεια, η αξιοπιστία και η δυνατότητα ενσωμάτωσης των μετρήσεων σε ένα ολοκληρωμένο σύστημα. Ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των κριτηρίων επιλογής για κάθε αισθητήρα και σύγκριση με τις αντίστοιχες εναλλακτικές λύσεις.

3.3.1. Αισθητήρας MAX30102 για SpO_2 και HR

Ο MAX30102 είναι ένας δημοφιλής αισθητήρας για τη μέτρηση του SpO_2 και του καρδιακού ρυθμού, που χρησιμοποιείται ευρέως σε φορητές συσκευές

υγείας. Λειτουργεί με τη φωτοπληθυσμογραφία (PPG), μια μέθοδο που χρησιμοποιεί την απορρόφηση του φωτός για τη μέτρηση του όγκου της ροής του αίματος, επιτρέποντας ακριβείς μετρήσεις τόσο του καρδιακού ρυθμού όσο και των επιπέδων κορεσμού του οξυγόνου. Αυτός ο αισθητήρας διαθέτει τόσο κόκκινες όσο και υπέρυθρες λυχνίες LED, οι οποίες του επιτρέπουν να αξιολογεί τα επίπεδα οξυγόνου στο αίμα διακρίνοντας την οξυγονωμένη από την αποξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη. Δεδομένης της σημασίας της διατήρησης επαρκών επιπέδων οξυγόνου για ασθενείς με αναπνευστικές ασθένειες, ο MAX30102 παρέχει μια κρίσιμη παράμετρο για την παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας. Μελέτες δείχνουν ότι τέτοιοι αισθητήρες που βασίζονται στη φωτοπληθυσμογραφία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματικοί στην παρακολούθηση ασθενών με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις. [78]

Ο αισθητήρας MAX30102 προτιμήθηκε λόγω της υψηλής ακρίβειας που προσφέρει, η οποία είναι απαραίτητη για την παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικά προβλήματα. Ο συμπαγής σχεδιασμός και το μικρό του μέγεθος διευκολύνουν την ενσωμάτωσή του σε φορητές συσκευές, ενώ η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας τον καθιστά ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν φορητότητα και χαμηλή ισχύ. Η συμβατότητά του με ασύρματη τεχνολογία τον καθιστά εξαιρετική επιλογή για συστήματα συνεχούς παρακολούθησης, καθώς μπορεί εύκολα να ενσωματωθεί σε συσκευές IoT. Παράλληλα, υποστηρίζεται από πολλές βιβλιοθήκες για μικροελεγκτές, όπως το Arduino, προσφέροντας ευκολία χρήσης και άμεση υλοποίηση σε ποικίλες εφαρμογές. Τέλος, είναι ευαίσθητος στην κίνηση, γεγονός που τον καθιστά κατάλληλο για εφαρμογές όπου απαιτούνται ακριβείς μετρήσεις υπό διαφορετικές φυσικές καταστάσεις του ασθενούς. [79]

Η επιλογή του κατάλληλου αισθητήρα για τη μέτρηση κορεσμού οξυγόνου στο αίμα και καρδιακού ρυθμού εξαρτάται από την ακρίβεια, τη χρήση και τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Στην παρούσα ανάλυση, συγκρίνονται οι αισθητήρες SparkFun Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor (MAX30101 & MAX32664) και OB1203, προκειμένου να εξηγηθεί γιατί ο MAX30102 επιλέχθηκε σε σχέση με αυτούς για τη συγκεκριμένη εφαρμογή.

Ο SparkFun Pulse Oximeter and Heart Rate Sensor (MAX30101 & MAX32664) ενσωματώνει τον αισθητήρα MAX30101 (ο οποίος είναι παρόμοιος με τον MAX30102) με τον επεξεργαστή MAX32664, ο οποίος προεπεξεργάζεται

τα δεδομένα, εξασφαλίζοντας υψηλότερη ακρίβεια στις μετρήσεις. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι χρήσιμο για εφαρμογές που απαιτούν μεγαλύτερη επεξεργασία δεδομένων και εξαγωγή καθαρών αποτελεσμάτων χωρίς να επιβαρύνεται ο μικροελεγκτής. Ωστόσο, η κατανάλωση ενέργειας είναι μεγαλύτερη από αυτή του MAX30102, ενώ η ανάγκη για επιπλέον επεξεργασία καθιστά την υλοποίηση πιο περίπλοκη και το κόστος υψηλότερο.

Ο αισθητήρας OB1203, από την πλευρά του, προσφέρει συνδυασμένες λειτουργίες μέτρησης SpO₂ και καρδιακού ρυθμού, ενώ διαθέτει και τη δυνατότητα ανίχνευσης περιβαλλοντικού φωτισμού. Ωστόσο, η ακρίβειά του είναι περιορισμένη σε σχέση με τον MAX30102 και ο αισθητήρας αυτός έχει λιγότερη υποστήριξη από την κοινότητα, γεγονός που δυσχεραίνει την ενσωμάτωσή του σε εφαρμογές DIY ή μικροελεγκτών. Αν και είναι εξαιρετικά μικρός σε μέγεθος, η περιορισμένη ακρίβεια και η μειωμένη υποστήριξη από κοινότητες και βιβλιοθήκες λογισμικού σε σύγκριση με άλλους αισθητήρες τον καθιστούν λιγότερο ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν αξιόπιστες και ακριβείς μετρήσεις SpO₂.

Συμπερασματικά, ο MAX30102 προσφέρει τον καλύτερο συνδυασμό ακρίβειας, χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας και ευκολίας χρήσης, γεγονός που τον καθιστά ιδανικό για την παρακολούθηση ζωτικών παραμέτρων και για τις ανάγκες της παρούσας εφαρμογής.

3.3.2. Αισθητήρας DHT22 για τη Θερμοκρασία και την Υγρασία του Περιβάλλοντος

Η παρακολούθηση των περιβαλλοντικών συνθηκών είναι απαραίτητη για τους ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις, καθώς οι αλλαγές στη θερμοκρασία και την υγρασία μπορούν να επιδεινώσουν τα συμπτώματα. Ο αισθητήρας DHT22 είναι μια εξαιρετικά ακριβής, χαμηλού κόστους λύση για τη μέτρηση τόσο της θερμοκρασίας όσο και της υγρασίας του περιβάλλοντος, καθιστώντας τον κατάλληλο για την παρακολούθηση του περιβάλλοντος σε πραγματικό χρόνο. Αυτός ο αισθητήρας λειτουργεί χρησιμοποιώντας ένα θερμίστορ για τις μετρήσεις θερμοκρασίας και έναν χωρητικό αισθητήρα υγρασίας, οι οποίοι συνολικά παρέχουν αξιόπιστες μετρήσεις.

Ένας από τους βασικούς λόγους για την επιλογή του DHT22 είναι η ακρίβεια των μετρήσεων του και η ικανότητά του να λειτουργεί σε ένα ευρύ εύρος θερμοκρασίας και υγρασίας, καθιστώντας τον ιδανικό για χρήση σε διάφορες συνθήκες περιβάλλοντος. Επίσης, ο αισθητήρας αυτός προσφέρει αρκετά καλή ακρίβεια με σφάλματα της τάξης του $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ για θερμοκρασία και $\pm 2-5\%$ για υγρασία, γεγονός που τον καθιστά αξιόπιστο για εφαρμογές παρακολούθησης. Ένας ακόμη παράγοντας που οδήγησε στην επιλογή του DHT22 είναι η εύκολη ενσωμάτωσή του σε πλατφόρμες όπως το Arduino καθώς και η ευρεία υποστήριξή του από κοινότητες και βιβλιοθήκες. Τέλος, η καλή σχέση ποιότητας-τιμής και η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας κάνουν τον DHT22 ιδανικό για παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο.

Σε σύγκριση με τον DHT11, ο DHT22 έχει μεγαλύτερο εύρος μετρήσεων τόσο στη θερμοκρασία όσο και στην υγρασία, καθώς και υψηλότερη ακρίβεια. Ενώ ο DHT11 μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίες μόνο από 0°C έως 50°C με ακρίβεια $\pm 2^{\circ}\text{C}$ και υγρασία από 20% έως 90% με ακρίβεια $\pm 5\%$, ο DHT22 είναι σαφώς πιο αξιόπιστος για πιο απαιτητικές εφαρμογές.

Σε σχέση με τον AM2302, ο οποίος είναι ουσιαστικά μια εξωτερική έκδοση του DHT22 με προστασία από περιβαλλοντικές συνθήκες, οι επιδόσεις τους είναι πανομοιότυπες, αλλά ο AM2302 ενδείκνυται για εξωτερική χρήση λόγω του ανθεκτικού περιβλήματός του.

Ο BME280, από την άλλη πλευρά, είναι ένας πιο προηγμένος αισθητήρας που, εκτός από θερμοκρασία και υγρασία, μετρά και βαρομετρική πίεση. Είναι εξαιρετικά ακριβής, με ακρίβεια $\pm 1\%$ για την υγρασία και $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ για τη θερμοκρασία, και έχει μικρότερο χρόνο απόκρισης από τον DHT22. Ωστόσο, το υψηλότερο κόστος του, η μεγαλύτερη κατανάλωση ενέργειας και η μεγαλύτερη πολυπλοκότητά του δεν τον καθιστούν ιδανικό για την παρούσα εφαρμογή.

Ο αισθητήρας DHT22 είναι μια αποτελεσματική επιλογή για αυτό το σύστημα παρακολούθησης της αναπνοής, καθώς επιτρέπει στους ασθενείς και τους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να κατανοήσουν πώς οι περιβαλλοντικές αλλαγές ενδέχεται να επηρεάζουν την αναπνευστική λειτουργία. Με τη συσχέτιση των δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας με άλλες μετρήσεις υγείας, οι κλινικοί γιατροί μπορούν να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με την επίδραση των εξωτερικών παραγόντων στην υγεία

των ασθενών. Έρευνες έχουν δείξει ότι οι διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και της υγρασίας σχετίζονται άμεσα με τα αναπνευστικά συμπτώματα, ιδίως σε χρόνιες παθήσεις όπως το άσθμα και η ΧΑΠ. [80]

3.3.3. Αισθητήρας MG811 για την Ανίχνευση Διοξειδίου του Άνθρακα (CO₂)

Ο αισθητήρας MG811 είναι ειδικά σχεδιασμένος για την ανίχνευση των επιπέδων CO₂, γεγονός που τον καθιστά ιδιαίτερα σημαντικό για τα συστήματα παρακολούθησης του αναπνευστικού συστήματος. Τα αυξημένα επίπεδα CO₂ στο περιβάλλον μπορεί να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του αναπνευστικού συστήματος, οδηγώντας σε θέματα όπως η αυξημένη δύσπνοια και, σε σοβαρές περιπτώσεις, η αναπνευστική οξέωση. Ο αισθητήρας MG811 είναι ένας αισθητήρας υψηλής ευαισθησίας που χρησιμοποιεί μια ποτενσιομετρική ηλεκτροχημική μέθοδο για την ακριβή ανίχνευση των μεταβολών στη συγκέντρωση CO₂.

Αυτός ο αισθητήρας παρέχει κρίσιμα δεδομένα για την παρακολούθηση της αναπνευστικής υγείας, επιτρέποντας στο σύστημα να μετράει τις συγκεντρώσεις CO₂ στο άμεσο περιβάλλον του ασθενούς. Δεδομένου ότι οι αναπνευστικοί ασθενείς είναι ιδιαίτερα ευάλωτοι στην κακή ποιότητα του αέρα, η ενσωμάτωση του MG811 στο σύστημα επιτρέπει στους ασθενείς και τους φροντιστές να παρακολουθούν την ποιότητα του αέρα και να κάνουν τις απαραίτητες προσαρμογές, όπως η αύξηση του αερισμού όταν τα επίπεδα CO₂ είναι υψηλά. [81]

Ο αισθητήρας MG811 επιλέχθηκε για τη μέτρηση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) λόγω της υψηλής του ακρίβειας και της ικανότητάς του να παρέχει αξιόπιστα δεδομένα σε περιβάλλοντα με μεταβαλλόμενες συγκεντρώσεις CO₂. Η λειτουργία του βασίζεται σε μια ευαίσθητη χημική αντίδραση που ανιχνεύει ακόμα και μικρές αλλαγές στη συγκέντρωση του αερίου, καθιστώντας τον ιδανικό για εφαρμογές παρακολούθησης ποιότητας αέρα, ιδιαίτερα σε χώρους όπου διαμένουν άτομα με αναπνευστικά προβλήματα. Επιπλέον, η αντοχή του σε υψηλές συγκεντρώσεις CO₂ και η ευρεία υποστήριξή του από κοινότητες και πλατφόρμες ανάπτυξης συμβάλλουν στην ευκολία ενσωμάτωσής του σε ολοκληρωμένα συστήματα.

Σε σύγκριση με άλλους αισθητήρες CO₂, όπως οι MH-Z19, CCS811 και SenseAir S8, ο MG811 προσφέρει ορισμένα μοναδικά πλεονεκτήματα. Σε σχέση με τον MH-Z19, ο οποίος είναι ένας αισθητήρας χαμηλής κατανάλωσης που χρησιμοποιεί την τεχνολογία υπέρυθρων (NDIR), παρόλο που είναι πιο εύκολος στη χρήση, ο MG811 παρέχει καλύτερη ακρίβεια στις μετρήσεις υψηλών συγκεντρώσεων CO₂.

Ο αισθητήρας SCD30 είναι ένας προηγμένος αισθητήρας μέτρησης διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), θερμοκρασίας και υγρασίας, βασισμένος σε τεχνολογία υπέρυθρων (NDIR). Η ενσωμάτωση αυτών των τριών μετρήσεων σε μία συσκευή τον καθιστά εξαιρετικά χρήσιμο για εφαρμογές παρακολούθησης της ποιότητας του αέρα, ειδικά σε περιβάλλοντα που απαιτούν λεπτομερή έλεγχο περιβαλλοντικών παραμέτρων.

Σε σύγκριση με τον CCS811, ο MG811 είναι πιο αξιόπιστος για την άμεση μέτρηση CO₂, καθώς ο CCS811 δεν μετράει το διοξείδιο του άνθρακα απευθείας αλλά εκτιμά τη συγκέντρωσή του μέσω υπολογισμών βασισμένων σε άλλους πτητικούς οργανικούς ενώσεις (VOC). Αυτό καθιστά τον MG811 καταλληλότερο για εφαρμογές που απαιτούν ακρίβεια σε πραγματικές μετρήσεις CO₂.

Ο SenseAir S8, ένας άλλος NDIR αισθητήρας, είναι εξαιρετικά ακριβής και προσφέρει μακροχρόνια σταθερότητα, αλλά είναι πιο ακριβός από τον MG811 και έχει μεγαλύτερο μέγεθος, κάτι που μπορεί να αποτελέσει περιορισμό για φορητές ή μικρές συσκευές.

Συνολικά, ο MG811 επιλέχθηκε για το συνδυασμό αξιοπιστίας και ακρίβειας στις μετρήσεις CO₂, ιδιαίτερα σε περιβάλλοντα με υψηλές συγκεντρώσεις. Η υψηλή απόδοσή του τον καθιστά ιδανικό για εφαρμογές που δίνουν έμφαση στην ποιότητα και την ακρίβεια, όπως η παρακολούθηση ποιότητας αέρα σε χώρους όπου ζουν ασθενείς με αναπνευστικά προβλήματα.

3.3.4. Αισθητήρας MQ-7 για την Ανίχνευση Μονοξειδίου του Άνθρακα (CO)

Ο αισθητήρας MQ-7 είναι απαραίτητος για την ανίχνευση των επιπέδων μονοξειδίου του άνθρακα (CO), μιας κρίσιμης παραμέτρου για ασθενείς με μειωμένη αναπνευστική λειτουργία. Το CO είναι ένα επικίνδυνο αέριο, ιδίως για τα άτομα με αναπνευστικά προβλήματα, καθώς μπορεί να συνδεθεί με την αιμοσφαιρίνη στο αίμα, μειώνοντας την ικανότητα του αίματος να μεταφέρει οξυγόνο και οδηγώντας σε υποξία. Ο αισθητήρας MQ-7 χρησιμοποιεί ένα στρώμα ημιαγωγού διοξειδίου του κασσιτέρου (SnO_2) για την ανίχνευση του CO μέσω αλλαγών στην αγωγιμότητα, που προκαλούνται από τις μεταβολές στη συγκέντρωση του CO.

Η επιλογή του MQ-7 βασίστηκε στη δυνατότητά του να παρέχει αξιόπιστες μετρήσεις σε περιβάλλοντα με μεταβαλλόμενες συνθήκες, διατηρώντας χαμηλό κόστος και σχετικά εύκολη ενσωμάτωση. Επιπλέον, ο MQ-7 έχει απλή διεπαφή και μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί με μικροελεγκτές όπως το Arduino, διευκολύνοντας την ανάπτυξη συστημάτων παρακολούθησης. Η σχέση ποιότητας-τιμής του τον καθιστά ιδανικό για συστήματα παρακολούθησης ποιότητας αέρα σε πραγματικό χρόνο, ειδικά σε χώρους όπου η έκθεση σε μονοξείδιο του άνθρακα αποτελεί σοβαρό κίνδυνο για την υγεία.

Σε σύγκριση με άλλους αισθητήρες, όπως ο MQ-9, ο ZE07-CO και ο MiCS-5524, ο MQ-7 προσφέρει ισορροπία μεταξύ κόστους και απόδοσης. Ο MQ-9, για παράδειγμα, είναι πιο ευέλικτος καθώς μπορεί να ανιχνεύσει επιπλέον αέρια όπως μεθάνιο και προπάνιο, όμως είναι λιγότερο εξειδικευμένος για μονοξείδιο του άνθρακα, γεγονός που μπορεί να οδηγήσει σε μικρότερη ακρίβεια στις μετρήσεις CO. Ο ZE07-CO, ένας αισθητήρας με βάση την ηλεκτροχημική τεχνολογία, είναι πιο ακριβής και σταθερός σε χαμηλές συγκεντρώσεις CO, αλλά το υψηλότερο κόστος του τον καθιστά λιγότερο προσιτό για εφαρμογές με περιορισμένο προϋπολογισμό.

Η ενσωμάτωση του αισθητήρα MQ-7 σε αυτό το σύστημα παρακολούθησης της αναπνοής προσθέτει ένα σημαντικό χαρακτηριστικό ασφαλείας, καθώς συμβάλλει στην πρόληψη της έκθεσης σε αυτό το τοξικό αέριο. Οι ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις, ιδίως όσοι μπορεί να είναι

κατάκοιτοι ή έχουν περιορισμένη κινητικότητα, διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο δηλητηρίασης από CO σε χώρους με κακό αερισμό. Αυτός ο αισθητήρας μπορεί να παρέχει έγκαιρες προειδοποιήσεις για την αύξηση των επιπέδων CO, επιτρέποντας την έγκαιρη δράση για την πρόληψη της επιδείνωσης της υγείας. [82]

Η σύνθεση όλων των αισθητήρων δημιουργεί ένα ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης του αναπνευστικού συστήματος, ικανό να παρακολουθεί ένα ευρύ φάσμα παραμέτρων υγείας. Η ενσωμάτωση των MAX30102, DHT22, MG811 και MQ-7 επιτρέπει την παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο τόσο των εσωτερικών φυσιολογικών δεδομένων όσο και των εξωτερικών περιβαλλοντικών παραγόντων, προσφέροντας μια ολιστική εικόνα της αναπνευστικής υγείας. Το σύστημα αισθητήρων λειτουργεί με τη συλλογή δεδομένων μέσω κάθε αισθητήρα, τα οποία στη συνέχεια επεξεργάζονται και αναλύονται για να παράγουν χρήσιμες πληροφορίες σχετικά με το περιβάλλον ή την κατάσταση του ασθενούς που παρακολουθούν.

Η επιλογή των αισθητήρων βασίστηκε σε έναν συνδυασμό ακρίβειας, κόστους, ευκολίας ενσωμάτωσης και προσαρμοστικότητας στις ανάγκες των χρηστών. Οι αισθητήρες MAX30102, DHT22, MG811, και MQ-7 αποτελούν ιδανικές επιλογές για ένα σύστημα παρακολούθησης, το οποίο αντιμετωπίζει ολοκληρωμένα τις κρίσιμες ανάγκες της αναπνευστικής υγείας. Οι ειδικές δυνατότητες κάθε αισθητήρα αξιοποιούνται για την παροχή μιας αξιόπιστης, ευέλικτης και ολοκληρωμένης λύσης για την παρακολούθηση της αναπνευστικής υγείας σε πραγματικό χρόνο, βελτιώνοντας τελικά την ασφάλεια και την ποιότητα ζωής των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις.

3.4. Σχεδιασμός για Χρήση στο Σπίτι

Ο σχεδιασμός της συσκευής παρακολούθησης της υγείας του αναπνευστικού συστήματος για οικιακή χρήση δίνει έμφαση στη χρηστικότητα, τη φορητότητα, την ανθεκτικότητα και την ασφάλεια. Η εν λόγω συσκευή πρέπει να υποστηρίζει την εύκολη ενσωμάτωση στην καθημερινή ρουτίνα των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, εξασφαλίζοντας τη συνεχή παρακολούθηση της υγείας χωρίς να επιβάλλει πρόσθετο άγχος ή πολυπλοκότητα. Παρακάτω, εξετάζονται οι βασικές σχεδιαστικές εκτιμήσεις που

είναι απαραίτητες για μια φιλική προς τον χρήστη, ανθεκτική και ασφαλή λύση παρακολούθησης της αναπνευστικής λειτουργίας.

3.4.1. Φορητότητα

Μια βασική πτυχή μιας συσκευής παρακολούθησης του αναπνευστικού συστήματος για οικιακή χρήση είναι η φορητότητά της. Η δυνατότητα εύκολης μεταφοράς της συσκευής ενισχύει τη χρησικότητά της, επιτρέποντας στους ασθενείς να ενσωματώσουν την παρακολούθηση απρόσκοπτα στην καθημερινή τους ζωή. Οι φορητοί σχεδιασμοί έχουν αποδειχθεί ιδιαίτερα αποτελεσματικοί σε παρόμοιες ιατρικές συσκευές. Για παράδειγμα, μια μελέτη σχετικά με μια φορητή συσκευή παρακολούθησης της αναπνοής κατέδειξε σημαντικές βελτιώσεις στη συμμόρφωση των ασθενών και στην ευκολία χρήσης λόγω του ελαφρού, συμπαγούς σχεδιασμού του συστήματος. Η ενσωμάτωση μικρών, ελαφρών αισθητήρων, όπως ο MAX30102 για τον κορεσμό οξυγόνου στο αίμα (SpO_2) και τον καρδιακό ρυθμό, εξασφαλίζει ότι η συσκευή παραμένει διακριτική, ενώ προσφέρει κρίσιμες λειτουργίες.

Η συσκευή πρέπει να σχεδιαστεί ως φορητή μονάδα ή σε μέγεθος τσέπης με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, ενδεχομένως με επαναφορτιζόμενες μπαταρίες. Το σύστημα Respinos, μια φορητή συσκευή για ασθενείς με COVID-19, αποτελεί παράδειγμα παρόμοιας αντίληψης, υποστηρίζοντας την παρακολούθηση πολλαπλών παραμέτρων με επαναφορτιζόμενη μπαταρία, συμπαγή σχεδιασμό και ασύρματη μετάδοση δεδομένων. [83] Αυτό το μοντέλο αναδεικνύει το πλεονέκτημα των επαναφορτιζόμενων, φορητών σχεδίων που υποστηρίζουν τη συνεχή παρακολούθηση της υγείας, ενώ είναι εύκολα προσβάσιμα από τον ασθενή.

3.4.2. Ανθεκτικότητα

Η ανθεκτικότητα είναι ζωτικής σημασίας για κάθε ιατρική συσκευή που προορίζεται για τακτική χρήση, ιδίως για οικιακές ρυθμίσεις όπου οι περιβαλλοντικές συνθήκες μπορεί να ποικίλλουν. Η συσκευή πρέπει να είναι κατασκευασμένη από υλικά που αντέχουν σε συχνό χειρισμό, τυχαίες πτώσεις και πιθανή έκθεση σε υγρασία. Η επιλογή υλικών όπως ανθεκτικά πλαστικά ή ελαφριά μέταλλα που μπορούν να προστατεύσουν τα εσωτερικά ηλεκτρονικά

στοιχεία χωρίς να διακυβεύεται η φορητότητα είναι απαραίτητη. Επιπλέον, ο σχεδιασμός της συσκευής πρέπει να περιλαμβάνει προστατευτικό περίβλημα γύρω από τα ευαίσθητα εξαρτήματα.

Οι φορητές συσκευές, όπως τα έξυπνα γιλέκα και οι ζώνες που χρησιμοποιούνται στην αναπνευστική παρακολούθηση, έχουν υιοθετήσει υλικά και σχέδια που αντέχουν στην καθημερινή φθορά, ενώ παραμένουν άνετα για τους ασθενείς. Για παράδειγμα, μια μελέτη σχετικά με ένα έξυπνο γιλέκο για την παρακολούθηση του αναπνευστικού ρυθμού σε ασθενείς με ΧΑΠ ανέδειξε πώς τα ανθεκτικά και εύκαμπτα υλικά επέτρεψαν στη συσκευή να παραμείνει ανέπαφη και λειτουργική κατά την εκτεταμένη χρήση, ενισχύοντας τόσο την ανθεκτικότητα όσο και τη συμμόρφωση των ασθενών. [84] Η χρήση υλικών που συνδυάζουν ευελιξία και ανθεκτικότητα επιτρέπει στη συσκευή να λειτουργεί αποτελεσματικά με την πάροδο του χρόνου, ακόμη και με τον τακτικό, καθημερινό χειρισμό.

3.4.3. Ασφάλεια και Σχεδιασμός με Επίκεντρο τον Χρήστη

Η ασφάλεια στον σχεδιασμό της συσκευής είναι υψίστης σημασίας για να διασφαλιστεί ότι παρέχει ακριβή παρακολούθηση χωρίς να προκαλεί βλάβη ή δυσφορία στον χρήστη. Για να ανταποκριθεί σε αυτή την απαίτηση, η συσκευή είναι απαραίτητο να υποβληθεί σε αυστηρές δοκιμές τόσο για την ηλεκτρική ασφάλεια όσο και για τη βιοσυμβατότητα. Η εφαρμογή δικλείδων ασφαλείας, όπως η αυτόματη διακοπή λειτουργίας σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας ή υπερτάσεων ρεύματος, ενισχύει την ασφάλεια των ασθενών και την αξιοπιστία της συσκευής. Μελέτες υπογραμμίζουν τη σημασία της μηχανικής ανθρώπινων παραγόντων (HFE) για τη διασφάλιση της ασφαλούς και αποτελεσματικής χρήσης των ιατρικών συσκευών, όπου ο εργονομικός σχεδιασμός και η ενσωμάτωση της ανατροφοδότησης του χρήστη αποτρέπουν πιθανή κακή χρήση και ενισχύουν την άνεση της συσκευής. [85]

Επιπλέον, η συσκευή είναι χρήσιμο να διαθέτει φιλική προς τον χρήστη διεπαφή, όπως μια απλή οθόνη αφής ή μια εφαρμογή για κινητά τηλέφωνα, η οποία παρέχει σαφείς ενδείξεις και ειδοποιήσεις για διάφορες παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων SpO_2 , CO_2 και θερμοκρασίας. Σε περιπτώσεις μη φυσιολογικών ενδείξεων, η συσκευή θα μπορούσε να ειδοποιεί

αυτόματα τον ασθενή ή να συνδέεται με παρόχους υγειονομικής περίθαλψης μέσω μιας πλατφόρμας τηλεϊατρικής, επιτρέποντας έγκαιρες παρεμβάσεις.

3.4.4. Ευκολία Χρήσης και Άνεση

Για αποτελεσματική χρήση στο σπίτι, η συσκευή πρέπει να δίνει προτεραιότητα στην άνεση, διασφαλίζοντας ότι δεν παρεμβαίνει στις καθημερινές δραστηριότητες. Οι φορητές συσκευές παρακολούθησης της αναπνοής, όπως οι ζώνες ή οι ζώνες θώρακα, έχουν δείξει ότι υπόσχονται παρόμοιες εφαρμογές, καθώς παραμένουν διακριτικές, ενώ καταγράφουν με ακρίβεια τις αναπνευστικές παραμέτρους. Για παράδειγμα, μια φορητή ζώνη που σχεδιάστηκε για καρδιοαναπνευστική παρακολούθηση βρέθηκε ότι είναι άνετη για συνεχή χρήση, διευκολύνοντας την αξιόπιστη συλλογή δεδομένων σε βάθος χρόνου χωρίς να διακυβεύεται η άνεση του ασθενούς. [86]

Επιπλέον, η ασύρματη συνδεσιμότητα, η οποία τροφοδοτείται από Bluetooth ή Wi-Fi, ενισχύει την ευκολία χρήσης με την αυτόματη μετάδοση δεδομένων σε μια εφαρμογή για κινητά ή σε μια πλατφόρμα cloud, όπου οι ασθενείς ή οι κλινικοί γιατροί μπορούν να τα παρακολουθούν σε πραγματικό χρόνο. Αυτή η λειτουργικότητα μειώνει την ανάγκη για χειροκίνητο χειρισμό δεδομένων και ελαχιστοποιεί τις διακοπές στην καθημερινή ρουτίνα του ασθενούς.

3.4.5. Μετάδοση Δεδομένων και Συνδεσιμότητα

Για την υποστήριξη της απομακρυσμένης παρακολούθησης, η συσκευή θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με δυνατότητες μετάδοσης δεδομένων που επιτρέπουν την απρόσκοπτη επικοινωνία με τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης. Η συνδεσιμότητα με φορητές συσκευές ή πλατφόρμες cloud διασφαλίζει ότι τα δεδομένα που συλλέγονται μπορούν να αποθηκεύονται, να αναλύονται και να έχουν πρόσβαση σε αυτά οι πάροχοι υγειονομικής περίθαλψης, εάν είναι απαραίτητο. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ζωτικής σημασίας για ασθενείς με χρόνιες αναπνευστικές παθήσεις, οι οποίοι ενδέχεται να χρειάζονται περιοδικές προσαρμογές στα σχέδια φροντίδας τους. [87]

Εκτός από την αποθήκευση στο cloud, η συσκευή χρειάζεται να διαθέτει δυνατότητες τοπικής αποθήκευσης, επιτρέποντάς της να διατηρεί δεδομένα εάν η συνδεσιμότητα είναι προσωρινά μη διαθέσιμη. Αυτός ο πλεονασμός

διασφαλίζει ότι δεν υπάρχει απώλεια δεδομένων και ότι όλες οι μετρήσεις μπορούν να μεταδοθούν αργότερα μόλις αποκατασταθεί η σύνδεση.

3.4.6. Διάρκεια Ζωής Μπαταρίας

Η διάρκεια ζωής της μπαταρίας της συσκευής είναι μια άλλη κρίσιμη πτυχή του σχεδιασμού της, καθώς επηρεάζει άμεσα τη φορητότητα και την ευκολία του χρήστη. Η εκτεταμένη διάρκεια ζωής της μπαταρίας επιτρέπει στους ασθενείς να χρησιμοποιούν τη συσκευή καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας χωρίς συχνή επαναφόρτιση. Η ενσωμάτωση εξαρτημάτων χαμηλής κατανάλωσης ενέργειας, όπως ο αισθητήρας DHT22 για τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, μειώνει την κατανάλωση ενέργειας και παρατείνει το χρόνο λειτουργίας της συσκευής. Επιπλέον, θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα στις επιλογές επαναφορτιζόμενων μπαταριών, ώστε να ελαχιστοποιηθεί η ανάγκη για συχνές αντικαταστάσεις.

Ορισμένες πρόσφατες συσκευές παρακολούθησης του αναπνευστικού συστήματος ενσωματώνουν τη συλλογή ηλιακής ή κινητικής ενέργειας για την υποστήριξη μεγαλύτερης διάρκειας ζωής της μπαταρίας και τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της συσκευής. Αν και δεν είναι ακόμη διαδεδομένες, οι τεχνολογίες συγκομιδής ενέργειας προσφέρουν μια πολλά υποσχόμενη κατεύθυνση για την επίτευξη συνεχούς ισχύος σε φορητές συσκευές. [88] Ωστόσο, για πρακτική και οικονομικά αποδοτική οικιακή χρήση, οι επαναφορτιζόμενες μπαταρίες ιόντων λιθίου παρέχουν επί του παρόντος μια ισορροπημένη λύση.

Συμπερασματικά, ο σχεδιασμός της συσκευής απαιτεί μια πολύπλευρη προσέγγιση που επικεντρώνεται στη λειτουργικότητα με επίκεντρο τον χρήστη. Δίνοντας προτεραιότητα στη φορητότητα, την ανθεκτικότητα, την ευκολία χρήσης και την ασφάλεια, η συσκευή μπορεί να ενσωματωθεί απρόσκοπτα στη ζωή των ασθενών, παρέχοντας συνεχείς, αξιόπιστες πληροφορίες για την υγεία. Η συσκευή αυτή μπορεί να υποστηρίξει την παρακολούθηση της αναπνοής στο σπίτι, δίνοντας στους ασθενείς τη δυνατότητα να διαχειρίζονται προληπτικά την υγεία τους και επιτρέποντας στους παρόχους υγειονομικής περίθαλψης να παρέχουν έγκαιρες παρεμβάσεις βάσει δεδομένων. Αυτή η ολοκληρωμένη σχεδιαστική προσέγγιση διευκολύνει τη συμμόρφωση των ασθενών και

συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της ποιότητας της αναπνευστικής φροντίδας σε οικιακές ρυθμίσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: Σχεδιασμός και Ανάπτυξη της Συσκευής Αισθητήρων

Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, η παρούσα διπλωματική εργασία προτείνει τη σχεδίαση και ανάπτυξη μιας χαμηλού κόστους συσκευής για την παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, αξιοποιώντας ένα σύνολο αισθητήρων. Η συσκευή αυτή συνδυάζει την ακρίβεια με την ευκολία χρήσης, επιτρέποντας την παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων υγείας.

Τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα τα οποία αξιοποιεί η συσκευή είναι: μια πλακέτα μικροελεγκτή Arduino UNO, μια πλακέτα επέκτασης I/O (input/output) και τους αισθητήρες DHT22, MQ-7, MG811, MAX30102. Η συνδυαστική χρήση των παραπάνω υλικών παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης υγείας του ασθενούς. Ο DHT22 παρακολουθεί την θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, οι MQ-7 και MG811 ανιχνεύουν επικίνδυνα αέρια στο περιβάλλον του ασθενούς, ενώ ο MAX30102 παρακολουθεί ζωτικές παραμέτρους όπως ο κορεσμός οξυγόνου (SpO₂) και ο καρδιακός ρυθμός. Το Arduino UNO, με τη βοήθεια του I/O Expansion Board, συλλέγει όλα τα δεδομένα και μπορεί να τα στείλει σε μια άλλη εφαρμογή ή πλατφόρμα για παρακολούθηση, ανάλυση ή/και ειδοποίηση. Για τη διασύνδεση των αισθητήρων με την πλακέτα Arduino UNO χρησιμοποιήθηκε ένα breadboard.

4.1. Ανάλυση Ηλεκτρονικών Εξαρτημάτων Συσκευής

Σε αυτήν την υποενότητα αναλύονται τα ηλεκτρονικά εξαρτήματα της συσκευής. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα χαρακτηριστικά τους και λεπτομέρειες πάνω στον τρόπο λειτουργίας τους.

4.1.1. Arduino UNO

Η πλακέτα του Arduino UNO είναι η κύρια ηλεκτρονική πλατφόρμα στην οποία βασίζεται η συσκευή. Πρόκειται για ένα ανοιχτού υλικού και ανοιχτού κώδικα σύστημα ανάπτυξης ηλεκτρονικών πρωτοτύπων το οποίο στηρίζεται σε έναν μικροελεγκτή ATmega328P που χρησιμοποιείται ευρέως λόγω της

ευκολίας χρήσης, της χαμηλής τιμής και της μεγάλης κοινότητας υποστήριξης. [89] Το Arduino συνδέεται με τους αισθητήρες και τα εξαρτήματα της συσκευής, επιτρέποντας τη συλλογή δεδομένων από τους αισθητήρες, την επεξεργασία τους και τη μετάδοσή τους για ανάλυση.

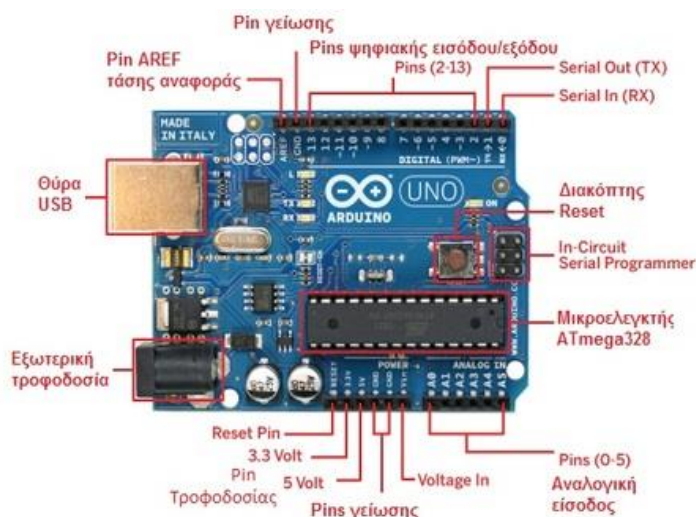
Αποτελεί μια πλακέτα μικροελεγκτή που βασίζεται στο ATmega328P. Διαθέτει 14 ψηφιακές ακίδες εισόδου/εξόδου (οι 6 από αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως έξοδοι PWM - Pulse Width Modulation), οι οποίες χρησιμοποιούνται για να συνδέονται εξαρτήματα όπως αισθητήρες, LED, μοτέρ κ.ά. και 6 αναλογικές εισόδους οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση αισθητήρων που παράγουν αναλογικά σήματα, όπως αισθητήρες θερμοκρασίας ή φωτός. Παράλληλα, διαθέτει ένα κεραμικό αντηχείο 16 MHz, υποδοχή τροφοδοσίας, μια κεφαλίδα In-Circuit Serial Programming (ICSP) και ένα κουμπί επαναφοράς, το οποίο θα επανεκκινήσει οποιονδήποτε κώδικα έχει φορτωθεί στην πλακέτα του Arduino. Ακόμα, υπάρχει μία λυχνία LED στην πλακέτα, η οποία πρέπει να ανάβει κάθε φορά που συνδέεται το Arduino σε μια πηγή ρεύματος. Η ακίδα Ground (GND), χρησιμοποιείται για τη γείωση του κυκλώματος. Η πλακέτα, διαθέτει δυο ακροδέκτες 5V και 3V3. Ο ακροδέκτης 5V μπορεί να τροφοδοτήσει εξωτερικές συσκευές του κυκλώματος που δεν έχουν μεγάλες απαιτήσεις σε ρεύμα με σταθεροποιημένη τάση 5Volt, ενώ ο 3V3 μπορεί να τροφοδοτήσει εξωτερικές συσκευές του κυκλώματος με τάση 3,3 Volt, με μέγιστη ένταση ρεύματος 50mA. Το Arduino Uno λειτουργεί σε τάση 5V, το οποίο αποτελεί και το επίπεδο τάσης που παρέχει στις συνδεδεμένες συσκευές.

Η πλατφόρμα Arduino διαθέτει τρεις βασικές μνήμες. Τη μνήμη Flash (32 KB) όπου εκεί αποθηκεύεται το πρόγραμμα που γράφεται για το Arduino, τη μνήμη SRAM (2 KB) για την προσωρινή αποθήκευση δεδομένων κατά την εκτέλεση του προγράμματος και τη μνήμη EEPROM (1 KB), στην οποία αποθηκεύονται οι τιμές των μεταβλητών όταν η πλατφόρμα σβήσει.

Οι συνδέσεις επικοινωνίας πραγματοποιούνται είτε μέσω μιας USB θύρας, που χρησιμοποιείται για τη μεταφορά του προγράμματος από τον υπολογιστή στο Arduino και για την τροφοδοσία του, είτε με UART (Universal Asynchronous Receiver - Transmitter - Serial Communication), για τη σειριακή επικοινωνία με άλλες συσκευές. Τα I2C (Inter-Integrated Circuit protocol. I2) και SPI (Serial Peripheral Interface) είναι πρωτόκολλα που επιτρέπουν την επικοινωνία με εξαρτήματα όπως οθόνες, αισθητήρες, κ.α. [90]

Το λογισμικό Arduino IDE (Integrated Development Environment) χρησιμοποιείται για τον προγραμματισμό της πλακέτας. Στο περιβάλλον IDE του Arduino, υπάρχει ενσωματωμένη σειριακή οθόνη (serial monitor) που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να απεικονίζει δεδομένα που αποστέλλονται από την πλακέτα Arduino.

Οι βασικές λειτουργίες του Arduino UNO στη συσκευή περιλαμβάνουν τη διασύνδεση με τους αισθητήρες μέσω των εισόδων/εξόδων (I/O), επιτρέποντας τη λήψη δεδομένων από το περιβάλλον του ασθενούς. Το Arduino επεξεργάζεται αυτά τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο, παρέχοντας ακριβείς πληροφορίες για την κατάσταση της υγείας του ασθενούς. Επιπλέον, μέσω επεκτάσεων I/O (I/O expansion) ή Wi-Fi modules, το Arduino μπορεί να επικοινωνεί με εξωτερικές συσκευές, όπως κινητά τηλέφωνα ή πλατφόρμες IoT, επιτρέποντας την αποστολή δεδομένων και την απομακρυσμένη παρακολούθηση. [89]

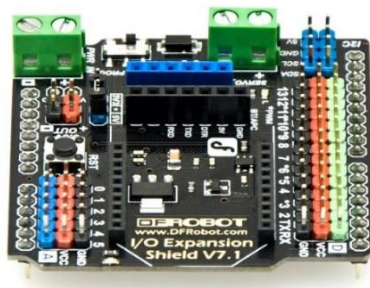


Εικόνα 4 - Πλακέτα Arduino UNO Pin Diagram (Πηγή: <https://www.arduino.cc/>)

4.1.2. Πλακέτα Επέκτασης I/O

Η πλακέτα επέκτασης εισόδου/εξόδου είναι μια επιπλέον πλακέτα κυκλώματος που χρησιμοποιείται για την επέκταση των δυνατοτήτων ενός βασικού μικροελεγκτή ή μιας κύριας πλακέτας (όπως μια πλακέτα Arduino). Ο κύριος σκοπός της είναι να παρέχει πρόσθετες θύρες εισόδου/εξόδου ενός μικροελεγκτή, επιτρέποντας τη σύνδεση περισσότερων εξαρτημάτων και αισθητήρων. Οι θύρες εισόδου δέχονται δεδομένα ή σήματα από εξωτερικές

συσσκευές, όπως αισθητήρες, διακόπτες ή οποιαδήποτε άλλη πηγή που στέλνει πληροφορίες στον ελεγκτή. Αντίθετα, οι θύρες εξόδου επιτρέπουν στον μικροελεγκτή να στέλνει σήματα ή να ελέγχει εξωτερικές συσκευές, όπως LED, μοτέρ, οθόνες ή άλλες ηλεκτρικές συσκευές. [91]



Εικόνα 5 - I/O Expansion Shield (Πηγή: <https://store.arduino.cc>)

4.1.3. Arduino Breadboard

Για τη διασύνδεση των αισθητήρων με την πλακέτα Arduino UNO χρησιμοποιήθηκε ένα breadboard. Το breadboard είναι μια βάση κατασκευής χωρίς συγκόλληση που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ηλεκτρονικού κυκλώματος και καλωδίωσης για έργα με πλακέτες μικροελεγκτών όπως το Arduino και διαθέτει εσωτερική καλωδίωση για να κάνει τις συνδέσεις εξαιρετικά γρήγορες. Αποτελείται από μια πλακέτα με οπές στις οποίες τοποθετούνται τα εξαρτήματα και τα καλώδια. Μέσα στις οπές αυτές, υπάρχουν μεταλλικά κλιπ που συνδέονται μεταξύ τους με λωρίδες αγωγίμου υλικού, επιτρέποντας τη δημιουργία κυκλωμάτων απλά τοποθετώντας τα εξαρτήματα στη σωστή διάταξη. Οι κάθετες γραμμές που βρίσκονται στο άνω και κάτω άκρο της πλακέτας ονομάζονται “power rails” και χρησιμοποιούνται συνήθως για τη διανομή της ισχύος και των συνδέσεων γείωσης σε όλο το κύκλωμα, ενώ οι οριζόντιες γραμμές στο μεσαίο τμήμα χρησιμοποιούνται για τη σύνδεση εξαρτημάτων. [92] Επιπλέον, η πλακέτα breadboard δεν τροφοδοτείται από μόνη της και χρειάζεται τροφοδοσία από την πλακέτα Arduino χρησιμοποιώντας καλώδια γεφύρωσης. Αυτά τα καλώδια χρησιμοποιούνται

επίσης για να σχηματίσουν το κύκλωμα συνδέοντας αντιστάσεις, διακόπτες και άλλα εξαρτήματα μεταξύ τους.

4.1.4. Αισθητήρας Θερμοκρασίας & Υγρασίας (DHT22)

Ο DHT-22 είναι ένας χαμηλού κόστους, αισθητήρας που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας του περιβάλλοντος. Είναι ιδιαίτερα ακριβής και αξιόπιστος, καθιστώντας τον ιδανικό για εφαρμογές που απαιτούν παρακολούθηση περιβαλλοντικών συνθηκών. Χρησιμοποιεί ένα θερμίστορ για τη μέτρηση της θερμοκρασίας, το οποίο είναι ουσιαστικά μια αντίσταση που αλλάζει ανάλογα με τη θερμοκρασία. Το στοιχείο ανίχνευσης υγρασίας αποτελείται από ένα υπόστρωμα που συγκρατεί την υγρασία που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο ηλεκτρόδια, το οποίο μετρά τη μεταβολή στην ηλεκτρική χωρητικότητα ανάλογα με την υγρασία του αέρα. Όταν το υπόστρωμα απορροφά την περιεκτικότητα σε νερό, η αντίσταση μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων μειώνεται. Η μεταβολή της αντίστασης μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων είναι ανάλογη της σχετικής υγρασίας. Η υψηλότερη σχετική υγρασία μειώνει την αντίσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων, ενώ η χαμηλότερη σχετική υγρασία αυξάνει την αντίσταση μεταξύ των ηλεκτροδίων.

Ο αισθητήρας μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίες σε ένα εύρος από -40°C έως +80°C με ακρίβεια $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Η μέτρηση της σχετικής υγρασίας κυμαίνεται από 0% έως 100% RH, με ακρίβεια $\pm 2\%$ RH υπό κανονικές συνθήκες. Η συσκευή τροφοδοτείται με τάση λειτουργίας από 3,3V έως 5,5V, γεγονός που τον καθιστά συμβατό με το Arduino. Ο ρυθμός δειγματοληψίας του αισθητήρα είναι 0,5 Hz, που σημαίνει ότι παρέχει νέα δεδομένα κάθε δύο δευτερόλεπτα.

Ο αισθητήρας περιλαμβάνει τέσσερις ακροδέκτες. Ο πρώτος ακροδέκτης από αριστερά αντιστοιχεί στην τάση τροφοδοσίας (VCC), ο δεύτερος σε μια ψηφιακή είσοδο δεδομένων (Data), ο τρίτος σε έναν ακροδέκτη χωρίς σύνδεση, ο οποίος δεν χρησιμοποιείται (NC) και ο τέταρτος δεξιά αντιστοιχεί στην γείωση (GND). [93]

DHT22 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND



Εικόνα 6 - DHT22 Sensor Pin Diagram (Πηγή: <https://www.ardumotive.com>)

4.1.5. Αισθητήρας Μονοξειδίου του Άνθρακα (MQ-7)

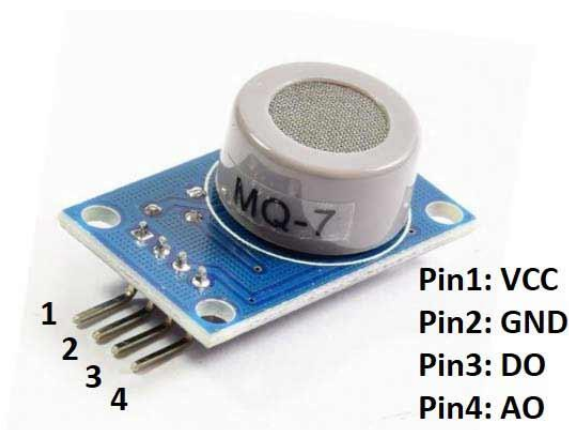
Ο αισθητήρας μονοξειδίου του άνθρακα MQ-7 είναι μια συσκευή για την ανίχνευση της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στον αέρα. Είναι ένας οικονομικός και εύκολος στη χρήση αισθητήρας, ο οποίος είναι ευαίσθητος σε χαμηλές συγκεντρώσεις CO. Παρέχει καλή ακρίβεια σε σχετικά καθαρό περιβάλλον, αλλά συχνά μπορεί να επηρεαστεί από υγρασία ή άλλες πτητικές ενώσεις στην ατμόσφαιρα.

Ο MQ-7 βασίζεται σε έναν μικρό ημιαγωγό, δηλαδή ένα υλικό που αλλάζει τις ηλεκτρικές του ιδιότητες όταν έρχεται σε επαφή με το μονοξείδιο του άνθρακα. Η αλλαγή αυτή μετατρέπεται σε αναγνώσιμη ηλεκτρική έξοδο, επιτρέποντας την ποσοτική ανάλυση της συγκέντρωσης του αερίου. Ο αισθητήρας έχει δύο φάσεις λειτουργίας. Κατά τη διάρκεια της πρώτης φάσης «θέρμανσης», ο αισθητήρας καίει τις ανεπιθύμητες ουσίες που ενδέχεται να παρεμβαίνουν στη μέτρηση. Στη συνέχεια, κατά τη φάση «μέτρησης», ο αισθητήρας αναλύει τον αέρα και γίνεται η πραγματική ανίχνευση του μονοξειδίου του άνθρακα. Αυτές οι φάσεις ελέγχονται μέσω ηλεκτρικού κυκλώματος.

Ο MQ-7 μπορεί να ανιχνεύσει το μονοξείδιο του άνθρακα σε συγκεντρώσεις από 20 έως 2000 ppm (parts per million). Ο αισθητήρας λειτουργεί με τάση 5V και η έξοδός του μπορεί να είναι αναλογική ή ψηφιακή. Η αναλογική έξοδος δίνει πιο λεπτομερή πληροφόρηση για τη συγκέντρωση του αερίου, ενώ η ψηφιακή ενεργοποιεί ένα συναγερμό αν η συγκέντρωση του αερίου ξεπεράσει ένα ασφαλές όριο. Ο τρόπος λειτουργίας του αισθητήρα είναι ότι ο ακροδέκτης AOUT δίνει μια αναλογική τάση εξόδου ανάλογα με την

ποσότητα μονοξειδίου του άνθρακα που ανιχνεύει ο αισθητήρας. Όσο περισσότερο CO ανιχνεύει, τόσο μεγαλύτερη είναι η αναλογική τάση που θα παράγει. Αντίθετα, όσο λιγότερο CO ανιχνεύει, τόσο λιγότερη αναλογική τάση θα παράγει. Εάν η αναλογική τάση φτάσει σε ένα συγκεκριμένο όριο, θα στείλει τον ψηφιακό ακροδέκτη DOUT ψηλά. Μόλις αυτή η ακίδα DOUT φτάσει ψηλά, το Arduino το ανιχνεύει και ενεργοποιεί το LED για να ανάψει, σηματοδοτώντας ότι το όριο CO έχει φτάσει και είναι πλέον πάνω από το όριο.

Ο αισθητήρας MQ-7 έχει 4 ακροδέκτες. Ο πρώτος ακροδέκτης από αριστερά αντιστοιχεί στο τροφοδοτικό μονάδας (5V), ο δεύτερος στην γείωση (GND) ενώ οι άλλες 2 απαγωγές είναι η ψηφιακή (DOUT) και αναλογική (AO) έξοδος αντίστοιχα. [94]



Εικόνα 7 - MQ-7 Sensor Pin Diagram (Πηγή :<https://www.blue-pcb.com>)

4.1.6. Αισθητήρας Διοξειδίου του Άνθρακα (MG811)

Ο αισθητήρας διοξειδίου του άνθρακα MG811 είναι ένας ευαίσθητος και αξιόπιστος αισθητήρας σχεδιασμένος για την ανίχνευση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στον αέρα. Αποτελεί τον πρώτο αισθητήρα CO₂ που είναι συμβατός με το Arduino. Διαθέτει ενσωματωμένο αισθητήρα αερίου MG811 που είναι ιδιαίτερα ευαίσθητος στο CO₂ και λιγότερο ευαίσθητος στο αλκοόλ και το CO. Το κύριο στοιχείο του είναι ένας κεραμικός σωλήνας επενδυμένος με ένα ειδικό υλικό που αντιδρά με το CO₂, παράγοντας ένα ηλεκτρικό σήμα ανάλογο με τη συγκέντρωση του αερίου. Ο MG811 διαθέτει ενσωματωμένο κύκλωμα θέρμανσης, το οποίο εξασφαλίζει την καλύτερη θερμοκρασία για τη λειτουργία του αισθητήρα και επιτρέπει τη λειτουργία του σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες, διασφαλίζοντας σταθερότητα στις μετρήσεις και βελτιωμένη

απόκριση σε χαμηλές θερμοκρασίες, καθώς εξαρτάται από την χαμηλή υγρασία και θερμοκρασία. Παράλληλα, ο αισθητήρας αυτός διαθέτει ενσωματωμένο κύκλωμα κλιματισμού για την ενίσχυση του σήματος εξόδου.

Η ευαισθησία του MG811 είναι υψηλή, γεγονός που τον καθιστά ιδανικό για ανίχνευση συγκεντρώσεων CO₂ σε εύρος από 350 ppm έως 10.000 ppm. Η τάση λειτουργίας του είναι 6V για την τροφοδοσία του κυκλώματος θέρμανσης και 5V για τη μέτρηση, ενώ η έξοδός του είναι αναλογική, παρέχοντας τάση που μεταβάλλεται ανάλογα με τη συγκέντρωση του αερίου. Για σταθερές και ακριβείς μετρήσεις, απαιτείται χρόνος προθέρμανσης περίπου 24 ωρών, λόγω του κυκλώματος θέρμανσης. Η κατανάλωση ρεύματος για τη λειτουργία του θερμαντικού στοιχείου ανέρχεται περίπου στα 200 mA. Ο αισθητήρας λειτουργεί σε εύρος θερμοκρασίας από 20°C έως 50°C, με ιδανική συνθήκη ανίχνευσης στους 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) και σε υγρασία 65% ($\pm 5\%$). Τέλος, ο MG811 προσφέρει καλή επαναληψιμότητα στις μετρήσεις καθώς και μακροπρόθεσμη σταθερότητα.

Ο αισθητήρας MG811 έχει 4 ακροδέκτες. Ο πρώτος ακροδέκτης από αριστερά αντιστοιχεί στην τάση τροφοδοσίας (VCC), η οποία αποτελεί την είσοδο που συνδέεται με την πηγή τάσης του αισθητήρα. Ο δεύτερος στην σειρά αντιστοιχεί στη γείωση (GND) ενώ οι άλλοι δύο ακροδέκτες είναι η ψηφιακή (DOUT) και αναλογική (AOUT) έξοδος αντίστοιχα. Η ψηφιακή έξοδος παράγει ψηφιακό σήμα εάν η συγκέντρωση του CO₂ ξεπεράσει ένα προκαθορισμένο όριο ενώ η αναλογική έξοδος παράγει αναλογική τάση, η οποία αντιστοιχεί στη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα. [95]



Εικόνα 8 - MG811 Sensor (Πηγή: <https://grobotronics.com>)

Η Αμερικανική Εταιρεία Μηχανικών Θέρμανσης, Ψύξης και Κλιματισμού (ASHRAE) θέτει πρότυπα για τα προτεινόμενα επίπεδα CO₂ σε εσωτερικούς χώρους στα σπίτια. Ο κανονικός εξωτερικός αέρας έχει περίπου 300-500 ppm (0,04%) CO₂ κατ' όγκο. Οι κατειλημμένοι χώροι με καλή εναλλαγή αέρα έχουν συνήθως 400 -1.000 ppm. Επίπεδα 1.000-2.000 ppm συχνά συσχετίζονται παράπονα υπνηλίας και κακής ποιότητας αέρα. Τα επίπεδα στα 2.000 - 5.000 ppm CO₂ κατ' όγκο είναι συχνά δείκτες κακής ποιότητας αέρα και μπορεί να σχετίζονται με πονοκεφάλους, υπνηλία και στάσιμο ή βουλωμένο αέρα. Πολλοί επαγγελματίες βλέπουν αυτό το επίπεδο ως βασικό δείκτη για κακή συγκέντρωση, απώλεια προσοχής και μείωση της γνωστικής σκέψης σε περιβάλλοντα περιορισμένης τάξης. Συνίσταται η διατήρηση τιμών μεταξύ 400 ppm συγκέντρωση CO₂ σε εξωτερικούς χώρους και 800 ppm για την καλύτερη ποιότητα εσωτερικού αέρα. [96]

4.1.7. Αισθητήρας Καρδιακών Παλμών & Οξύμετρο (MAX30102)

Ο MAX30102 είναι μια προηγμένη μονάδα αισθητήρα σχεδιασμένη για την παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού και των επιπέδων οξυγόνου στο αίμα (SpO₂). Είναι ένας οπτικός αισθητήρας που μετρά την απορρόφηση του παλλόμενου αίματος μέσω ενός φωτοανιχνευτή αφού εκπέμψει δύο μήκη κύματος φωτός από δύο LED - ένα κόκκινο και ένα υπέρυθρο (Infra Red – IR). Ο MAX30102 λειτουργεί ακτινοβολώντας και τα δύο φώτα στο δάχτυλο ή στο λοβό του αυτιού (ή ουσιαστικά οπουδήποτε το δέρμα δεν είναι πολύ παχύ, ώστε και τα δύο φώτα να μπορούν εύκολα να διαπεράσουν τον ιστό) και μετρώντας την ποσότητα του ανακλώμενου φωτός χρησιμοποιώντας έναν φωτοανιχνευτή. Αυτή η μέθοδος ανίχνευσης παλμών μέσω του φωτός ονομάζεται φωτοπληθυσμογράφημα.

Η λειτουργία του MAX30102 μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη, τη μέτρηση καρδιακού παλμού και την παλμική οξυμετρία (μέτρηση του επιπέδου οξυγόνου του αίματος).

Ο καρδιακός ρυθμός υπολογίζεται μέσω της περιοδικής αλλαγής στην ένταση του ανακλώμενου φωτός, η οποία προκαλείται από την παλμική ροή του αίματος που σχετίζεται με τους καρδιακούς παλμούς. Οι μικρές διακυμάνσεις στην αντανάκλαση καταγράφονται και αναλύονται για να προσδιοριστεί ο ρυθμός των καρδιακών συσπάσεων. Αναλυτικότερα, η οξυγονωμένη

αιμοσφαιρίνη (HbO₂) στο αρτηριακό αίμα έχει το χαρακτηριστικό της απορρόφησης IR φωτός. Όσο πιο κόκκινο είναι το αίμα (όσο υψηλότερη είναι η αιμοσφαιρίνη), τόσο περισσότερο φως IR απορροφάται. Καθώς το αίμα διοχετεύεται μέσω του δακτύλου με κάθε καρδιακό παλμό, η ποσότητα του ανακλώμενου φωτός αλλάζει, δημιουργώντας μια μεταβαλλόμενη κυματομορφή στην έξοδο του φωτοανιχνευτή. Καθώς συνεχίζει να λάμπει φως και να λαμβάνονται μετρήσεις με φωτοανιχνευτή, πραγματοποιείται η μέτρηση του καρδιακού παλμού (Heart Rate - HR).

Η παλμική οξυμετρία βασίζεται στην αρχή ότι η ποσότητα του κόκκινου και υπέρυθρου φωτός που απορροφάται ποικίλλει ανάλογα με την ποσότητα οξυγόνου στο αίμα σας.

Ο αισθητήρας λειτουργεί με εύρος τάσης τροφοδοσίας 1,8V για τη λογική και 3,3V για τα LED, καθιστώντας τον συμβατό με πολλούς μικροελεγκτές. Η ενσωματωμένη φωτοδίοδος συνεργάζεται με τα LED για τη λήψη και την ανάλυση δεδομένων, ενώ ο αναλογικός-ψηφιακός μετατροπέας (Analog to Digital Converter - ADC) υψηλής ακρίβειας 18-bit εξασφαλίζει ακριβή επεξεργασία του σήματος. Παράλληλα, διαθέτει ενσωματωμένα φίλτρα για την απομάκρυνση θορύβου από το περιβάλλον φωτισμό και τις κινήσεις του χρήστη, εξασφαλίζοντας αξιόπιστες μετρήσεις.

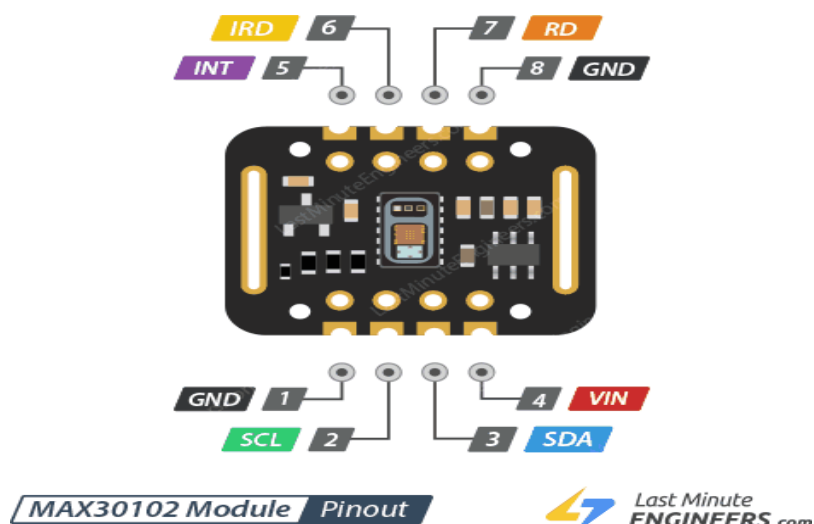
Η κατανάλωση ενέργειας είναι χαμηλή, μικρότερη από 5 mA, επιτρέποντας παρατεταμένη χρήση σε φορητές συσκευές χωρίς σημαντική επίδραση στη διάρκεια ζωής της μπαταρίας.

Η επικοινωνία με τον αισθητήρα πραγματοποιείται μέσω του διαύλου I2C. Αυτή η μέθοδος επιτρέπει εύκολη και γρήγορη διασύνδεση με μικροελεγκτές, ενώ υποστηρίζει αποτελεσματική μεταφορά δεδομένων.

Ο MAX30102 διαθέτει ενσωματωμένο αισθητήρα θερμοκρασίας στη μονάδα, που χρησιμοποιείται για την αντιστάθμιση των περιβαλλοντικών αλλαγών και τη βαθμονόμηση των μετρήσεων. Αυτός ο αισθητήρας θερμοκρασίας είναι αρκετά ακριβής και μπορεί να μετρήσει θερμοκρασίες που κυμαίνονται από -40°C έως +85°C με ακρίβεια ±1°C.

Ο αισθητήρας MAX30102 περιλαμβάνει διάφορες ακίδες (pins) που επιτελούν συγκεκριμένες λειτουργίες για τη σωστή σύνδεση και λειτουργία του. Η ακίδα VIN είναι υπεύθυνη για την τροφοδοσία του αισθητήρα με θετική τάση, που μπορεί να είναι είτε 3,3V είτε 5V. Ακολουθεί η ακίδα SCL, η οποία είναι το

σήμα ρολογιού του διαύλου I2C και χρησιμοποιείται για τη συγχρονισμένη επικοινωνία με τον μικροελεγκτή. Η επόμενη ακίδα είναι η SDA, που λειτουργεί ως γραμμή δεδομένων του ίδιου διαύλου και επιτρέπει τη διπλής κατεύθυνσης μεταφορά δεδομένων. Η ακίδα INT εξυπηρετεί τη λειτουργία διακοπής, ενεργοποιώντας ειδοποιήσεις για γεγονότα που ανιχνεύονται από τον αισθητήρα, ενώ η ακίδα IRD παρέχει δεδομένα που σχετίζονται με το υπέρυθρο LED, σημαντικά για τη μέτρηση της παλμικής ροής του αίματος. Στη συνέχεια, η ακίδα RD χρησιμοποιείται για την έξοδο δεδομένων από το κόκκινο LED, τα οποία σχετίζονται με τη μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου (SpO2) και του καρδιακού ρυθμού (HR). Τέλος, η ακίδα GND είναι η ακίδα γείωσης, που ολοκληρώνει το κύκλωμα και διασφαλίζει τη σταθερότητα του συστήματος. [97]



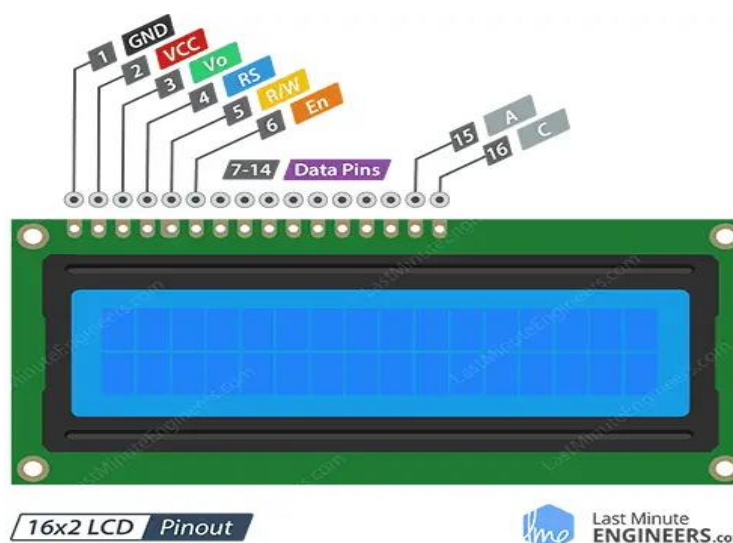
Εικόνα 9 - MAX30102 Sensor Pin Diagram (Πηγή: <https://lastminuteengineers.com>)

4.1.8. Οθόνη LCD Display Qapass 16x2

Η LCD 16x2 Qapass είναι μια οθόνη υγρών κρυστάλλων που χρησιμοποιείται ευρέως σε ηλεκτρονικές εφαρμογές με μικροελεγκτές, όπως το Arduino. Είναι σχεδιασμένη για να εμφανίζει χαρακτήρες και σύμβολα σε μορφή ASCII, παρέχοντας ευκρίνεια και δυνατότητα δημιουργίας προσαρμοσμένων γραφικών χαρακτήρων. Ο αριθμός "16x2" υποδηλώνει ότι η οθόνη αποτελείται από 2 γραμμές με 16 χαρακτήρες σε κάθε γραμμή. [98]

Η LCD 16x2 διαθέτει 16 ακροδέκτες με διαφορετικές λειτουργίες. Ο ακροδέκτης 1 (VSS) συνδέεται στη γείωση (0V), ενώ ο ακροδέκτης 2 (VDD)

παρέχει την τροφοδοσία της οθόνης με τάση 5V. Ο ακροδέκτης 3 (V0) χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της αντίθεσης της οθόνης, μέσω ποτενσιόμετρου που εφαρμόζει τάση από 0 έως 5V. Ο ακροδέκτης 4 (RS) ή pin επιλογής καταχωρητή, χρησιμοποιείται για να επιλέξουμε αν θα σταλούν εντολές ή δεδομένα στην οθόνη LCD. Ο ακροδέκτης 5 (RW ή R/W) καθορίζει τη λειτουργία ανάγνωσης ή εγγραφής, με 0 για εγγραφή και 1 για ανάγνωση. Ο ακροδέκτης 6 (E) ενεργοποιεί τις λειτουργίες της οθόνης όταν λαμβάνει υψηλή τάση. Οι ακροδέκτες 7 έως 14 (D0-D7) χρησιμοποιούνται για τη μετάδοση δεδομένων ή εντολών, με την ακολουθία τους να αντιστοιχεί σε 8-bit. Οι ακροδέκτες 15 και 16 (A και K) είναι η άνοδος και η κάθοδος του LED που παρέχει τον οπίσθιο φωτισμό της οθόνης. Η οθόνη LCD μπορεί να λειτουργήσει είτε σε 4-bit είτε σε 8-bit mode. Στη λειτουργία 4-bit, τα δεδομένα επεξεργάζονται σε ομάδες των 4-bit, δηλαδή πρώτα η ανώτερη και στη συνέχεια η κατώτερη τετράδα (nibble) ενός byte. Στη λειτουργία 8-bit, ολόκληρη η ακολουθία των 8-bit επεξεργάζεται μέσω των ακροδεκτών D0-D7, κάτι που απαιτεί 8 θύρες από το Arduino. [99]



Εικόνα 10 - LCD 16x2 Display Pin Diagram (Πηγή: <https://lastminuteengineers.com>)

4.2. Διασύνδεση Αισθητήρων με Arduino UNO

Στην ενότητα αυτή αναλύεται η διαδικασία διασύνδεσης των παραπάνω αισθητήρων με το Arduino UNO, εστιάζοντας τόσο στις τεχνικές πτυχές όσο και στις βασικές αρχές προγραμματισμού. Επιπλέον, παρουσιάζονται τα πρωτόκολλα επικοινωνίας, τα απαιτούμενα υλικά και εργαλεία, καθώς και παραδείγματα κώδικα για την ανάγνωση δεδομένων από τους αισθητήρες και την επεξεργασία τους.

4.2.1. Λογισμικό Arduino IDE

Το Arduino IDE (Integrated Development Environment) είναι το επίσημο περιβάλλον ανάπτυξης για τον προγραμματισμό και τη διαχείριση των πλακετών Arduino. Είναι ένα λογισμικό ανοικτού κώδικα, το οποίο παρέχει έναν εύκολο τρόπο για τη συγγραφή, τη μεταφόρτωση και τη δοκιμή προγραμμάτων (που ονομάζονται σκαριφήματα ή sketches) στις πλακέτες Arduino. Συνδέεται με το υλικό μέρος του Arduino για να φορτώσει τα προγράμματα, τα ονομαζόμενα sketches, και να επικοινωνεί μαζί τους. Η γλώσσα στην οποία γράφονται προγράμματα για την πλακέτα ανάπτυξης Arduino είναι η Wiring, η οποία πρόκειται ουσιαστικά για μια παραλλαγή της C/C++. Παράλληλα, το λογισμικό χρησιμοποιεί ειδικές βιβλιοθήκες που έχουν σχεδιαστεί για την πλατφόρμα Arduino για τη διαδικασία προγραμματισμού, και τον μεταγλωτιστή (compiler), για τη μεταγλώττιση του κώδικα. [100]

Το Arduino IDE περιλαμβάνει διάφορες βασικές συναρτήσεις που χρησιμοποιούνται για τον προγραμματισμό και τη λειτουργία των πλακετών Arduino. Αυτές οι συναρτήσεις είναι προεγκατεστημένες στο περιβάλλον και επιτρέπουν την επικοινωνία με τον μικροελεγκτή και τα εξωτερικά κυκλώματα. Οι βασικότερες από αυτές παρουσιάζονται σύντομα παρακάτω:

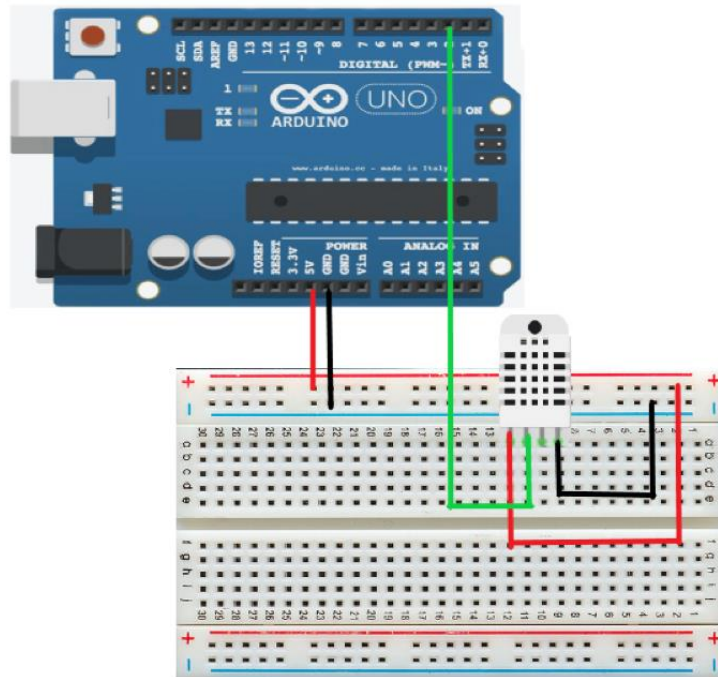
- **setup():** Η συνάρτηση `setup()` εκτελείται μία φορά όταν ξεκινάει το πρόγραμμα (ή όταν γίνεται επανεκκίνηση της πλακέτας). Χρησιμοποιείται για την καθολική δήλωση λειτουργιών όπως η αρχικοποίηση μεταβλητών και ο ορισμός ακροδεκτών.
- **loop():** Η συνάρτηση `loop()` εκτελείται συνεχώς, μόλις ολοκληρωθεί η `setup()`. Περιλαμβάνει τον κύριο κώδικα του

προγράμματος και είναι υπεύθυνη για τη λειτουργία του έργου σε πραγματικό χρόνο.

- **pinMode():** Η `pinMode()` χρησιμοποιείται για να ορίσει αν μια ακίδα λειτουργεί ως είσοδος (INPUT), έξοδος (OUTPUT) ή είσοδος με εσωτερική αντίσταση pull-up.
- **delay():** Η `delay()` σταματά την εκτέλεση του προγράμματος για έναν συγκεκριμένο αριθμό χιλιοστοδευτερολέπτων.
- **Serial.begin():** Ξεκινά τη σειριακή επικοινωνία και ρυθμίζει την ταχύτητα μετάδοσης δεδομένων (baud rate).
- **Serial.print()/Serial.println():** Εκτυπώνει δεδομένα στη σειριακή θύρα ως κείμενο αναγνώσιμο από τον άνθρωπο, ακολουθούμενο από έναν χαρακτήρα επιστροφής μεταφοράς και έναν χαρακτήρα νέας γραμμής. [101]

4.2.2. Διασύνδεση Αισθητήρα DHT22 με Arduino UNO

Η διασύνδεση του αισθητήρα DHT22 με το Arduino Uno είναι μια είναι μια ιδανική επιλογή. Αρχικά, ο αισθητήρας τοποθετείται στην breadboard. Η τροφοδοσία του αισθητήρα γίνεται συνδέοντας τον ακροδέκτη VCC στον ακροδέκτη 5V της πλακέτας Arduino. Ο ακροδέκτης GND του αισθητήρα συνδέεται στον ακροδέκτη GND της πλακέτας Arduino για να δημιουργηθεί ένα κοινό σημείο γείωσης. Ο ακροδέκτης DATA του αισθητήρα, που είναι υπεύθυνος για τη μεταφορά των δεδομένων θερμοκρασίας και υγρασίας, συνδέεται σε μία από τις ψηφιακές εισόδους της πλακέτας Arduino, στη συγκεκριμένη περίπτωση στον ακροδέκτη D2. Η παρακάτω εικόνα δείχνει το διάγραμμα κυκλώματος για τη διασύνδεση της μονάδας αισθητήρα DHT-22 με το Arduino.



Εικόνα 11 - Συνδεσμολογία DHT22 - Arduino UNO

Για την ανάγνωση των δεδομένων από τον αισθητήρα DHT22, χρειάστηκε η εγκατάσταση της βιβλιοθήκης "DHT.h" μέσω του Arduino IDE, η οποία παρέχει έτοιμες συναρτήσεις για τη μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας.

Ο κώδικας του Arduino διαβάζει τις τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας από τον αισθητήρα και τις εμφανίζει στη σειριακή θύρα του υπολογιστή. Οι τιμές που συλλέγονται εκτυπώνονται στην οθόνη σειριακής εξόδου του Arduino IDE σε μονάδες βαθμών Κελσίου για τη θερμοκρασία και ποσοστιαίες μονάδες για την υγρασία. Παρακάτω, παρατίθεται ο κώδικας ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για την ανάγνωση των δεδομένων.

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}
void loop() {
  delay(1500);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
```

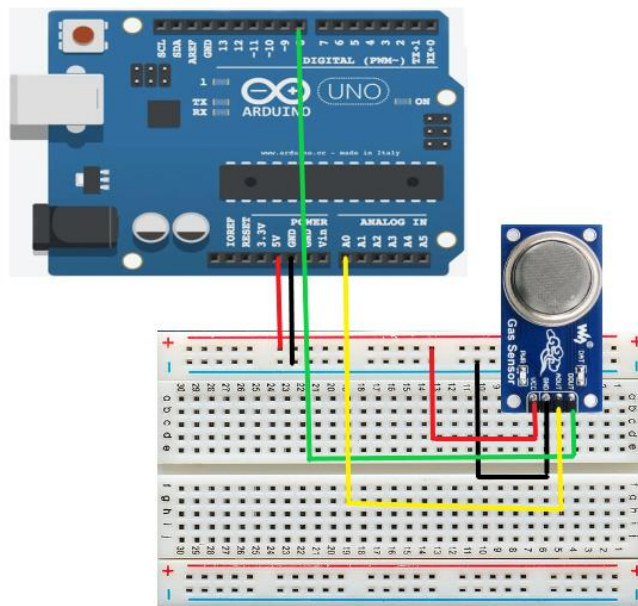
```

if (isnan(h) || isnan(t)) {
  Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
  return;
}
Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
Serial.print(F("%  Temperature: "));
Serial.print(t);
Serial.print(F("°C "));
Serial.println();
}

```

4.2.3. Διασύνδεση Αισθητήρα MQ-7 με Arduino UNO

Η διασύνδεση του αισθητήρα MQ-7 με το Arduino UNO είναι μια ιδανική εφαρμογή για την ανίχνευση μονοξειδίου του άνθρακα (CO) στον αέρα. Η συνδεσμολογία είναι και σε αυτή την περίπτωση αρκετά απλή. Αρχικά, ο αισθητήρας MQ-7 τοποθετείται στην breadboard. Για να συνδέσουμε τον αισθητήρα, υπάρχουν 4 καλώδια, εκ των οποίων τα 2 από αυτά είναι για την ισχύ. Ο ακροδέκτης +5V του αισθητήρα συνδέεται στον ακροδέκτη 5V της πλακέτας Arduino. Ο ακροδέκτης GND του αισθητήρα συνδέεται στον ακροδέκτη GND του Arduino. Αυτό δημιουργεί ισχύ για τον αισθητήρα. Οι άλλες 2 συνδέσεις είναι η αναλογική και η ψηφιακή έξοδος του αισθητήρα. Αυτά συνδέονται με την αναλογική ακίδα A0 και την ψηφιακή ακίδα D8 του Arduino, αντίστοιχα. Η συνδεσμολογία απεικονίζεται παρακάτω.



Εικόνα 12 - Συνδεσμολογία MQ-7 - Arduino UNO

Ο αισθητήρας MQ-7 δεν απαιτεί κάποια ειδική βιβλιοθήκη για τον προγραμματισμό του. Ο κώδικας που πρέπει να ανεβάσουμε στο Arduino ώστε να μπορεί να μετρήσει τα επίπεδα μονοξειδίου του άνθρακα φαίνεται παρακάτω.

```
const int AOUTpin=A0;
const int DOUTpin=8;
const int ledPin=13;

int limit;
int value;

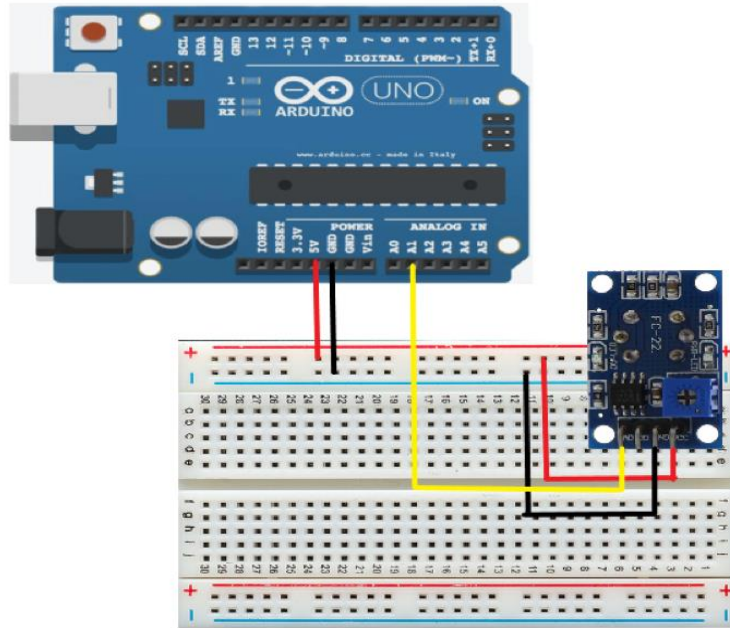
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(DOUTpin, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
}

void loop()
{
  value= analogRead(AOUTpin);
  limit= digitalRead(DOUTpin);
  Serial.print("CO value: ");
  Serial.println(value);
  Serial.print("Limit: ");
  Serial.println(limit);
  delay(1000);
}
```

```
if (limit == HIGH){  
    digitalWrite(ledPin, HIGH);  
}  
else{  
    digitalWrite(ledPin, LOW);  
}  
}
```

4.2.4. Διασύνδεση Αισθητήρα MG811 με Arduino UNO

Ο MG811 είναι ευαίσθητος στις μεταβολές συγκέντρωσης CO₂. Παράγει μια τάση αναλογική με τη συγκέντρωση του αερίου. Η έξοδος του αισθητήρα συνδέεται με την αναλογική είσοδο του Arduino για να διαβάσει τις τιμές. Ο MG811 τοποθετήθηκε στη breadboard πλακέτα. Η συνδεσμολογία του αισθητήρα MG811 με το Arduino UNO έγινε συνδέοντας τον ακροδέκτη VCC του αισθητήρα με την έξοδο 5V του Arduino για την παροχή τάσης λειτουργίας. Ο ακροδέκτης GND του αισθητήρα συνδέεται με την αντίστοιχη γείωση (GND) του Arduino. Η αναλογική έξοδος του αισθητήρα, που βρίσκεται στον ακροδέκτη (AO), συνδέθηκε σε μία από τις αναλογικές εισόδους του Arduino, συγκεκριμένα στον ακροδέκτη A1, επιτρέποντας την ανάγνωση της τάσης που είναι αναλογική με τη συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Η ψηφιακή έξοδος (DO) του αισθητήρα παρέμεινε κενή, χωρίς να συνδεθεί με την πλακέτα του Arduino. Παρακάτω, απεικονίζεται το διάγραμμα κυκλώματος για τη διασύνδεση της μονάδας αισθητήρα MG811 με το Arduino.



Εικόνα 13 - Συνδεσμολογία MG811 - Arduino UNO

Η βιβλιοθήκη που εγκαταστάθηκε στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι η “CO2Sensor.h” και συγκεκριμένα η έκδοση 0.0.4. Μια βιβλιοθήκη η οποία αναπτύχθηκε από τον Sergi Adamchuk ([url=https://github.com/solvek/CO2Sensor](https://github.com/solvek/CO2Sensor)). Στη συνέχεια, παρατίθεται ο πηγαίος κώδικας που χρησιμοποιήθηκε.

```
#include <CO2Sensor.h>

CO2Sensor co2Sensor(A1, 0.99, 100);

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  co2Sensor.calibrate();
}

void loop() {
  int val = co2Sensor.read();
  Serial.print("CO2 value:");
  Serial.println(val);

  delay(1000);
}
}
```


4.2.5. Διασύνδεση Αισθητήρα MAX30102 με Arduino UNO

Ο MAX30102 είναι ένας αισθητήρας οπτικής μέτρησης καρδιακού παλμού και επιπέδου οξυγόνου στο αίμα (SpO₂). Συνδέεται εύκολα με το Arduino Uno μέσω πρωτοκόλλου I2C. Παρακάτω παρέχεται μια αναλυτική περιγραφή της διαδικασίας συνδεσμολογίας του MAX30102 με το Arduino UNO. Το pin VIN του MAX30102 συνδέεται στο pin 3.3V του Arduino και το GND του αισθητήρα συνδέεται στο GND της πλακέτας. Τα pins SCL και SDA του MAX30102 συνδέονται αντίστοιχα στα pins SCL και SDA του Arduino UNO, τα οποία είναι οι προεπιλεγμένες γραμμές I2C.

Για τη λειτουργία του αισθητήρα MAX30102 με το Arduino UNO, απαιτείται η χρήση κατάλληλης βιβλιοθήκης. Η βιβλιοθήκη "DFRobot_BloodOxygen_S.h" χρησιμοποιείται για την παροχή έτοιμων λειτουργιών, που επιτρέπουν την ανάγνωση του καρδιακού παλμού και του επιπέδου οξυγόνου από τον αισθητήρα. Ακολουθεί ο βασικός κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για τη λήψη και εμφάνιση δεδομένων από τον αισθητήρα MAX30102.

```
#include "DFRobot_BloodOxygen_S.h"

#define I2C_COMMUNICATION

#ifndef I2C_COMMUNICATION
#define I2C_ADDRESS 0x57
  DFRobot_BloodOxygen_S_I2C MAX30102(&Wire ,I2C_ADDRESS);
#else
#if defined(ARDUINO_AVR_UNO) || defined(ESP8266)
SoftwareSerial mySerial(4, 5);
DFRobot_BloodOxygen_S_SoftwareUart MAX30102(&mySerial, 9600);
#else
DFRobot_BloodOxygen_S_HardwareUart MAX30102(&Serial1, 9600);
#endif
#endif

void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  while (false == MAX30102.begin())
  {
    Serial.println("init fail!");
    delay(1000);
  }
}
```

```

Serial.println("init success!");
Serial.println("start measuring...");
MAX30102.sensorStartCollect();
}

void loop()
{
MAX30102.getHeartbeatSP02();
Serial.print("SP02 is : ");
Serial.print(MAX30102._sHeartbeatSP02.SP02);
Serial.println("%");
Serial.print("heart rate is : ");
Serial.print(MAX30102._sHeartbeatSP02.Heartbeat);
Serial.println("Times/min");
Serial.print("Temperature value of the board is : ");
Serial.print(MAX30102.getTemperature_C());
Serial.println(" °C");

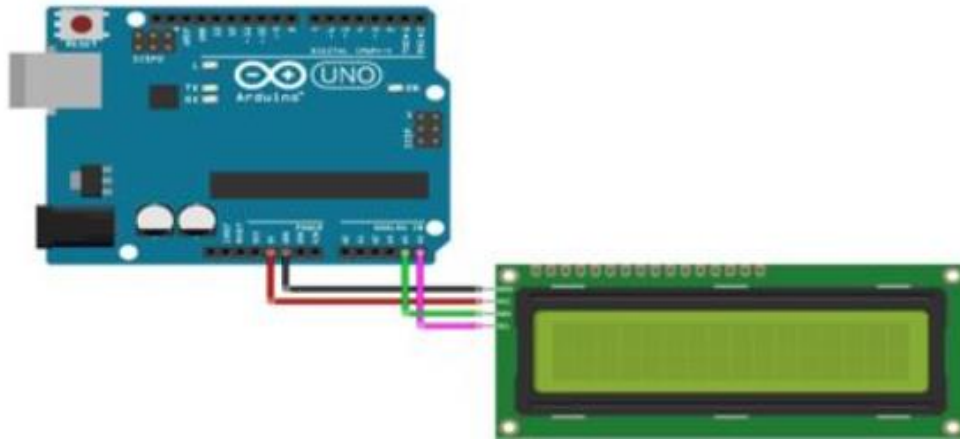
delay(4000);
}

```

4.2.6. Διασύνδεση οθόνης LCD 16x2 με Arduino UNO

Η διασύνδεση της οθόνης LCD 16x2 με το Arduino UNO επιτρέπει την εμφάνιση πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο, όπως δεδομένα από αισθητήρες, μηνύματα, ή άλλες τιμές. Η LCD 16x2 υποστηρίζει δύο τρόπους λειτουργίας: τον 8-bit mode και τον 4-bit mode. Στη διασύνδεση με το Arduino, προτιμάται συχνά η λειτουργία 4-bit, καθώς απαιτεί λιγότερες θύρες I/O, γεγονός που αφήνει περισσότερες διαθέσιμες για άλλες συσκευές. Η LCD 16x2 συνδέεται συνήθως είτε μέσω 16 pin, είτε μέσω I²C, που απλοποιεί τη συνδεσιμότητα, μειώνοντας τον αριθμό των απαιτούμενων καλωδίων σε τέσσερα: VCC, GND, SDA, και SCL.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση, η συνδεσμολογία της οθόνης LCD 16x2 με το Arduino είναι η εξής: το pin VCC της οθόνης συνδέεται με το 5V του Arduino, ενώ το pin GND συνδέεται με τη γείωση (GND) του Arduino. Το pin SDA συνδέεται στο pin A4, ενώ το pin SCL συνδέεται με το pin A5 της πλακέτας Arduino.



Εικόνα 14 - Συνδεσμολογία Οθόνης LCD - Arduino UNO

Επιπλέον, συμπεριλήφθηκε η βιβλιοθήκη “LiquidCrystal_I2C.h”, η οποία διευκολύνει τη χρήση οθόνης LCD μέσω σύνδεσης I2C, ώστε να εμφανίζονται τα αποτελέσματα. Αυτή η βιβλιοθήκη δεν ήταν προεγκατεστημένη στο Arduino IDE και εγκαταστάθηκε μέσω του Library Manager.

Παρακάτω, παρατίθεται ο κώδικας που χρησιμοποιήθηκε για την επικοινωνία της οθόνης LCD 16x2 μέσω της βιβλιοθήκης LiquidCrystal_I2C.

```
#include <LiquidCrystal_I2C.h>

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2);

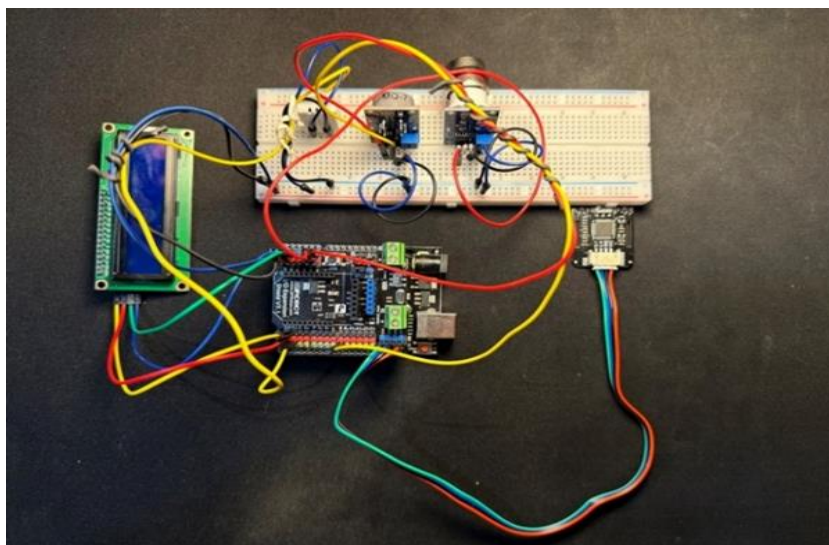
void setup()
{
  lcd.init();
  lcd.backlight();
  lcd.clear();

  // Παράδειγμα τύπωσης μηνύματος για υγρασία
  lcd.setCursor(2,0);
  lcd.print("Humidity: " + String(h));

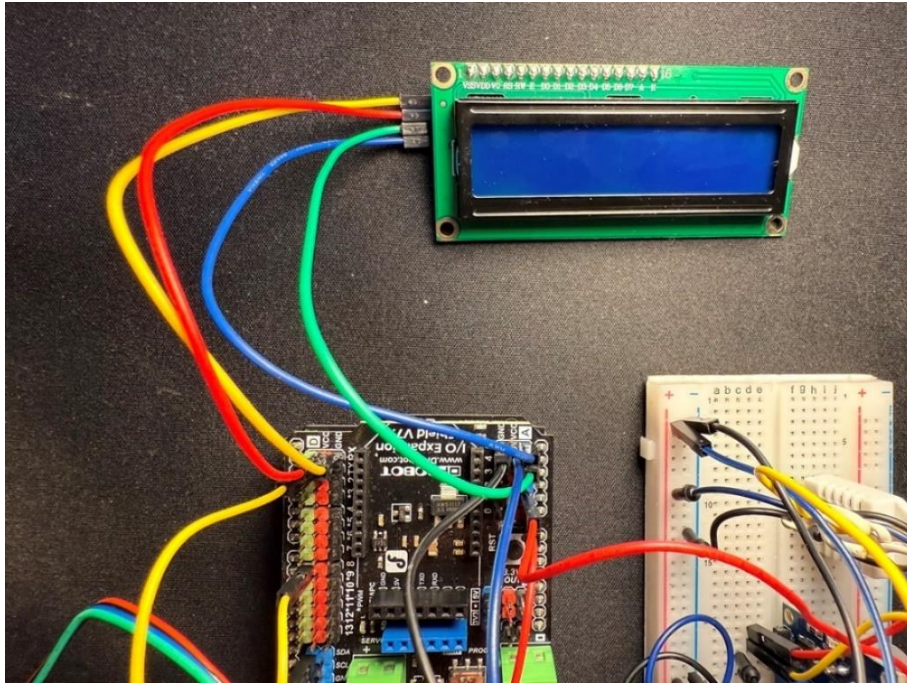
  lcd.setCursor(1,1);
  lcd.print("I2C LC Display");
}

void loop()
{
}
```

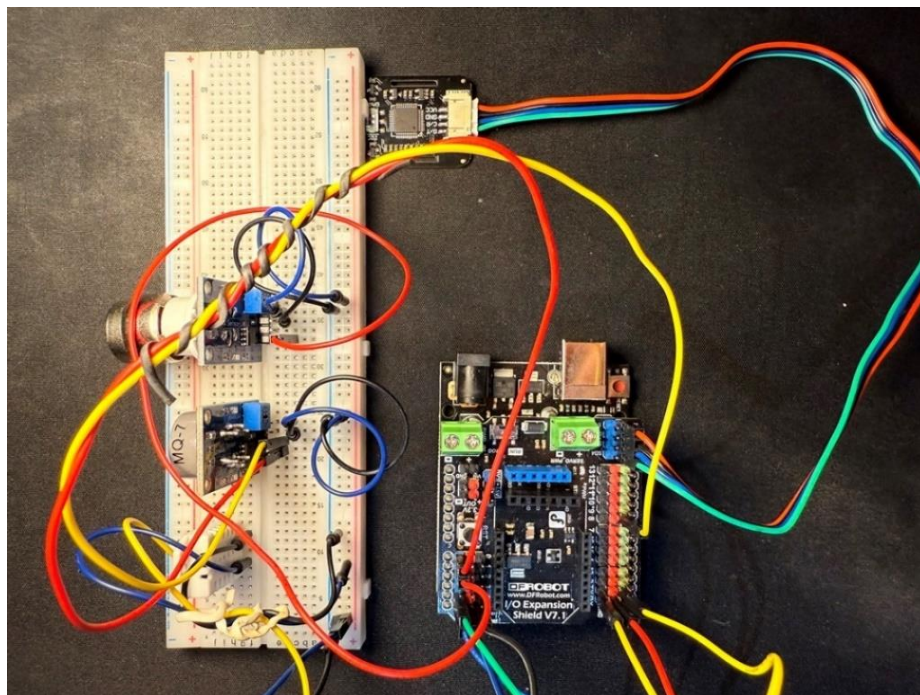
Στη συνέχεια, παρατίθενται φωτογραφίες που απεικονίζουν τη συνδεσμολογία όλων των αισθητήρων με το Arduino UNO, καθώς επίσης και στιγμιότυπα από το περιβάλλον του Arduino IDE, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για τη διασύνδεση και τη λειτουργία της συσκευής. Οι Εικόνες 15-17 παρουσιάζουν την ολοκληρωμένη συσκευή βασισμένη στην πλακέτα Arduino, η οποία είναι συνδεδεμένη με μια επέκταση I/O Shield. Η συσκευή περιλαμβάνει τους αισθητήρες και μια LCD οθόνη, όλα συνδεδεμένα σε ένα breadboard. Στην Εικόνα 15 απεικονίζεται η συνολική κατασκευή από ψηλά, με όλα τα εξαρτήματα, τους αισθητήρες, το Arduino και τις συνδέσεις με καλώδια jumper να είναι εμφανή. Η Εικόνα 16 εστιάζει στην LCD οθόνη, αναδεικνύοντας τη σύνδεσή της με την πλακέτα Arduino μέσω του I/O Shield. Στην Εικόνα 17 δίνεται έμφαση στο breadboard, όπου φαίνονται οι αισθητήρες MQ-7, MG811, MAX30102 και DHT22, με τις αντίστοιχες συνδέσεις τους να οδηγούν στην πλακέτα Arduino. Οι Εικόνες 18-19 δείχνουν στιγμιότυπα από το περιβάλλον ανάπτυξης του Arduino IDE. Στο κέντρο, προβάλλεται το περιβάλλον προγραμματισμού του Arduino IDE με τον κώδικα του προγράμματος, που περιλαμβάνει τις δηλώσεις μεταβλητών, βιβλιοθηκών και τις αναθέσεις των pins για τους αισθητήρες, ενώ στο κάτω μέρος των εικόνων, στην περιοχή του Serial Monitor, εμφανίζονται τα δεδομένα από τις μετρήσεις των αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο. Στο τέλος της εργασίας, στο παράρτημα, παρουσιάζεται ο πλήρης, ενιαίος κώδικας που υλοποιεί τη λειτουργία και τη διασύνδεση των τεσσάρων αισθητήρων.



Εικόνα 15 - Φωτογραφία της Συσκευής (1)



Εικόνα 16 - Φωτογραφία της Συσκευής (2)



Εικόνα 17 - Φωτογραφία της Συσκευής (3)

```

24 #define DHTTYPE DHT22
25 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
26 //defines for DHT22
27
28 //constant definitions for MQ7
29 const int AOUTpin = A0;
30 const int DOUTpin = 8;
31 const int ledPin = 13;
32 //constant definitions for MQ7
33
34 //variables definitions for MQ7
35 int limit;
36 int value;
37 //variables definitions for MQ7
38
39 //variables definitions for MG811
40 CO2Sensor co2Sensor(A1, 0.99, 100);
41 //variables definitions for MG811
42
43 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Δημιουργία αντικειμένου LiquidCrystal_I2C
44 // για οθόνη τύπου 16x2 στην I2C διεύθυνση 0x27
45

```

Output Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM6')

```

humidity: 36.50  temperature: 26.50Celsius
CO value: 1002  Limit: LOW
SPO2 is : 97%
heart rate is : 96Times/min
Temperature value of the board is : 31.13 °C
CO2 value:6750
Humidity: 33.50  Temperature: 27.90Celsius
CO value: 1004  Limit: LOW
SPO2 is : 96%
heart rate is : 112Times/min
Temperature value of the board is : 32.00 °C

```

Ln 30, Col 22 Arduino Uno on COM6

Εικόνα 18 - Στιγμιότυπο οθόνης από το λογισμικό Arduino IDE (1)

```

24 #define DHTTYPE DHT22
25 DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
26 //defines for DHT22
27
28 //constant definitions for MQ7
29 const int AOUTpin = A0;
30 const int DOUTpin = 8;
31 const int ledPin = 13;
32 //constant definitions for MQ7
33
34 //variables definitions for MQ7
35 int limit;
36 int value;
37 //variables definitions for MQ7
38
39 //variables definitions for MG811
40 CO2Sensor co2Sensor(A1, 0.99, 100);
41 //variables definitions for MG811
42
43 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Δημιουργία αντικειμένου LiquidCrystal_I2C
44 // για οθόνη τύπου 16x2 στην I2C διεύθυνση 0x27
45

```

Output Serial Monitor x

Message (Enter to send message to 'Arduino Uno' on 'COM6')

```

Temperature: 27.90Celsius
CO value: 992  Limit: LOW
SPO2 is : 97%
heart rate is : 140Times/min
Temperature value of the board is : 33.13 °C
CO2 value:916
Humidity: 33.70  Temperature: 27.80Celsius
CO value: 1007  Limit: LOW
SPO2 is : 98%
heart rate is : 127Times/min
Temperature value of the board is : 36.08 °C

```

Ln 30, Col 22 Arduino Uno on COM6

Εικόνα 19 - Στιγμιότυπο οθόνης από το λογισμικό Arduino IDE (2)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: Αξιολόγηση της Συσσκευής Αισθητήρων για Εφαρμογή στην Παρακολούθηση Ασθενών με Αναπνευστικές Παθήσεις Κατ' Οίκον

Η συνεχής παρακολούθηση της κατάστασης της υγείας ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις είναι ιδιαίτερα σημαντική και απαραίτητη για τη διασφάλιση της αποτελεσματικής θεραπείας και την αποφυγή επιπλοκών. Η συσκευή που αναλύθηκε παραπάνω, αποτελεί μια οικονομικά προσιτή και αποτελεσματική λύση για την παρακολούθηση της υγείας αυτών των ατόμων. Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο αξιολογείται η χρήση των τεσσάρων αισθητήρων (DHT22, MQ-7, MG811, MAX30102) σε μια ενιαία ολοκληρωμένη συσκευή, αναλύοντας την ακρίβεια, την αποδοτικότητα, την οικονομική απόδοση και τη χρησιμότητά τους στην παρακολούθηση κρίσιμων παραμέτρων, προκειμένου να εκτιμηθεί η καταλληλότητά της για οικιακή χρήση από ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις.

5.1. Αξιολόγηση Αντικειμενικών Τεχνικών Χαρακτηριστικών Αισθητήρων

Στην παρούσα ενότητα αξιολογούνται οι δυνατότητες κάθε αισθητήρα μεμονωμένα, με βάση τα τεχνικά τους χαρακτηριστικά και την καταλληλότητά τους για την παρακολούθηση ασθενών κατ' οίκον. Η αξιολόγηση περιλαμβάνει παραμέτρους όπως η ακρίβεια των μετρήσεων, η λειτουργικότητα και η ευκολία χρήσης, η ενεργειακή αυτονομία, καθώς και η ανθεκτικότητα και αξιοπιστία σε συνθήκες καθημερινής χρήσης.

Ο αισθητήρας DHT22 είναι ένας ευρέως χρησιμοποιούμενος αισθητήρας για τη μέτρηση θερμοκρασίας και υγρασίας. Έχει μεγάλη χρησιμότητα καθώς παρέχει περιβαλλοντικά δεδομένα που επηρεάζουν την αναπνοή ασθενών, τα οποία σχετίζονται με αναπνευστικές παθήσεις όπως το άσθμα. Προσφέρει εύρος μέτρησης θερμοκρασίας από -40°C έως 80°C με ακρίβεια $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ και σχετικής υγρασίας από 0% έως 100% με ακρίβεια $\pm 2\%$. Αρχικά, αποτελεί έναν οικονομικό και εύκολο στη χρήση με μικροελεγκτές, όπως το Arduino, αισθητήρα, κάτι που μειώνει το κόστος της συνολικής παρακολούθησης του ασθενούς. Επιπλέον, είναι ιδανικός για εφαρμογές που απαιτούν συνεχή

παρακολούθηση με χαμηλή κατανάλωση ενέργειας, ενώ παράλληλα ο ρυθμός δειγματοληψίας του φτάνει τη μία μέτρηση κάθε δύο δευτερόλεπτα, καθιστώντας τον αξιόπιστο για τη μακροχρόνια παρακολούθηση περιβαλλοντικών παραμέτρων. Παρά τα μειονεκτήματά του, όπως η ευαισθησία του και η αργή απόκριση στις απότομες αλλαγές θερμοκρασίας, θεωρείται ιδανικός αισθητήρας για την παρακολούθηση βασικών περιβαλλοντικών παραμέτρων στο χώρο του ασθενούς.

Ο αισθητήρας MQ-7 είναι σχεδιασμένος για την ανίχνευση του επιπέδου μονοξειδίου του άνθρακα (CO), το οποίο μπορεί να επηρεάσει την αναπνευστική λειτουργία και οξυγόνωση, ενώ επιπλέον μπορεί να αξιοποιηθεί για την ανίχνευση επιβαρυντικών παραγόντων σε εσωτερικούς χώρους. Είναι ένας οικονομικός και εύκολος στην εγκατάσταση αισθητήρας, γεγονός που τον καθιστά προσιτό για κατ' οίκον χρήση. Χαρακτηρίζεται από αξιοπιστία και καλή ευαισθησία σε χαμηλές συγκεντρώσεις CO. Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα μειονεκτήματα στη χρήση του MQ-7. Αρχικά, παρόλο που είναι ενεργειακά αποδοτικός και προσιτός, απαιτεί περιοδική βαθμονόμηση για να διασφαλιστεί η αξιοπιστία του. Επιπλέον, η ακρίβεια του επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, γεγονός που μπορεί να περιορίσει τη χρησιμότητά του σε μη ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Ο συνδυασμός του όμως με τον DHT22, ο οποίος υπολογίζει τα επίπεδα υγρασίας και θερμοκρασίας, μπορεί να είναι μια αποτελεσματική λύση για τη βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων σε μη ελεγχόμενα περιβάλλοντα. Παρ' όλα αυτά, ο MQ-7 θεωρείται κατάλληλος για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε περιβάλλοντα όπου διαμένουν ασθενείς με αναπνευστικά προβλήματα.

Ο MG811, από την άλλη, είναι αισθητήρας που μετρά τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂). Ο έλεγχος του CO₂ είναι κρίσιμος για ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις, καθώς οι αυξημένες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσουν δύσπνοια ή να επιδεινώσουν υπάρχουσες παθήσεις. Παρουσιάζει χρόνο απόκρισης 20-30 δευτερολέπτων και υψηλή ακρίβεια, καθιστώντας τον ιδανικό για την εκτίμηση της ποιότητας αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Το ενσωματωμένο κύκλωμα κλιματισμού που διαθέτει ο αισθητήρας μπορεί να είναι χρήσιμο για την ενίσχυση του σήματος εξόδου, ωστόσο απαιτεί χρόνος προθέρμανσης 24 ωρών για σταθερές και ακριβείς μετρήσεις. Η υψηλή κατανάλωση ενέργειας και η περιοδική βαθμονόμηση για μέγιστη απόδοση

είναι δυνητικά μειονεκτήματα για φορητές ή συνεχείς εφαρμογές. Οι μετρήσεις του επίσης επηρεάζονται από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία, απαιτώντας τη συνδυασμένη χρήση επιπλέον αισθητήρων, όπως του DHT22, για την αντιστάθμιση αυτών των παραμέτρων. Συμπερασματικά, ο MG811 αποτελεί έναν κατάλληλο αισθητήρα για την παρακολούθηση της ποιότητας του αέρα σε περιβάλλοντα ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, αλλά για εξειδικευμένες ιατρικές εφαρμογές χρειάζεται η προσαρμογή ή συνδυασμός του με άλλους αισθητήρες για την απόκτηση ολοκληρωμένων δεδομένων.

Τέλος, ο MAX30102 είναι ένας αισθητήρας για την παρακολούθηση του κορεσμού οξυγόνου στο αίμα (SpO₂) και του καρδιακού παλμού. Διαθέτει εύρος μέτρησης SpO₂ από 70% έως 100% με ακρίβεια $\pm 2\%$ και χρόνο απόκρισης περίπου ενός δευτερολέπτου. Το κύριο πλεονέκτημά του είναι η υψηλή ακρίβεια και ευαισθησία σε συνδυασμό με τη χαμηλή κατανάλωση ενέργειας. Η ακρίβειά του σε σταθερές συνθήκες και το προσιτό κόστος του τον καθιστούν δημοφιλή για εφαρμογές κατ' οίκον παρακολούθησης. Επιπλέον, η ευκολία στη σύνδεση με μικροελεγκτές όπως το Arduino, σε συνδυασμό με τη δυνατότητα ασύρματης μετάδοσης δεδομένων, τον καθιστούν κατάλληλο για τηλείατρική. Ωστόσο, απαιτεί καλή τοποθέτηση για τη σωστή λειτουργία του, ενώ μπορεί να έχει μειωμένη απόδοση, καθώς είναι ευαίσθητος σε εξωτερικές πηγές φωτός και θόρυβο. Παρά τα παραπάνω, αποτελεί εξαιρετική επιλογή για την παρακολούθηση βιομετρικών δεδομένων ασθενών με αναπνευστικά προβλήματα, αφού παρέχει δεδομένα υψηλής αξίας σχετικά με την υγεία των ασθενών.

Συμπερασματικά, ο κάθε αισθητήρας μεμονωμένα μπορεί να παρουσιάζει συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ως προς την εφαρμογή που εξετάζεται στην παρούσα εργασία. Η συνδυασμένη όμως χρήση των παραπάνω αισθητήρων μπορεί να προσφέρει μια ολοκληρωμένη εικόνα τόσο των περιβαλλοντικών όσο και των φυσιολογικών παραμέτρων που επηρεάζουν τους ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις. Η λειτουργικότητά τους καλύπτει τόσο την περιβαλλοντική παρακολούθηση με τους αισθητήρες DHT22, MQ-7 και MG811, όσο και την φυσιολογική παρακολούθηση καταγράφοντας τον κορεσμό οξυγόνου στο αίμα (SpO₂) και τον καρδιακό ρυθμό μέσω του MAX30102.

5.2. Αξιολόγηση Συσκευής Αισθητήρων από Ομάδα Εστίασης (Focus Group)

Σε αυτή την φάση πραγματοποιήθηκε η αξιολόγηση της συσκευής αισθητήρων που αναλύθηκε παραπάνω, χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του focus group. Η διαδικασία σχεδιάστηκε με στόχο τη συλλογή δεδομένων σχετικά με τη χρήση της συσκευής από τους χρήστες, τη λειτουργικότητα και αξιοπιστία των αισθητήρων και την πρακτικότητα της συσκευής στο περιβάλλον του ασθενούς. Επιπλέον, η μέθοδος αυτή στόχευε στη συλλογή προτάσεων για μελλοντικές βελτιώσεις, τόσο στη σχεδίαση όσο και στις λειτουργικές δυνατότητες της συσκευής.

5.2.1. Μεθοδολογία Επιλογής Συμμετεχόντων της Ομάδας Εστίασης

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε η επιλογή των συμμετεχόντων με σκοπό να συνδυαστούν διαφορετικές απόψεις και εμπειρίες στη χρήση της συσκευής αισθητήρων. Η ομάδα που επιλέχθηκε αποτελούνταν από οκτώ άτομα συνολικά ως δείγμα ευκαιρίας. Από αυτούς, οι πέντε ήταν νοσηλευτές και οι τρεις μη επαγγελματίες του τομέα της υγείας, οι οποίοι αντιπροσωπεύουν τους τελικούς χρήστες της συσκευής σε καθημερινές συνθήκες.

Οι νοσηλευτές που συμμετείχαν ήταν από το ενδονοσοκομειακό περιβάλλον της συντάκτριας της παρούσας εργασίας και επελέγησαν με βάση συγκεκριμένα κριτήρια, όπως η εμπειρία στον τομέα της υγείας και η εξοικείωση με βασικά εργαλεία και παραμέτρους, όπως η παλμική οξυμετρία. Οι συμμετέχοντες αυτοί είχαν γνώση και εμπειρία στη φροντίδα ασθενών με αναπνευστικά προβλήματα και στη χρήση ιατρικών συσκευών, γεγονός που τους επέτρεπε να εντοπίσουν τεχνικές ελλείψεις ή περιορισμούς από την επαγγελματική τους πλευρά.

Από την άλλη πλευρά, τα τρία άτομα που δεν είχαν επαγγελματική ή εκπαιδευτική σχέση με τον τομέα της υγείας, επιλέχθηκαν με στόχο να εκπροσωπήσουν τους μη εξειδικευμένους χρήστες. Τα άτομα αυτά δεν είχαν προηγούμενη εμπειρία με ιατρικές συσκευές, αλλά οι δύο από αυτούς διέθεταν εξοικείωση με τον τεχνολογικό εξοπλισμό, λόγω της φύσης του επαγγέλματός

τους. Η επιλογή τους έγινε από το κοντινό περιβάλλον της συγγραφέως ώστε να αξιολογηθεί η ευχρηστία της συσκευής από μη εξειδικευμένους χρήστες.

Συμπερασματικά, η τελική ομάδα επιλέχθηκε ώστε να διασφαλιστεί ποικιλία απόψεων και εμπειριών προσφέροντας μια αντικειμενική αξιολόγηση της συσκευής αισθητήρων, που θα λαμβάνει υπόψη τόσο τις επαγγελματικές απαιτήσεις όσο και τις καθημερινές ανάγκες των χρηστών. Η συλλογή αυτών των διαφορετικών απόψεων παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα για τη λειτουργικότητα, την αποδοτικότητα και τις ανάγκες βελτίωσης της συσκευής.

5.2.2. Μεθοδολογία Διεξαγωγής της Αξιολόγησης

Αφού επιλέχθηκαν οι συμμετέχοντες για την ομάδα, η αξιολόγηση της συσκευής αισθητήρων πραγματοποιήθηκε μέσα από μια συνδυαστική μεθοδολογία, που περιλαμβάνει φάσεις πρακτικής χρήσης, συλλογής απόψεων, συζήτησης και ανάλυσης. Η διαδικασία περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω.

Η αξιολόγηση της συσκευής αισθητήρων πραγματοποιήθηκε στο σπίτι κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά, με τη συμμετοχή και της συγγραφέως της εργασίας, ώστε να διασφαλιστεί η λεπτομερής παρακολούθηση της διαδικασίας και η άμεση καταγραφή της εμπειρίας κάθε χρήστη. Η επιλογή της διεξαγωγής της αξιολόγησης στον προσωπικό χώρο του κάθε συμμετέχοντα ξεχωριστά, διασφάλισε τη ρεαλιστική χρήση της συσκευής και τη συλλογή δεδομένων σε πραγματικές συνθήκες, που αντανακλούν τις καθημερινές συνήθειες του καθενός στο προσωπικό του περιβάλλον. Επιπλέον, η συλλογή δεδομένων από διαφορετικά περιβάλλοντα διαβίωσης συνέβαλε στην εκτίμηση της προσαρμοστικότητας της συσκευής και της ακρίβειας των μετρήσεων υπό ποικίλες συνθήκες. Η μεθοδολογία διεξαγωγής περιλάμβανε συγκεκριμένα βήματα, τα οποία εφαρμόστηκαν με συνέπεια σε όλους τους συμμετέχοντες.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε λεπτομερής περιγραφή της συσκευής σε κάθε συμμετέχοντα, εξηγώντας τη λειτουργικότητα κάθε αισθητήρα ξεχωριστά. Ο αισθητήρας DHT22 καταγράφει τη θερμοκρασία και την υγρασία του περιβάλλοντος, παραμέτρους που επηρεάζουν την αναπνευστική υγεία, ιδιαίτερα σε ακραίες συνθήκες. Ο MQ-7 ανιχνεύει το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και ειδοποιεί σε περίπτωση επικίνδυνων επιπέδων, μέσω φωτεινής λυχνίας, διασφαλίζοντας την ασφάλεια του χρήστη. Ο MG811 μετρά τη

συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στο περιβάλλον, εξασφαλίζοντας την διατήρηση καλής ποιότητας αέρα στο χώρο του χρήστη. Τέλος, ο MAX30102 καταγράφει τον καρδιακό ρυθμό και το επίπεδο οξυγόνου στο αίμα (SpO₂), παρέχοντας ζωτικά σημεία κρίσιμα για την υγεία των ασθενών με αναπνευστικά προβλήματα.

Στη συνέχεια, η συσκευή συνδέθηκε με έναν ηλεκτρονικό υπολογιστή, όπου οι συμμετέχοντες είχαν την ευκαιρία να δουν πώς τα δεδομένα που συλλέγονται από τους αισθητήρες καταγράφονται και απεικονίζονται σε πραγματικό χρόνο. Η συγγραφέας εξήγησε τη διαδικασία σύνδεσης της συσκευής μέσω θύρας USB και την επικοινωνία της με ένα ειδικό λογισμικό, στη συγκεκριμένη περίπτωση το Arduino IDE, σχεδιασμένο για την καταγραφή και ανάλυση των δεδομένων. Στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζονταν οι μετρήσεις από κάθε αισθητήρα διαδοχικά. Πραγματοποιήθηκε παράλληλα και επίδειξη της σωστής χρήσης της συσκευής από την συγγραφέα, ώστε να διασφαλιστεί η ορθή λειτουργία της κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης. Η συγγραφέας έδειξε πώς να ενεργοποιούν τη συσκευή, πώς να τη χρησιμοποιούν για τη λήψη μετρήσεων και πώς να τοποθετούν σωστά το δάχτυλό τους στον αισθητήρα MAX30102 για ακριβείς μετρήσεις παλμού και SpO₂. Με την επίδειξη αυτή, ο κάθε συμμετέχων είχε την ευκαιρία να εξασκηθεί στη χρήση της συσκευής υπό την καθοδήγηση της συγγραφέως, διασφαλίζοντας ότι θα μπορεί να τη χρησιμοποιήσει αυτόνομα και αποτελεσματικά κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης.

Κατά τη διάρκεια της χρήσης, ο συμμετέχων κατέγραφε δεδομένα που προέκυπταν από τη συσκευή, ενώ παράλληλα μοιραζόταν παρατηρήσεις και σχόλια με τη συγγραφέα. Σημειωνόταν η ευκολία κατανόησης των μετρήσεων, η χρησιμότητα της συσκευής και τυχόν δυσκολίες ή προβλήματα που προέκυπταν. Η συγγραφέας έθετε διευκρινιστικές ερωτήσεις για να εντοπίσει λεπτομέρειες σχετικά με την εμπειρία χρήσης, όπως η πρακτικότητα της συσκευής και η αξιοπιστία των δεδομένων.

Η διαδικασία επαναλήφθηκε για όλους τους συμμετέχοντες διαδοχικά. Η συνολική διάρκεια κάθε αξιολόγησης ήταν προσαρμοσμένη στις ανάγκες του εκάστοτε συμμετέχοντα. Οι νοσηλευτές αξιολογούσαν τη χρησιμότητα της συσκευής κυρίως από την κλινική πλευρά, ενώ οι μη επαγγελματίες

συμμετέχοντες έδωσαν έμφαση στην εμπειρία τους ως τελικοί χρήστες, χωρίς προηγούμενη γνώση για ιατρικές συσκευές.

Μετά την ολοκλήρωση της χρήσης της συσκευής, κάθε συμμετέχων συμμετείχε σε μια σύντομη συνέντευξη με τη συγγραφέα, όπου συζητούσαν για την εμπειρία τους με τη συσκευή. Στη συνέντευξη καταγράφονταν οι εντυπώσεις τους, τα θετικά στοιχεία της συσκευής, οι δυσκολίες που αντιμετώπισαν, και προτάσεις για βελτιώσεις.

Κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης της συσκευής μέσω του focus group, η ακρίβεια και η αξιοπιστία των μετρήσεων των αισθητήρων επιβεβαιώθηκαν σε διάφορες συνθήκες που επικρατούσαν στα περιβάλλοντα των χρηστών. Κάθε συμμετέχων χρησιμοποίησε τη συσκευή στο σπίτι του, και οι μετρήσεις καταγράφηκαν σε διαφορετικά περιβαλλοντικά πλαίσια (διαφορετικές θερμοκρασίες, επίπεδα υγρασίας και ατμοσφαιρικά δεδομένα), προκειμένου να διαπιστωθεί η σταθερότητα και η ακρίβεια των αισθητήρων υπό ποικίλες συνθήκες.

Η αξιολόγηση περιλάμβανε την επαναληψιμότητα των μετρήσεων. Κάθε συμμετέχων πραγματοποίησε πολλές μετρήσεις σε διαφορετικές χρονικές στιγμές κατά τη διάρκεια της περιόδου αξιολόγησης, προκειμένου να εξεταστεί η συνέπεια των δεδομένων που καταγράφηκαν. Οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν σε τακτά διαστήματα και συγκρίθηκαν μεταξύ τους για κάθε αισθητήρα, διασφαλίζοντας την αξιοπιστία των δεδομένων.

Ειδικότερα για τον αισθητήρα MAX3102, ο οποίος χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του καρδιακού παλμού, πραγματοποιήθηκε επιπλέον αξιολόγηση μέσω άμεσης μέτρησης της σφύξης από τη συγγραφέα της μελέτης, η οποία χρησιμοποίησε παραδοσιακή φυσική μέθοδο (χειροκίνητο μέτρημα της σφύξης). Τα αποτελέσματα από τη μέτρηση των παλμών συνέπεσαν με τα δεδομένα που κατέγραψε ο αισθητήρας MAX3102, γεγονός που επιβεβαίωσε την ακρίβεια και αξιοπιστία των μετρήσεων του αισθητήρα. Η συμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων του αισθητήρα και των παραδοσιακών μεθόδων μέτρησης σφύξεων ενίσχυσε την εμπιστοσύνη στην αξιοπιστία των δεδομένων που καταγράφονται από τη συσκευή και επιβεβαίωσε ότι οι μετρήσεις είναι αρκετά ακριβείς για χρήση σε ασθενείς με αναπνευστικά προβλήματα. Ακόμα, όσον αφορά τον κορεσμό οξυγόνου στο αίμα (SpO₂), οι μετρήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης ήταν εντός φυσιολογικών

ορίων για υγιή άτομα, με τιμές άνω του 97%. Αυτή η τιμή θεωρείται ενδεικτική καλής υγείας και συνεπώς αποτελούσε ένα αξιόπιστο και ακριβές αποτέλεσμα από τον αισθητήρα. Η σύγκριση των τιμών SpO2 που καταγράφηκαν από τη συσκευή με τις αναμενόμενες φυσιολογικές τιμές επιβεβαίωσε σε μεγάλο βαθμό την αξιοπιστία του αισθητήρα, επιβεβαιώνοντας ότι παρέχει αξιόπιστα και ακριβή δεδομένα για την παρακολούθηση του κορεσμού οξυγόνου και τη διαχείριση της αναπνευστικής υγείας των ασθενών.

Καθώς δεν υπήρχαν διαθέσιμοι επαγγελματικοί αισθητήρες για τη σύγκριση των περιβαλλοντικών δεδομένων, η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων για τους αισθητήρες DHT22 (θερμοκρασία και υγρασία), MQ7 (μονοξειδίο του άνθρακα) και MG811 (διοξειδίο του άνθρακα) βασίστηκε στις παρατηρήσεις των χρηστών και στην επαναληψιμότητα των μετρήσεων, οι οποίες συνέπεσαν με τις αναμενόμενες τιμές για τις συνθήκες που επικρατούσαν στα σπίτια τους. Αυτή η διαδικασία αξιολόγησης, που περιλάμβανε την επαναληψιμότητα των μετρήσεων και τη σύγκριση των αποτελεσμάτων εντός του ίδιου περιβάλλοντος, επέτρεψε να επιβεβαιωθεί η αξιόπιστη λειτουργία των αισθητήρων της συσκευής και η ακρίβεια των δεδομένων που καταγράφηκαν.

5.2.3. Ανάλυση και Τελικά Συμπεράσματα της Ομάδας Εστίασης

Μετά το τέλος της διαδικασίας αξιολόγησης όλων των συμμετεχόντων, συγκεντρώθηκαν τα δεδομένα από τις πρακτικές μετρήσεις, τις συζητήσεις και τις παρατηρήσεις που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια της αξιολόγησης της συσκευής. Παρακάτω, αναλύονται τα αποτελέσματα, λαμβάνοντας υπόψη τις εμπειρίες τόσο των νοσηλευτών όσο και των μη επαγγελματιών χρηστών, με στόχο να εξαχθούν ολοκληρωμένα συμπεράσματα.

Οι νοσηλευτές, ως επαγγελματίες χρήστες, αξιολόγησαν τη συσκευή κυρίως από την κλινική της χρησιμότητα και την αξιοπιστία των μετρήσεων. Όλοι συμφώνησαν ότι ο αισθητήρας παλμού και οξυγόνου (MAX30102) ήταν ιδιαίτερα χρήσιμος και παρείχε ακριβείς μετρήσεις, συγκρίσιμες με επαγγελματικό εξοπλισμό. Ακόμα, θεώρησαν πως ο συνδυασμός των τριών αισθητήρων DHT22, MQ-7 και MG811 αποτελεί μια ξεχωριστή ιδέα αφού παρέχει μια ολοκληρωμένη εικόνα των περιβαλλοντικών συνθηκών στον χώρο του ασθενούς. Οι μετρήσεις θεωρήθηκαν αξιόπιστες και ωφέλιμες για την

πρόληψη επιπλοκών που σχετίζονται με το περιβάλλον. Αυτός ο συνδυασμός αισθητήρων αναγνωρίστηκε ως ένα από τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα της συσκευής. Συγκεκριμένα, οι αισθητήρες διοξειδίου (MG811) και μονοξειδίου (MQ-7) του άνθρακα θεωρήθηκαν απαραίτητοι για κλειστούς χώρους, καθώς μπορούν να εντοπίζουν έγκαιρα αλλαγές που σχετίζονται με την ποιότητα του αέρα, έτσι ώστε να μην επιβαρύνεται το αναπνευστικό σύστημα του ασθενούς.

Παρότι οι νοσηλευτές έμειναν ικανοποιημένοι από τις δυνατότητες της συσκευής, υπέδειξαν ορισμένα σημεία προς βελτίωση. Ένα από τα κυριότερα αρνητικά σημεία που επισημάνθηκαν ήταν η χαμηλή ταχύτητα απόκρισης του MAX30102. Συγκεκριμένα, οι συμμετέχοντες ανέφεραν ότι υπήρχε αισθητή καθυστέρηση στην εμφάνιση των αποτελεσμάτων παλμών και οξυγόνου αίματος, κάτι που σε συνθήκες πραγματικής χρήσης (όπως σε επείγοντα περιστατικά ή υπό πίεση χρόνου) θα μπορούσε να δημιουργήσει δυσκολίες. Χαρακτηριστικά, ορισμένοι συμμετέχοντες παρατήρησαν ότι χρειάζονταν περίπου 10 δευτερόλεπτα για να σταθεροποιηθούν οι μετρήσεις, γεγονός που θεωρήθηκε μη ιδανικό για εφαρμογή σε κρίσιμες καταστάσεις. Παρά την καθυστέρηση, οι συμμετέχοντες αναγνώρισαν ότι οι τελικές μετρήσεις ήταν αξιόπιστες και χρήσιμες, γεγονός που επιβεβαιώνει την υψηλή ποιότητα του αισθητήρα. Ωστόσο, προτάθηκε να εξεταστεί η δυνατότητα βελτίωσης της ταχύτητας απόκρισης, ώστε να είναι πιο άμεση η χρήση του σε απαιτητικές συνθήκες. Ακόμα, ο αισθητήρας MG811 για το διοξείδιο του άνθρακα φάνηκε να έχει καθυστερήσεις στην απόκριση, εξαιτίας του χρόνου προθέρμανσης που απαιτεί το ενσωματωμένο κύκλωμα κλιματισμού που διαθέτει, ενώ ο MQ-7 εμφανίζει υπερβολική ευαισθησία σε χαμηλές συγκεντρώσεις, με αποτέλεσμα να ενεργοποιεί ειδοποιήσεις που δεν ήταν πάντα αναγκαίες. Επίσης, οι περισσότεροι νοσηλευτές της ομάδας πρότειναν τη διασύνδεση της συσκευής με έξυπνες εφαρμογές σε κινητά τηλέφωνα και tablet, ώστε να διευκολυνθεί η παρακολούθηση και η διαχείριση των δεδομένων από τους χρήστες. Οι συμμετέχοντες θεώρησαν ότι μια τέτοια δυνατότητα θα επέτρεπε την ευκολότερη αποθήκευση και ανάλυση των μετρήσεων, ενώ θα προσέφερε ακόμα τη δυνατότητα να αποστέλλονται ειδοποιήσεις σε πραγματικό χρόνο για επικίνδυνες μεταβολές στις περιβαλλοντικές και βιομετρικές συνθήκες.

Οι μη επαγγελματίες συμμετέχοντες από την άλλη πλευρά, αξιολόγησαν τη συσκευή από την οπτική του καθημερινού χρήστη, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση

στην ευκολία χρήσης και την κατανόηση των δεδομένων. Και τα τρία άτομα της ομάδας συμφώνησαν ότι η συσκευή είναι φιλική προς τον χρήστη. Ανέφεραν ότι ήταν εύκολο να την λειτουργήσουν και να δουν άμεσα τις μετρήσεις, κάτι που την καθιστά ιδανική για άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με την τεχνολογία. Επιπλέον, έμειναν ιδιαίτερα ικανοποιημένοι από τον αισθητήρα MAX30102, όπου η μέτρηση του παλμού και του οξυγόνου στο αίμα ανέφεραν πως ήταν κατανοητή και χρήσιμη για την παρακολούθηση της προσωπικής τους υγείας. Επίσης, θετική εντύπωση άφησε ο αισθητήρας MQ-7, που θεωρήθηκε ιδιαίτερα σημαντικός για την αίσθηση ασφάλειας, καθώς η ύπαρξη της λυχνίας LED προειδοποιούσε για τυχόν επικίνδυνα επίπεδα. Η δυνατότητα σύνδεσης της συσκευής με υπολογιστή θεωρήθηκε πολύ χρήσιμη για την παρακολούθηση δεδομένων από τους μη επαγγελματίες χρήστες, καθώς έδινε τη δυνατότητα να αποθηκεύουν και να αναλύουν μακροχρόνια τις μετρήσεις τους. Η λειτουργία αυτή θεωρήθηκε ιδιαίτερα σημαντική για τη σύγκριση μετρήσεων από διαφορετικές χρονικές στιγμές, κάτι που είναι χρήσιμο σε άτομα που επιθυμούν να παρακολουθούν την υγεία τους πιο συστηματικά και να διασφαλίσουν ένα ασφαλές περιβάλλον. Επίσης, ανέφεραν πως η προσθήκη της οθόνης LCD διευκόλυνε την ανάγνωση των αποτελεσμάτων, γεγονός που θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμο σε άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με τη χρήση παρόμοιων συσκευών.

Ωστόσο, οι μη επαγγελματίες ανέφεραν ορισμένα αρνητικά θέματα κατά τη χρήση της συσκευής. Ένα από τα κύρια ζητήματα ήταν η κατανόηση των δεδομένων, κυρίως από τον αισθητήρα MG811 (διοξειδίο του περιβάλλοντος). Προτάθηκε η χρήση έγχρωμων ενδείξεων στις αριθμητικές τιμές (π.χ. πράσινο για ασφαλές επίπεδο και κόκκινο για επικίνδυνο) για να γίνει πιο εύκολη η ερμηνεία των αποτελεσμάτων.

Ένα άλλο ζήτημα που έθεσαν ήταν η εμφάνιση της συσκευής. Παρόλο που η συσκευή είναι σχετικά μικρή σε μέγεθος, οι συμμετέχοντες παρατήρησαν ότι η ύπαρξη πολλών καλωδίων και συνδέσεων καθιστά τη χρήση της πιο περίπλοκη και λιγότερο πρακτική για την καθημερινότητα. Αυτή η πολυπλοκότητα στη συνδεσμολογία δεν επηρεάζει μόνο την εμφάνιση, αλλά μπορεί να προκαλέσει και σύγχυση σε μη επαγγελματίες, ιδιαίτερα κατά τη διαδικασία της ρύθμισης ή της αποθήκευσης της συσκευής. Συγκεκριμένα, ανέφεραν ότι η παρουσία πολλαπλών καλωδίων καθιστά δύσκολη τη μεταφορά

της ή την αποθήκευσή της όταν δεν χρησιμοποιείται, ενώ υπάρχει και αυξημένος κίνδυνος για φθορά ή απώλεια κάποιου εξαρτήματος. Επομένως, υπάρχει ανάγκη για καλύτερη αποθήκευση και προστασία της συσκευής, ειδικά αν πρόκειται να χρησιμοποιείται σε καθημερινή βάση. Πρότειναν τη χρήση μιας ανθεκτικής θήκης ή βάσης, που μπορεί να συγκρατήσει τη συσκευή και τα καλώδια, ενώ παράλληλα θα προστατεύει τους αισθητήρες. Μια τέτοια βάση θα μπορούσε να ενσωματώσει υποδοχές για τα καλώδια, ώστε να μην είναι εκτεθειμένα, ενώ θα διατηρούσε τη συσκευή σταθερή και εύχρηστη.

Οι νοσηλευτές και οι μη επαγγελματίες ανέδειξαν διαφορετικές προτεραιότητες και ανάγκες, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα για τη συσκευή. Οι νοσηλευτές εστίασαν περισσότερο στην ακρίβεια των μετρήσεων και τη χρησιμότητα της συσκευής στην κλινική παρακολούθηση, ενώ οι μη επαγγελματίες τόνισαν την ανάγκη για απλοποίηση της χρήσης και καλύτερη οπτικοποίηση των δεδομένων. Και οι δύο ομάδες συμφώνησαν ότι η συσκευή έχει τη δυνατότητα να αποφέρει ένα πολύτιμο εργαλείο για την παρακολούθηση της υγείας και της ποιότητας του αέρα, με μερικές στοχευμένες βελτιώσεις. Συνολικά, οι συμμετέχοντες θεώρησαν ότι ο συνδυασμός αυτών των λειτουργιών σε ένα ενιαίο προϊόν είναι ιδιαίτερα καινοτόμος και πρακτικός. Οι μετρήσεις θεωρήθηκαν αξιόπιστες και χρήσιμες για την πρόληψη προβλημάτων που σχετίζονται με το περιβάλλον, ενώ προτάθηκαν βελτιώσεις που θα διευκολύνουν την κατανόηση, τη συντήρηση και την αποθήκευσή της, καθιστώντας την πιο φιλική για καθημερινή χρήση από το ευρύ κοινό.

5.3. Αξιολόγηση της Συσκευής Αισθητήρων με Βάση το Κόστος και τα Οφέλη που Προσφέρει

Σε αυτό το σημείο, η αξιολόγηση της συγκεκριμένης συσκευής για παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις κατ' οίκον, εστιάζει στη σχέση κόστους και οφέλους, λαμβάνοντας υπόψη την απόδοση, την αξιοπιστία της συσκευής και την αξία για την οποία έχει σχεδιαστεί.

5.3.1. Συνολικό Κόστος της Συσκευής Αισθητήρων

Η συσκευής αισθητήρων που κατασκευάστηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αποτελείται από μία πλακέτα Arduino UNO ένα breadboard, μια πλακέτα επέκτασης I/O, τους αισθητήρες DHT22, MQ-7, MG811, MAX30102 και μια οθόνη LCD, για την απεικόνιση των μετρήσεων. Το συνολικό κόστος υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη τις τιμές των επιμέρους εξαρτημάτων, με τιμές την 05/12/2024, σύμφωνα με το Arduino Official Store ή άλλους ηλεκτρονικούς προμηθευτές. Το Arduino UNO, το οποίο αποτελεί την κύρια πλατφόρμα ανάπτυξης, κοστίζει περίπου 25 ευρώ. Το breadboard, που χρησιμοποιείται για εύκολη σύνδεση των εξαρτημάτων, έχει κόστος περίπου 5 ευρώ. Η πλακέτα I/O Expansion Shield for Arduino V7.1 που χρησιμοποιήθηκε για να προσφέρει περισσότερες δυνατότητες συνδεσιμότητας και επεκτασιμότητας, κοστίζει περίπου 10 ευρώ. Ο αισθητήρας DHT22, ο οποίος μετρά τη θερμοκρασία και την υγρασία, κοστίζει γύρω στα 10 ευρώ. Ο αισθητήρας MG811, ο οποίος μετρά τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα, είναι ο πιο ακριβός με κόστος περίπου 40 ευρώ, ενώ αντίθετα ο αισθητήρας MQ7 για τη μέτρηση του μονοξειδίου του άνθρακα είναι πολύ οικονομικός και εκτιμάται στα 5 ευρώ. Ο αισθητήρας MAX30102, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση του κορεσμού οξυγόνου στο αίμα και των παλμών, έχει εκτιμώμενο κόστος 20 ευρώ. Τέλος, η οθόνη LCD 16x2 έχει κόστος κοντά στα 8 ευρώ. Συνοψίζοντας, το συνολικό κόστος των εξαρτημάτων ανέρχεται περίπου στα 110-120 ευρώ. Οι τιμές μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον προμηθευτή και την ποιότητα των εξαρτημάτων.

5.3.2. Οφέλη της Συσκευής Συγκριτικά με το Κόστος

Η συσκευή που περιγράφεται παραπάνω, μπορεί να θεωρηθεί οικονομική για τα δεδομένα της, αλλά αυτό εξαρτάται επίσης από το πλαίσιο και την εφαρμογή στην οποία θα χρησιμοποιηθεί. Το κόστος των εξαρτημάτων, που υπολογίζεται περίπου στα 110 ευρώ, είναι αρκετά χαμηλό για μια συσκευή που περιλαμβάνει ένα σύνολο τεσσάρων αισθητήρων, οι οποίοι συνεργάζονται σε μια ενιαία συσκευή. Αυτό την καθιστά προσιτή για άτομα που χρειάζονται μια

βασική αλλά λειτουργική μέθοδο παρακολούθησης αναπνευστικών παραμέτρων στο σπίτι.

Ένα από τα βασικά οφέλη της συσκευής είναι η ευκολία εγκατάστασης και χρήσης της. Αναλυτικότερα, η χρήση του Arduino UNO ως πλατφόρμας είναι μια από τις πιο οικονομικές και πρακτικές επιλογές, χάρη στη μεγάλη υποστήριξη που διαθέτει από την κοινότητα, την ευκολία σύνδεσης των εξαρτημάτων και τη συμβατότητά του με μια πληθώρα αισθητήρων. Παράλληλα, οι αισθητήρες που έχουν επιλεγεί, όπως ο DHT22 για θερμοκρασία και υγρασία ή ο MAX30102 για παλμούς και οξυγόνο, είναι ευρέως διαθέσιμοι σε χαμηλές τιμές, ενώ προσφέρουν ικανοποιητική ακρίβεια κατά την εφαρμογή τους. Επιπλέον, η συσκευή είναι σχεδιασμένη ώστε να μπορεί να επεκταθεί ή να προσαρμοστεί σε διαφορετικές ανάγκες. Μπορεί να συνδεθεί με πλατφόρμες IoT για απομακρυσμένη παρακολούθηση, επιτρέποντας τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων σε πραγματικό χρόνο μέσω του διαδικτύου. Αυτό την καθιστά ιδανική για εφαρμογές όπως η παρακολούθηση ασθενών κατ' οίκον ή η συλλογή δεδομένων σε απομακρυσμένα περιβάλλοντα.

Το χαμηλό κόστος, σε συνδυασμό με τις πολλαπλές λειτουργίες της, καθιστούν τη συσκευή ιδανική για ποικίλες εφαρμογές. Η ικανότητά της να συνδυάζει αισθητήρες για τη μέτρηση περιβαλλοντικών παραμέτρων (όπως θερμοκρασία, υγρασία και συγκεντρώσεις αερίων) και βιολογικών παραμέτρων (όπως ο κορεσμός οξυγόνου στο αίμα) προσφέρει μεγάλη ευελιξία και χρηστικότητα. Συνολικά, τα οφέλη της συσκευής σε σχέση με το κόστος της την καθιστούν μια οικονομική, πρακτική και λειτουργική λύση για ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών.

5.3.3. Σύγκριση με Πιστοποιημένο Βιοϊατρικό Εξοπλισμό

Η σύγκριση της προτεινόμενης συσκευής με πιστοποιημένο ιατροτεχνολογικό εξοπλισμό που μετρά αντίστοιχες παραμέτρους αναδεικνύει διαφορές σε κόστος, ακρίβεια, αξιοπιστία και ευελιξία. Αν και η προτεινόμενη συσκευή προσφέρει ένα οικονομικά προσιτό και ευέλικτο μέσο για την παρακολούθηση βασικών παραμέτρων, παρουσιάζει ορισμένους περιορισμούς που είναι σημαντικοί όταν συγκρίνεται με πιστοποιημένες ιατρικές συσκευές. Για παράδειγμα, η χαμηλή τιμή μπορεί να συνοδεύεται από

χαμηλότερη ακρίβεια των μετρήσεων, μικρότερη αξιοπιστία ή μικρότερη διάρκεια ζωής των εξαρτημάτων. Επαγγελματικές συσκευές που ενσωματώνουν αντίστοιχες λειτουργίες συνήθως κοστίζουν πολλαπλάσια, καθώς ενσωματώνουν υψηλής ακρίβειας αισθητήρες και υλικά μεγαλύτερης αντοχής. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι πιστοποιημένες ιατρικές συσκευές είναι σχεδιασμένες για χρήση σε κρίσιμες εφαρμογές όπου η ακρίβεια και η αξιοπιστία είναι απαραίτητες. Οι υψηλής ακρίβειας αισθητήρες που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις συσκευές έχουν περάσει αυστηρούς ελέγχους ποιότητας και πιστοποίησης, όπως CE ή ISO 13485, για να διασφαλίσουν ότι ανταποκρίνονται στα διεθνή πρότυπα. Αντίθετα, η προτεινόμενη συσκευή, αν και προσφέρει οικονομικά προσιτή και λειτουργική λύση, δεν διαθέτει αντίστοιχες πιστοποιήσεις, γεγονός που την καθιστά λιγότερο κατάλληλη για κλινική ή επαγγελματική ιατρική χρήση.

Ένα από τα μεγαλύτερα πλεονεκτήματα της προτεινόμενης συσκευής είναι το χαμηλό κόστος της, που ανέρχεται περίπου στα 100-110 ευρώ. Οι πιστοποιημένες ιατροτεχνολογικές συσκευές, όπως παλμικά οξύμετρα, συσκευές παρακολούθησης επικίνδυνων αερίων και ποιότητας αέρα, κοστίζουν συνήθως αρκετά περισσότερο. Παρακάτω, παρουσιάζονται παραδείγματα τέτοιων συσκευών με το κόστος τους.

- Παλμικό Οξύμετρο Nonin Onyx Vantage 9590: Πρόκειται για μια πιστοποιημένη ιατρική συσκευή που μετρά τον κορεσμό οξυγόνου στο αίμα (SpO_2) και τον καρδιακό ρυθμό. Είναι ευρέως αναγνωρισμένο για την ακρίβεια και την αξιοπιστία του. Το κόστος του ανέρχεται περίπου στα 250 ευρώ. [102]
- Παλμικό Οξύμετρο Καρπού με Λογισμικό Contec CMS50F: Είναι ένα παλμικό οξύμετρο καρπού σχεδιασμένο για συνεχή παρακολούθηση του κορεσμού οξυγόνου στο αίμα (SpO_2) και του καρδιακού ρυθμού. Η συσκευή φοριέται άνετα στον καρπό και διαθέτει εξωτερικό αισθητήρα δακτύλου, επιτρέποντας τη χρήση κατά τη διάρκεια καθημερινών δραστηριοτήτων ή κατά τον ύπνο, καθιστώντας την ιδανική για μελέτες ύπνου και παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις. Στην αγορά, το Contec CMS50F είναι διαθέσιμο σε τιμές που κυμαίνονται περίπου από 155 έως 186 ευρώ, ανάλογα με τον προμηθευτή. [103]

- Οξύμετρο O2ring: Φορετό μόνιτορ σχεδιασμένο για ασθενείς με σύνδρομο απνοιών κατά τον ύπνο, που παρέχει συνεχή παρακολούθηση οξυγόνωσης. Προσφέρει συνεχή και αξιόπιστη παρακολούθηση του καρδιακού ρυθμού, του κορεσμού οξυγόνου και του δείκτη διάχυσης, καθιστώντας το ιδανικό για τη διαχείριση της υπνικής άπνοιας. Η τιμή του ανέρχεται στα 195 ευρώ. [104]
- Πολυπαραμετρικός Σταθμός Ελέγχου Ποιότητας Αέρα Kaiterra Laser Egg+ CO2: Αυτή η συσκευή παρακολουθεί διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους, συμπεριλαμβανομένων των επιπέδων CO₂, των πτητικών οργανικών ενώσεων (VOC) και των μικροσωματιδίων (PM2.5). Το κόστος της ανέρχεται περίπου στα 250-300 ευρώ. [105]
- Το Σύστημα Ελέγχου Ποιότητας Αέρα της GlobiSmart: Ο μετρητής καταγράφει CO₂, τη θερμοκρασία χώρου, τη σχετική υγρασία και την ατμοσφαιρική πίεση. Κάθε Μετρητής φέρει οθόνη απεικόνισης δεδομένων αλλά και χρωματικής απεικόνισης της ποιότητας του αέρα. Σε περίπτωση υπέρβασης των ορίων ενεργοποιείται ηχητικό σήμα. Οι μετρητές συνδέονται ασύρματα σε Κεντρική Μονάδα Ελέγχου και όλες οι μετρήσεις αποστέλλονται στη Πλατφόρμα Smart City. [106]
- Αισθητήρας Μονοξειδίου του Άνθρακα Bacharach Monoxor Plus: Σχεδιασμένος για επαγγελματική χρήση, παρέχει ακριβείς μετρήσεις της συγκέντρωσης μονοξειδίου του άνθρακα (CO) σε εσωτερικούς χώρους. Το κόστος του είναι περίπου 600 ευρώ. [107]
- Ο FIBARO CO Sensor: Είναι ένας εξαιρετικά ευαίσθητος, συμπαγής και ελαφρύς ανιχνευτής μονοξειδίου του άνθρακα (CO), σχεδιασμένος για τοποθέτηση σε τοίχο. Λειτουργεί με μπαταρία και είναι συμβατός με συστήματα Z-Wave, επιτρέποντας την ενσωμάτωσή του σε έξυπνα οικιακά δίκτυα. Το κόστος του φτάνει στα 90 ευρώ περίπου. [108]
- E-Sun ETP-110 Ψηφιακός Μετρητής Θερμοκρασίας & Υγρασίας: Αυτή η συσκευή προσφέρει ψηφιακές ενδείξεις θερμοκρασίας και υγρασίας, με εύρος μέτρησης που καλύπτει τις περισσότερες ανάγκες. Είναι εύκολη στη χρήση και διαθέτει ευανάγνωστη οθόνη. Η τιμή της είναι περίπου 22 ευρώ. [109]

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, το υψηλό κόστος των πιστοποιημένων συσκευών αποτελεί ένα σημαντικό αρνητικό στοιχείο όταν συγκρίνονται με την προτεινόμενη συσκευή. Ενώ οι πιστοποιημένες βιοϊατρικές συσκευές προσφέρουν υψηλή ακρίβεια, αξιοπιστία και συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα, το κόστος τους είναι συχνά απαγορευτικό για χρήστες με περιορισμένο προϋπολογισμό ή για άτομα που χρειάζονται βασική παρακολούθηση στο σπίτι.

Για παράδειγμα, συσκευές όπως το Nonin Onyx Vantage 9590 (παλμικό οξύμετρο) κοστίζουν περίπου 250 ευρώ, ενώ εξειδικευμένοι αισθητήρες διοξειδίου του άνθρακα, όπως ο TSI 7545, μπορεί να φτάσουν έως και τα 1.500 ευρώ. Αντίστοιχα, αισθητήρες μονοξειδίου του άνθρακα όπως ο Bacharach Monoxor Plus κοστίζουν περίπου 600 ευρώ. Αυτά τα ποσά είναι πολλαπλάσια από το κόστος της προτεινόμενης συσκευής, η οποία εκτιμάται περίπου στα 100-110 ευρώ.

Η προτεινόμενη συσκευή, αν και δεν διαθέτει την ίδια ακρίβεια και πιστοποιήσεις, παρέχει ένα λειτουργικό σύνολο αισθητήρων για αρκετές παραμέτρους συνδυαστικά, σε ένα σημαντικά μικρότερο κόστος από αυτό των πιστοποιημένων συσκευών. Αυτό την καθιστά πολύ πιο προσιτή και κατάλληλη για βασική παρακολούθηση, ή ακόμα και έρευνα, ώστε να βελτιωθεί περαιτέρω μέσω δοκιμών και πειραμάτων που μπορούν να αξιοποιήσουν την ευελιξία και τη χαμηλή της τιμή

Συνοπτικά, το υψηλό κόστος των πιστοποιημένων συσκευών τις περιορίζει σε κρίσιμες και επαγγελματικές εφαρμογές, ενώ η προτεινόμενη συσκευή προσφέρει μια οικονομική εναλλακτική λύση για χρήσεις όπου η ακρίβεια δεν είναι απόλυτα απαραίτητη, καθιστώντας την πιο προσβάσιμη για ένα ευρύτερο κοινό.

6. Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο, παρουσιάζεται η κριτική ανάλυση των αποτελεσμάτων της διπλωματικής εργασίας που αφορά τον σχεδιασμό, την ανάπτυξη και την αξιολόγηση μιας πρότυπης συσκευής αισθητήρων για κατ' οίκον παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις. Παράλληλα, εξετάζονται οι περιορισμοί που προέκυψαν κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης και

υλοποίησης της συσκευής, καθώς και το κατά πόσο επιτεύχθηκαν οι στόχοι της εργασίας.

Η συσκευή αποτελείται από τους αισθητήρες DHT11, MQ-7, MG811 και MAX30102, ενσωματωμένους σε μία πλακέτα Arduino UNO, οι οποίοι επιλέχθηκαν για την καταγραφή ζωτικών παραμέτρων όπως ο κορεσμός οξυγόνου στο αίμα και ο καρδιακός ρυθμός, καθώς επίσης και περιβαλλοντικών δεδομένων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, το μονοξειδίο και το διοξείδιο του άνθρακα στο περιβάλλον. Η ανάπτυξη της συσκευής προέκυψε από την ανάγκη για αποτελεσματική παρακολούθηση της υγείας των ασθενών κατ' οίκον και βασίστηκε σε μια συνδυαστική μεθοδολογία, που περιλάμβανε την επιλογή των κατάλληλων αισθητήρων, την ενσωμάτωσή τους σε ένα ενιαίο σύστημα και την τελική αξιολόγηση της λειτουργικότητας και της αποτελεσματικότητάς της. Στόχος ήταν η δημιουργία μιας οικονομικά προσιτής, εύχρηστης και αξιόπιστης συσκευής που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο οικιακό περιβάλλον για τη βελτίωση της παρακολούθησης των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις.

Η συσκευή αξιολογήθηκε με τρεις βασικούς τρόπους: (α) ανάλυση των τεχνικών χαρακτηριστικών της, (β) εκτίμηση του συνολικού κόστους σε σχέση με τα οφέλη της, και (γ) αξιολόγηση της λειτουργικότητάς της μέσω ομάδας εστίασης (focus group). Οι παραπάνω μέθοδοι συνέβαλαν στη συνολική κατανόηση της λειτουργίας της συσκευής, των περιορισμών της, καθώς και στην εξαγωγή συμπερασμάτων για την εφαρμογή της σε πραγματικές συνθήκες κατ' οίκον χρήσης. Η τεχνολογική αξιολόγηση της συσκευής εστίασε στη λειτουργικότητα και την απόδοση των επιμέρους αισθητήρων που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς και στη συνολική απόδοση του συστήματος. Συνολικά, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι επιλεγμένοι αισθητήρες παρείχαν αξιόπιστες μετρήσεις, καλύπτοντας ικανοποιητικά τις βασικές ανάγκες παρακολούθησης. Η ενσωμάτωσή τους σε ένα ενιαίο σύστημα συνέβαλε στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου τρόπου παρακολούθησης, που προσφέρει τη δυνατότητα ταυτόχρονης καταγραφής διαφορετικών δεδομένων. Ωστόσο, εντοπίστηκαν ορισμένοι περιορισμοί που σχετίζονται με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ακρίβεια των μετρήσεων, ιδιαίτερα σε πιο ακραίες περιστάσεις. Αυτοί οι περιορισμοί θα μπορούσαν να βελτιωθούν στο μέλλον, ώστε η συσκευή να είναι ακόμα πιο αξιόπιστη. Η συνολική εκτίμηση του κόστους έδειξε ότι η συσκευή είναι οικονομικά προσιτή για κατ' οίκον χρήση. Η

επιλογή οικονομικών αισθητήρων και υλικών συνέβαλε στη διατήρηση του κόστους σε χαμηλά επίπεδα, καθιστώντας τη συσκευή ανταγωνιστική σε σχέση με άλλες εμπορικές επιλογές. Τα οφέλη της περιλαμβάνουν τη δυνατότητα ολοκληρωμένης παρακολούθησης τόσο της ποιότητας του αέρα όσο και ζωτικών παραμέτρων, όπως ο κορεσμός οξυγόνου και ο καρδιακός ρυθμός. Ωστόσο, η απουσία ιατροτεχνολογικής πιστοποίησης αποτελεί σημαντικό περιορισμό, μειώνοντας τη δυνατότητα της άμεσης εφαρμογής της για κλινικούς σκοπούς. Τέλος, η αξιολόγηση της συσκευής μέσω ομάδας εστίασης (focus group) προσέφερε χρήσιμες πληροφορίες για τη χρηστικότητα και την πρακτικότητά της. Οι συμμετέχοντες εξέφρασαν γενικά θετικές εντυπώσεις, αναγνωρίζοντας την ευκολία χρήσης και τον καινοτόμο και πρακτικό χαρακτήρα της συσκευής, χάρη στον συνδυασμό πολλών λειτουργιών σε ένα προϊόν. Οι μετρήσεις θεωρήθηκαν αξιόπιστες και πολύτιμες για την πρόληψη περιβαλλοντικών προβλημάτων. Ωστόσο, πρότειναν βελτιώσεις που θα μπορούσαν να κάνουν τη συσκευή πιο εύκολη στη χρήση, στη συντήρηση και στην αποθήκευση, ώστε να είναι πιο προσιτή και πρακτική για καθημερινή χρήση από τους χρήστες.

Παρά τη θετική αξιολόγηση της εφαρμογής από την ομάδα εστίασης, είναι σημαντικό να αναγνωριστούν ορισμένοι περιορισμοί που συνοδεύουν την παρούσα εργασία, προκειμένου να διευκολυνθούν οι μελλοντικές έρευνες και βελτιώσεις. Πρώτον, η διαδικασία αξιολόγησης της εφαρμογής δεν πραγματοποιήθηκε με αυστηρά τυποποιημένες ή κλινικά πιστοποιημένες μεθοδολογίες, κάτι που αποτελεί έναν σημαντικό περιορισμό της παρούσας εργασίας. Η επιλογή μιας άτυπης προσέγγισης στην αξιολόγηση ενδεχομένως να έχει επηρεάσει την αντικειμενικότητα και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων, καθώς δεν εξασφαλίστηκαν οι συνθήκες που απαιτούνται για την απόλυτη ακρίβεια και την αμεροληψία της διαδικασίας. Επιπλέον, το δείγμα που χρησιμοποιήθηκε για τη δοκιμή της συσκευής ήταν περιορισμένο, τόσο σε μέγεθος όσο και σε ποικιλία χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων. Αυτό μειώνει τη δυνατότητα να γενικευτούν τα αποτελέσματα, αφού τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και τα συμπεράσματα που προέκυψαν δεν μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά για μεγαλύτερους ή διαφορετικούς πληθυσμούς. Συνεπώς, η περιορισμένη βάση δεδομένων καθιστά δύσκολη την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα και ακρίβεια

της συσκευής, αναδεικνύοντας την ανάγκη για μια πιο συστηματική και κλινικά προσανατολισμένη αξιολόγηση στο μέλλον, μέσω της διεξαγωγή κλινικών μελετών.

Παράλληλα, ένας από τους βασικότερους περιορισμούς της παρούσας εργασίας είναι η απουσία ιατροτεχνολογικής πιστοποίησης της συσκευής. Η πιστοποίηση αυτή αποτελεί ουσιαστική προϋπόθεση για τη χρήση οποιασδήποτε συσκευής σε κλινικό περιβάλλον, καθώς διασφαλίζει ότι η συσκευή πληροί τις απαραίτητες προδιαγραφές ασφάλειας, ακρίβειας και αξιοπιστίας. Χωρίς την πιστοποίηση, η συσκευή δεν μπορεί να αξιοποιηθεί επίσημα από επαγγελματίες υγείας για την παρακολούθηση ασθενών ή για τη λήψη ιατρικών αποφάσεων. Αυτό περιορίζει τη χρήση της μόνο σε προσωπικό επίπεδο ή για ερευνητικούς σκοπούς, και όχι σε ιατρικές εφαρμογές. Επιπλέον, η έλλειψη πιστοποίησης μπορεί να μειώσει την εμπιστοσύνη των χρηστών, καθώς δεν παρέχεται κάποια εγγύηση για την αξιοπιστία της. Για την αντιμετώπιση αυτού του περιορισμού, απαιτείται η διεξαγωγή αυστηρών κλινικών δοκιμών και η τήρηση των προβλεπόμενων διαδικασιών για την απόκτηση της σχετικής πιστοποίησης, κάτι που θα ενίσχυε την αξιοπιστία της συσκευής και θα οδηγούσε στη χρήση της σε κλινικά περιβάλλοντα.

Τέλος, ένας ακόμη σημαντικός περιορισμός είναι η έλλειψη χρημάτων και ο περιορισμένος προϋπολογισμός, κάτι που επηρέασε την ανάπτυξη και τη βελτίωση της συσκευής. Λόγω του χαμηλού διαθέσιμου προϋπολογισμού, επιλέχθηκαν οικονομικοί αισθητήρες και υλικά, τα οποία, αν και λειτουργικά, δεν είναι απόλυτα ακριβή ή αξιόπιστα για πιο απαιτητική χρήση. Αυτό οδήγησε στη δημιουργία μιας συσκευής που καλύπτει τις βασικές ανάγκες, αλλά δεν μπορεί να συγκριθεί με πιο προηγμένες. Επίσης, η έλλειψη χρημάτων περιόρισε τη δυνατότητα να δοκιμασθεί η συσκευή σε περισσότερους χρήστες ή σε διαφορετικές συνθήκες, κάτι που θα έκανε τα αποτελέσματα πιο αξιόπιστα. Ακόμα, το λογισμικό της συσκευής κρατήθηκε απλό, χωρίς εξελιγμένα εργαλεία για καλύτερη ανάλυση των δεδομένων ή ειδοποιήσεις, κάτι που επηρεάζει την εμπειρία του χρήστη. Τέλος, ο περιορισμένος προϋπολογισμός δεν επέτρεψε τη διεξαγωγή κλινικών δοκιμών και διαδικασιών πιστοποίησης, που απαιτούν σημαντικούς οικονομικούς πόρους. Χωρίς την απαραίτητη πιστοποίηση, η συσκευή δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κλινικές εφαρμογές, γεγονός που περιορίζει την τρέχουσα δυνατότητά της να ενταχθεί σε επίσημα ιατρικά

περιβάλλοντα. Συνοπτικά, ο περιορισμένος προϋπολογισμός περιόρισε τις δυνατότητες ανάπτυξης και βελτίωσης της συσκευής. Με περισσότερα χρήματα στο μέλλον, θα μπορούσαν να γίνουν καλύτερες επιλογές σε υλικά, περισσότερες δοκιμές και να αναπτυχθεί μια πιο προηγμένη και ολοκληρωμένη λύση.

Η συσκευή που αναπτύχθηκε στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας πέτυχε σε μεγάλο βαθμό τους στόχους που είχαν τεθεί από την αρχή του σχεδιασμού. Ο πρώτος στόχος αφορούσε τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη μιας συσκευής που παρακολουθεί βασικούς περιβαλλοντικούς και ζωτικούς δείκτες. Η συσκευή κατάφερε να καταγράψει με ικανοποιητική ακρίβεια δεδομένα όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), ο κορεσμός οξυγόνου στο αίμα (SpO₂) και ο καρδιακός ρυθμός. Αυτοί οι δείκτες είναι ζωτικής σημασίας για την παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της κατάστασης του ασθενούς και του περιβάλλοντος όπου ζει.

Ο δεύτερος στόχος, που αφορούσε την αξιολόγηση της συσκευής ως προς τα τεχνικά χαρακτηριστικά, το κόστος και την αποδοχή από τους χρήστες, ικανοποιήθηκε επίσης σε μεγάλο βαθμό. Η τεχνική αξιολόγηση έδειξε ότι οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν ήταν λειτουργικοί και παρείχαν αξιόπιστες μετρήσεις υπό κανονικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Παρόλο που υπήρχαν ορισμένοι περιορισμοί στην ακρίβεια των αισθητήρων υπό ακραίες συνθήκες, οι μετρήσεις κρίθηκαν επαρκείς για κατ' οίκον παρακολούθηση. Όσον αφορά το κόστος, η χρήση οικονομικών υλικών και αισθητήρων έκανε τη συσκευή προσιτή και ανταγωνιστική σε σχέση με άλλες λύσεις στην αγορά, ενώ η αξιολόγηση της από χρήστες μέσω της ομάδας εστίασης ανέδειξε τη χρηστικότητα και τη φιλικότητά της. Οι συμμετέχοντες τόνισαν ότι η συσκευή ήταν εύχρηστη και πρακτική, κάτι που επιβεβαιώνει την επιτυχία της στον τομέα της χρηστικότητας.

Ο τρίτος στόχος, που σχετιζόταν με τη δημιουργία μιας προσιτής λύσης για κατ' οίκον παρακολούθηση, επιτεύχθηκε σε ικανοποιητικό βαθμό. Η συσκευή αποδείχθηκε ικανή να χρησιμοποιηθεί από μη ειδικούς σε καθημερινό περιβάλλον, παρέχοντας κρίσιμα δεδομένα για την υγεία και την ποιότητα του αέρα. Ωστόσο, υπήρχαν και περιορισμοί που επηρέασαν την πλήρη ικανοποίηση του στόχου. Η απουσία ιατροτεχνολογικής πιστοποίησης αποτελεί

σημαντικό εμπόδιο για τη χρήση της συσκευής σε κλινικό πλαίσιο ή για την εμπιστοσύνη του κοινού στη συσκευή. Επιπλέον, οι αισθητήρες που χρησιμοποιήθηκαν δεν ήταν βέλτιστοι για πιο απαιτητικές ή κλινικές εφαρμογές, κάτι που περιορίζει την ευρύτερη εφαρμογή της.

Συνολικά, η συσκευή κατάφερε να ικανοποιήσει τους βασικούς στόχους της εργασίας, παρέχοντας μια λειτουργική, προσιτή και εύχρηστη λύση για την παρακολούθηση των ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις. Παράλληλα, η εργασία ανέδειξε ευκαιρίες για μελλοντικές βελτιώσεις, οι οποίες θα παρουσιαστούν αναλυτικά στη συνέχεια.

7. Συμπεράσματα

Στην παρούσα διπλωματική εργασία, περιγράφηκε αναλυτικά η ανάπτυξη μιας πρότυπης συσκευής με αισθητήρες για κατ' οίκον παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις. Οι αναπνευστικές παθήσεις, όπως το άσθμα, η χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια (ΧΑΠ) και άλλες διαταραχές του αναπνευστικού, αποτελούν συχνές και απειλητικές για την υγεία ασθένειες. Η ανάγκη συστηματικής παρακολούθησης των ζωτικών παραμέτρων των αναπνευστικών ασθενών είναι κρίσιμη για την παρακολούθηση της υγείας τους, την πρόληψη επιπλοκών και τη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους. Η ανάπτυξη της συσκευής βασίστηκε στην ανάγκη για οικονομικά προσιτές και εύχρηστες λύσεις για την υποστήριξη των ασθενών στο οικιακό περιβάλλον τους, με στόχο την καλύτερη διαχείριση των αναπνευστικών τους νοσημάτων. Μέσα από τα επιμέρους κεφάλαια της εργασίας, αναλύθηκε η σημασία της τεχνολογίας στη φροντίδα ασθενών στο σπίτι, οι τεχνολογικές επιλογές που υποστηρίζουν τους αναπνευστικούς ασθενείς στο οικιακό περιβάλλον τους, καθώς και η συνεισφορά της ψηφιακής υγείας και πιο συγκεκριμένα της τηλεϊατρικής στη βελτίωση της ποιότητας ζωής τους. Η εργασία ανέδειξε ότι η χρήση τεχνολογιών, όπως η προτεινόμενη συσκευή, μπορεί να καλύψει βασικές ανάγκες παρακολούθησης της υγείας ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις, μειώνοντας την ανάγκη για φυσικές επισκέψεις σε κέντρα υγείας.

Η συσκευή που σχεδιάστηκε ενσωμάτωσε τους αισθητήρες DHT11, MQ7, MG811 και MAX30102, με μία πλακέτα Arduino UNO, προκειμένου να

παρακολουθεί τόσο περιβαλλοντικούς δείκτες (θερμοκρασία, υγρασία, μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του άνθρακα) όσο και ζωτικές παραμέτρους (κορεσμός οξυγόνου και καρδιακός ρυθμός). Οι αισθητήρες αυτοί επιλέχθηκαν για την ακρίβεια, την αξιοπιστία τους και το χαμηλό τους κόστος, προσφέροντας έναν ολοκληρωμένο τρόπο που καλύπτει τις απαιτήσεις του συστήματος.

Η αξιολόγηση της προτεινόμενης συσκευής έδειξε ότι πρόκειται για μια λειτουργική και οικονομικά προσιτή λύση για την κατ' οίκον παρακολούθηση ασθενών με αναπνευστικές παθήσεις. Η συσκευή κατέγραψε ικανοποιητικά βασικούς περιβαλλοντικούς και ζωτικούς δείκτες. Οι δοκιμές έδειξαν ότι οι αισθητήρες λειτουργούν αξιόπιστα υπό κανονικές περιβαλλοντικές συνθήκες, παρέχοντας δεδομένα που είναι χρήσιμα για την διαχείριση των αναπνευστικών νοσημάτων. Η αξιολόγηση της συσκευής μέσω ομάδας εστίασης επιβεβαίωσε τη φιλικότητα προς τον χρήστη και την πρακτικότητά της, με τους συμμετέχοντες να αναγνωρίζουν την αξία της για καθημερινή χρήση στο οικιακό περιβάλλον. Επιπλέον, το χαμηλό κόστος κατασκευής την κάνει προσιτή για περισσότερους ανθρώπους, καθιστώντας την μια καλή επιλογή για ευρεία εφαρμογή. Παρόλα αυτά, η αξιολόγηση ανέδειξε ορισμένους περιορισμούς, όπως για παράδειγμα την απουσία κλινικών δοκιμών λόγω περιορισμένου προϋπολογισμού και την έλλειψη πιστοποίησης για επαγγελματική χρήση. Αυτοί οι περιορισμοί αναδεικνύουν την ανάγκη για περαιτέρω ανάπτυξη και αξιολόγηση.

Συνολικά, η αξιολόγηση της συσκευής ανέδειξε τόσο τις δυνατότητες όσο και τις αδυναμίες της. Παρόλο που οι αρχικοί στόχοι επιτεύχθηκαν, υπάρχουν σημαντικά περιθώρια βελτίωσης, κυρίως όσον αφορά την πιστοποίησή της, τη βελτίωση της ακρίβειας των αισθητήρων και την προσαρμογή της σε τεχνολογίες τηλεϊατρικής. Με τις κατάλληλες βελτιώσεις, η συσκευή μπορεί να εξελιχθεί περαιτέρω και να αποτελέσει ένα ισχυρό εργαλείο για τη φροντίδα και τη διαχείριση ασθενών στο σπίτι.

7.1.Μελλοντικές προεκτάσεις

Τα μελλοντικά βήματα για την εξέλιξη της εργασίας και οι προεκτάσεις του θέματος αφορούν κυρίως τη βελτίωση της προτεινόμενης συσκευής, την ενίσχυση της λειτουργικότητάς της και την ενσωμάτωσή της σε ευρύτερα συστήματα τηλεϊατρικής. Ένα από τα βασικά μελλοντικά βήματα είναι η

αντιμετώπιση των σημείων που οι συμμετέχοντες της ομάδας εστίασης επισήμαναν ως αρνητικά κατά την αξιολόγηση της συσκευής. Οι πληροφορίες που συγκεντρώθηκαν από τους συμμετέχοντες, θα βοηθήσουν στη βελτίωση του σχεδιασμού, της λειτουργικότητας και της εμπειρίας χρήσης. Συγκεκριμένα, τα αρνητικά σχόλια που αφορούσαν την ακρίβεια ορισμένων αισθητήρων, την ανάγκη για πιστοποίηση της συσκευής και τη βελτίωση της συνδεσιμότητας θα πρέπει να αποτελέσουν προτεραιότητα για τις επόμενες φάσεις ανάπτυξης. Η βελτίωση αυτών των στοιχείων θα ενισχύσει την αξιοπιστία της συσκευής και θα την καταστήσει πιο χρήσιμη για τους τελικούς χρήστες.

Η απόκτηση ιατροτεχνολογικής πιστοποίησης αποτελεί βασική προτεραιότητα, καθώς είναι απαραίτητη για την επίσημη χρήση της συσκευής σε κλινικά περιβάλλοντα και για την ενίσχυση της εμπιστοσύνης των χρηστών. Αυτό απαιτεί τη διεξαγωγή κλινικών δοκιμών υπό αυστηρές προδιαγραφές και τη συμμόρφωση με διεθνή πρότυπα ασφαλείας και ποιότητας. Παράλληλα, η βελτίωση της ακρίβειας και της ανθεκτικότητας των αισθητήρων είναι κρίσιμη, καθώς θα επιτρέψει στη συσκευή να λειτουργεί με μεγαλύτερη αξιοπιστία σε πιο απαιτητικές περιβαλλοντικές συνθήκες.

Μια σημαντική προέκταση της εργασίας είναι η ανάπτυξη μιας εφαρμογής για κινητές συσκευές ή υπολογιστές, η οποία θα συνδέεται απευθείας με τη συσκευή μέσω τεχνολογιών όπως Wi-Fi, ή Bluetooth. Η εφαρμογή θα παρέχει στους χρήστες πρόσβαση σε πραγματικό χρόνο στα δεδομένα που καταγράφει η συσκευή και οι χρήστες θα μπορούν να βλέπουν τις μετρήσεις σε γραφήματα ή πίνακες, διευκολύνοντας την αναγνώριση πιθανών προβλημάτων. Επιπλέον, η εφαρμογή θα μπορούσε να ενσωματώνει ειδοποιήσεις σε περίπτωση ανίχνευσης ανησυχητικών τιμών, παρέχοντας έγκαιρες προειδοποιήσεις για την πρόληψη κρίσεων υγείας. Σε περίπτωση που οι μετρήσεις υπερβούν προκαθορισμένα ασφαλή όρια, η εφαρμογή θα αποστέλλει αυτόματα ειδοποιήσεις στον ασθενή, ή ακόμα και στον θεράποντα ιατρό του για να ενημερώνει άμεσα σε περιπτώσεις ανεπιθύμητων καταστάσεων. Τέλος, η εφαρμογή μπορεί να ενσωματώσει λειτουργίες τεχνητής νοημοσύνης που θα αναλύουν τα δεδομένα για να παρέχουν εξατομικευμένες συμβουλές ή προβλέψεις για πιθανές επιπλοκές.

Ακόμα, η συσκευή μπορεί να ενσωματωθεί σε ολοκληρωμένα συστήματα ψηφιακής υγείας, επιτρέποντας την άμεση πρόσβαση των

επαγγελματιών υγείας στα δεδομένα των ασθενών μέσω τηλεϊατρικών πλατφορμών. Αυτή η προσέγγιση θα διευκολύνει τη συνεργασία μεταξύ ασθενών και ιατρών, συμβάλλοντας σε μια πιο εξατομικευμένη φροντίδα.

Η προστασία των δεδομένων των χρηστών είναι ζωτικής σημασίας για την επιτυχία και την αξιοπιστία της συσκευής, ειδικά δεδομένης της ευαίσθητης φύσης των πληροφοριών που σχετίζονται με την υγεία. Η ενσωμάτωση ισχυρών μηχανισμών ασφάλειας αποτελεί βασική μελλοντική προέκταση για τη διασφάλιση της ιδιωτικότητας και της εμπιστοσύνης των χρηστών, ιδιαίτερα σε συνδυασμό της συσκευής με τη χρήση κάποιας εφαρμογής. Η χρήση πρωτοκόλλων κρυπτογράφησης είναι απαραίτητη για την προστασία των δεδομένων που αποθηκεύονται στη συσκευή ή μεταδίδονται σε απομακρυσμένους διακομιστές και εφαρμογές. Η χρήση συστημάτων ελέγχου ταυτότητας χρηστών, όπως κωδικοί πρόσβασης και βιομετρικά δεδομένα, θα εξασφαλίσει ότι μόνο εξουσιοδοτημένα άτομα μπορούν να έχουν πρόσβαση στις πληροφορίες της συσκευής. Επιπλέον, η ασφάλεια της συσκευής θα πρέπει να περιλαμβάνει μηχανισμούς ανίχνευσης και προστασίας από απειλές, όπως κακόβουλο λογισμικό ή μη εξουσιοδοτημένη πρόσβαση.

Η μετατροπή της συσκευής σε ασύρματη αποτελεί ένα σημαντικό βήμα για την ενίσχυση της ευχρηστίας, της ευελιξίας και της πρακτικότητάς της. Μια ασύρματη συσκευή θα καταργούσε την ανάγκη για καλώδια τροφοδοσίας και σύνδεσης δεδομένων, καθιστώντας τη χρήση της πιο άνετη και προσαρμόσιμη σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Αυτό θα διευκόλυνε τη μεταφορά και την τοποθέτησή της, ενώ θα την καθιστούσε ιδανική για οικιακές και φορητές εφαρμογές. Η απουσία καλωδίων θα μείωνε επίσης την αίσθηση πολυπλοκότητας, καθιστώντας τη συσκευή πιο εύχρηστη, ακόμη και για άτομα που δεν είναι εξοικειωμένα με τεχνολογικά εργαλεία. Αυτή η προσέγγιση θα επέτρεπε στους χρήστες να τη χρησιμοποιούν για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Επιπλέον, η δυνατότητα σύνδεσης της συσκευής με άλλες μέσω του Διαδικτύου των Πραγμάτων (IoT) μπορεί να ανοίξει νέες προοπτικές στη διαχείριση της υγείας. Για παράδειγμα, η συσκευή θα μπορούσε να επικοινωνεί με έξυπνους αισθητήρες ή να ενσωματώνεται σε ολοκληρωμένα συστήματα τηλεϊατρικής, στέλνοντας ειδοποιήσεις και δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε επαγγελματίες υγείας. Συνολικά, η αναβάθμιση της συσκευής με ασύρματη λειτουργία δεν θα βελτίωνε μόνο την καθημερινότητα των χρηστών, αλλά θα την έκανε πιο

σύγχρονη και ελκυστική για το ευρύτερο κοινό. Θα την καθιστούσε επίσης πιο ανταγωνιστική στην αγορά, καθώς θα μπορούσε να καλύψει τις ανάγκες διαφορετικών χρηστών και εφαρμογών, από οικιακή παρακολούθηση έως επαγγελματική χρήση. Αυτή η βελτίωση θα ανέβαζε το επίπεδο της συσκευής, δίνοντάς της τη δυνατότητα να ανταποκριθεί στις απαιτήσεις της σύγχρονης τεχνολογίας και των χρηστών της.

Τέλος, βελτίωση της εμφάνισης της συσκευής είναι σημαντική για να γίνει πιο ελκυστική και εύχρηστη. Ένας πιο μοντέρνος και πρακτικός σχεδιασμός θα την καταστήσει πιο προσιτή και φιλική προς τον χρήστη. Ο εξωτερικός σχεδιασμός της συσκευής θα μπορούσε να αναβαθμιστεί με τη χρήση υλικών υψηλής ποιότητας, από ανθεκτικά υλικά, τα οποία όχι μόνο θα βελτιώσουν την αισθητική της συσκευής, αλλά θα αυξήσουν και την αντοχή της στη φθορά, καθιστώντας την κατάλληλη για μεταφορά και μακροχρόνια χρήση σε ποικίλα περιβάλλοντα.

Η υλοποίηση των προτεινόμενων μελλοντικών βημάτων και προεκτάσεων θα ενισχύσει τη λειτουργικότητα, την αξιοπιστία και την αποδοτικότητα της συσκευής, καθιστώντας την ακόμα πιο πρακτική και εύχρηστη για τους χρήστες. Παράλληλα, αυτές οι βελτιώσεις δεν θα ενισχύσουν μόνο την απόδοση της συσκευής, αλλά θα συμβάλουν και στην ουσιαστική βελτίωση της ποιότητας ζωής των ασθενών. Με την καλύτερη παρακολούθηση των ζωτικών και περιβαλλοντικών παραμέτρων, οι ασθενείς θα μπορούν να διαχειρίζονται αποτελεσματικότερα την υγεία τους μειώνοντας την εξάρτηση από τις φυσικές επισκέψεις σε ιατρικά κέντρα. Η συσκευή, σε συνδυασμό με τις προτεινόμενες βελτιώσεις, έχει τη δυνατότητα να εξελιχθεί σε ένα πολύτιμο εργαλείο που θα στηρίζει την αυτονομία των ασθενών, θα βελτιώσει την καθημερινότητά τους και θα συμβάλλει στη συνολική προαγωγή της υγείας.

Βιβλιογραφία

1. Standring S, editor. Gray's Anatomy: The Anatomical Basis of Clinical Practice. 42nd ed. Elsevier; 2020.
2. LeMone P, Burke K, Bauldoff G. Παθολογική-Χειρουργική Νοσηλευτική: Κριτική Σκέψη κατά τη Φροντίδα του Ασθενούς. Τόμος Β'. 5η έκδοση. Ενότητα 9: Αντιδράσεις στις Διαταραχές Αναπνευστικής Λειτουργίας. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λαγός Δημήτριος; 2014. σελ. 1350-1357.
3. West JB. Respiratory Physiology: The Essentials. 10η έκδοση. Φιλαδέλφεια: Lippincott Williams & Wilkins; 2015.
4. Το ανθρώπινο αναπνευστικό σύστημα [Διαδίκτυο]. Αθήνα: Πνευμονολογικό Ιατρείο AthensLung. Διαθέσιμο από: <https://www.athenslung.gr/to-fysiologiko-anapneystiko-systima/>
5. LeMone P, Burke K, Bauldoff G. Παθολογική-Χειρουργική Νοσηλευτική: Κριτική Σκέψη κατά τη Φροντίδα του Ασθενούς. Τόμος Β'. 5η έκδοση. Ενότητα 9: Αντιδράσεις στις Διαταραχές Αναπνευστικής Λειτουργίας. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λαγός Δημήτριος; 2014. σελ. 1421-1423.
6. European Lung Foundation. Πνευμονικές Παθήσεις - Πνευμονική υπέρταση [Διαδίκτυο]. Sheffield: ELF. Διαθέσιμο από: <https://europeanlung.org/el/information-hub/lung-conditions/πνευμονική-υπέρταση/>
7. Osborn KS, Wraa CE, Watson AB, Holleran RS. Παθολογική-χειρουργική νοσηλευτική. Ενότητα 7: Νοσηλευτική αντιμετώπιση ασθενών με αναπνευστικές διαταραχές. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Π. Χ. Πασχαλίδης; 2012. σελ. 717-718.
8. European Lung Foundation – Οξείες Παθήσεις Κατώτερου Αναπνευστικού Συστήματος [Διαδίκτυο]. Sheffield: ELF. Διαθέσιμο από: <https://europeanlung.org/el/information-hub/lung-conditions/οξείες-λοιμωξεις-κατωτερου-αναπνευστ/>
9. Το Βήμα. Έρευνα: Γρίπη και πνευμονία πίσω από τον έναν στους επτά θανάτους παιδιών [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.tovima.gr/2019/11/01/science/ereyna-gripi-kai-pneymonia-piso-apo-ton-enan-stous-epta-thanatous-paidion/>
10. World Health Organization. Pneumonia [Διαδίκτυο]. Geneva: WHO. Διαθέσιμο από: https://www.who.int/health-topics/pneumonia#tab=tab_1
11. Andreoli TE, Carpenter CC, Griggs RC, Loscalzo J. Cecil Βασική Παθολογία. Μέρος 4: Παθολογία των Πνευμόνων και Εντατική Θεραπεία. 5η έκδοση. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λίτσας; 2009
12. World Health Organization. Chronic obstructive pulmonary disease (COPD) [Διαδίκτυο]. Geneva: WHO. Διαθέσιμο από: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-\(copd\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/chronic-obstructive-pulmonary-disease-(copd))
13. Ελληνική Πνευμονολογική Εταιρεία. Ελληνική Πνευμονολογική Εταιρεία [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.hts.org.gr/558>

14. Global Initiative for Asthma. [Διαδίκτυο]. Fontana, WI: GINA. Διαθέσιμο από: <https://ginasthma.org/>
15. National Institute for Health and Care Excellence (NICE). Lung cancer: diagnosis and management [Διαδίκτυο]. London: NICE; 2019
Διαθέσιμο από: <https://www.nice.org.uk/guidance/ng122>
16. European Lung Foundation. Lung conditions [Διαδίκτυο]. Sheffield: ELF
Διαθέσιμο από: <https://europeanlung.org/en/information-hub/lung-conditions/>
17. National Heart, Lung, and Blood Institute. Cystic Fibrosis [Διαδίκτυο]. Bethesda, MD: NHLBI. Διαθέσιμο από: <https://www.nhlbi.nih.gov/health/cystic-fibrosis>
18. American Sleep Apnea Association. Sleep Apnea [Διαδίκτυο]. Washington, D.C.: ASAA; Διαθέσιμο από: <https://www.sleepapnea.org/>
19. National Association for Home Care and Hospice (NACH). Home Care and Hospice: State of the Industry Report. Washington, DC: NACH; 2009.
20. Michigan HomeCare & Hospice Association. What is Home Care? [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.mhha.org/what-is-home-care/>
21. Βαλιάδου Α. Δίκτυα φροντίδας και νοσηλείας στο σπίτι: Η πρόκληση για τα συστήματα υγείας [μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία]. Θεσσαλονίκη: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης; 2024.
Διαθέσιμο από: <http://dx.doi.org/10.26265/polynoe-6667>
22. Anthony A, Milone-Nuzzo P. Factors attracting and keeping nurses in home care. Home Healthcare Nurse. 2005; σελ. 372–377.
23. Williams OE, Elghenzai S, Subbe C, Wyatt JC, Williams J. The use of telemedicine to enhance secondary care: some lessons from the front line. Future Healthc J. 2017;4(2):109–14. doi: 10.7861/futurehosp.4-2-109.
24. European Lung Foundation. Φυλλάδια Πληροφοριών [Διαδίκτυο]. Sheffield: ELF. Διαθέσιμο από: <https://europeanlung.org/el/information-hub/factsheets/τηλεϊατρική/>
25. Βασιλοπούλου Μ. Επίδραση της αναπνευστικής αποκατάστασης στην καθημερινή σωματική δραστηριότητα πνευμονοπαθών [Διδακτορική Διατριβή]. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Επιστήμης Φυσικής Αγωγής και Αθλητισμού, Τομέας Αθλητιατρικής και Βιολογίας της Άσκησης; 2016; doi: 10.12681/eadd/38717.
26. Copur EO. Advantages and disadvantages of home care for caregivers. Στο: 6ο Παγκόσμιο Συνέδριο Νοσηλευτικής και Υγείας. 2016.
27. Αδαμακίδου Θ, Σταθάτος Μ, Καλοκαιρινού-Αναγνωστοπούλου Α. Νοσοκομειακή περίθαλψη στο σπίτι: Ένα μοντέλο υψηλού επιπέδου κλινικής διαχείρισης ασθενών στην κοινότητα. Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής. 2015; σελ.149-157.
28. ACCP/AACVPR Pulmonary Rehabilitation Guidelines Panel. Pulmonary rehabilitation: joint ACCP/AACVPR evidence-based

- guidelines. American College of Chest Physicians. American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Chest*. 1997;112(5):1363–96.
29. Gardner D, Nemala S, Lynch B, Pontula A, Winders T. Home monitoring & telehealth education for asthma disease management. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2022; doi: 10.1016/j.anai.2022.08.636.
 30. Καραδόντας Ι. Προαγωγή της υγείας μέσω της κατ' οίκον νοσηλευτικής φροντίδας των ατόμων με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια που χρησιμοποιούν το μη επεμβατικό αερισμό [Διδακτορική Διατριβή]. Λάρισα: Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Ιατρικής, Τομέας Παθολογίας, Κλινική Πνευμονολογική; 2014; doi: 10.12681/eadd/40838.
 31. Βαβουράκη Ε. Βασικές αρχές αναπνευστικής φυσιοθεραπείας: Τεχνικές και συσκευές αναπνευστικής φυσιοθεραπείας [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://docplayer.gr/82470779-Vasikes-arhes-anapneystikis-fysiotherapeias-tehnikes-kai-syskeyes-anapneystikis-fysiotherapeias-eleni-vavoyraki-md-phd-pneymonologos.html>
 32. Τμήμα Φυσικοθεραπείας, Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας. Ασκήσεις Αναπνοής και Βήχα σε Νοσηλευόμενους Ασθενείς. Λάρισα: Πανεπιστημιακό Γενικό Νοσοκομείο Λάρισας.
 33. Κατσούλας Θ. Μεταβολές της ποιότητας ζωής σε αρρώστους με χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια μετά από νοσηλεία για παρόξυνση της νόσου [Διδακτορική Διατριβή]. Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Επιστημών Υγείας, Τμήμα Νοσηλευτικής; 2006; doi: 10.12681/eadd/21482.
 34. Chamberlain SA, Garrod R, Douiri A, Masefield S, Powell P, Bücher C, et al. The impact of chronic cough: a cross-sectional European survey. *Lung*. 2015;193(3):401–8. doi: 10.1007/s00408-015-9701-2.
 35. Wertz DA, Pollack M, Rodgers K, Bohn RL, Sacco P, Sullivan SD. Impact of asthma control on sleep, attendance at work, normal activities, and disease burden. *Ann Allergy Asthma Immunol*. 2010;105(2):118–23. doi: 10.1016/j.anai.2010.05.009.
 36. European Lung Foundation. Ζώντας με μια πνευμονική πάθηση [Διαδίκτυο]. Sheffield: ELF. Διαθέσιμο από: <https://europeanlung.org/el/information-hub/living-with-a-lung-condition/ψυχική-ευεξία-και-υγεία-των-πνευμόνων/>
 37. Moyimane MB, Matlala SF, Kekana MP. Experiences of nurses on the critical shortage of medical equipment at a rural district hospital in South Africa: a qualitative study. *Pan Afr Med J*. 2017;28:100. doi: 10.11604/pamj.2017.28.100.11641.
 38. Aronson JK, Heneghan C, Ferner RE. Medical devices: definition, classification, and regulatory implications. *Drug Saf*. 2019;43(2):83–93. doi: 10.1007/s40264-019-00878-3.
 39. Peter L, Hajek L, Maresova P, Augustynek M, Penhaker M. Medical devices: regulation, risk classification, and open innovation. *J Open*

- Innov Technol Mark Complex. 2020;6(2):42. doi: 10.3390/joitmc6020042.
40. Mooghali M, Rathi VK, Kadakia KT, Ross JS, Dhruva SS. Medical device risk (re)classification: lessons from the FDA's 515 Program Initiative. *BMJ Surg Interv Health Technol.* 2023;5(1):e000186. doi: 10.1136/bmjst-2023-000186.
 41. Nori LP, Teja P, Jeevan S, Varma TS, Raju KV. CE marking – an insignia for medical devices in European Union. *Curr Trends Pharm Pharm Chem.* 2023;5(1):4–9. doi: 10.18231/j.ctppc.2023.002.
 42. Kaule S, Bock A, Dierke A, Siewert S, Schmitz K-P, Stiehm M, et al. Medical device regulation and current challenges for the implementation of new technologies. *Curr Dir Biomed Eng.* 2020;6(3):334–7. doi: 10.1515/cdbme-2020-3086.
 43. Maisel WH. Medical device regulation: an introduction for the practicing physician. *Ann Intern Med.* 2004;140(4):296. doi: 10.7326/0003-4819-140-4-200402170-00012.
 44. Rott P. Certification of medical devices: lessons from the PIP scandal. In: *Studies in European Economic Law and Regulation.* 2019:189–211. doi: 10.1007/978-3-030-02499-4_9.
 45. Nistor C, Tucker CE. Certification intermediaries: evidence from the medical device industry. [Internet]. Chapman University; Massachusetts Institute of Technology; 2015; 52 p. Available from: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2554984
 46. LeMone P, Burke K, Bauldoff G. Παθολογική-Χειρουργική Νοσηλευτική: Κριτική Σκέψη κατά τη Φροντίδα του Ασθενούς. Τόμος Β'. 5η έκδοση. Ενότητα 9: Αντιδράσεις στις Διαταραχές Αναπνευστικής Λειτουργίας. Αθήνα: Ιατρικές Εκδόσεις Λαγός Δημήτριος; 2014.
 47. O'Driscoll BR, Howard LS, Earis J, Mak V. British Thoracic Society Guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings. *BMJ Open Respir Res.* 2017;4(1):e000170. doi: 10.1136/bmjresp-2016-000170.
 48. Life in the Fast Lane (LITFL). Oxygen saturation targets in critical care [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://litfl.com/oxygen-saturation-targets-in-critical-care/>
 49. Krishtafor DA, Kravets OV, Klygunenko OM, Yekhalov VV, Stanin DM. Capnometry in the intensive care unit: literature review. *Emerg Med.* 2023;19(4):216–24. doi: 10.22141/2224-0586.19.4.2023.1588.
 50. Coëffic A, Joachim J, Manquat E, Felliot É, Vallée F, Mebazaa A, et al. Trending ability of end-tidal capnography monitoring during mechanical ventilation to track changes in arterial partial pressure of carbon dioxide in critically ill patients with acute brain injury: a monocenter retrospective study. *Anesth Analg.* 2024;138(3):607. doi: 10.1213/ANE.0000000000006553.
 51. Karasan E, Abid A, Mieloszyk RJ, Krauss BS, Heldt T, Verghese GC. An enhanced mechanistic model for capnography, with application to

- CHF-COPD discrimination. PubMed. 2018;64:5267–72. doi: 10.1109/embc.2018.8513420.
52. Deng J, Balouch M, Mooney A, Ducoin CG, Camporesi EM. A capnography and transcutaneous CO₂ profile of bariatric patients during early postoperative period after opioid-sparing anesthesia. *Surg Obes Relat Dis.* 2021;17(5):963–7. doi: 10.1016/j.soard.2021.01.013.
 53. Medical.gr. Σπυρομετρία [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://medical.gr/blog/spirometria-spirometrhsh.html>
 54. Casan Clarà P, Martínez González C, Ancochea J. Lung function testing in idiopathic pulmonary fibrosis: more than just spirometry? *Arch Bronconeumol.* 2016;52(9):441–9. doi: 10.1016/j.arbr.2016.07.009.
 55. Gaucher A, Frasca D, Mimoz O, Debaene B. Accuracy of respiratory rate monitoring by capnometry using the Capnomask® in extubated patients receiving supplemental oxygen after surgery. *Br J Anaesth.* 2011;108(2):316–20. doi: 10.1093/bja/aer383.
 56. Park J, Hong K. Facial video-based robust measurement of respiratory rates in various environmental conditions. *J Sensors.* 2023;2023:1–16. doi: 10.1155/2023/9207750.
 57. Nakajima K, Tamura T, Miike H. Monitoring of heart and respiratory rates by photoplethysmography using a digital filtering technique. *Med Eng Phys.* 1996;18(5):365–72. doi: 10.1016/1350-4533(95)00066-6.
 58. Yáñez AM, Prat JP, Álvarez-Sala JL, Calle M, Lobato SD, Gonzalez G, et al. Oxygenation with a single portable pulse-dose oxygen-conserving device and combined stationary and portable oxygen delivery devices in subjects with COPD. *Respir Care.* 2014;60(3):382–7. doi: 10.4187/respcare.03470.
 59. Burioka N. Telemonitoring of home oxygen therapy: a review of the state of the art and introduction of a new cloud-based system. *Yonago Acta Med.* 2020;63(4):239–45. doi: 10.33160/yam.2020.11.001.
 60. Murphy PB, Hart N. Home non-invasive ventilation for COPD: how, who and when? *Arch Bronconeumol.* 2018;54(3):149–54. doi: 10.1016/j.arbr.2017.12.008.
 61. Bechtel RM, Fuhrman AM. Best placement of bleed-in oxygen on home style NIV devices in the acute care hospital. *Respir Care.* 2020;65(Suppl 10). Διαθέσιμο από: https://rc.rcjournal.com/content/65/Suppl_10/3446266.short.
 62. Martin AR, Finlay WH. Nebulizers for drug delivery to the lungs. *Expert Opin Drug Deliv.* 2015;12(6):889–900. doi: 10.1517/17425247.2015.995087.
 63. Salman OH, Rasid MFA, Saripan MI, Subramaniam SK. Multi-sources data fusion framework for remote triage prioritization in telehealth. *J Med Syst.* 2014;38(9):103. doi: 10.1007/s10916-014-0103-4
 64. Ninikrishna T, Kumar M, Kumar N, Karn P, Rachana SV. An efficient IoT-based body parameters telemonitoring system. In: 2020 Second International Conference on Inventive Research in Computing

- Applications (ICIRCA). 2020. p. 1167–71. doi: 10.1109/icirca48905.2020.9183030.
65. Hamdani M, Youcefi M, Rabehi A, Nail B, Douara A. Design and implementation of a medical telemonitoring system based on IoT. *Eng Technol Appl Sci Res.* 2022;12(4):8949–53. doi: 10.48084/etasr.5040.
 66. Moraveji N, Murray R, Holt M, Hollenbach J, Golz P, Crocker M, et al. Use of a clothing adherent respiratory sensor to continuously monitor COPD patients at home. *Eur Respir J.* 2019;54(Suppl 63):PA5219. Διαθέσιμο από: https://erj.ersjournals.com/content/54/suppl_63/PA5219.
 67. Zhang C, Zhang L, Tian Y, Bao B, Li D. A machine-learning-algorithm-assisted intelligent system for real-time wireless respiratory monitoring. *Appl Sci.* 2023;13(6):3885. doi: 10.3390/app13063885.
 68. Naranjo-Hernández D, Talaminos-Barroso A, Reina-Tosina J, Roa L, Barbarov-Rostan G, Cejudo-Ramos P, et al. Smart vest for respiratory rate monitoring of COPD patients based on non-contact capacitive sensing. *Sensors.* 2018;18(7):2144. doi: 10.3390/s18072144.
 69. Dai J, Meng J, Zhao X, Zhang W, Fan Y, Shi B, et al. A wearable self-powered multi-parameter respiration sensor. *Adv Mater Technol.* 2023;8(7):e202201535. doi: 10.1002/admt.202201535.
 70. Dinh T, Nguyen T, Phan HP, Nguyen NT, Dao DV, Bell J. Stretchable respiration sensors: advanced designs and multifunctional platforms for wearable physiological monitoring. *Biosens Bioelectron.* 2020;166:112460. doi: 10.1016/j.bios.2020.112460.
 71. Dieffenderfer J, Goodell H, Mills S, McKnight M, Yao S, Lin F, et al. Low-power wearable systems for continuous monitoring of environment and health for chronic respiratory disease. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2016;20(5):1251–64. doi: 10.1109/jbhi.2016.2573286.
 72. Chen Y, Liu F, Lu B, Zhang Y, Feng X. Skin-like hybrid integrated circuits conformal to face for continuous respiratory monitoring. *Adv Electron Mater.* 2020;6(7):2000145. doi: 10.1002/aelm.202000145.
 73. MEDNET. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο αναπνευστικό σύστημα. [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.mednet.gr/archives/2011-4/pdf/502.pdf>
 74. Anderson HR, Favarato G, Atkinson RW. Long-term exposure to air pollution and the incidence of asthma: meta-analysis of cohort studies. *Air Qual Atmos Health.* 2013;6:47–56.
 75. World Health Organization, Environmental Health in Rural and Urban Development and Housing Unit. Indoor environment: health aspects of air quality, thermal environment, light and noise [PDF]. Geneva: WHO; 1990. p. 17.
 76. Mayo Clinic Health System. Is the extreme cold bad for your lungs? [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.mayoclinichealthsystem.org/hometown-health/speaking-of-health/is-the-extreme-cold-bad-for-your-lungs>

77. Athens Lung. Υγρασία, μούχλα και πνεύμονες [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.athenslung.gr/ygrasia-moychla-kai-pneymones/>
78. Singh K, Thiyagarajan P, P S. Design and implementation of IoT enabled low cost SPO2 and heart rate monitoring system. In: 2022 IEEE Delhi Section Conference (DELCON). IEEE; 2022. doi: 10.1109/delcon54057.2022.9753167.
79. Ali MM, Haxha S, Alam MM, Nwibor C, Sakel M. Design of Internet of Things (IoT) and Android-based low-cost health monitoring embedded system wearable sensor for measuring SpO2, heart rate and body temperature simultaneously. *Wirel Pers Commun.* 2019;111(4):2449–63. doi: 10.1007/s11277-019-06995-7.
80. Schweitzer MD, et al. Indoor climate and air quality in relation to asthma and respiratory allergies. *Allergy Asthma Clin Immunol.* 2018;14(1):1–10.
81. Yang J, Chen B, Zhou J, Zhihan L. A low-power and portable biomedical device for respiratory monitoring with a stable power source. *Sensors.* 2015;15(8):19618–32. doi: 10.3390/s150819618.
82. Chen Z, Zhang J, Xie W. The detection of carbon monoxide concentration using MQ-7 gas sensor. *Int J Eng Adv Technol.* 2015;4(6):123–6.
83. Adiono T, Ahmadi N, Saraswati C, Aditya Y, Yudanto YA, Aziz A, et al. Respinos: a portable device for remote vital signs monitoring of COVID-19 patients. *IEEE Trans Biomed Circuits Syst.* 2022;16(5):947–61. doi: 10.1109/tbcas.2022.3204632.
84. Naranjo-Hernández D, Talaminos-Barroso A, Reina-Tosina J, Roa L, Barbarov-Rostan G, Cejudo-Ramos P, et al. Smart vest for respiratory rate monitoring of COPD patients based on non-contact capacitive sensing. *Sensors.* 2018;18(7):2144. doi: 10.3390/s18072144.
85. Pazart L, Sall FS, De Luca A, Vivot-Pugin A, Pili-Floury S, Capellier G, et al. Consideration of the human factor in the design and development of a new medical device: example of a device to assist manual ventilation. In: *Proceedings of the 10th International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies.* 2017. p. 215–23. doi: 10.5220/0006250102150223.
86. Piuzzi E, Pisa S, Pittella E, Podestà L, Sangiovanni S. Wearable belt with built-in textile electrodes for cardio-respiratory monitoring. *Sensors.* 2020;20(16):4500. doi: 10.3390/s20164500.
87. Angelucci A, Kuller D, Aliverti A. A home telemedicine system for continuous respiratory monitoring. *IEEE J Biomed Health Inform.* 2020:1–1. doi: 10.1109/jbhi.2020.3012621.
88. Yang J, Chen B, Zhou J, Zhihan L. A low-power and portable biomedical device for respiratory monitoring with a stable power source. *Sensors.* 2015;15(8):19618–32. doi: 10.3390/s150819618.
89. Arduino. Arduino Introduction. [arduino.cc](https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction). [Διαδίκτυο] Διαθέσιμο από: <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>.

90. Arduino. Arduino Uno-rev3. arduino.cc. [Διαδίκτυο] Διαθέσιμο από: <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>.
91. IBM. Overview of I/O expansion units [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.ibm.com/docs/en/power7?topic=units-overview-io-expansion>
92. Adafruit. Guide to breadboarding [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://learn.adafruit.com/breadboards-for-beginners/breadboards>
93. DHT22 Humidity & Temperature Sensor Technical Datasheet [PDF] [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
94. MQ-7 Carbon Monoxide Sensor Technical Datasheet [PDF] [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-7.pdf>
95. MG811 CO2 Sensor Technical Datasheet [PDF] [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://sandboxelectronics.com/files/SEN-000007/MG811.pdf>
96. ASHRAE. Technical FAQ: Indoor Air Quality [PDF] [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.ashrae.org/File%20Library/Technical%20Resources/Technical%20FAQs/TC-04.03-FAQ-35.pdf>
97. MAX30201 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor Technical Datasheet [PDF] [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/datasheets/MAX30102.pdf>
98. Last Minute Engineers. Arduino 16x2 Character LCD Tutorial [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://lastminuteengineers.com/arduino-1602-character-lcd-tutorial/>
99. New Jersey Institute of Technology (NJIT). LCD Display on Arduino [PDF] [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://ecelabs.njit.edu/fed101/resources/LCD%20display%20on%20Arduino.pdf>
100. Arduino. Arduino IDE v1 Basics Tutorial [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://docs.arduino.cc/software/ide-v1/tutorials/arduino-ide-v1-basics/>
101. Learn Electronics. Γνωριμία με το Arduino IDE [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://learnelectronics.gr/γνωριμία-με-το-arduino-ide/>
102. Nonin Medical. Παλμικό Οξύμετρο Nonin Onyx Vantage 9590 [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.nonin.com/products/9590/>
103. Contec Medical Systems Co., Ltd. CMS50F Pulse Oximeter. [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.contecmed.com/productinfo/699096.html>
104. Wellue. O2Ring Smart Ring Pulse Oximeter [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://getwellue.com/pages/o2ring-oxygen-monitor>

105. Kaiterra. Laser Egg+ CO2. [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://learn.kaiterra.com/en/air-academy/advance-your-air-with-the-laser-egg-co2>
106. GlobiSmart. Σύστημα Ελέγχου Ποιότητας Αέρα [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://globismart.gr>
107. Bacharach. Αισθητήρας Μονοξειδίου του Άνθρακα Monoxor Plus [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.mybacharach.com/product/monoxor-plus/>
108. FIBARO. CO Sensor: Αισθητήρας Μονοξειδίου του Άνθρακα [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://www.fibaro.com/en/products/co-sensor/>
109. E-Sun. ETP-110 Ψηφιακό Θερμόμετρο και Μετρητής Υγρασίας [Διαδίκτυο]. Διαθέσιμο από: <https://shopflix.gr/p/SF-10437898/thermometro-esun-etp110-psifiako-kai-metritis-ygrasias-10412420>

Παράρτημα

```
#include "DFRobot_BloodOxygen_S.h"
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // Συμπερίληψη βιβλιοθήκης
LiquidCrystal_I2C

#define I2C_COMMUNICATION //use I2C for communication, but use the
serial port for communication if the line of codes were masked

#ifdef I2C_COMMUNICATION
#define I2C_ADDRESS 0x57
DFRobot_BloodOxygen_S_I2C MAX30102(&Wire ,I2C_ADDRESS);
#else

#if defined(ARDUINO_AVR_UNO) || defined(ESP8266)
SoftwareSerial mySerial(4, 5);
DFRobot_BloodOxygen_S_SoftwareUart MAX30102(&mySerial, 9600);
#else
DFRobot_BloodOxygen_S_HardwareUart MAX30102(&Serial1, 9600);
#endif
#endif
//constant definitions for MAX30102

#include <CO2Sensor.h>
#include "DHT.h"
//defines for DHT22
#define DHTPIN 2
#define DHTTYPE DHT22
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
//defines for DHT22

//constant definitions for MQ7
const int AOUTpin = A0;
const int DOUTpin = 8;
const int ledPin = 13;
//constant definitions for MQ7

//variables definitions for MQ7
int limit;
int value;
//variables definitions for MQ7

//variables definitions for MG811
CO2Sensor co2Sensor(A1, 0.99, 100);
//variables definitions for MG811
```

```

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,2); // Δημιουργία αντικειμένου
LiquidCrystal_I2C
// για οθόνη τύπου 16x2 στην I2C
διεύθυνση 0x27

void setup() {

  lcd.init(); // Ενεργοποίηση οθόνης
  lcd.backlight(); // Ενεργοποίηση οπίσθιου φωτισμού
  lcd.clear(); // Εκκαθάριση οθόνης

  Serial.begin(9600);

  //for DHT22
  //Serial.println("=== Initialized DHT22===");
  dht.begin();
  //for DHT22

  //for MQ7
  //Serial.println("=== Initialized MQ7===");
  pinMode(DOUTpin, INPUT);
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  //for MQ7

  //MG811
  Serial.begin(9600);
  //Serial.println("=== Initialized MG811===");
  co2Sensor.calibrate();
  //MG811

  //MAX30102
  Serial.begin(115200);
  while (false == MAX30102.begin())
  {
    Serial.println("init fail!");
    delay(1000);
  }
  Serial.println("init success!");
  Serial.println("start measuring...");
  MAX30102.sensorStartCollect();
  //MAX30102
}

void loop() {

  //MG811
  int val = co2Sensor.read();
  Serial.print("CO2 value:");

```

```

Serial.println(val);

lcd.clear(); // Εκκαθάριση οθόνης
lcd.setCursor(0,0); // 0 δρομέας στο 1ο χαρακτήρα της 1ης γραμμής
lcd.print("CO2: " + String(val)); // Τυπώνει CO2

delay(1000);
//MG811

//read DHT22 sensor values
delay(1500);
float h = dht.readHumidity();
float t = dht.readTemperature();
//read DHT22 sensor values

//check for DHT22 errors
if (isnan(h) || isnan(t)) {
  Serial.println(F("Failed to read from DHT sensor!"));
  return;
}
//check for DHT22 errors

//read MQ7 sensor values
value = analogRead(AOUTpin);
limit = digitalRead(DOUTpin);
delay(100);
//read MQ7 sensor values

//turn on-off the LED for MQ7 sensor
if (limit == HIGH) {
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
} else {
  digitalWrite(ledPin, LOW);
}
//turn on-off the LED for MQ7 sensor

//printings for DHT22
Serial.print(F("Humidity: "));
Serial.print(h);
lcd.clear(); // Εκκαθάριση οθόνης
lcd.setCursor(0,0); // 0 δρομέας στο 1ο χαρακτήρα της 1ης γραμμής
lcd.print("Humidity: " + String(h)); // Τυπώνει Humidity
delay(1000);

Serial.print(F(" Temperature: "));
Serial.print(t);
Serial.println(F("Celcius "));
lcd.clear(); // Εκκαθάριση οθόνης

```

```

lcd.setCursor(0,0); // 0 δρομέας στο 1ο χαρακτήρα της 1ης γραμμής
lcd.print("Temp.: " + String(t)); // Τυπώνει Temperature
delay(2000);
//printings for DHT22

//printings for MQ7 sensor
Serial.print("CO value: ");
Serial.print(value);
lcd.clear(); // Εκκαθάριση οθόνης
lcd.setCursor(0,0); // 0 δρομέας στο 1ο χαρακτήρα της 1ης γραμμής
lcd.print("CO: " + String(value)); // Τυπώνει CO value
delay(2000);

Serial.print("  Limit: ");
if (limit == HIGH){
  Serial.println("HIGH");
}
else{
  Serial.println("LOW");
}
//printings for MQ7 sensor

//MAX30102
MAX30102.getHeartbeatSP02();
Serial.print("SP02 is : ");
Serial.print(MAX30102._sHeartbeatSP02.SP02);
Serial.println("%");
Serial.print("heart rate is : ");
Serial.print(MAX30102._sHeartbeatSP02.Heartbeat);
Serial.println("Times/min");
Serial.print("Temperature value of the board is : ");
Serial.print(MAX30102.getTemperature_C());
Serial.println(" °C");
lcd.clear(); // Εκκαθάριση οθόνης
lcd.setCursor(0,0); // 0 δρομέας στο 1ο χαρακτήρα της 1ης γραμμής
lcd.print("SP02: " + String(MAX30102._sHeartbeatSP02.SP02)); //
Τυπώνει SP02
delay(2000);
lcd.clear(); // Εκκαθάριση οθόνης
lcd.setCursor(0,0); // 0 δρομέας στο 1ο χαρακτήρα της 1ης γραμμής
lcd.print("Heart Rate: " +
String(MAX30102._sHeartbeatSP02.Heartbeat)); // Τυπώνει Heart Rate
delay(2000);

//The sensor updates the data every 3 seconds
delay(3000);
//MAX30102
}

```