



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
UNIVERSITY OF WEST ATTICA

ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΝΤΕΛΕΖΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ ΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΤΟΥ ΠΑ.Δ.Α. ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ COVID-19

ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ: ΖΑΡΚΑ ΚΛΕΟΠΑΤΡΑ, ΧΡΗΣΤΟΥ ΜΑΡΙΑ

ΑΘΗΝΑ, ΙΟΥΛΙΟΣ 2022

**ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΑΕΡΑ ΤΩΝ ΧΩΡΩΝ
ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑ.Δ.Α. ΣΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΠΑΝΔΗΜΙΑΣ COVID-19**

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής:

Ντελέζος Κωνσταντίνος

Λέκτορας εφαρμογών, Τμήμα
Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας

Παπαδάς Ιωάννης

Επίκουρος καθηγητής, Τμήμα
Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας

Μπουλανίκη Παρασκευή

Λέκτορας εφαρμογών, Τμήμα
Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας

Copyrights © Ζάρκα Κλεοπάτρα, Χρήστου Μαρία, Τμήμα Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας,
Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών
του τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου
Δυτικής Αττικής.

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΩΝ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

«Βεβαιώνουμε ότι η παρούσα εργασία είναι αποτέλεσμα προσωπικής μελέτης και συγγραφής. Κάθε βοήθεια την οποία είχαμε για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Όσες πηγές αξιοποιήθηκαν (δεδομένα, ιδέες ή λέξεις), παρουσιάζονται πλήρως στον πίνακα της βιβλιογραφικής αναφοράς με παράλληλη χρήση παραπεμπτικού στο κείμενο. Οποιαδήποτε κομμάτια προερχόμενα από την βιβλιογραφική ανασκόπηση έχουν χρησιμοποιηθεί αυτούσια, δηλώνονται με την χρήση εισαγωγικών συνοδεία των παραπεμπτικών στην βιβλιογραφία.

Επίσης, βεβαιώνουμε ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από εμάς αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μας, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μας ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μας.»

Οι συγγραφείς

Ζάρκα Κλεοπάτρα

Χρήστου Μαρία

Στις οικογένειες μας
για την αμέριστη υποστήριξη και υπομονή

Περίληψη

Η μελέτη της ποιότητας του εσωτερικού αέρα την περίοδο της νέας πανδημίας αποδεικνύεται ένα χρήσιμο εργαλείο όταν είναι δύσκολη η μέτρηση του ιικού φορτίου. Γνωρίζοντας την ιδιότητα του εκπνεόμενου διοξειδίου του άνθρακα να αποβάλλεται από τον οργανισμό με τον ίδιο τρόπο που αποβάλλονται τα σταγονίδια και κατ' επέκταση βιολογικοί παράγοντες οδηγεί την επιστημονική κοινότητα στην εκτίμηση της πιθανότητας μετάδοσης του SARS-CoV-2 μέσω της αξιολόγησης του εσωτερικού περιβάλλοντος. Λαμβάνοντας υπόψη την δυνατότητα αερισμού των αιθουσών, πρωταρχικός σκοπός της έρευνας είναι η καταγραφή και αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εσωτερικού αέρα στους χώρους του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής (Πα.Δ.Α.) υπό τις νέες συνθήκες της πανδημίας. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά που θα μετρηθούν είναι διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), θερμοκρασία, σχετική υγρασία (RH), μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξυγόνο (O₂), μονοξείδιο (NO) και διοξείδιο του αζώτου (NO₂). Σε δεύτερο χρόνο, έχει σκοπό την παρατήρηση ορισμένων μεταβλητών των αιθουσών που πιθανώς επηρεάζουν τα υπό μελέτη ποιοτικά χαρακτηριστικά, κατά την διεξαγωγή μαθημάτων ή στην διάρκεια εργασίας εντός των χώρων. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε και συνολικά σε 41 αίθουσες του Πα.Δ.Α. Για την συλλογή των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν α) ειδικά όργανα μέτρησης καθώς και β) ένα ερωτηματολόγιο, δημιουργημένο από την ερευνητική ομάδα, που αφορά τα χαρακτηριστικά της αίθουσας. Η στατιστική ανάλυση με χρήση του εργαλείου SPSS υπέδειξε σημαντική θετική στατιστική συσχέτιση ανάμεσα στον αριθμό των ατόμων μέσα σε μια αίθουσα με τα επίπεδα του CO₂ και μεταξύ εγγύτητας της σκάλας με την σχετική υγρασία, ενώ σημειώθηκε σημαντική αρνητική συσχέτιση μεταξύ των ορόφων και της σχετικής υγρασίας. Παρατηρήθηκε, επίσης, αρνητική στατιστική συσχέτιση της διάρκειας εισροής φρέσκου αέρα από τα παράθυρα με τα επίπεδα του CO₂ και θετική στατιστική συσχέτιση CO₂ και ύπαρξης ανοιχτού παραθύρου. Τέλος, φαίνεται να υπάρχει θετική στατιστική συσχέτιση μεταξύ της εγγύτητας σε κάποια σκάλα του διαδρόμου με την θερμοκρασία και αρνητική συσχέτιση εμβαδού και σχετικής υγρασίας. Οι τιμές του οξυγόνου παρέμεναν ίδιες, ενώ για τα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά προσεγγίζονταν μηδενικές τιμές. Προτείνονται συμπληρωματικές μελέτες ώστε να συλλεχθούν περισσότερα δεδομένα και να εξαχθούν γενικότερα συμπεράσματα για την δυναμική αερισμού των αιθουσών του Πα.Δ.Α. σε όλες τις Πανεπιστημιούπολεις.

Λέξεις- κλειδιά: ποιοτικά χαρακτηριστικά αέρα, SARS-CoV-2, διοξείδιο του άνθρακα (CO₂), θερμοκρασία, μονοξείδιο του άνθρακα (CO), οξείδια του αζώτου (NO,NO₂), σχετική υγρασία (RH), αερισμός

Abstract

The study of the indoor air quality during the new pandemic proves to be a useful tool when the measurement of the viral load is difficult. Knowing that exhaled carbon dioxide is emitted from the body in the same way as droplets and biological factors, leads the scientific community to estimate the SARS-CoV-2 transmission possibility through the evaluation of the indoor environment. Minding the ventilation capabilities of the rooms, the primary aim of this study was to measure and evaluate indoor-air's quality characteristics inside the University of West Attica during the new pandemic circumstances. The air quality characteristics that are about to be measures are carbon dioxide (CO₂), temperature, relative humidity (RH), carbon monoxide (CO), oxygen (O₂), nitrogen monoxide (NO) and nitrogen dioxide (NO₂). A secondary aim is the observation of some classroom factors that are believed to interact with air quality characteristics during teaching and working hours. The study was conducted on 41 classrooms and other facilities provided by the University of West Attica. For the purpose of the present study the following tools were used: a) measuring devices and b) a questionnaire made by the research team regarding the classroom's characteristics. The statistical analysis using the SPSS statistical tool showed a significant positive correlation between the levels of CO₂ and the number of occupants and between classroom's proximity to the hallway stairs and RH, while a significant negative correlation was noted between building floors and RH. Moreover, there was negative correlation between CO₂ and the duration of having open windows and positive correlation between CO₂ and having -at least one- open window. Finally, there is a positive statistical correlation between the classroom's proximity to the hallway stairs and temperature and negative correlation between room's volume and RH. Oxygen rates were stable, while the rates of the rest quality characteristics were approaching 0. Future research is recommended, focusing on all three Campuses in order to have more data and make a completed assumption of the University's capabilities.

Keywords: air quality characteristics, SARS-CoV-2, carbon dioxide (CO₂), temperature, carbon monoxide (CO), nitrogen oxides (NO, NO₂), relative humidity (RH), ventilation

Περιεχόμενα

Περίληψη	8
Abstract	9
Συνοπτομογραφίες	13
Ορισμοί/ Έννοιες	14
Πρόλογος	15
Εισαγωγή	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΚΟΡΩΝΑΪΟΙ	18
1.1 Ιστορική αναδρομή	18
1.2 SARS-CoV-2	19
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΜΕΤΑΔΟΣΗ	21
2.1 Μετάδοση μέσω σταγονιδίων (Droplet Transmission)	21
2.2 Αερογενής Μετάδοση (Airborne Transmission)	21
2.3 Περί σταγονιδίων	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Ο ΑΕΡΑΣ	25
3.1 Η φυσική του αέρα	25
3.2 Η επίδραση του ανθρώπου στον αέρα εντός ενός χώρου	26
3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του αέρα	28
3.3.1 Διοξείδιο του Άνθρακα	28
3.3.2 Σχετική Υγρασία και Θερμοκρασία	29
3.3.3 Οξυγόνο	31
3.3.4 Μονοξείδιο του άνθρακα	31
3.3.5 Οξείδια του αζώτου	32
3.4 Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα	33
3.5 Ο ρόλος του αερισμού των χώρων για τις αναπνευστικές ασθένειες	34
3.5.1 Χρήση μάσκας	35
3.5.2 Η ανεπάρκεια του αερισμού στην μετάδοση SARS-CoV-2	36
3.6 Τρόποι αερισμού	37
3.6.1 Φυσικός αερισμός	38
3.6.2 Τεχνητός αερισμός	39
3.6.3 Καθαριστές αέρα με φίλτρα και Ηλεκτρονικοί καθαριστές αέρα	40
3.6.4 Άλλες συσκευές (ανεμιστήρες, κλιματιστικά)	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΒΑΣΗ	44
4.1 Σχέση εσωτερικού χώρου με την μετάδοση του SARS-CoV-2	44
4.2 Η καταγραφή του CO ₂ ως μέτρο αξιολόγησης του εσωτερικού αέρα	45
4.3 Η περίπτωση του Πα.Δ.Α.	47

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	52
5.1 Σκοπός της μελέτης και ερευνητικά ερωτήματα	52
5.2 Μέθοδος δειγματοληψίας- Περιγραφή του δείγματος	53
5.3 Εργαλεία συλλογής ερευνητικών δεδομένων	54
5.3.1 Δημιουργία ερωτηματολογίου	54
5.3.2 Συσκευές μέτρησης	54
5.4 Διαδικασία συλλογής δεδομένων	54
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	56
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΣΥΖΗΤΗΣΗ	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	68
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΥΠΕΙΝΟΛΟΓΟΥ	71
Βιβλιογραφία	73
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: CheckList/ Ερωτηματολόγιο	86

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

ΕΙΚΟΝΑ 1: ΜΕΓΕΘΟΣ ΣΤΑΓΟΝΙΔΙΩΝ (MORAWSKA & CAO, 2020) [33].....	22
ΕΙΚΟΝΑ 2 Η ΚΑΤΟΨΗ ΤΗΣ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥΠΟΛΗΣ 1 (ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΠΡΩΤΟΕΤΕΙΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ, ΤΕΙ ΑΘΗΝΑΣ, 2016)	49

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΟΡΟΦΩΝ ΚΤΙΡΙΟΥ	56
ΠΙΝΑΚΑΣ 2: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΘΕΣΕΩΝ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΟΝ ΔΙΑΔΡΟΜΟ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 3: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΥΠΑΡΞΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΣΜΟΥ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 4: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΘΕΣΗΣ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΟΡΤΑ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	57
ΠΙΝΑΚΑΣ 5: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΥΠΑΡΞΗΣ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 6: ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΥΠΑΡΞΗΣ ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΠΟΡΤΑΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 7: ΧΡΟΝΟΙ ΠΑΡΑΜΟΝΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	58
ΠΙΝΑΚΑΣ 8: ΧΡΟΝΟΙ ΑΝΟΙΧΤΩΝ ΠΑΡΑΘΥΡΩΝ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 9: ΧΡΟΝΟΙ ΑΝΟΙΧΤΗΣ ΠΟΡΤΑΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ (ΩΡΕΣ)	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 10: ΕΜΒΑΔΑ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	59
ΠΙΝΑΚΑΣ 11: ΑΡΙΘΜΟΣ ΑΤΟΜΩΝ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 12: ΜΕΣΟΙ ΟΡΟΙ, ΤΥΠΙΚΕΣ ΑΠΟΚΛΙΣΕΙΣ, ΕΛΑΧΙΣΤΕΣ ΚΑΙ ΜΕΓΙΣΤΕΣ ΤΙΜΕΣ ΤΩΝ ΠΟΙΟΤΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΟΥ ΑΕΡΑ	60
ΠΙΝΑΚΑΣ 13: ΤΙΜΕΣ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟΥ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 14: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ PEARSON (R) ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ, ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΑΙΘΟΥΣΑΣ, ΟΠΩΣ ΔΙΑΜΟΡΦΩΘΗΚΑΝ ΣΤΟ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ	61
ΠΙΝΑΚΑΣ 15: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ PEARSON (R) ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΕ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΥΠΟΕΡΩΤΗΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ ΘΕΣΗ ΑΙΘΟΥΣΑΣ ΣΤΟΝ ΔΙΑΔΡΟΜΟ	62

Συντομογραφίες

Πα.Δ.Α.: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής

Π.Ο.Υ.: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

ASHRAE: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

COVID-19: Coronavirus Disease 2019

EPA: Environmental Protection Agency

MERS-CoV: Middle East Respiratory Syndrome Coronavirus

REHVA: Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations

SARS-CoV-2: Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus-2

ppm: Parts Per Million (μέρη στο εκατομμύριο)

Ορισμοί/Έννοιες

Θερμική Άνεση (Thermal Comfort): η κατάσταση η οποία εκδηλώνει την ικανοποίηση του ατόμου σχετικά με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, ως προς την θερμοκρασία/ θερμότητα (ISO 7730) [1]

Θερμική Στήλη (Thermal Plume): περιλαμβάνει ένα μέρος από μια ουσία, όπως οι υδρατμοί οι οποίοι είναι σε διαφορετική θερμοκρασία, συνήθως σε μεγαλύτερη, που προέρχεται από την πηγή και ακόμα δεν έχει εξομαλυνθεί με την περιβάλλουσα ουσία και με την θερμοκρασία αυτής.

Παρευρισκόμενοι: ως παρευρισκόμενοι χαρακτηρίζονται όλα τα άτομα που εισέρχονται εντός μιας αίθουσας (στα πλαίσια της πτυχιακής εργασίας υπονοούνται κυρίως φοιτητές, εκπαιδευτικό προσωπικό, διοικητικοί υπάλληλοι, λοιπό προσωπικό ή οποιοσδήποτε άλλος εισερχόμενος) ανεξαρτήτως του διαστήματος παραμονής του στον χώρο.

Ύψος αναπνοής: πρόκειται για την περιοχή που βρίσκεται κοντά στο ανώτερο αναπνευστικό σύστημα του ανθρώπου (μύτη- στόμα), από όπου λαμβάνει ο άνθρωπος αέρα για την αναπνοή.

Droplet nucleous: «αερομεταφερόμενο κατάλοιπο πιθανώς μολυσματικών αερολυμάτων (φορεία μικροοργανισμών) από τα οποία το μεγαλύτερο μέρος του υγρού στοιχείου έχει εξατμιστεί» [2].

Περίπτωση υπερμετάδοσης (Super-Spreading Event): αφορά την μετάδοση μιας ασθένειας από έναν ασθενή (υπερμεταδότη) σε μεγαλύτερη από την συνήθη κλίμακα και συνοδεύεται από την εμφάνιση πολλών δευτερογενών κρουσμάτων.

Πρόλογος

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο της προαιρετικής Πτυχιακής Εργασίας για την απόκτηση του προπτυχιακού τίτλου σπουδών από την Σχολή Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και πιο συγκεκριμένα, από το Τμήμα Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας με κατεύθυνση Δημόσια Υγεία. Κύριος σκοπός της παρούσας έρευνας αποτελεί η καταγραφή και η μετέπειτα αξιολόγηση των τιμών των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εσωτερικού αέρα στους χώρους του Πα.Δ.Α. Σε δεύτερο βαθμό διενεργήθηκε παράλληλη παρατήρηση ορισμένων μεταβλητών που δύναται να επηρεάσουν τα υπό μελέτη ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Η ανάληψη του θέματος έγινε από δύο φοιτήτριες, τις Χρήστου Μαρία και Ζάρκα Κλεοπάτρα, έπειτα από αίτημά τους κατά το ακαδημαϊκό έτος 2020-2021. Οι επικρατούσες συνθήκες δεν επέτρεπαν την έναρξη της ερευνητικής διαδικασίας κατά το ίδιο ακαδημαϊκό έτος, καθώς ήταν απαραίτητη η επιστροφή της φοιτητικής κοινότητας στους χώρους του Πανεπιστημίου. Η καθυστέρηση αυτή έδωσε τον απαραίτητο χρόνο για την αρχική και ουσιαστική βιβλιογραφική ανασκόπηση και με βάση αυτήν, δημιουργήθηκε ένα ερωτηματολόγιο στο οποίο περιγράφονται ορισμένα χαρακτηριστικά των αιθουσών που πιστεύεται ότι επιδρούν στις μετρήσεις.

Σε αυτό το σημείο ως συγγραφική-ερευνητική ομάδα θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους ανθρώπους που μας βοήθησαν ώστε να φέρουμε εις πέρας την πτυχιακή εργασία. Αρχικά, θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον υπεύθυνο καθηγητή και επιτηρητή της παρούσας εργασίας, κ. Κωνσταντίνο Ντελέζο για την εμπιστοσύνη που έδειξε παραχωρώντας μας το εν λόγω θέμα πτυχιακής εργασίας, καθώς και την κ. Κωνσταντίνα Σκαναβή που συνέβαλε στην επικοινωνία με τις Κοσμητείες των Σχολών του Πα.Δ.Α. Επιπλέον, οφείλουμε ευχαριστίες στους υπεύθυνους διοικητικούς εργαζόμενους που μας ξενάγησαν στις εγκαταστάσεις των Σχολών τους και μας υπέδειξαν τους χώρους για την διεξαγωγή των μετρήσεων. Τέλος, ευχαριστούμε θερμά τους υπεύθυνους καθηγητές και φοιτητές που μας έδωσαν την άδεια για την διεξαγωγή των μετρήσεων καθώς και για την βοήθεια τους για την συμπλήρωση του ερωτηματολογίου, παρέχοντάς μας ορισμένες πληροφορίες όπως η διάρκεια του μαθήματος.

Εισαγωγή

Η εξέλιξη της ιατρικής και του κλάδου της επιδημιολογίας δείχνουν πως η μετάδοση ενός παθογόνου δεν αποτελεί απλή υπόθεση. Πίσω από την κάθε νόσο μπορούν να κρυφτούν πολλές και διαφορετικές αιτίες και αφορμές ή -όπως θα αναφέρονται στο εξής- παράγοντες που εμφανίζονται να αλληλεπιδρούν. Οι παράγοντες αυτοί, λοιπόν, χωρίζονται σε 3 βασικές κατηγορίες:

1. Παθογόνο
2. Ξενιστής
3. Περιβάλλον

Ειδικότερα, ο παθογόνος μικροοργανισμός είναι εκείνος που διαμορφώνει την μεταδοτικότητα και την λοιμοτοξικότητα κατά την επαφή του με τον ξενιστή. Τα επιστημονικά ερωτήματα που εγείρονται κατά την εμφάνιση ενός παθογόνου αφορούν το στέλεχος του μικροοργανισμού και τον τρόπο μετάδοσης με σημαντικότερα χαρακτηριστικά την αερογενή και ασυμπτωματική μετάδοση, τα οποία καθορίζουν και την στάση των υγειονομικών αρχών. Ο ξενιστής, στην συνέχεια, θα διαμορφώσει τις συνθήκες της νόσου. Η ύπαρξη ή μη ανοσίας έναντι του παθογόνου, η ανοσολογική απάντηση του οργανισμού κατά την είσοδο και ανάπτυξη του μικροοργανισμού καθώς και η χρήση φαρμακευτικών σκευασμάτων επηρεάζουν τόσο την εξέλιξη της νόσου όσο και την έκβασή της. Όμως, πώς φτάνει ο μικροοργανισμός στον επιθυμητό του ξενιστή; Η απάντηση βρίσκεται στα χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος. Διάφορα χαρακτηριστικά και ενέργειες της κοινωνίας είναι εκείνα που θα αλλάξουν τις ισορροπίες και θα αυξήσουν ή θα μειώσουν τις πιθανότητες μετάδοσης και εμφάνισης νόσου. Γνωστό παράδειγμα αποτελεί η μετακίνηση πληθυσμών. Δε πρόκειται ωστόσο και για το μοναδικό. Οι μετεωρολογικές συνθήκες, ο συγχρωτισμός, οι πρακτικές στο κομμάτι της εργασίας και απασχόλησης των ανθρώπων, όπως επίσης και οι πρακτικές υγιεινής που εφαρμόζουν σε όλες τις πτυχές της ζωής τους αποτελούν περιβαλλοντικούς παράγοντες μετάδοσης και εμφάνισης νόσου.

Η εμφάνιση του νέου κορωνοϊού δεν αποτελεί εξαίρεση των ανωτέρω. Η διαρκής αλληλεπίδραση των τριών κατηγοριών αρχικά συνέβαλε στην εμφάνιση του στελεχούς που προκαλεί ανθρωπονόσο και εν συνεχεία στην εξάπλωση και την εκ νέου διαμόρφωση των συνθηκών μετάδοσης (όπως ανάπτυξη εμβολίων, εμφάνιση νέων στελεχών, περίοδοι κοινωνικών απομονώσεων). Στο κομμάτι του παθογόνου, ο άνθρωπος δεν μπορεί να επέμβει τεχνητά. Μπορεί όμως, με την βοήθεια των υπάρχουσών γνώσεων, να αλλάξει και να ελέγξει τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ώστε να αποτρέψει την περαιτέρω εξάπλωση του ιού. Σε πολλές χώρες, όπως και στην Ελλάδα, εφαρμόστηκε η πολιτική της κοινωνικής απομόνωσης ή αλλιώς lockdown. Εγχώρια, αυτό είχε ως αποτέλεσμα να εφαρμοστεί η πολιτική της εξ αποστάσεως ή εκ περί τροπής εργασίας σε ιδιωτικό και δημόσιο τομέα. Στον τομέα της εκπαίδευσης, όλες οι βαθμίδες ακολούθησαν την εξ αποστάσεως εκπαίδευση - μαθήματα, δηλαδή, τα οποία δεν γίνονταν στον εκπαιδευτικό χώρο. Στον πανεπιστημιακό τομέα, η φύση της εξεταστικής ήταν κατά κύριο λόγο εξ αποστάσεως, χωρίς όμως να λείπει και η δια ζώσης εξέταση σε πολλά πανεπιστημιακά ιδρύματα.

Έπειτα από 2 χρόνια εφαρμογής της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και εργασίας, το Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων αποφάσισε την επανέναρξη των μαθημάτων όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων δια ζώσης. Στο Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής (στο εξής Πα.Δ.Α.) εφαρμόστηκε μείωση του αριθμού των φοιτητών στις αίθουσες διδασκαλίας ενώ μέχρι και την στιγμή συγγραφής της παρούσας εργασίας οι διοικητικοί εργαζόμενοι «κινούνται» σύμφωνα με την πολιτική της εργασίας εκ περί τροπής. Οι κοινόχρηστοι χώροι και ιδίως οι διάδρομοι δεν δέχονταν πλέον τον ίδιο όγκο φοιτητών όπως τα προηγούμενα χρόνια ενώ τα εστιατόρια των Πανεπιστημιούπολεων λειτούργησαν ως διανομείς πακέτων.

Έχοντας όλα αυτά κατά νου, η ερευνητική ομάδα έθεσε το εύλογο ερώτημα: Είναι οι χώροι του Πα.Δ.Α. ασφαλείς ώστε να επιστρέψουν εξ ολοκλήρου φοιτητές, καθηγητές και διοικητικοί εργαζόμενοι μετά την εμφάνιση της νέας πανδημίας;

Η παρούσα έρευνα αποτελεί το θέμα πτυχιακής εργασίας των δύο φοιτητριών και εστιάζει στους περιβαλλοντικούς παράγοντες που εμφανίζονται στους χώρους του Πα.Δ.Α. Δεν στοχεύει στην καταγραφή κρουσμάτων αλλά στο αν οι περιβαλλοντικές συνθήκες που επικρατούν στις αίθουσες τις καθιστούν ασφαλή και υγιεινά περιβάλλοντα, μειώνοντας την πιθανότητα μετάδοσης.

Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται αναφορά στην οικογένεια των κορωνοϊών και πιο συγκεκριμένα στο στέλεχος SARS-CoV-2. Στο επόμενο κεφάλαιο περιγράφεται και αναλύεται ο τρόπος μετάδοσης του ιού. Τα δύο αυτά κεφάλαια μάς βοηθούν να αντιληφθούμε τις επικρατούσες συνθήκες και μας εισάγουν στην δυναμική του μέσου μετάδοσης. Το τρίτο κεφάλαιο ασχολείται κυρίως με την έννοια του αέρα αναλύοντας την φυσική του αέρα, το πώς και πόσο επιδράει ο άνθρωπος στον αέρα ενός χώρου, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του αέρα και τους τρόπους αερισμού. Στο τέταρτο κεφάλαιο ξεκινάει το ερευνητικό μέρος όπου γίνεται η σύνδεση της βιβλιογραφικής βάσης, παρουσιάζοντας τον βασικό λόγο πραγματοποίησης της παρούσας έρευνας και παράλληλα γίνεται αναφορά σε ορισμένα κατασκευαστικά χαρακτηριστικά του Πα.Δ.Α. Έχοντας συγκεντρώσει την βιβλιογραφική βάση για την καλύτερη και εκ βαθέων κατανόηση του θέματος μελέτης, στο πέμπτο κεφάλαιο θα καταγραφούν τιμές βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών (διοξειδίου του άνθρακα, θερμοκρασία, σχετική υγρασία), τιμές δευτερευόντων ποιοτικών χαρακτηριστικών (οξυγόνο, μονοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου) και παράλληλα θα γίνει καταγραφή ορισμένων χαρακτηριστικών -ή αλλιώς μεταβλητών- των αιθουσών που πιστεύεται ότι επηρεάζουν την τριπλέτα των βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών. Στα επόμενα κεφάλαια θα γίνει στατιστική ανάλυση και συζήτηση επί των ευρημάτων καθώς και αναφορά στον ρόλο του Υγιεινολόγου και στο πώς ο συγκεκριμένος επιστημονικός κλάδος των Επιστημών Υγείας μπορεί να αξιοποιηθεί στους χώρους του Πα.Δ.Α και όχι μόνο. Θα ακολουθήσουν τα συμπεράσματα και στο τέλος θα διατυπωθούν ορισμένες προτάσεις για την ασφαλέστερη και εύρυθμη λειτουργία του Πανεπιστημίου ενώ θα διατυπωθούν ερωτήματα προς μελλοντική διερεύνηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο: ΚΟΡΩΝΑΪΟΙ

1.1 Ιστορική αναδρομή

Οι κορωνοϊοί ανακαλύφθηκαν στις αρχές του 1930, ενώ ο όρος κορωνοϊός υιοθετήθηκε το 1968. Θεωρούνταν ιοί που προκαλούν ζωνόσους έως ότου, μέσα στις δεκαετίες του '60 και '70, ανακαλύπτονται και μελετώνται οι πρώτοι κορωνοϊοί των ανθρώπων (B814, OC43 και 229E). Το 1975 αποδίδεται στην οικογένεια των κορωνοϊών ο όρος Coronaviridae λόγω της χαρακτηριστικής εμφάνισης των ιικών σωματιδίων που μοιάζουν με στέμμα¹. Μέχρι το 2002, ομάδες επιστημόνων παρακολουθούσαν και κατέγραφαν πολλά βασικά στοιχεία βιολογίας για τους ιούς αυτούς, προσφέροντας στην διεθνή βιβλιογραφία σημαντικές πληροφορίες για τις επιδημίες που θα ακολουθούσαν. Στην πάροδο των χρόνων βρέθηκε, λοιπόν, ότι οι κορωνοϊοί προκαλούν λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος και πιο σπάνια του εντερικού σωλήνα τόσο σε ανθρώπους όσο και ζώα. Εκτιμάται πως ευθύνονται για τις περιπτώσεις κοινού κρυολογήματος σε ποσοστό 30% χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι λοιμώξεις που δεν έχουν ταυτοποιηθεί.

Το γενετικό τους υλικό είναι μονόκλωνο RNA με φάκελο και μέγεθος που ποικίλει από 80-160 nm [3] [4]. Υπάρχουν επτά στελέχη της οικογένειας των κορωνοϊών που είναι γνωστό πως μολύνουν τον άνθρωπο, από τα οποία τα τέσσερα ευθύνονται για κοινό κρυολόγημα ενώ τα υπόλοιπα προκαλούν πιο σοβαρές λοιμώξεις και έχουν χαρακτηριστεί ως πανδημίες. Από το 2002 και έπειτα αντιμετωπίζονται, σε αυξημένο επίπεδο, τα στελέχη SARS-CoV-1², MERS-CoV³ και SARS-CoV-2. Τα δύο πρώτα αναφέρθηκαν στην Κίνα το 2003 και στη Σαουδική Αραβία το 2012 αντίστοιχα. Θεωρείται πως αρχικός ξενιστής των τριών παραπάνω στελεχών είναι οι νυχτερίδες με ενδιάμεσο ξενιστή για το SARS-CoV-1 να είναι οι γάτες του Θιβέτ, για το MERS-CoV οι Αραβικές καμήλες ενώ για τον SARS-CoV-2 η αλυσίδα των ξενιστών είναι ακόμα υπό μελέτη [3] [4] [5] [6].

Τον Νοέμβριο του 2002 εμφανίστηκε μια άγνωστης μορφής πνευμονία στην περιοχή Guangdong της Κίνας [7]. Η ασθένεια κέρδιζε έδαφος στα επαγγέλματα που ασχολούνται με την τροφική αλυσίδα, όπως αγρότες και πωλητές τροφίμων. Η έξαρση της επιδημίας στην Ασιατική χώρα οδήγησαν τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας να κηρύξει την έναρξη του Σχεδίου Έκτακτης Ανάγκης (Emergency Operations Center), με τα κρούσματα σταδιακά να εντοπίζονται και σε άλλες χώρες. Η επιδημία του SARS-CoV-1 διήρκεσε περίπου 8 μήνες μετρώντας συνολικά 8.096 μολύνσεις [8]. Βασικοί λόγοι που κατέστησαν δυνατό τον περιορισμό της ήταν η δυσκολία μετάδοσης από άνθρωπο σε άνθρωπο και ότι τα συμπτώματα εμφανίζονταν άμεσα, χωρίς να προηγηθεί ασυμπτωματική περίοδος, με την γρήγορη απομόνωση των κρουσμάτων να αποδεικνύεται ένα από τα σημαντικότερα μέτρα. Σχετικά με τον MERS-CoV, μέχρι και το 2022 συνεχίζουν να καταγράφονται κρούσματα. Από τον Ιούνιο του 2012 -που διαπιστώθηκε το πρώτο κρούσμα στην Σαουδική Αραβία- έως τον Ιούνιο 2021

¹ Στα λατινικά corona σημαίνει στέμμα.

² Αιτιολογικός παράγοντας για το SARS

³ Αιτιολογικός παράγοντας για το MERS

έχουν καταγραφεί 2.574 κρούσματα [9], ενώ μέχρι και τον Μάρτιο του 2022 ο συνολικός αριθμός ανέβηκε στα 2.589 επιβεβαιωμένα κρούσματα [10]. Πρόκειται για πιο επιθετικό ιό σε σχέση με τον SARS-CoV-1 και μπορεί να ξεκινήσει ασυμπτωματικά και να καταλήξει σε αναπνευστική και νεφρική ανεπάρκεια με τον δείκτη θνητότητας να κυμαίνεται στο 34,3% [11] [9]. Η εμφάνιση του ιού περιορίζεται στην Μέση Ανατολή, με τα κρούσματα που δηλώνονται σε άλλες χώρες να κάνουν λόγο για ταξιδιώτες στην περιοχή αυτή.

Ο SARS-CoV-2, όντας η 3^η πανδημία προκαλούμενη από κορωναϊό τον 21^ο αιώνα, μετρά περισσότερα κρούσματα συγκριτικά με τα προηγούμενα στελέχη.

1.2 SARS-CoV-2

Τον Δεκέμβριο του 2019 στην πόλη Wuhan της Κίνας εμφανίστηκαν περιστατικά πνευμονίας άγνωστης αιτίας. Οι αρμόδιες Κινέζικες αρχές ανακοίνωσαν το επόμενο διάστημα πως πρόκειται για ένα νέο στέλεχος ιού (SARS-CoV-2), της οικογένειας των κορωναϊών [12]. Η ασθένεια που προκαλεί ο νέος κορωναϊός ονομάστηκε COVID-19 από τον Π.Ο.Υ. [13]. Ο SARS-CoV-2 -και κατά συνέπεια η COVID-19 - εξαπλώθηκε ταχέως στην χώρα και λίαν συντόμως σε όλη την υφήλιο, κυρίως μέσω της ευρείας και εύκολης μετακίνησης πληθυσμών. Τον Μάρτιο του 2020 ο Π.Ο.Υ. χαρακτήρισε την COVID-19 ως πανδημία, κρούοντας τον κώδωνα του κινδύνου.

Ο ιός διαθέτει ένα από τα μεγαλύτερα γονιδιώματα RNA και παρασκευάζει πολλές πρωτεΐνες, μεταξύ άλλων την γλυκοπρωτεΐνη που προσκολλάται στα κύτταρα και οδηγεί στην εμφάνιση συμπτωμάτων [14]. Έχει σφαιρικό σχήμα με διάμετρο περίπου 60-140nm [15] και διαθέτει λιπιδικό περίβλημα, γεγονός που καθιστά την επιβίωσή του ευκολότερη σε συνθήκες σχετικής υγρασίας κάτω του 50% [16]. Μέση περίοδος επώασης είναι οι 4-5 ημέρες [17]. Η συμπτωματολογία ποικίλλει από οργανισμό σε οργανισμό, ωστόσο κατά βάση έχουν αναφερθεί πυρετός, έντονος βήχας, μυαλγίες και δύσπνοια. Ακόμα και με την λήξη της λοίμωξης, τα αποτελέσματα αυτής μπορούν να γίνουν ορατά. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται Long COVID, με πιο συχνά συμπτώματα την δύσπνοια και την ραγδαία αύξηση καρδιακού παλμού [18]. Η προέλευσή του ιού αποτελεί ακόμα ένα μυστήριο για την επιστημονική κοινότητα.

Η μετάδοση του κορωναϊού, καθώς και κάθε βιολογικού παράγοντα, οφείλεται σε διάφορους παράγοντες. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνεται η μολυσματική δόση, ο τρόπος μετάδοσης, χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία) καθώς και ο αερισμός των χώρων [19]. Σύμφωνα με τον Π.Ο.Υ., κύριος τρόπος μετάδοσης είναι η στενή και παρατεταμένη επαφή με μολυσμένο άτομο (μέσω σταγονιδίων), με έλλειψη μέσων προστασίας. Ο ιός μπορεί, επίσης, να μεταδοθεί μέσω αερογενούς μετάδοσης (airborne transmission) καθώς και μέσω επαφής με επιφάνειες μολυσμένες από τον ιό. Η μολυσματική δόση του SARS-CoV-2 είναι προς το παρόν άγνωστη, όμως έχουν πραγματοποιηθεί ορισμένες μελέτες σε ζώα [20] [21] με σκοπό την εκτίμησή της. Ο φορέας συνήθως διαθέτει ικανό ιικό φορτίο στον φάρυγγα κατά τα αρχικά στάδια [22] και έτσι μπορεί και μεταδίδει λίγο πριν και μόλις εμφανίσει συμπτώματα, ενώ στην συνέχεια η ικανότητά του αυτή σταδιακά μειώνεται.

Όμως, η μεταδοτικότητα εξαρτάται από τον ανθρώπινο οργανισμό σε μεγάλο βαθμό. Για παράδειγμα, υπάρχει περίπτωση κάποιος φορέας να οδηγήσει σε μεγάλη μετάδοση (περίπτωση υπερμετάδοσης ή αλλιώς super-spreading event) ενώ άλλοι να μην μεταδίδουν τον ιό καθόλου -ή έστω σε μη επαρκή ποσότητα-. Μεγάλο ρόλο παίζει και η περίοδος ασυμπτωματικής φορείας, κατά την οποία το άτομο μπορεί να είναι μεταδοτικό [23]. Συνήθως, τα άτομα αυτά εμφανίζουν μετά από σύντομο χρονικό διάστημα τα συμπτώματά τους. Πιστεύεται πως άτομα χωρίς υποκείμενα νοσήματα, παιδιά και άτομα που επαναμολύνθηκαν είναι πιο πιθανό να μην εμφανίσουν συμπτώματα [24]. Ωστόσο, η ασυμπτωματική φορεία είναι δύσκολο να υπολογισθεί και να καταγραφεί λόγω της έλλειψης διεξαγωγής διαγνωστικών τεστ. Αυτό το χαρακτηριστικό είναι ένας από τους κύριους λόγους της ραγδαίας εξάπλωσης του SARS-CoV-2.

Συμπερασματικά, η οικογένεια των κορωνοϊών δεν ήταν άγνωστη στην επιστημονική κοινότητα. Επί πολλά χρόνια μελετώνταν διεξοδικά οι γνωστοί -έως τότε- κορωνοϊοί. Η γνώση που αποκτήθηκε μέσα στο χρονικό διάστημα μεταξύ της απλής παρατήρησης στο εργαστήριο και της εμφάνισης νέων ειδών ήταν ιδιαίτερος ουσιαστική για την αρχική κατανόηση του τρόπου ανάπτυξης και δράσης των ιών. Σε μετέπειτα στάδιο, ύστερα από διαρκή παρατήρηση, έγιναν αντιληπτές οι διαφορές των τριών βασικών ιών που οδήγησαν σε πανδημίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο: ΜΕΤΑΔΟΣΗ

Το δεύτερο κεφάλαιο επικεντρώνεται στην έννοια της μετάδοσης. Γίνεται αναφορά στις μεθόδους εξάπλωσης των αναπνευστικών ασθενειών όπου βασικό στοιχείο επεξήγησης αποτελεί η έννοια των σταγονιδίων. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, η μετάδοση του SARS-CoV-2 γίνεται κυρίως μέσω των σταγονιδίων. Πρόκειται για ποσότητες υγρών οι οποίες απελευθερώνονται από την ρινική και στοματική κοιλότητα κατά την ομιλία, τον βήχα και το φτάρνισμα [19]. Αποτελούνται κυρίως από νερό, ενώ άλλα συστατικά είναι άλατα και ηλεκτρολύτες, πρωτεΐνες, ένζυμα [25]. Έχουν διάφορα μεγέθη, κυρίως μεταξύ 1 nm και 500 μm [26], το οποίο επηρεάζει το χρονικό διάστημα που θα αιωρούνται στον χώρο. Από την στιγμή της εκπομπής τους σχηματίζουν αερολύματα, τα οποία ορίζονται ως «η εναίωρηση στερεών και υγρών σωματιδίων σε μορφή αερίου» [27]. Συνδυασμοί μεγεθών εξέρχονται ταυτόχρονα, ανεξαρτήτως της ενέργειας που προηγείται, και μετά την εκπομπή των σταγονιδίων παρατηρούνται δύο φαινόμενα.

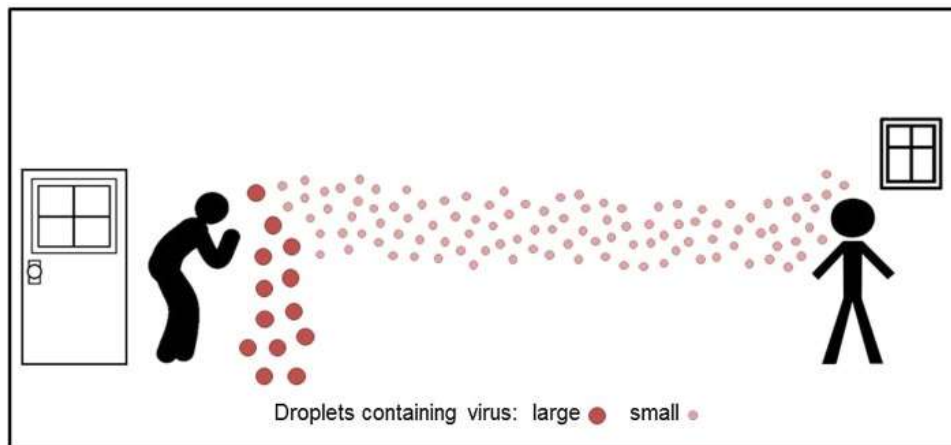
2.1 Μετάδοση μέσω σταγονιδίων (Droplet Transmission)

Το πρώτο φαινόμενο αφορά τα σταγονίδια μεγαλύτερου μεγέθους καθώς διατηρούν το σχήμα τους, επηρεάζονται κυρίως από την βαρύτητα και ελάχιστα από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και εναποτίθενται στις επιφάνειες. Τα σταγονίδια αυτά μπορούν να εισέλθουν στην ρινική και στοματική κοιλότητα ή ακόμα και στα μάτια ενός ατόμου και ενίοτε να προκαλέσει λοίμωξη (Droplet Transmission). Για να συμβεί αυτό, τα άτομα θα πρέπει να βρίσκονται σε μια απόσταση μικρότερη του 1 μέτρου, με τις πιθανότητες μόλυνσης να αυξάνονται όταν κανένας δεν φορά προστατευτική μάσκα. Τα περισσότερα σταγονίδια που προέρχονται από την ομιλία, εντός 1,5 μέτρου από την πηγή, είτε έχουν εξατμιστεί εντελώς είτε πέφτουν στις επιφάνειες [28]. Η εναπόθεσή τους στις επιφάνειες ή η ύπαρξη του ιού επάνω σε σημεία του σώματος (π.χ. χέρια) μπορεί επίσης να οδηγήσει και στην μετάδοση μέσω άμεσης ή έμμεσης επαφής (Contact Transmission), κυρίως όταν δεν εφαρμόζονται πρακτικές υγιεινής τόσο στην επιφάνεια όσο και σε ατομικό επίπεδο (πλύσιμο και αντισηψία χεριών).

2.2 Αερογενής Μετάδοση (Airborne Transmission)

Το δεύτερο φαινόμενο αφορά τα μικρότερα σταγονίδια. Το μικρό τους μέγεθος προκύπτει είτε ως μέρος των εκκρινόμενων σταγονιδίων (απελευθερώνονται διαφόρων μεγεθών σταγονίδια) είτε ως αποτέλεσμα της εξάτμισης του υγρού μέρους μεγαλύτερων σταγονιδίων. Με την εξάτμιση, η οποία παρατηρείται και στις δύο προαναφερθείσες περιπτώσεις, τα σωματίδια αποκτούν πολύ μικρό μέγεθος (αεροζόλ) και επηρεάζονται δυσκολότερα από την βαρύτητα. Συνεπώς, δύνανται να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις λόγω των ρευμάτων του αέρα παραμένοντας με αυτόν τον τρόπο στην ατμόσφαιρα ενός χώρου για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα (αερογενής μετάδοση) [29] [2]. Τα σωματίδια αυτά

καλύπτονται από το ξηρό μέρος των εκκρίσεων που παραμένει μετά την εξάτμιση του αντίστοιχου υγρού και μπορούν να φέρουν ζώντες μικροοργανισμούς [30]. Ο Π.Ο.Υ. ορίζει την αερογενή ως «την μετάδοση ενός λοιμογόνου παράγοντα μέσω των πυρηνών των εκπεμπόμενων σταγονιδίων τα οποία παραμένουν μολυσματικά όταν αιωρούνται για μεγάλο χρονικό διάστημα και για μεγάλη απόσταση» [31]. Για τις Jones και Brosseau [32] η αερογενής μετάδοση είναι βιολογικά εφικτή όταν α) τα αερολύματα είναι παράγωγα ενός φορέα ή ασθενή, β) ο μολυσματικός παράγοντας επιβιώνει για ένα χρονικό διάστημα στον αέρα ικανό για την μετάδοσή του και γ) οι ιστοί- στόχοι του σώματος μπορούν να έρθουν σε επαφή με τα αερολύματα. Η αερογενής μετάδοση ευνοείται σε εσωτερικούς χώρους όπου παρατηρείται συγχρωτισμός και ανεπάρκεια αερισμού του χώρου.



Εικόνα 1: Μέγεθος σταγονιδίων (Morawska & Cao, 2020) [33]

2.3 Περί σταγονιδίων

Παρ' όλο που ο ιός δύναται να επιβιώσει στις επιφάνειες, η καλλιέργεια δειγμάτων αυτών των επιφανειών ήταν αδύνατη υποδηλώνοντας ότι η μετάδοση μέσω επαφής είναι εξαιρετικά δύσκολη [34]. Επομένως, η δημιουργία και ύπαρξη σταγονιδίων αποκτά διαφορετική βαρύτητα.

Ο Π.Ο.Υ. για να διαχωρίσει την αερογενή από την μετάδοση μέσω σταγονιδίων έθεσε ως όριο το μέγεθος των 5 μm [31]. Ωστόσο, πολλοί επιστήμονες βρίσκουν εσφαλμένο αυτόν τον διαχωρισμό καθώς το μέγεθος των απελευθερωμένων σταγονιδίων μπορεί να μεταβληθεί λόγω των περιβαλλοντικών παραγόντων καθιστώντας αδύνατο τον χαρακτηρισμό της μετάδοσης σύμφωνα με το παραπάνω κριτήριο. Για παράδειγμα, η ατμοσφαιρική σχετική υγρασία μπορεί να προσθέσει βάρος στα εκπεμπόμενα σταγονίδια, με αποτέλεσμα λόγω του μεγάλου μεγέθους αυτών να αιωρούνται για λιγότερο χρόνο, να κατευθύνονται προς τα κάτω και να πέφτουν στο πάτωμα λόγω της επίδρασης της βαρύτητας [35] [36]. Αναφερόμενοι σε φορείς που δεν βήχουν ούτε φταρνίζονται οι οποίοι συνομιλούν με άλλα άτομα κρατώντας

τυπικές αποστάσεις, η Marr και οι συνεργάτες της [37] υποστηρίζουν ότι αερογενής μετάδοση μπορεί να γίνει μέσω σωματιδίων μεγέθους μικρότερου των 100 μm καθώς αιωρούνται για αρκετό διάστημα, δύνανται να εισπνευσθούν και δεν έχουν την ικανότητα να φτάσουν και να μολύνουν κάποιον μέσω της εκτόξευξής τους (ως droplet transmission). Ως μετάδοση μέσω σταγονιδίων, θεωρείται μόνο για τα σωματίδια μεγέθους άνω των 300 μm, καθώς μπορούν να φτάσουν κάποιο άτομο σε απόσταση του 1 μέτρου από την πηγή εκπομπής. Τα σωματίδια μεγέθους 100-300 μm έχουν την ικανότητα να μολύνουν μόνο όταν εκτοξεύονται κατά τον βήχα ή το φτάρνισμα, όπου τους δίνεται ταχύτητα, ή όταν πλέον φτάσουν στις επιφάνειες (μετάδοση μέσω επαφής).

Γενικώς, ένα σταγονίδιο από την στιγμή της εκπομπής του και έπειτα έχει τις εξής επιλογές: α) να χάσει όλο το υγρό του μέρος μέσω εξάτμισης, β) να χάσει μέρος του υγρού στοιχείου ή γ) να μεγαλώσει σε μέγεθος λόγω συμπύκνωσης από την υγρασία [38]. Ανασκόπηση του 2011 για τον ρόλο του μεγέθους των σωματιδίων στην εξάπλωση αερογενών ασθενειών κατέληξε στο ότι, ανεξάρτητα από τις πιθανές μεταβολές στο μέγεθος, σωματίδια κάτω των 10 μm είναι ικανά να προκαλέσουν λοίμωξη του αναπνευστικού, καθώς με το μέγεθος αυτό διεισδύουν στο κατώτερο αναπνευστικό μαζί με τον εισπνεόμενο αέρα. Αντίθετα, σωματίδια άνω των 10 μm δεν «ταξιδεύουν» μακριά στην αναπνευστική οδό διότι προσκρούουν στις επιφάνειες του ανώτερου αναπνευστικού [26].

Τα σταγονίδια που εκπέμπονται από τον άνθρωπο είναι κάτι που συναντάται καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Διαδικασίες, όπως η δυνατή σε ένταση ομιλία, το γέλιο, το τραγούδι, το χασμουρητό και ως γνωστόν το φτάρνισμα και ο βήχας, προάγουν την εξώθηση σταγονιδίων. Όπως αναφέρθηκε ήδη κύρια συστατικά είναι το νερό, άλατα, ηλεκτρολύτες, πρωτεΐνες, ένζυμα [25]. Μεταξύ αυτών, μπορούν να ανιχνευθούν και μικροβιολογικοί παράγοντες όπως οι ιοί. Ακόμα και η απλή εκπνοή μπορεί να αφήσει συγκεντρωτικά αρκετή ποσότητα ιού φορτίου στον αέρα ενός χώρου. Συγκεκριμένα, σε έρευνα του 2016 της ομάδας του William Lindsley [39] που έγινε για τον ιό της γρίπης Α (Influenza), έδειξε ότι παρότι απελευθερώνονται περισσότερα σταγονίδια κατά τον βήχα, η διαφορά με τα σωματίδια από την εκπνοή είναι μικρή καθώς η διαδικασία της αναπνοής συμβαίνει πιο συχνά μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα. Συνεπώς, αμφοτέρες διαδικασίες συμβάλλουν στην αερογενή μετάδοση και πλέον η προσοχή στρέφεται παράλληλα σε απλές δραστηριότητες και ενέργειες της ημέρας.

Οι ιοί που βρίσκονται στα σταγονίδια και τα αερολύματα έχουν τρεις επιλογές ως προς την απομάκρυνσή τους από τον εσωτερικό αέρα: α) Αερισμό, β) Εναπόθεση σε επιφάνειες και γ) Αδρανοποίηση [40]. Στον αερισμό, ζητούμενο είναι -όπως θα αναφερθεί και στην συνέχεια λεπτομερώς- η αραίωση του εκπνεόμενου αέρα, η επακόλουθη μείωση της μολυσματικής δόσης καθώς και η απομάκρυνση του ιού φορτίου μέσω των ρευμάτων αέρα. Σχετικά με την εναπόθεση, σταγονίδια που φέρουν ικανό βάρος, πέφτουν στις επιφάνειες ή στο πάτωμα κάνοντας εύκολη την απομάκρυνση του μολυσματικού παράγοντα με τις πρακτικές καθαρισμού και απολύμανσης. Όσον αφορά την αδρανοποίηση, οι μολυσματικοί παράγοντες δεν έχουν τον ίδιο χρόνο επιβίωσης στις συνθήκες περιβάλλοντος και ιδίως στον αέρα. Παράγοντες όπως η θερμοκρασία περιβάλλοντος, η σχετική υγρασία, η ηλιακή ακτινοβολία καθώς και ρύποι, όπως το όζον, μπορούν να δημιουργήσουν ένα αφιλόξενο περιβάλλον

επιβίωσης [41]. Σε έναν εσωτερικό χώρο ο SARS-CoV-2 μπορεί να παραμείνει ενεργός στον αέρα έως και 3 ώρες (1-2 ώρες σε θερμοκρασία 20° C) [29] [37], ενώ ο Influenza A κυμαίνεται από 1 έως 24 ώρες, ανάλογα με τα επίπεδα υγρασίας [42].

Ακόμα και η ποσότητα των εκπνεόμενων σταγονιδίων σε έναν εσωτερικό χώρο εξαρτάται από παράγοντες. Οι παράγοντες αυτοί είναι: α) το είδος της δραστηριότητας που πραγματοποιείται εντός του χώρου, β) πόσα άτομα παρευρίσκονται και γ) αν γίνεται χρήση μάσκας ή όχι [43]. Σύμφωνα με το EPA, σε έναν εσωτερικό χώρο, η πιθανότητα μετάδοσης του ιού μειώνεται με την διατήρηση φυσικών αποστάσεων. Παρ' όλα αυτά, οι αποστάσεις δεν επαρκούν όταν παρατηρούνται οι εξής καταστάσεις: α) αδυναμία και ανεπάρκεια εξαερισμού του εσωτερικού αέρα, β) εκτέλεση δραστηριοτήτων στις οποίες υπάρχει έντονη παραγωγή αναπνευστικών σωματιδίων, όπως αεροβική γυμναστική και το τραγούδι, γ) μεγάλος χρόνος παραμονής εντός του χώρου και δ) ύπαρξη συγχρωτισμού [44].

Η εύρεση του τρόπου μετάδοσης ενός παθογόνου αποτελεί σημαντικό βήμα για την αντιμετώπιση μιας νόσου. Από τα ανωτέρω φαίνεται πως πρόκειται για μια αναπνευστική νόσο. Το γεγονός αυτό εύλογα στρέφει τα βλέμματα στην κατηγορία των Περιβαλλοντικών παραγόντων εμβαθύνοντας στο μέσο μεταφοράς, δηλαδή τον αέρα, και ιδίως στην συμπεριφορά του στον εσωτερικό χώρο, όντας ο βασικός τρόπος μετάδοσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο: Ο ΑΕΡΑΣ

Ο χρόνος που αφιερώνει ο άνθρωπος μέσα στους διάφορους εσωτερικούς χώρους είναι μεγάλος, είτε αυτός ο χώρος ονομάζεται σπίτι, είτε εργασία, είτε σχολείο. Αυτή η μεγάλη διάρκεια δημιουργεί εύλογα το εξής ερώτημα: είναι ο εσωτερικός χώρος υγειονομικά ασφαλής; Ένας χώρος για να χαρακτηριστεί ως υγιές περιβάλλον θα πρέπει να εξασφαλίζει την καλή ποιότητα του εσωτερικού του αέρα. Η ποιότητα του αέρα με την σειρά της επηρεάζεται από ένα πλήθος παραγόντων. Οι παράγοντες αυτοί, σε συνδυασμό με την κατάλληλη μορφή αερισμού-εξαερισμού, λαμβάνονται υπόψη κατά την μελέτη της ποιότητας. Ωστόσο, η τελική αξιολόγηση του εσωτερικού αέρα διαμορφώνεται από τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά του αέρα τόσο του εσωτερικού όσο και του εξωτερικού περιβάλλοντος. Γνωρίζοντας εξ αρχής αυτά τα γνωρίσματα του αέρα γίνεται ευκολότερη η ανάλυση των παραγόντων κάνοντας πιο διακριτό τον βαθμό επίδρασης που ασκούν στην ποιότητα του αέρα. Η επίδραση του ανέμου, η κινητικότητα, τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, η ποιότητα εσωτερικού αέρα, ο αερισμός καθώς και η σχέση όλων αυτών με τον SARS-CoV-2 αποτελούν τις θεματικές που θα παρουσιαστούν σε αυτό το κεφάλαιο.

3.1 Η φυσική του αέρα

Σχετικά με τον άνεμο, είναι εύκολη η κατανόηση της συνεισφοράς του στην μεταφορά του αέρα όταν γίνεται αναφορά σε εξωτερικούς χώρους. Όταν, όμως, στον δρόμο του ανέμου βρίσκεται κάποιο κτίριο, τότε τα πράγματα είναι λίγο πιο σύνθετα. Στην πλευρά που φυσάει ο άνεμος εξωτερικά του κτιρίου -η οποία ονομάζεται προσήνεμη πλευρά- επικρατεί θετική πίεση. Στις υπόλοιπες πλευρές εξωτερικά (υπήνεμες πλευρές) επικρατεί αρνητική πίεση. Η διαφορά πίεσης οδηγεί στο να επικρατεί και εσωτερικά των χώρων αρνητική πίεση, με αποτέλεσμα να δημιουργείται τάση για μεταφορά και αλλαγή του εσωτερικού αέρα από τον εξωτερικό μέσω διαφόρων ανοιγμάτων του κτιρίου, όπως τα παράθυρα, οι πόρτες ή διάφορα άλλα ανοίγματα. Η κατεύθυνση της κίνησης είναι από το σημείο θετικής πίεσης (που αποτελεί και την πηγή) προς το αντίστοιχο αρνητικής πίεσης. Επιπλέον, στην ατμόσφαιρα, αλλά και εντός ενός δωματίου, παρατηρούνται αλλαγές στην πυκνότητα του αέρα. Η Φυσική υποδεικνύει πως στο πλαίσιο της ίδιας τιμής υγρασίας, ο ζεστός αέρας είναι ελαφρύτερος σε σχέση με τον κρύο αέρα. Επίσης, στην ίδια θερμοκρασία, ο υγρός αέρας είναι ελαφρύτερος από τον ξηρό. Το τελευταίο συμβαίνει λόγω της διαφοράς των μοριακών βαρών, με τα μόρια της υγρασίας (δηλαδή του νερού) να είναι ελαφρύτερα του μοριακού οξυγόνου και αζώτου της ατμόσφαιρας και αποδεικνύεται χρησιμοποιώντας τον νόμο του Avogadro. Ο ελαφρύς αέρας, λοιπόν, συγκεντρώνεται στο υψηλότερο σημείο του χώρου και διαφεύγει. Το κενό που απομένει στα χαμηλά επίπεδα του δωματίου το αναπληρώνει ο πυκνός αέρας που εισέρχεται. Η διαδικασία αυτή δεν επηρεάζεται από την ύπαρξη ή μη ανέμου. Προϋποθέτει απλώς την διαφορά θερμοκρασίας -σε κύριο βαθμό- μεταξύ του εισερχόμενου και του εξερχόμενου αέρα. Οι δύο αυτοί παράγοντες αποτελούν βασικά σημεία του φυσικού αερισμού (που θα αναφερθεί αργότερα).

Οι κτιριακές δομές δεν επηρεάζουν την κατεύθυνση του ανέμου αποκλειστικά και μόνο λόγω της ύπαρξης τους σε κάποιον τόπο. Το ύψος των κτισμάτων είναι ικανό να διαμορφώσει ακόμα και την ταχύτητα του ανέμου. Αυτό συνήθως παρατηρείται με τα υψηλά κτίρια, τα οποία αλλάζουν την κατεύθυνση του ανέμου δημιουργώντας ταχύτερα ρεύματα αέρα όσο πιο κοντά βρισκόμαστε στο έδαφος. Ακόμα και το είδος των δέντρων που διαθέτει ο περιβάλλον χώρος μπορεί να μειώσει ή να αυξήσει τα ρεύματα αέρα που προσεγγίζουν ένα κτίριο [45]. Ανάλογα με τις ανάγκες που παρουσιάζει το κάθε κτίριο ή/και ο κατασκευαστής του, μπορεί να αξιοποιηθεί η ίδια η φύση σε συνδυασμό με τους κανόνες της Φυσικής ώστε να επιτευχθεί ο ζητούμενος στόχος. Αρχιτεκτονικά, για παράδειγμα, συστήνεται τα δέντρα να βρίσκονται σε σειρά, να απέχουν από το κτίριο και να δημιουργούν ένα στενό πέρασμα εάν το ζητούμενο είναι η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου [46]. Παράλληλα, είναι δυνατή η παρεμπόδιση της άφιξης του κρύου χειμωνιάτικου ανέμου σε ένα κτίριο, περικυκλώνοντας το με διαφόρων ειδών δέντρα που διαθέτουν και το κατάλληλο ύψος [45].

Η κίνηση του αέρα, όμως, δεν σταματάει στα ανωτέρω. Στον μικρόκοσμο υπάρχει ένα φαινόμενο, το οποίο ονομάζεται κίνηση Brown. Η κίνηση Brown εφαρμόζεται διαρκώς τόσο στον εσωτερικό όσο και στον εξωτερικό αέρα -ανεξαρτήτως της ύπαρξης ή μη ρεύματος αέρα- καθώς και στα υγρά. Το φαινόμενο χαρακτηρίζεται από την συνεχή κίνηση στην οποία βρίσκονται τα μόρια του αέρα και των υγρών. Ουσιαστικά, υπάρχει σύγκρουση με τα σωματίδια, τα οποία εντοπίζονται είτε στον αέρα είτε στο υγρό, προς κάθε κατεύθυνση με τυχαίο τρόπο. Όταν αυτά τα μόρια είναι πληθέστερα στην μια πλευρά του σωματιδίου, τότε με την σύγκρουση κινούν το σωματίδιο και προς την αντίστοιχη κατεύθυνση. Μακροσκοπικά, πρόκειται για μια διαδικασία που πραγματοποιείται με αργούς ρυθμούς, λόγω βάρους. Ωστόσο, όσο μικραίνει το μέγεθος του υπό μελέτη σωματιδίου, τόσο αυξάνουν οι ταχύτητες πρόσκρουσης των μορίων [47]. Οι ιοί έχουν διάμετρο που κυμαίνεται μεταξύ 20 nm έως και 500nm σε σύγκριση με τα βακτήρια που έχουν μέγεθος συνήθως 2.000-3.000 nm [48] [49]. Έτσι, οι ιοί αποτελούν μικροοργανισμούς που επωφελούνται περισσότερο λόγω της κίνησης Brown και της κίνησης του αέρα, καθώς μπορούν να «ταξιδεύουν» τόσο εντός μιας αίθουσας όσο και εκτός αυτής.

Ο αέρας, λοιπόν, βρίσκεται σε διαρκή κίνηση είτε το αντιλαμβανόμαστε είτε όχι. Η κινητικότητα αυτή προκαλεί την ανάμειξη του αέρα, μεταφέροντάς τον ταυτόχρονα εντός και εκτός κτιρίων, επιφέροντας αποτελέσματα όπως η εμφάνιση αλλεργικών αντιδράσεων, η μεταφορά οσμών, η εμφάνιση ομίχλης όταν τα μικροσωματίδια είναι σε μεγάλο βαθμό κ.α. Ο αέρας όμως φαίνεται να μην διαμορφώνεται μόνο από την ταχύτητα του ανέμου ή τις δυνάμεις της Φυσικής.

3.2 Η επίδραση του ανθρώπου στον αέρα εντός ενός χώρου

Το ανθρώπινο σώμα, όπως και τα έπιπλα ή διάφορα αντικείμενα εντός του χώρου, συμβάλλει εμφανώς και μη στην κυκλοφορία του αέρα. Είτε βρίσκεται σε μια σταθερή θέση είτε υπάρχει κίνηση, έχει την ικανότητα να αλλάζει την κατεύθυνση και, ως ένα σημείο, την συγκέντρωση του αέρα που διαχέεται μέσα στον χώρο [50] [51]. Για παράδειγμα, το

περπάτημα εντός του χώρου μπορεί να αλλάξει το ρεύμα αέρα, με αποτέλεσμα να ανακόπτει την εξάπλωση των αιωρούμενων σταγονιδίων μεγέθους 0,5-20 μm , ιδίως σε ταχύτητα 1 m/s [52]. Η ροή του αέρα επιστρέφει στην προηγούμενη κατάστασή της, όταν το κινούμενο άτομο πάψει να κινείται. Άλλη μια πηγή που επηρεάζει την ροή του αέρα είναι τα λεγόμενα Body Thermal Plumes ή αλλιώς -σε ελεύθερη μετάφραση- σωματικές θερμικές στήλες. Πρόκειται για «στήλες» που δημιουργούνται από την διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της θερμότητας που εκπέμπεται από το σώμα και της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος, η οποία διαφορά δεν έχει προλάβει να εξομαλυνθεί. Έχουν την ικανότητα να αλληλοεπιδρούν με το «εκπεμπόμενο ρεύμα» συμβάλλοντας στην κίνηση και πιθανή μετάδοση των αερολυμάτων. Το ρεύμα που δημιουργείται μετά την εκπομπή των σταγονιδίων επηρεάζεται και από τις κινήσεις των ατόμων ενός χώρου. Ακόμα και το αν η αναπνοή ενός ατόμου Α και ενός ατόμου Β γίνει μέσω της ρινικής κοιλότητας -σε σχέση με την αναπνοή μέσω της στοματικής- μπορεί να αλλάξει την ροή του αέρα και, κατά συνέπεια, την πιθανότητα μετάδοσης, ενώ έχει παρατηρηθεί ότι οι μικρές κινήσεις του κεφαλιού μπορούν να αλλάξουν την κατεύθυνση αυτού του ρεύματος [53] [54].

Τα εκπνεόμενα σταγονίδια ακολουθούν δύο διαφορετικά ρεύματα αέρα για την μεταφορά τους. Σε αρχική φάση, ακολουθούν το «εκπεμπόμενο ρεύμα» (expired jet). Το ρεύμα αυτό δημιουργείται με τον βήχα ή φτάρνισμα ή οποιαδήποτε άλλο τρόπο εκπομπής σταγονιδίων. Ενδεικτικά, η ταχύτητα κατά τον βήχα μπορεί να φτάσει τα 6-22 m/s (μέση ταχύτητα 11,2 m/s) ενώ κατά την ομιλία κυμαίνεται στο 1-5 m/s [55] [56] [57]. Λόγω αυτής της ταχύτητας, τα σταγονίδια μπορούν να μεταφέρονται σε αποστάσεις μεγαλύτερες του 1 μέτρου. Για παράδειγμα, σταγονίδια που εκπέμπονται μετά από φτάρνισμα ταχύτητας 50 m/s, δύνανται να ταξιδέψουν από 6 έως 8,5 μέτρα μακριά από την πηγή [58] [37]. Στην συνέχεια, τα εξατμισμένα σταγονίδια (τα οποία επεξηγούνται στην συνέχεια) εισέρχονται στην κίνηση του τοπικού αέρα. Το γεγονός ότι πέφτουν αργά προς τα κάτω, λόγω της μικρής επίδρασης της βαρύτητας, τους δίνει την δυνατότητα να εισέρχονται στα διάφορα κύματα αέρα και έτσι να μεταφέρονται σε μεγαλύτερες αποστάσεις, π.χ. σταγονίδιο μεγέθους 10 μm μπορεί να ταξιδέψει έως και 50 m, σε ρεύμα αέρα με ταχύτητα 0,1 m/s. [59] [37]. Είναι εμφανές, λοιπόν, ότι και το ανθρώπινο σώμα μπορεί να δημιουργήσει το δικό του ρεύμα αέρα το οποίο βασίζεται κυρίως στην θερμική ενέργεια που εκλύει και στις κινήσεις και δραστηριότητες τις οποίες εκτελεί.

Πέρα από την επίδραση στην κυκλοφορία του αέρα, η ανθρώπινη παρουσία εντός ενός χώρου αποτελεί και ρύπο για το μικροκλίμα του. Σε πρώτη φάση, το ίδιο το σώμα μπορεί να μεταβάλλει τις συνθήκες ενός χώρου. Για παράδειγμα, τα προϊόντα της αναπνευστικής διαδικασίας συσσωρεύονται στον εσωτερικό αέρα. Μάλιστα, η συγκέντρωση αυτών, όπως το διοξείδιο του άνθρακα, χρησιμοποιούνται ως δείκτες για την αξιολόγηση τεχνητών συστημάτων εξαερισμού κτιρίων πολλαπλών χρήσεων (γραφεία, χώροι κατοικίας κ.λπ.). Η θερμότητα καθώς και η υγρασία που εκλύονται από το ανθρώπινο σώμα παίζουν εξίσου σημαντικό ρόλο στην ρύπανση του εσωτερικού αέρα [50]. Όσο περισσότερο αυξάνεται ο αριθμός των παρευρισκόμενων ενός χώρου, τόσο περισσότερο αυξάνεται το αίσθημα δυσφορίας. Σε αντίθεση με τα σταγονίδια, η συγκέντρωση των ρύπων δεν φαίνεται να επηρεάζεται από την ταχύτητα του βαδίσματος [60].

Σε δεύτερη φάση, οι συσκευές που βρίσκονται και χρησιμοποιούνται από τα άτομα εντός ενός χώρου αποτελούν μια επιπλέον πηγή ρύπων. Μια πολύ γνωστή και διαδεδομένη συσκευή, κυρίως στα γραφεία, είναι το πολυμηχάνημα, δηλαδή εκτυπωτές, συσκευές fax και σαρωτές. Ανασκόπηση της βιβλιογραφίας κατέληξε ότι φωτοτυπικά μηχανήματα μπορούν να εκπέμπουν όζον, πτητικές οργανικές ουσίες (VOCs), ακόμα και πολύ λεπτά αιωρούμενα σωματίδια -ρύποι οι οποίοι δεν πρόκειται να μετρηθούν στην παρούσα εργασία [61].

Εν κατακλείδι, στο σκέλος που δύναται να επιδράσει ο άνθρωπος στην κινητικότητα του αέρα, φαίνεται πως όπως ακριβώς επηρεάζουν τα κτίρια, τα δέντρα και άλλοι παράγοντες στον εξωτερικό αέρα, έτσι επηρεάζουν και το είδος της κίνησης και η κατεύθυνση του αέρα μεταβλητές όπως η ύπαρξη επίπλων, συσκευές και η ανθρώπινη συμπεριφορά (π.χ. βάδισμα, αναπνοή, έκλυση θερμότητας) στον εσωτερικό αέρα.

3.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά του αέρα

Ο αέρας αποτελείται από διάφορα χημικά στοιχεία τα οποία επιπλέον και ταξιδεύουν στην ατμόσφαιρα. Πρωταρχικά συστατικά αποτελούν το οξυγόνο και το άζωτο, ενώ βασική ένωση μεταξύ των λοιπών συστατικών είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Στον αέρα εντοπίζονται παράλληλα υδρατμοί (θεωρώντας ως στοιχεία του αέρα την θερμοκρασία, την υγρασία και την σχετική υγρασία), καθώς και μικροσωματίδια σκόνης, διαφόρων πηγών προέλευσης. Η παρούσα εργασία δεν θα επικεντρωθεί στην σκόνη ή στις πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs), παρά μόνο σε οξείδια του άνθρακα και του αζώτου, θερμοκρασία, σχετική υγρασία και οξυγόνο τα οποία αποτελούν τα αντικείμενα έρευνας.

3.3.1 Διοξείδιο του Άνθρακα

Το Διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άγευστο, άοσμο και άχρωμο αέριο. Στον ξηρό αέρα βρίσκεται σε ποσότητα περίπου 0,03% [1]. Είναι προϊόν τέλειας καύσης. Απελευθερώνεται κατά την αναπνοή ως προϊόν του μεταβολισμού, με τον ίδιο τρόπο που παράγονται και απελευθερώνονται τα σταγονίδια [36]. Ένας μέσος άνθρωπος παράγει σε κατάσταση ηρεμίας περίπου 15 λίτρα CO₂ ανά ώρα, ενώ ύστερα από μέτρια δραστηριότητα παράγει 45 λίτρα ανά ώρα [62]. Πρόκειται για την βασικότερη παράμετρο της παρούσας μελέτης και των περισσότερων ερευνών που αφορούν την ποιότητα του αέρα. Η σημασία του διοξειδίου του άνθρακα για τις επιστημονικές μελέτες συνοψίζεται σε μια πρόταση: Η ποσότητα του αερίου αποτελεί δείκτη για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Αυτό συμβαίνει διότι η συγκέντρωση του CO₂ επηρεάζεται από το πλήθος των ατόμων εντός του χώρου, το είδος της εργασίας που εκτελείται και αν υπάρχει επαρκής αερισμός του χώρου. Όταν τα επίπεδα του CO₂ ανεβαίνουν αρκετά εντός ενός δωματίου, αυτό κυρίως σημαίνει ότι δεν εισέρχεται αρκετός «φρέσκος» εξωτερικός αέρας με αποτέλεσμα οι παρευρισκόμενοι να επηρεάζονται άμεσα, με συμπτώματα την κούραση, την τάση για ύπνο, ή και εμφάνιση πονοκεφάλου [63]. Συνήθως αυτά τα συμπτώματα παρατηρούνται κατά τους χειμερινούς μήνες, όπου συγκεντρώνονται πολλά

άτομα στους εσωτερικούς χώρους ενώ τα παράθυρα και οι πόρτες είναι κλειστά με αποτέλεσμα να μην γίνεται αλλαγή του εσωτερικού αέρα.

Για τον εσωτερικό αέρα ως ανώτατη υγιεινά αποδεκτή τιμή ορίζονται τα 1.000 ppm CO₂, δεδομένου ότι κατά την εκπνοή απελευθερώνονται 40.000 ppm [64] [37]. Ωστόσο, η τιμή αυτή ενδέχεται να μην είναι κατάλληλη σε συνθήκες πανδημίας και για τον λόγο αυτό το CDC και η REHVA έχουν μειώσει τα συνιστώμενα επίπεδα CO₂ σε εσωτερικούς χώρους στα 800 ppm [65]. Την ίδια στιγμή, στον εξωτερικό αέρα τα επίπεδα του CO₂ κυμαίνονται περίπου στα 400-410 ppm, λόγω της συνεχούς αραίωσης του αέρα. Σύμφωνα με την Marr και τους συνεργάτες της [37], υπάρχουν οι εξής διακρίσεις σχετικά με την ποσότητα που θα ανιχνευθεί στον εσωτερικό χώρο:

α) 400-500 ppm συνιστά πολύ καλή αναλογία

β) 800 ppm σημαίνει ότι το 1% του αέρα που θα εισπνεύσει ένα άτομο έχει ήδη αναπνευσθεί από κάποιον άλλον

γ) 4.400 ppm σημαίνει ότι το 10% του αέρα που θα εισπνεύσει ένα άτομο έχει ήδη αναπνευσθεί από κάποιον άλλον.

Συχνά, τα συμπτώματα υπνηλίας και δυσφορίας παρατηρούνται όταν η περιεκτικότητα του αέρα σε διοξείδιο του άνθρακα είναι ανώτερη των 1.200 ppm, λαμβάνοντας υπόψη τις δραστηριότητες και τις συνθήκες που επικρατούν εκείνη την στιγμή.

3.3.2 Σχετική Υγρασία και Θερμοκρασία

Με τον όρο Θερμοκρασία θα αναφέρεται η μέση θερμοκρασία του αέρα εντός ενός χώρου. Η θερμοκρασία του χώρου επηρεάζεται από την χρήση ή μη κλιματιστικού σώματος, από τις θερμοκρασίες που επικρατούν εκτός του κτιρίου καθώς και από το είδος εργασίας που εκτελείται εντός του χώρου (π.χ. χρήση σίδηρου ατμού, λειτουργία φούρνου). Σημαντική επίδραση ασκεί και η θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος. Το ανθρώπινο σώμα παράγει θερμότητα ως προϊόν μεταβολισμού και την ανταλλάσσει με το περιβάλλον. Σε συνθήκες ξεκούρασης και ελαφράς κίνησης, η μέση θερμοκρασία του σώματος δύναται να φτάσει κοντά στους 37° C [66]. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος αλληλοεπιδρά συνεχώς με την θερμοκρασία του ανθρώπινου σώματος. Όταν το άτομο ζεσταίνεται, προκαλείται διαστολή των αγγείων του, απελευθερώνοντας θερμότητα στο περιβάλλον και κατά συνέπεια, αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Όσο περισσότεροι παρευρίσκονται εντός του χώρου, τόσο μεγαλύτερο ποσοστό θερμότητας ανταλλάσσεται με το εσωτερικό περιβάλλον. Αντίστοιχα, όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι χαμηλή και το άτομο κρυώνει, υπάρχει συστολή των αγγείων, μειώνοντας το ποσό θερμότητας που διαφεύγει από το σώμα [1].

Η Σχετική Υγρασία (RH) ορίζεται ως η αναλογία της ποσότητας των υδρατμών στον αέρα προς την ποσότητα υδρατμών που ο αέρας μπορεί να διατηρήσει. Μπορεί να επηρεαστεί είτε από την προσαρμογή της ποσότητας των υδρατμών στον αέρα, είτε από την προσαρμογή της θερμοκρασίας. Η πρώτη περίπτωση μπορεί να επεξηγηθεί ως εξής: όταν χρησιμοποιείται

πολύ ζεστό νερό κατά το μπάνιο, παρατηρείται εύκολα η δημιουργία ενός νέφους. Αυτή το νέφος δεν αποτελεί τίποτα άλλο πέρα από το συμπυκνωμένο νερό υπό την μορφή υδρατμού. Σχετικά με την δεύτερη μεταβλητή, σημειώνεται πως η σχετική υγρασία είναι αντιστρόφως ανάλογη της θερμοκρασίας. Ένα παράδειγμα στην καθημερινότητα είναι η υψηλή υγρασία κατά τις πρωινές ώρες. Ο ήλιος δεν έχει προλάβει να ζεστάνει το έδαφος, η θερμοκρασία του οποίου κατά την διάρκεια της νύχτας μειώθηκε, με αποτέλεσμα κατά στους χειμερινούς μήνες να εμφανίζεται ομίχλη. Περνώντας στους εσωτερικούς χώρους, το εύρος το οποίο συνιστάται είναι 40- 60%. Οι τιμές αυτές προκύπτουν από το γεγονός ότι σε χαμηλές έως ξηρές συνθήκες παρατηρείται επίδραση στις βλεννογόνους μεμβράνες του σώματος [63] ενώ στα υψηλά επίπεδα υγρασίας μειώνεται η φυσιολογική εξάτμιση του ιδρώτα από το δέρμα [67], με αποτέλεσμα να δίνεται η αίσθηση υψηλότερης θερμοκρασίας. Επιπλέον, κάτω του 40% έχει βρεθεί ότι τα σταγονίδια εξατμίζονται γρηγορότερα στο περιβάλλον δημιουργώντας πυρήνες σταγονιδίων (droplet nuclei) ευνοώντας την αερογενή μετάδοση, ενώ ορισμένοι μικροοργανισμοί, όπως ο Influenza, μπορούν κάλλιστα να επιβιώσουν σε αυτά τα χαμηλά επίπεδα [68] [69]. Σε μελέτη των Wei και Li [59] βρέθηκε ότι η απόσταση που θα διανυθεί από σταγονίδια μεγέθους άνω των 100 μm και τα πολύ μικρά σωματίδια (κάτω των 30 μm) δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα από την σχετική υγρασία. Στην πρώτη περίπτωση, τα σταγονίδια πέφτουν άμεσα ενώ στην δεύτερη, εξατμίζονται γρήγορα και εισέρχονται στην ροή του αέρα. Όμως, η RH είναι αυτή που θα καθορίσει την εξέλιξη τους καθώς διαμορφώνει τον χρόνο εξάτμισης. Για παράδειγμα, σε συνθήκες RH= 0%, σταγονίδια μεγέθους 50-75 μm εξατμίζονται σε μόλις 1-2 δευτερόλεπτα. Αντίθετα, σε RH> 80% μπορεί να χρειαστεί έως και 30 φορές περισσότερος χρόνος.

Αμφότερα αποτελούν φυσικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος και έχουν αποτελέσει αντικείμενο έρευνας για μελέτες ιδίως στο κομμάτι της θερμικής άνεσης και την επίδοση στον εργασιακό χώρο [70] [71] [72]. Ως προς τις ιογενείς ασθένειες, επηρεάζουν την ικανότητα ενός ιού να επιβιώσει στον αέρα καθώς και την εξάπλωσή του. Επιδρούν στο κάλυμμα πρωτεϊνών και στον λιπιδικό περίβλημα που πιθανώς δημιουργηθεί πάνω στα σταγονίδια, τα οποία με την σειρά τους μπορούν να αλλάξουν τον χρόνο εξάτμισης και παραμονής στον αέρα [38]. Σύμφωνα με έρευνα της ομάδας του Ijaz [73], στην οποία μελετήθηκαν η θερμοκρασία και η σχετική υγρασία που απαιτούνται για την επιβίωση του ανθρώπινου κορωνοϊού, διαπιστώθηκε ότι η υψηλή σχετική υγρασία είναι επιζήμια για την επιβίωσή του. Αντίθετα, η χαμηλή θερμοκρασία περιβάλλοντος ευνοεί την επιβίωσή του ιού. Όσον αφορά τον νέο κορωνοϊό SARS-CoV-2, φαίνεται ότι πρόκειται για βασικούς παράγοντες μετάδοσης του σε έναν εσωτερικό χώρο. Σύμφωνα με το REHVA [29], ο SARS-CoV-2 μπορεί να επιβιώσει σε έναν εσωτερικό χώρο για 14 ημέρες στους 4 °C, μία ημέρα στους 37 °C ενώ στους 50 °C επιβιώνει μόνο για 30 λεπτά της ώρας. Οι ιδανικές συνθήκες, λοιπόν, για την μείωση της δυνατότητας επιβίωσης του ιού θα ήταν 80% και άνω επίπεδα σχετικής υγρασίας και θερμοκρασία που να κυμαίνεται στους 30 °C. Ωστόσο, αυτές οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν είναι ευνοϊκές ούτε για τον ανθρώπινο οργανισμό [74]. Επιπλέον, η πολύ υψηλή θερμοκρασία οδηγεί στην μείωση της υγρασίας του χώρου, που με την σειρά της ευνοεί την επιβίωση του SARS-CoV-2 [37]. Η αποτελεσματική μέθοδος είναι συνδυασμός θερμοκρασίας και υγρασίας, ενώ και η παράλληλη συμβολή της ακτινοβολίας UV μπορεί να μειώσει την

πιθανότητα μόλυνσης. Σχετικά με την υγρασία, ο ASHRAE προτείνει τους χειμερινούς μήνες να κυμαίνεται μεταξύ 40-50% ενώ κατά την διάρκεια του θέρους μεταξύ 50-60% [75].

Έχοντας στον νου τα παραπάνω, η πρόταση που δίνεται είναι να ρυθμιστεί η θερμοκρασία στους 25 °C έως 27 °C με προσοχή ώστε να μην πέφτει κάτω των 21 °C και του 40% της σχετικής υγρασίας [74].

3.3.3 Οξυγόνο

Το οξυγόνο (O₂) είναι ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία για τη ζωή και παρέχεται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Στον ανθρώπινο οργανισμό βρίσκεται σε ποσοστό 66% ενώ στον ατμοσφαιρικό αέρα σε ποσοστό 21% κατ' όγκο και 23,2% κατά βάρος. Στον ξηρό αέρα βρίσκεται σε ποσότητα ελαφρώς μικρότερη από 21% [1]. Είναι αέριο άγευστο, άχρωμο, και άοσμο [76]. Ένας μέσος ενήλικος άνθρωπος σε κατάσταση ηρεμίας εισπνέει και εκπνέει 7-8 λίτρα οξυγόνου ανά λεπτό, δηλαδή περίπου 11.000 λίτρα αέρα την ημέρα. Ο εισπνεόμενος αέρας περιέχει οξυγόνο σε ποσοστό 21% ενώ ο εκπνεόμενος περίπου 15% με την διαφορά που προκύπτει να απορροφάται από τους πνεύμονες. Σε σοβαρές περιπτώσεις της ασθένειας COVID-19, μειώνεται η ικανότητα των πνευμόνων να απορροφούν οξυγόνο φυσικά κατά την αναπνοή διαταράσσοντας την παραπάνω ισορροπία με κατάληξη την έλλειψη οξυγόνου. Αν παρατηρηθεί έλλειψη, όταν δηλαδή διαπιστωθεί ότι τα επίπεδα οξυγόνου είναι χαμηλότερα από 90%, τότε συνίσταται η άμεση αναπλήρωσή του [77]. Η μέτρηση του συγκεκριμένου χαρακτηριστικού αντικατοπτρίζει την ανανέωση του αέρα, δεδομένου ότι η τιμή παραμένει σχετικά ίδια. Αν σημειωθεί μείωση (κάτω από 20% δηλαδή), πιθανώς να υπάρχει πρόβλημα αερισμού που, σε περίπτωση που παραταθεί, μπορεί να έχει βλαβερές συνέπειες για τον άνθρωπο.

3.3.4 Μονοξείδιο του άνθρακα

Το Μονοξείδιο του άνθρακα είναι ένα άγευστο, άοσμο και άχρωμο αέριο. Είναι προϊόν ατελούς καύσης. Συνήθως προέρχεται από την καύση υλικών, με ανεπάρκεια οξυγόνου και από την καύση καπνικών προϊόντων, κουζίνες γκαζιού και ξυλόσομπας. Άλλη πηγή είναι η εισαγωγή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και των προϊόντων από τα καύσιμα των οχημάτων εντός ενός εσωτερικού χώρου. Εάν δεν υπάρχει κάποια εσωτερική πηγή μονοξειδίου, τότε οι τιμές που καταγράφονται σε έναν χώρο αφορούν την ποσότητα που εισέρχεται από τις εξωτερικές πηγές [78]. Φαίνεται, επίσης, να αποτελεί φυσικό παράγωγο του ανθρώπινου οργανισμού, καθώς δημιουργείται από ορισμένα ένζυμα [79]. Μάλιστα, εντοπίζεται σε μεγαλύτερες ποσότητες όταν ο οργανισμός παρουσιάζει κάποιο αναπνευστικό πρόβλημα, όπως το άσθμα ή άλλες φλεγμονώδεις παθήσεις του αναπνευστικού [80]. Με την εισπνοή μονοξειδίου του άνθρακα (CO) αντικαθίσταται το οξυγόνο του αίματος σχηματίζοντας καρβοξυαιμοσφαιρίνη με την αιμοσφαιρίνη του ερυθροκυττάρου. Έτσι, το άτομο οδηγείται σε δηλητηρίαση που μπορεί να προκαλέσει συμπτώματα όπως ίλιγγο, πονοκέφαλο, ναυτία ακόμα

και θάνατο [63], αν δεν αντιμετωπιστεί άμεσα η αυξημένη ποσότητά του εντός του δωματίου. Βασική πρακτική πρόληψης αποτελεί η διαρκής ανανέωση του αέρα του χώρου, κρατώντας κάποιο παράθυρο ή πόρτα ανοιχτό κατά την πραγματοποίηση εργασιών που παράγουν μονοξείδιο του άνθρακα. Σύμφωνα με τον OSHA [81], το όριο που θεσπίζεται είναι τα 50 ppm μέσα στην δωρη εργασία.

3.3.5 Οξείδια του αζώτου

Το άζωτο είναι ένα χημικό στοιχείο που βρίσκεται φυσιολογικά στην ατμόσφαιρα, σε ποσοστό περίπου 78%. Τα σημαντικότερα οξείδια που παρατηρούνται είναι το Μονοξείδιο και το Διοξείδιο του αζώτου. Διοξείδιο του αζώτου (NO_2) μπορεί να διαμορφωθεί και από την ένωση οξυγόνου και μονοξειδίου του αζώτου (NO) σε μεγάλες θερμοκρασίες. Βασικές πηγές είναι η καύση υλικών και καπνού, κουζίνες γκαζιού και τζάκια, εργασίες συγκόλλησης και εξατμίσεις οχημάτων. Μάλιστα, σε θρησκευτικούς χώρους κύρια πηγή αποτελεί η διαρκής καύση κεριών [82].

Χημικά, το μονοξείδιο του αζώτου είναι ένα άχρωμο αέριο. Δεν είναι εύφλεκτο, ωστόσο μπορεί να συμβάλλει στην ταχύτερη καύση άλλων εύφλεκτων υλικών [83]. Η οριακή τιμή του εντός ενός δώρου εργασίας σε εβδομάδα 40 ωρών (TWA) είναι 25 ppm. Στο ανθρώπινο σώμα παράγεται μέσω της οξειδωσης του αμινοξέος L- αργινίνη, εντοπίζεται στις νευροδιαβιβάσεις των πνευμόνων και εκπνέεται (ποσότητα σε ppb) κατά την αναπνευστική διαδικασία [84]. Έχει παρατηρηθεί ότι άτομα με φλεγμονές στο αναπνευστικό σύστημα, όπως άσθμα, εκπνέουν μεγαλύτερη ποσότητα NO [85] [86].

Το διοξείδιο του αζώτου είναι ερεθιστικό αέριο. Σε μικρές συγκεντρώσεις εμφανίζει ένα αδιάφανο έως ελαφρώς κίτρινο χρώμα, με οσμή που παρομοιάζεται με χλωρίνη. Έχει την δυνατότητα αύξησης της ευαισθησίας στα αλλεργιογόνα, προκαλεί φλεγμονή στους πνεύμονες ενώ μπορεί να επιδεινώσει και χρόνια αναπνευστικά προβλήματα. Παρατηρείται και σε χώρους όπου λειτουργούν εστίες με γκάζι, συνήθως σε τιμές μεγαλύτερες από εκείνες που επικρατούν στο εξωτερικό περιβάλλον (π.χ. κουζίνες σπιτιών και επαγγελματικών χώρων) [87] [88]. Παράγει παραπροϊόντα, όπως το οξείδιο του αζώτου, το μονοξείδιο του αζώτου καθώς και όζον [89]. Η επιτρεπόμενη τιμή σε εσωτερικούς χώρους δεν έχει αποφασιστεί. Ωστόσο, το EPA και ο ASHRAE ορίζουν τα 0,053 ppm ως μέγιστη τιμή για τους εξωτερικούς χώρους [87].

Τα επίπεδα στον εσωτερικό αέρα ποικίλουν διότι σχετίζονται με τα χαρακτηριστικά του χώρου, όπως η ύπαρξη φούρνων, την κυκλοφορία αέρα και την επίπλωση του δωματίου, καθώς και από την απόσταση του κτιρίου από βασικές και πολυσύχναστες οδούς κυκλοφορίας [90]. Όταν πρόκειται αποκλειστικά για εσωτερική πηγή, τότε οι τιμές που καταγράφονται αντανακλούν και την επιτυχία ή μη του αερισμού και του συστήματος εξαερισμού. Όσο καλύτερος αερισμός, τόσο μικρότερη συγκέντρωση καταγράφεται. Μάλιστα σε κατοικίες όπου χρησιμοποιείται σύστημα γκαζιού για το μαγείρεμα, βρέθηκαν μεγαλύτερες ποσότητες NO_2 κατά την περίοδο του χειμώνα [91]. Σχετικά με τις εξωτερικές πηγές, σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε σχολεία του Ηνωμένου Βασιλείου [92], παρατηρήθηκε αρχικά μια

αύξηση του NO₂ την περίοδο του καλοκαιριού σε σχέση με τον χειμώνα και σε δεύτερο επίπεδο επισημάνθηκε ότι η αύξηση ήταν μεγαλύτερη στα σχολεία εντός της πόλης, διότι οι κεντρικές οδικές αρτηρίες δεν απέχουν πολύ από τα εν λόγω μέρη.

3.4 Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα

Η Ποιότητα Εσωτερικού Περιβάλλοντος (Indoor Environmental Quality) ορίζεται από Αμερικανικό CDC [93] ως «η ποιότητα του περιβάλλοντος ενός κτιρίου σε σχέση με την υγεία των παρευρισκόμενων εντός αυτού». Στο πλαίσιο της Ποιότητας Εσωτερικού Περιβάλλοντος υπάγονται 4 βασικές κατηγορίες [1]. Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- η Ποιότητα του Φωτισμού (Visual/ lighting Quality), που αναφέρεται στον σωστό φυσικό και τεχνητό φωτισμό ενός χώρου αναλόγως με το είδος εργασίας,
- η Ακουστική Ποιότητα (Acoustical Quality), που σχετίζεται με τους θορύβους και την ηχομόνωση,
- η Θερμική Άνεση (Thermal Comfort), που μελετά τα θερμοκρασιακά όρια μέσα στα οποία οι παρευρισκόμενοι ενός δωματίου είναι υγιείς και νιώθουν ευχάριστα και
- η Ποιότητα Εσωτερικού Αέρα (Indoor Air Quality), η οποία αποτελεί και το κεντρικό θέμα της παρούσας εργασίας.

Η Ποιότητα του Εσωτερικού Αέρα δεν χαρακτηρίζεται ως κάποιο καινούργιο «αίνιγμα» καθώς απασχολεί την επιστημονική κοινότητα εδώ και πολλά χρόνια, πριν καν την εμφάνιση του SARS-CoV-2. Ο εσωτερικός αέρας διαταράσσεται από φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς παράγοντες. Οι περιπτώσεις αυξημένης υγρασίας και μούχλας, ο εντοπισμός αυξημένων τιμών ασβέστου, τυχόν αλλεργικές αντιδράσεις που οφείλονται στο εξωτερικό ή εσωτερικό περιβάλλον ενός κτιρίου και ο αερισμός είναι κάποια από τα θέματα έρευνας και μελέτης της ποιότητας του εσωτερικού αέρα. Κατά την μελέτη της ποιότητας του αέρα, ως παράμετροι θεωρούνται οι πηγές των ρύπων, το είδος των ρύπων που υπάρχουν, η συγκέντρωση αυτών καθώς και ο βαθμός αερισμού [1]. Για τον χαρακτηρισμό του αέρα ως ποιοτικά καλό βασικό απαιτούμενο συνιστά το να είναι καθαρός χωρίς την παρουσία χημικών ή/ και βιολογικών ρύπων. Επιπλέον, σύνθετο θέμα έρευνας αποτελεί η επίδραση της ποιότητας του αέρα σε διάφορους χώρους, όπου ως άνθρωποι περνάμε τον περισσότερο χρόνο μας. Αυτά τα μέρη είναι τα σχολεία, οι χώροι εργασίας και ιδίως τα γραφεία καθώς και τα διαμερίσματα. Όπως φαίνεται, λοιπόν, η ποιότητα του εσωτερικού αέρα είναι ο συνδετικός κρίκος μεταξύ όλων των θεμάτων που έχουν προαναφερθεί στην παρούσα εργασία.

Το υγιές περιβάλλον δεν εξασφαλίζει πάντοτε και την άνεση μέσα σε έναν χώρο. Ούτε, όμως, το αίσθημα της άνεσης δεν συνεπάγεται απαραίτητα και την ύπαρξη ενός υγιούς περιβάλλοντος. Η κατανόηση των απαιτήσεων κάθε χώρου ξεχωριστά συμβάλλει στην διαμόρφωση ενός καλύτερου συστήματος εξασφάλισης της ποιότητας. Εάν η επιλεγείσα δομή αερισμού δεν συμπίπτει με τις ανάγκες του χώρου, τότε πιθανώς θα δημιουργηθούν δυσμενείς συνθήκες για τους παρευρισκόμενους. Οι συνθήκες αυτές μπορούν να μας οδηγήσουν από ένα απλό αίσθημα δυσφορίας (π.χ. λόγω λανθασμένης θερμοκρασίας και υγρασίας) έως και σε μια κατάσταση που ονομάζεται «Σύνδρομο Αρρώστου Κτιρίου (Sick Building Syndrome)». Το σύνδρομο αυτό αναφέρεται στα συμπτώματα που παρουσιάζουν τα

άτομα που βρίσκονται εντός ενός χώρου και που φαίνεται πως επηρεάζονται από το χρονικό διάστημα παραμονής εντός αυτού. Ως αποτέλεσμα δεν ορίζεται απαραίτητα η εκδήλωση οποιασδήποτε ασθένειας, όμως είναι παράγοντας που φαίνεται να μειώνει την ικανότητα συγκέντρωσης και να οδηγεί σε περισσότερες απουσίες από το σχολικό ή επαγγελματικό χώρο [94].

Η παραμονή επιβλαβών παραγόντων στον αέρα αποτελεί άμεσο κίνδυνο για την υγεία. Ως επιβλαβείς παράγοντες δεν νοούνται μόνο οι μικροοργανισμοί, αλλά και διάφορες χημικές ουσίες όπως πτητικές οργανικές ουσίες (VOCs), οξειδία του άνθρακα και του αζώτου όπως και αιωρούμενα σωματίδια, σκόνη και αλλεργιογόνα. Όπως αναφέρει το EPA [64], εμφανίζονται συμπτώματα όπως πονοκέφαλος, ζαλάδες, αλλεργικές αντιδράσεις, μετάδοση αναπνευστικών ασθενειών καθώς και έκθεση σε επικίνδυνες καταστάσεις, όπως έκθεση σε μεγάλες τιμές μονοξειδίου του άνθρακα. Μάλιστα, στην περίπτωση του συσσωρευμένου διοξειδίου του άνθρακα, πολλές μελέτες στα σχολικά περιβάλλοντα έχουν δείξει την επίπτωση του αερίου στην νοητική λειτουργία των μαθητών [95]. Οι τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας θα πρέπει πάντοτε να λαμβάνονται υπόψη, με κυριότερο παράδειγμα την συμβολή μεγάλων ποσοστών υγρασίας στην δημιουργία μούχλας και εμφάνιση εντόμων.

3.5 Ο ρόλος του αερισμού των χώρων για τις αναπνευστικές ασθένειες

Το πώς εξαπλώνεται ένας μολυσματικός παράγοντας με την βοήθεια αερολυμάτων μπορεί να γίνει εύκολα αντιληπτό με την βοήθεια του παραδείγματος του καπνού. Σκεπτόμενοι μια μικρή αίθουσα τετράγωνου σχήματος στην οποία τα παράθυρα βρίσκονται στην πλευρά AB, η πόρτα στην πλευρά ΓΔ, έστω ένας καπνιστής στην γωνία Β και ένας δέκτης στην γωνία Δ (διαγώνια με τον καπνιστή). Όταν ένας καπνιστής απελευθερώσει τον καπνό του τσιγάρου, διακρίνεται τόσο τον ίδιο τον καπνό όσο και την σταδιακή διάχυση του καπνού σε όλο το εμβαδόν του χώρου. Ανεξαρτήτως της εγγύτητάς μας στον καπνιστή, αργά ή γρήγορα ο καπνός και η οσμή αυτού θα φτάσουν τον δέκτη. Η ποσότητα, ωστόσο, αυτών των δύο που θα γίνει αντιληπτή και θα εισπνευσθεί εξαρτάται από το αν υπάρχει αερισμός στον χώρο. Έτσι ακριβώς λειτουργεί και το αερόλυμα που μεταφέρει τους μικροοργανισμούς. Η μόνη διαφορά είναι ότι πλέον η όλη διαδικασία δεν φαίνεται στο ανθρώπινο μάτι. Αυτό όμως δεν εμποδίζει το αερόλυμα από το να κινηθεί προς πάσα κατεύθυνση.

Ο αερισμός των χώρων βοηθά στη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού αέρα, καθώς και στη μείωση της συγκέντρωσης παθογόνων μικροοργανισμών στον αέρα. Έτσι, μειώνει τον κίνδυνο διασποράς και την πιθανή μετάδοση ασθενειών μεταξύ των ατόμων που βρίσκονται στον ίδιο χώρο. Ειδικότερα, μετά την εκπομπή των σταγονιδίων από τον μολυσμένο παρευρισκόμενο, η συγκέντρωσή τους στον χώρο σταδιακά μειώνεται όσο αυξάνεται και η απόσταση από την πηγή. Με την συμβολή του εσωτερικού αέρα και των δυνάμεων της φυσικής, πραγματοποιείται αραίωση. Σε αυτό το γεγονός βασίζεται και το μέτρο τήρησης φυσικών αποστάσεων. Παρ' όλα αυτά, για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα αυτού του μέτρου, θα πρέπει να εξασφαλιστεί και η επάρκεια του «καθαρού» αέρα. Αναλυτικότερα, η συγκέντρωση των σταγονιδίων (και κατ' επέκταση των αερολυμάτων) στον

χώρο εξαρτάται από την ταχύτητα που δίνεται από την πηγή (για παράδειγμα ο βήχας είναι πολύ πιο έντονη διαδικασία σε σχέση με την απλή ομιλία) και από τον ρυθμό αλλαγής του εσωτερικού αέρα. Εάν η αίθουσα αερίζεται σωστά και σε ικανοποιητικό επίπεδο, τότε η αραίωση που λαμβάνει χώρα στο εσωτερικού του κτιρίου θεωρητικά μπορεί να παρομοιαστεί με την αραίωση που συμβαίνει εξωτερικά του κτιρίου. Εάν, όμως, ο αερισμός είναι ελάχιστος ή έστω σε μη ικανοποιητικό επίπεδο, τότε η διαδικασία της αραίωσης γίνεται σε μικρότερη κλίμακα [96]. Σε περίπτωση που ο ανεπαρκής αερισμός συνεχιστεί καθ' όλη την διάρκεια της χρήσης του χώρου, τότε σταδιακά όλος ο εσωτερικός αέρας έχει εισπνευσθεί και εκπνευσθεί από όλους τους παρευρισκόμενους, υγιείς και μη, αυξάνοντας τις πιθανότητες μόλυνσης από οποιονδήποτε μικροβιολογικό παράγοντα [97]. Γυρνώντας, λοιπόν, στο παράδειγμα αντίστοιχα εάν υπάρχει επαρκής και σωστός αερισμός η ποσότητα του καπνού θα έχει αραιωθεί σε τέτοιο βαθμό που ίσως και να μην επηρεαστεί καν ο δέκτης από την οσμή που εκλύεται από το τσιγάρο. Αντίθετα, εάν δεν αερίζεται ο χώρος, σταδιακά θα δημιουργηθεί μια κατάσταση δυσφορίας τόσο από την οσμή όσο και από τα αιωρούμενα σωματίδια τα οποία θα δημιουργήσουν ένα ομιχλώδες τοπίο.

3.5.1 Χρήση μάσκας

Η κίνηση του αερούματος, όπως φάνηκε από την μελέτη των ομάδων των Christopher Cappa και Julian Tang [98] [99] δεν είναι η ίδια ανάμεσα σε φορούντες και μη φορούντες μάσκας. Εάν το άτομο που βήχει ή φταρνίζεται δεν καλύψει με κάποιον τρόπο την ρινική και στοματική του κοιλότητα, ακόμα και με τον αγκώνα ή χαρτομάντηλο, πόσο μάλλον με μάσκα, το εκκρινόμενο αερόλυμα θα ακολουθήσει την πορεία του εκπεμπόμενου ρεύματος (όπως παρουσιάστηκε νωρίτερα). Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι το αερόλυμα που δημιουργήθηκε έχει περισσότερες πιθανότητες να μεταφέρει και κάποιον μικροοργανισμό. Η χρήση μάσκας ή κάποιου άλλου καλύμματος εμποδίζει την δυναμική του εκπεμπόμενου ρεύματος, καθώς αποτελεί ένα είδος φραγμού. Οι μάσκες – ως ο συνηθέστερος πλέον φραγμός- αποτρέπει τον εκκρινόμενο αέρα να περάσει, αφήνοντας μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό σωματιδίων, κυρίως λόγω μεγέθους, να απελευθερωθεί στον αέρα. Επιπλέον, ο φραγμός μειώνει την ταχύτητα [99] και την απόσταση που θα διανύσει ο εκκρινόμενος αέρας [100]. Αυτά, όμως, δεν συνεπάγονται την μείωση του αερισμού της αίθουσας. Οι μάσκες πιθανώς να μην εφαρμόζουν σωστά στο πρόσωπο του εκάστοτε ατόμου. Αποτέλεσμα αυτού, κατά την εκπνοή, την ομιλία ή κάποια έκκριση, να αλλάζει η ροή του αέρα που απελευθερώνεται και να παρατηρείται μικρή διαρροή του από τα πλαϊνά, το επάνω ή/και το κάτω μέρος της μάσκας. Σε σχόλιό τους, ο Tang και οι συνεργάτες του [99] αναφέρουν πως οι μάσκες αποτρέπουν το εκπεμπόμενο ρεύμα ενός ατόμου από το να έρθει σε άμεση επαφή με κάποιον συνομιλητή ή να εισαχθεί στην ροή του αέρα και να μεταφερθεί και σε άλλους χώρους. Η αλλαγή κατεύθυνσης που προκαλούν φέρνουν τον αέρα που διαφεύγει υπό την επιρροή των σωματικών θερμικών στηλών (Body Thermal Plumes) οδηγώντας τα μακριά από το ύψος αναπνοής.

3.5.2 Η ανεπάρκεια του αερισμού στην μετάδοση SARS-CoV-2

Η ανεπάρκεια του αερισμού σε έναν χώρο έχει αποτυπωθεί πλέον και στα λεγόμενα περιστατικά υπερμετάδοσης (super-spreading events) του SARS-CoV-2. Πρόκειται για περιπτώσεις στις οποίες ο ελλιπής εξαερισμός σε συνδυασμό με την πολυκοσμία οδήγησαν στην υπερμετάδοση του ιού σε κλειστό χώρο έχοντας ως πηγή ένα και μοναδικό άτομο. Τα δύο περιστατικά που πρόκειται να αναφερθούν παρατηρήθηκαν στις αρχές της πανδημίας και έδωσαν «πάτημα» στους επιστήμονες για την υποστήριξη της αερογενούς μετάδοσης του ιού.

Η πιο γνωστή περίπτωση συνέβη τον Ιανουάριο του 2020 σε ένα εστιατόριο στο Guangzhou της Κίνας όπου παρεβρέθησαν 3 οικογένειες, άγνωστες μεταξύ τους. Τα τραπέζια των τριών οικογενειών ήταν κατά μήκος ενός εξωτερικού παράθυρου, ενώ η μεταξύ τους απόσταση ήταν μεγαλύτερη του ενός μέτρου, με την οικογένεια Α (εκ των οποίων το πρωτογενές κρούσμα) να βρίσκεται ανάμεσα στα τραπέζια των Β και Γ. Λόγω της Κινέζικης Πρωτοχρονιάς, στον χώρο επικρατούσε συχρωτισμός με σύνολο πελατών 89. Τα 21 άτομα αφορούσαν τα μέλη των 3 οικογενειών, εκ των οποίων τα 10 εμφάνισαν συμπτώματα. Κατά την επιδημιολογική ανάλυση [101], οι ειδικοί διαπίστωσαν πως δεν εισερχόταν καθόλου εξωτερικός αέρας, με τον αερισμό να πραγματοποιείται μέσω φιλτραρίσματος και ελάχιστα από μια πόρτα που περιστασιακά άνοιγε (η οποία όμως δεν κάλυπτε την περιοχή των 3 υπό μελέτη τραπέζιων) καθώς και από ανεμιστήρες οι οποίοι ήταν εκτός λειτουργίας την ημέρα της μετάδοσης. Επιπλέον, υπήρχαν 5 κλιματιστικά τα οποία χώριζαν την αίθουσα σε επιμέρους περιοχές. Η ροή του αέρα από τα κλιματιστικά επηρεασμένο και από τα thermal plumes των σωμάτων και των φαγητών δημιούργησαν ένα νέφος με αερολύματα, το οποίο «ταξίδευε» μεταξύ των τραπέζιων των 3 οικογενειών.

Σε άλλο περιστατικό υπερμετάδοσης, φορέας στην επαρχία Hunan της Κίνας πάλι τον Ιανουάριο του 2020, οδήγησε στην εξάπλωση του ιού παίρνοντας λεωφορεία μεγάλων αποστάσεων. Πρόκειται για 2 ξεχωριστά λεωφορεία, στα οποία το πρωτογενές κρούσμα ανέβηκε με διαφορά 10 λεπτών. Και στα δύο λεωφορεία παρατηρήθηκαν κρούσματα (10 δευτερογενή και 2 τριτογενή κρούσματα), σε μια περίοδο που ακόμα ο SARS-CoV-2 δεν είχε εξαπλωθεί ευρέως. Οι ερευνητές [102] στην επιδημιολογική ανάλυση εξέτασαν και την ικανότητα του εξαερισμού των δύο λεωφορείων, ώστε να είναι ενήμεροι και για αυτήν την παράμετρο. Στο λεωφορείο B1 υπήρχαν 46 επιβάτες (χωρητικότητα 47 επιβάτες) ενώ τα παράθυρα δεν μπορούν να ανοιχθούν. Υπήρχε τροφοδότηση εξωτερικού αέρα από δυο σημεία. Η διάρκεια του ταξιδιού ήταν 3 ώρες και 20 λεπτά. Στο λεωφορείο B2 επιβιβάστηκαν 16 άτομα (χωρητικότητα 17), με τα παράθυρα να μπορούν να ανοίγονται. Μάλιστα, ο οδηγός ανακαλεί πως το δικό του και άλλα δυο ήταν ανοιχτά περιστασιακά, παρά τον κρύο καιρό. Το δρομολόγιο του B2 διήρκεσε 1 ώρα. Και στις δυο περιπτώσεις το κλιματιστικό ήταν κλειστό. Από τις 10 δευτερογενείς μολύνσεις, οι 8 αφορούν το λεωφορείο B1. Αμφότερα είχαν χαμηλά επίπεδα αερισμού, με το λεωφορείο B2 να παρουσιάζει ελαφρώς καλύτερη κατάσταση λόγω των ανοιχτών παραθύρων, ακόμα και για σύντομο χρονικό διάστημα. Επιπλέον, όπως επισημαίνεται από τους ερευνητές, το B2 είχε μικρότερη χρονική διάρκεια ταξιδιού και

συνεπώς έκθεσης στον μολυσματικό παράγοντα. Όμως αυτό δεν αναιρεί το γεγονός ότι τα λεωφορεία αποτελούν μέρη πολυκοσμίας και κατά συνέπεια χώροι μετάδοσης.

3.6 Τρόποι αερισμού

Στην παρούσα εργασία γίνεται αρκετά συχνά λόγος του όρου «αερισμός». Αερισμός (ventilation) είναι η διαδικασία αλλαγής του εσωτερικού αέρα μέσω εισαγωγής και έπειτα κατανομής εξωτερικού αέρα και/ή ανακύκλωση, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, αέρα εντός του χώρου [103]. Στο εγχειρίδιο του Π.Ο.Υ. για την εξασφάλιση καλού αερισμού σε συνθήκες COVID-19 [43], σημειώνεται πως ο αερισμός ενός κτιρίου επηρεάζεται από τρεις παράγοντες: α) την κατεύθυνση του κύματος αέρα στον χώρο, β) την διανομή του νεοφερμένου αέρα και γ) τον ρυθμό αερισμού. Η κατεύθυνση και η διανομή του αέρα σχετίζονται με το πώς είναι επιθυμητό να κυκλοφορήσει ο νέος εσωτερικός αέρας αναλόγως με την χρήση της κτιριακής δομής. Στους νοσοκομειακούς χώρους είναι συχνά προαπαιτούμενο ο αέρας να κινείται με φορά προς τις πιο μολυσμένες περιοχές του ορόφου, παρασέρνοντας όλους τους ρύπους του χώρου. Ο ρυθμός αερισμού είναι η ποσότητα εξωτερικού αέρα που εισέρχεται σε εσωτερικό χώρο ανά μονάδα χρόνου και μετριέται σε m^3/h ή l/s .

Σκοπός του αερισμού είναι να απομακρύνει οσμές, επιβλαβείς παράγοντες, όπως χημικές ουσίες και αέρια, και να προσφέρει ένα υγιές και φιλικό περιβάλλον για τα άτομα που βρίσκονται εντός του χώρου. Η συγκέντρωση και αραίωση οποιουδήποτε ρύπου μέσα σε μια αίθουσα εξαρτάται από την ανανέωση του εσωτερικού αέρα, την αρχιτεκτονική και την διάταξη του χώρου (θέσεις παραθύρων, πορτών ή/και συστημάτων εξαερισμού, θέσεις επίπλων κ.λπ.), την ανθρώπινη παρουσία και κίνηση. Οι ανωτέρω παράγοντες επηρεάζουν την κυκλοφορία του αέρα και κατ' επέκταση την κίνηση του ρύπου [104]. Θα πρέπει σε αυτό το σημείο να τονιστεί για άλλη μια φορά πως ο αερισμός ενός χώρου αποτελεί έναν περιβαλλοντικό παράγοντα ως προς την μετάδοση αναπνευστικών ασθενειών, του οποίου η σημασία εξαρτάται και από την αλληλεπίδραση με τους υπόλοιπους παράγοντες. Αφ' ενός μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη κυκλοφορία του αέρα και κατά συνέπεια να μειώσει την πιθανότητα μετάδοσης στην περίπτωση της μετάδοσης μέσω αερολυμάτων. Αφ' ετέρου δεν φαίνεται να αποτρέπει την μετάδοση ενός μικροβιολογικού παράγοντα όταν εκείνη γίνεται μέσω επιφανειών καθώς και όταν η απόσταση μεταξύ ενός υγιούς και ενός ασθενή ή φορέα είναι μικρή- ιδίως όταν ο ένας ή/και οι δυο δεν φορούν μάσκες προστασίας.

Ο εξωτερικός αέρας εισάγεται με δύο βασικούς τρόπους: τον φυσικό και τον τεχνητό μηχανισμό αερισμού. Η επιλογή μεταξύ των δύο συνιστά μείζων θέμα, καθώς πρέπει να υπολογιστούν οι ανάγκες της κτιριακής δομής, ιδίως αναφορικά με τον λόγο χρήσης της (π.χ. νοσοκομείο, γραφεία), ο προσανατολισμός και οι συνθήκες ανέμου που επικρατούν στην περιοχή, η εγγύτητα σε πολυσύχναστους δρόμους ή σε ρυπασμένα ατμοσφαιρικά περιβάλλοντα όπως επίσης την διάθεση πόρων για την κατασκευή και συντήρηση των συστημάτων.

3.6.1 Φυσικός αερισμός

Όπως ορίζει ο Π.Ο.Υ. [105], πρόκειται για «χρήση των φυσικών δυνάμεων ώστε να εισαχθεί και να διανεμηθεί εξωτερικός αέρας εντός ή εκτός ενός κτιρίου». Ο φυσικός αερισμός εξαρτάται από τις θερμοκρασίες που επικρατούν τόσο στον εσωτερικό όσο και στον εξωτερικό αέρα καθώς και από τις ταχύτητες του ανέμου, με αμφότερα να προκαλούν μια διαφορά πίεσης. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, ο εξωτερικός αέρας δημιουργεί διαφορές πίεσης εντός και εκτός ενός κτιρίου. Στην προσήνεμη πλευρά δημιουργείται θετική πίεση, στην υπήνεμη αρνητική και η αλληλεπίδραση αυτή δημιουργεί με την σειρά της αρνητική πίεση και εντός του χώρου, με αποτέλεσμα να προωθείται ο εξωτερικός αέρας εντός του δωματίου μέσω των διαφόρων ανοιγμάτων.

Σε γενικό επίπεδο, η αποτελεσματικότητα του φυσικού αερισμού εξαρτάται από παράγοντες όπως ο σχεδιασμός και το σχήμα του κτιρίου, η εγγύτητα του κτιρίου σε άλλες δομές, το μέγεθος και το είδος των ανοιγμάτων που φέρει, ενώ και ο όροφος που μελετάται μπορεί να παρουσιάσει διαφορετικές τιμές ταχύτητας του ανέμου. Για παράδειγμα, όσο πιο ψηλά βρισκόμαστε σε ένα κτίριο, τόσο πιο αυξημένη θα είναι η ταχύτητα του ανέμου [106] [107]. Σχετικά με τον σχεδιασμό, θα πρέπει να υπολογιστεί και το είδος του αερισμού που πραγματοποιείται αναφορικά με τα ανοίγματα της αίθουσας. Βασικοί τύποι αερισμού είναι ο μονόπλευρος αερισμός (Single-sided ventilation) και ο διασταυρούμενος αερισμός (Cross ventilation). Η διαφορά μεταξύ των δύο αυτών σχεδιασμών αφορά την πλευρά του κτιρίου στην οποία βρίσκονται τα ανοίγματα και όχι στον αριθμό των ανοιγμάτων. Ειδικότερα, στον μονόπλευρο αερισμό, τα παράθυρα, οι πόρτες ή οποιαδήποτε άλλα ανοίγματα διαθέτει το κτίριο, βρίσκονται όλα στην ίδια πλευρά. Αντίθετα, στον διασταυρούμενο αερισμό τα ανοίγματα είναι τοποθετημένα σε δύο ή/ και περισσότερες πλευρές της αίθουσας. Σε αυτήν μάλιστα την περίπτωση, υπάγονται οι αίθουσες στις οποίες -συνήθως- τα παράθυρα και οι πόρτες βρίσκονται σε απέναντι πλευρές.

Ανοίγματα που προσφέρουν την είσοδο του εξωτερικού αέρα είναι τα παράθυρα, οι πόρτες, καμινάδες και οποιαδήποτε άλλα κατασκευαστικά ανοίγματα διαθέτει το κτίριο. Όσον αφορά την σχεδίαση των παραθύρων, παρατηρείται ποικιλία στον χώρο της αγοράς. Διατίθενται τα απλά ανοιγόμενα παράθυρα από το πλάι (side-hung windows), τα πολλαπλά ανοιγόμενα που ανοίγουν τόσο στο πλάι όσο και με ανάκλιση ώστε να ανοίγει το επάνω μέρος, παράθυρα ανάκλισης με τους μεντεσέδες είτε στο επάνω (top-hung windows) είτε στο κάτω μέρος (bottom-hung windows) και, τέλος, τα συρόμενα. Κατά την διάρκεια των ετών, έχουν υπάρξει διάφορες έρευνες σχετικά με το πιο αποτελεσματικό σχεδιασμό παραθύρου. Τα αποτελέσματα ποικίλουν καθώς διαπιστώνονται διαφορετικές προσεγγίσεις του θέματος εργαστηριακά λαμβάνοντας, παράλληλα, χώρα σε διαφορετικές πόλεις με διαφορετικά κλίματα. Χαρακτηριστικά, μελέτες κατέληξαν ότι κατά την διάρκεια του καλοκαιριού η καλύτερη επιλογή είναι τα ανοιγόμενα στο πλάι παράθυρα σε σχέση με εκείνα με ανάκλιση στο κάτω μέρος, καθώς παρατηρείται αυξημένη ταχύτητα κατά την είσοδο του αέρα [108]. Πιο πρόσφατα, σε μελέτη των Wang, Yu, Ye, και Bo, [109] στην περιοχή Tianjin της Κίνας κατεγράφησαν τα χαρακτηριστικά διαφόρων σχεδίων παραθύρων -μεταξύ των οποίων τα συρόμενα παράθυρα, απλά ανοιγόμενα και ανοιγόμενα με ανάκλιση- ως προς την αναλογία

αερισμού, με τα παράθυρα με ανάκλιση στο επάνω μέρος (top-hung windows) προσφέρουν την καλύτερη λύση και στους δύο τρόπους αερισμού που εξετάστηκαν. Ωστόσο, οι Gao και Lee, [110] σημειώνουν ότι η επιλογή των παραθύρων πρέπει να γίνει με προσεκτικό τρόπο αναγνωρίζοντας τα χαρακτηριστικά του κάθε τόπου, καθώς οι διαθέσιμες έρευνες αποτελεσματικότητας του εκάστοτε σχεδίου, μπορούν να εφαρμοστούν αποκλειστικά σε περιοχές με παρόμοιες μετεωρολογικές συνθήκες με εκείνες των ερευνών.

Όλα τα ανωτέρω ανοίγματα αφορούν τον εκούσιο φυσικό αερισμό. Πρόκειται δηλαδή για δομές που σχεδιάστηκαν κατά την κατασκευή του κτιρίου. Σκοπός αυτών των ανοιγμάτων είναι να προσφέρουν τον φυσικό αερισμό (π.χ. πόρτες, παράθυρα), όποτε χρειαστεί ενώ ορισμένα διαθέτουν και επιπλέον κατασκευαστικές χρησιμότητες, όπως η είσοδος και έξοδος από την αίθουσα. Πέρα από τον εκούσιο φυσικό αερισμό, παρατηρείται και ο ακούσιος μέσω ανοιγμάτων στους τοίχους, στις οροφές και στα παράθυρα, τα οποία είτε δεν θα έπρεπε να υπάρχουν είτε συμβάλλουν στην αλλαγή του αέρα λόγω της κατασκευαστικής χρησιμότητάς τους. Αυτή η εισροή αέρα ονομάζεται διήθηση (infiltration) και είναι ανεξάρτητη του τελικού συστήματος εξαερισμού που θα επιλέξει η τεχνική και οικοδομική υπηρεσία καθώς επηρεάζεται από την θέση και το μέγεθος των σημείων εισροής αέρα. Αυτά τα ανοίγματα κατά πλειοψηφία αποτελούν τρύπες σε τοίχους, οροφές ή και πατώματα, και γενικώς σημεία τα οποία χρήζουν αντικατάστασης ή επιδιόρθωσης. Μάλιστα μπορούν να διαχωριστούν σε εσκεμμένα ανοίγματα (όπως η καμινάδα ή άλλα ανοίγματα που συμβάλλουν στην σταθερότητα του κτιρίου όταν εμφανίζονται άνεμοι) και σε ανεπιθύμητα, τα οποία οφείλονται σε κατασκευαστικές ατέλειες ή φθορές του κτιρίου.

Πλεονέκτημα της συγκεκριμένης μεθόδου το γεγονός ότι πρόκειται συνολικά για μια οικονομική λύση ενεργειακά και κατασκευαστικά που χρησιμοποιείται ευρέως σε διάφορους χώρους και κτιριακά συγκροτήματα στην χώρα. Η υποδομή είναι εξ αρχής διαθέσιμη, καθώς όλες οι δομές διαθέτουν τα απαραίτητα ανοίγματα. Η λειτουργία του συστήματος εξαρτάται εξ ολοκλήρου από τις δυνάμεις του αέρα, οι οποίες αλληλοεπιδρούν με την εκάστοτε οικοδομή ακολουθώντας τους κανόνες της Φυσικής, με την μόνη οικονομική επιβάρυνση να τίθεται η αντικατάσταση και συντήρηση των παραθύρων και πορτών. Επιπρόσθετα, το κλίμα της Ελλάδας επιτρέπει το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου την χρήση παραθύρων και πορτών για την αντικατάσταση του εσωτερικού αέρα. Σε συνδυασμό με καλό αρχιτεκτονικό σχεδιασμό, η Ποιότητα του Εσωτερικού Αέρα δύναται να φτάσει υψηλά επίπεδα.

Το αρνητικό στον φυσικό εξαερισμό είναι το γεγονός ότι πολλές φορές οι παρευρισκόμενοι κλείνουν παράθυρα ή/και πόρτες, με στόχο την μείωση του εξωτερικού θορύβου, τυχόν οσμές από το εξωτερικό χώρο, για λόγους ασφάλειας καθώς και για την αύξηση του αισθήματος της άνεσης ως προς την θερμοκρασία και -ενίοτε- υγρασία του χώρου.

3.6.2 Τεχνητός αερισμός

Ο τεχνητός εξαερισμός προσφέρει μια διαρκή ανανέωση του αέρα, η οποία ελέγχεται μηχανικά και έτσι ένας χώρος δύναται να ανταποκριθεί στις απαραίτητες αλλαγές αέρα. Η ρύθμιση του αέρα που θα εισέρχεται στους χώρους προέρχεται από τις λεγόμενες αλλαγές αέρα

ανά ώρα (Air Changes per Hour ή αλλιώς ACH). Πρόκειται για την διαίρεση του ρυθμού αερισμού με το εμβαδόν του χώρου. Ο δείκτης αυτός μπορεί να υποδείξει τον αριθμό των αντικαταστάσεων του εσωτερικού αέρα από τον εξωτερικό σε διάστημα μιας ώρας. Το ACH χρησιμοποιείται και στον φυσικό αερισμό. Ως ελάχιστη τιμή για αποδοτικό αερισμό σε χώρο γραφείου ή σχολείων ορίζονται τα 10 l/s [43]. Στην προκειμένη περίπτωση, διατίθεται επιπλέον εξοπλισμός και ανεμιστήρες οι οποίοι μπορούν να βρίσκονται σε διάφορα σημεία όπως τα παράθυρα ή στους αεραγωγούς, με σκοπό να απομακρύνει τον «παλιό» ή/ και να εισάγει τον «φρέσκο» αέρα στον χώρο [105]. Πριν την διανομή του φρέσκου αέρα, είναι πιθανό να προηγηθεί αλλαγή στην θερμοκρασία του (θέρμανση ή ψύξη) ώστε να ανταποκριθεί στις ανάγκες του χώρου.

Συνήθως, όταν γίνεται λόγος για τεχνητό εξαερισμό, εννοείται το σύστημα HVAC (Heating, Ventilation and Air Conditioning). Τα συστήματα HVAC χωρίζονται στις εξής κατηγορίες: μόνο θέρμανσης, μόνο εξαερισμού, μόνο δροσισμού ή στα συστήματα κλιματισμού. Παράγοντες όπως είναι το κλίμα, το έτος κατασκευής του κτιρίου και οι προτιμήσεις του ιδιοκτήτη επηρεάζουν την επιλογή του είδους του συστήματος. Για την μείωση των ενεργειακών αναγκών στην θερμοκρασιακή ρύθμιση, το συγκεκριμένο σύστημα ρυθμίζεται έτσι, ώστε να εφαρμόζεται ανακύκλωση του ήδη υπάρχοντος αέρα σε μεγαλύτερο ποσοστό από όσο η εισαγωγή εξωτερικού αέρα [111]. Ωστόσο, στην περίπτωση του κορονοϊού, οι οδηγίες που δίνονται από την επιστημονική κοινότητα [112] αναφέρουν πως οποιαδήποτε χρήση του συστήματος ανακύκλωσης θα πρέπει να αποφεύγεται καθώς δύναται ο μολυσμένος αέρας ενός χώρου να μεταφερθεί μέσω του συστήματος σε κάποιο άλλο δωμάτιο. Έτσι, ελαττώνεται η πιθανότητα μόλυνσης ενός καθαρού και υγιούς χώρου.

Σε σχέση με τον φυσικό αερισμό, ο μηχανικός προσφέρει μεγαλύτερο έλεγχο ως προς τις συνθήκες που θα επικρατούν σε ένα κτίριο. Εξασφαλίζονται, δηλαδή, σταθερές τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας, καθώς και ρυθμίζεται ο ρυθμός αερισμού ανάλογα με τις απαιτήσεις της στιγμής [105]. Εφαρμόζει σε όλα τα κλίματα και οι παρευρισκόμενοι δεν διαθέτουν την ίδια ευχέρεια στην αλλαγή των επικρατούμενων συνθηκών (όπως ανοιγοκλείνοντας ένα παράθυρο).

Αρνητικό αυτής της μεθόδου είναι τα έξοδα συντήρησης. Στην περίπτωση μάλιστα που η συντήρηση είναι ατελής ή δεν πραγματοποιείται καθόλου, τότε η υγεία των παρευρισκόμενων εντός του κτιρίου τίθεται σε μεγάλο κίνδυνο. Αυτό συμβαίνει καθώς πολλές ασθένειες μπορούν να μεταφερθούν στους διάφορους χώρους. Επιπλέον, πρόκειται για ένα σύστημα το οποίο εξαρτάται εξ ολοκλήρου από την ηλεκτρική τροφοδότηση. Το κόστος ενεργειακής χρήσης είναι αρκετά μεγάλο λόγω της διαρκούς αλλαγής θερμοκρασίας και υγρασίας του «νέου» αέρα.

3.6.3 Καθαριστές αέρα με φίλτρα και Ηλεκτρονικοί καθαριστές αέρα

Οι καθαριστές αέρα με φίλτρα (Mechanical air filters) αποτελούν συσκευές οι οποίες χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερο, ειδικά μετά την έλευση του κοροναϊού. Η λειτουργία τους βασίζεται στην χρήση φίλτρων αέρα, τα οποία απομακρύνουν τα σωματίδια από ένα χώρο

αιχμαλωτίζοντάς τα στα υλικά φιλτραρίσματα της συσκευής καθαρισμού του αέρα. Σε αυτή την κατηγορία ανήκουν τα φίλτρα HEPA (High Efficiency Particulate Air) τα οποία αφαιρούν σκόνη, γύρη, μούχλα και βακτήρια σε ποσοστό 99,97% καθώς και κάθε αερομεταφερόμενο σωματίδιο που η διάμετρος του δεν ξεπερνά τα 0,3 μm [113]. Για τον υπολογισμό της αποτελεσματικότητας της απόδοσης ενός φίλτρου χρησιμοποιείται η ελάχιστη τιμή απόδοσης MERV (Minimum Efficiency Reporting Value). Τα φίλτρα που έχουν μεγαλύτερες τιμές MERV παγιδεύουν πιο αποτελεσματικά τα μικρότερα σωματίδια. Φίλτρα με τιμές MERV 1 έως και MERV 16 χρησιμοποιούνται κυρίως για οικιακή, εμπορική ή γενική νοσοκομειακή χρήση ενώ τα φίλτρα με τιμές MERV 17 έως και MERV 20 χρησιμοποιούνται σε χώρους όπου απαιτείται απόλυτη εξυγίανση όπως αίθουσες χειρουργείων. Τα φίλτρα HEPA έχουν τιμές MERV 17 και άνω. Είναι σημαντικό να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στην σωστή επιλογή του φίλτρου ανάλογα με τον τρόπο χρήσης της συσκευής καθαρισμού αέρα. Χρήση φίλτρου μεγαλύτερης τιμής MERV από τη συνιστώμενη θα έχει ως αποτέλεσμα να επηρεαστεί η απόδοση του συστήματος και να μειωθεί η ποιότητα του εσωτερικού αέρα [114] [115]. Επιπλέον, είναι σημαντικό η συσκευή που θα επιλεγεί να είναι και η σωστή για το εμβαδόν του χώρου, όπου θα χρησιμοποιηθεί.

Η λειτουργία των ηλεκτρονικών καθαριστών αέρα (Electronic air cleaners) βασίζεται σε μια διαδικασία που ονομάζεται ηλεκτροστατική έλξη (electrostatic attraction). Τα σωματίδια αποκτούν ηλεκτρικό φορτίο και παγιδεύονται σε ένα πλήθος από επίπεδες πλάκες (συλλέκτης) που είναι αντίθετα φορτισμένες. Με παρόμοιο τρόπο λειτουργούν οι ιονιστές διασκορπίζοντας τα φορτισμένα σωματίδια στον αέρα χωρίς όμως την παρουσία συλλέκτη [116]. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στο αν η συσκευή που θα επιλεγεί παράγει όζον. Σύμφωνα με το EPA [117], τέτοιες συσκευές θα πρέπει να αποφεύγονται καθώς το όζον αποτελεί βλαβερό προϊόν και μπορεί να φράξει τους αεραγωγούς των πνευμόνων.

Τα συστήματα αυτά δεν μπορούν να εξασφαλίσουν την πλήρη προστασία των παρευρισκόμενων. Είναι αρκετά αποτελεσματικά ως ατομικές μονάδες, και μάλιστα σε έρευνα η οποία έγινε σε απλά δωμάτια και στην Μονάδα Εντατικής Θεραπείας (Μ.Ε.Θ.) διαπιστώθηκε ότι κατά την χρήση καθαριστή με συνδυασμό φίλτρων HEPA και ακτινοβολίας UV δεν ανιχνεύτηκε RNA του SARS-CoV-2 [118]. Ωστόσο η μέγιστη δυνατή προστασία μπορεί να επιτευχθεί όταν οι καθαριστές αέρα αποτελούν κομμάτι ενός γενικού πλάνου προστασίας, μαζί με την χρήση μάσκας και τον σωστό αερισμό [117]. Οι καθαριστές αέρα προσφέρουν ένα περιβάλλον απαλλαγμένο από μικροοργανισμούς και σωματίδια (αναλόγως και τα φίλτρα), θα πρέπει όμως να λαμβάνεται υπόψη ότι δεν αντικαθιστούν σε καμία περίπτωση τον αερισμό και πως το διοξείδιο του άνθρακα που δύναται να μετρηθεί, μπορεί να παρουσιάζει αυξημένες τιμές.

3.6.4 Άλλες συσκευές (ανεμιστήρες, κλιματιστικά)

Οι κατηγορίες των ανεμιστήρων που συναντώνται συνηθέστερα στις σχολικές και πανεπιστημιακές εγκαταστάσεις είναι οι ανεμιστήρες οροφής και οι επιδαπέδιοι ανεμιστήρες. Η χρήση ανεμιστήρα συμβάλλει στην κυκλοφορία του αέρα, αλλάζοντας την διανομή και την

ταχύτητα του αέρα εντός ενός χώρου με το να αντικαθιστά τον «στάσιμο» εσωτερικό αέρα πολύ πιο γρήγορα [119]. Σε μελέτη τους, ο Li και οι συνεργάτες του [120] συνέκριναν την περίπτωση χρήσης με την περίπτωση μη χρήσης του ανεμιστήρα οροφής ως προς την μετάδοση αερολυμάτων. Βρήκαν ότι με την χρήση του ανεμιστήρα τα αερολύματα ομογενοποιούνται καλύτερα με τον αέρα του δωματίου καθώς επίσης παρατηρείται ενίσχυση του εξαερισμού, λόγω της δημιουργούμενης ροής αέρα. Σε παρόμοιο συμπέρασμα κατέληξε και η ερευνητική ομάδα του Jeff Wagner [121], η οποία σημειώνει ότι δύναται να μειωθεί η μετάδοση που οφείλεται σε κοντινές αποστάσεις. Απαιτούμενο, βέβαια, στην χρήση τους είναι να εισάγεται καθαρός αέρας παράλληλα με την λειτουργία του ανεμιστήρα, αποφεύγοντας την ανακύκλωση του -πιθανώς μολυσμένου- εσωτερικού αέρα [122]. Ωστόσο, δημιουργώντας αυτό το νέο κύμα αέρα, τα αερολύματα μπορούν να μεταφερθούν σε άλλο χώρο της αίθουσας ή ακόμα και εκτός αυτής, σε αποστάσεις δηλαδή που προηγουμένως θεωρούνταν ασφαλείς. Θα πρέπει να αποφεύγεται όσο το δυνατόν περισσότερο ο απευθείας προσανατολισμός των επιδαπέδιων ανεμιστήρων από ένα άτομο προς τα άλλα άτομα της αίθουσας καθώς η κατεύθυνση του αέρα μπορεί να μεταφέρει τα αερολύματα ενός ασθενή ή φορέα προς τα υγιή άτομα [122]. Για αυτόν το λόγο το Αμερικανικό CDC προτείνει η κατεύθυνση να είναι από την πιο καθαρή προς την λιγότερο καθαρή περιοχή του χώρου, αποφεύγοντας τις υψηλές ταχύτητες λειτουργίας [123]. Επιπρόσθετα, με την χρήση ανεμιστήρα επιταχύνεται η εξάτμιση του ιδρώτα του σώματος δίνοντας την αίσθηση ενός δροσερού περιβάλλοντος. Εξαιτίας αυτής της ιδιότητας των ανεμιστήρων, κατά την χειμερινή περίοδο η χρήση τους φαίνεται να μειώνει σε μεγάλο ποσοστό το αίσθημα άνεσης των παρευρισκόμενων ατόμων [119], καθιστώντας την χρήση του αδύνατη.

Πέρα από τους επιδαπέδιους και τους ανεμιστήρες οροφής, υπάρχουν και οι ανεμιστήρες παραθύρων. Πρόκειται για ιδιαίτερα χρήσιμη υποκατηγορία, καθώς μπορεί να συμβάλλει στον φυσικό αερισμό όταν οι περιβαλλοντικές συνθήκες δεν είναι δυνατές ώστε να προκαλέσουν την εισαγωγή και αντικατάσταση του αέρα. Επιλέγονται διότι έχουν την ικανότητα είτε να εισάγουν εξωτερικό αέρα, είτε να απομακρύνουν τον εσωτερικό είτε να πραγματοποιείται συνδυασμός αυτών των δύο [124]. Απαντώνται συνήθως σε χώρους όπου η χρήση παραθύρων δεν είναι δυνατή ή όπου δεν δύναται να υπάρξει αλλαγή του αέρα.

Όσον αφορά τα κλιματιστικά, πρόκειται για τεχνολογίες αλλαγής της θερμοκρασίας και υγρασίας ενός χώρου. «Παίρνουν» τον αέρα της αίθουσας και -αναλόγως τις ρυθμίσεις- τον εξάγουν πάλι στον χώρο. Με βάση και την έκταση του χώρου, το κλιματιστικό μπορεί από ένα σημείο και έπειτα να ανακυκλώνει τον αέρα του χώρου στον οποίο χρησιμοποιείται. Μαζί, όμως, με τον αέρα, το κλιματιστικό εισάγει στο σύστημά του σκόνη, γύρη καθώς και μικρόβια, με τα τελευταία να δύναται να τα εξάγει εκ νέου στην αίθουσα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα μετάδοσης αερολυμάτων αποτελεί η λεγιονέλλα στους πύργους ψύξης, ενώ παρατηρείται η πιθανότητα μετάδοσης κι άλλων ασθενειών μέσω αερολυμάτων όπως ιλαρά, φυματίωση και ο ιός της γρίπης [125]. Σε συνθήκες που η χρήση του κλιματιστικού θεωρηθεί αναγκαία, οι οδηγίες που δίνονται από τον Π.Ο.Υ αναφέρουν την ανανέωση του εσωτερικού αέρα της αίθουσας μέσω ανοίγματος πόρτας ή παραθύρου τουλάχιστον ανά μία ώρα για μερικά λεπτά [122]. Εξίσου σημαντικός παράγοντας είναι ο καθαρισμός των φίλτρων του κλιματιστικού. Ανάλογα με το σύστημα του κλιματιστικού, οι κατασκευαστές προτείνουν και αντίστοιχες περιόδους και τρόπους καθαρισμού των φίλτρων. Γενικά, προτείνονται τα εξής: εάν πρόκειται

για κλιματιστικό με επαναχρησιμοποιούμενα φίλτρα, ο καθαρισμός θα πρέπει να γίνεται κάθε 2 εβδομάδες περίπου, ενώ αν πρόκειται για φίλτρα μιας χρήσης, η αλλαγή θα πρέπει να γίνεται περίπου κάθε 2 μήνες [126] [127].

Συνοψίζοντας, είτε πρόκειται για εσωτερικό είτε εξωτερικό, ο αέρας παρουσιάζει μια συνεχή κινητικότητα, η οποία αποδίδεται σε συνθήκες όπως ο άνεμος, η διαφορά πυκνότητας, η κίνηση Brown, χρήση συσκευών καθώς και ενέργειες του ανθρώπου ή άλλων οργανισμών. Το σύστημα αερισμού του κτιρίου επιλέγεται κατά τον σχεδιασμό και την κατασκευή του, με το κάθε σύστημα να έχει τόσο προτερήματα όσο μειονεκτήματα. Η παρατήρηση της Ποιότητας του Εσωτερικού Αέρα σε οποιαδήποτε αίθουσα δύναται να μας βοηθήσει στο να περιοριστούν γενικότερες ανεπιθύμητες συνέπειες στην υγεία των παρευρισκόμενων και όχι μόνο ενάντια του SARS-CoV-2.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΒΑΣΗ

Προτού ξεκινήσει το ερευνητικό σκέλος της μελέτης αυτής, η ερευνητική ομάδα θεωρεί σημαντικό να αναφερθούν ορισμένα στοιχεία, τα οποία συμβάλλουν στην καλύτερη κατανόηση τόσο του θέματος της εργασίας όσο και του χώρου διεξαγωγής των μετρήσεων. Αρχικά, θα γίνει αναφορά στις παρατηρήσεις της επιστημονικής κοινότητας σχετικά με την σημασία της αερογενούς μετάδοσης στους εσωτερικούς χώρους. Στην συνέχεια, θα γίνει μια εκτενέστερη αναφορά στην μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα ως το σημαντικότερο ποιοτικό χαρακτηριστικό του αέρα. Θα παρουσιαστούν κάποιες βασικές μελέτες προ και μετά του κορωνοϊού, καθώς και ορισμένες οδηγίες για την ορθή μέτρηση, οι οποίες ακολουθήθηκαν και κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας. Τέλος, θα παρουσιαστεί ο χώρος ενδιαφέροντος της εργασίας, όπως επίσης ορισμένες πρακτικές που εφαρμόστηκαν με την επανέναρξη της δια ζώσης εκπαίδευσης.

4.1 Σχέση εσωτερικού χώρου με την μετάδοση του SARS-CoV-2

Η αναγνώριση της αερογενούς μετάδοσης ως τρόπος εξάπλωσης του SARS-CoV-2 αποτέλεσε αμφιλεγόμενο ζήτημα, καθώς για μεγάλο χρονικό διάστημα ο Π.Ο.Υ. δεν το συμπεριελάμβανε στις ενημερώσεις που διεξήγαγε. Αρκετοί επιστήμονες εξέφραζαν την αντίρρησή τους, με τους Morawska και Milton να δημοσιεύουν ανοιχτή επιστολή, η οποία υπεγράφη από συνολικά 239 επιστήμονες, για την ανάγκη αναγνώρισης της αερογενούς μετάδοσης του κορωνοϊού [128]. Συγκεκριμένα, έχοντας τις εμπειρίες από τον SARS και τον MERS καθώς και στοιχεία μελετών σε νοσοκομειακούς χώρους με ασθενείς της COVID-19 και στοιχεία από υπερμετάδοση σε κλειστό χώρο, υποστηρίζουν πως ο SARS-CoV-2 δεν πρέπει να υποτιμηθεί ως προς την αερογενή μετάδοση και πως για την καλύτερη αντιμετώπιση της πανδημίας θα πρέπει να ληφθούν υπόψη όλοι οι πιθανοί τρόποι μετάδοσης. Επιπλέον, προ της επιστολής αυτής, οι Morawska και Cao δημοσίευσαν άρθρο λέγοντας πως παρ' ότι η επιστήμη έχει αποδείξει την ύπαρξη και τον ρόλο της αερογενούς μετάδοσης ιών, δεν λαμβάνονται μέτρα για την ελαχιστοποίησή της [33]. Συμπληρωματικά, οι Allen και Marr παρουσίασαν 3 υπερασπιστικές -για την αερογενή μετάδοση- γραμμές. Αρχικά, παρουσίασαν έρευνες στις οποίες ανιχνεύθηκε ιικό φορτίο του SARS-CoV-2 στον αέρα εντός του εύρους 1-4 μm και μάλιστα σε σημεία του εξαερισμού, όπου είναι αδύνατη η μετάδοση με οποιονδήποτε άλλον τρόπο. Στην συνέχεια, υποστήριζαν ότι οι ασυμπτωματικοί φορείς δεν παράγουν μεγάλο μεγέθους σταγονίδια (μικρή συχνότητα βήχα ή φταρνίσματος) και συνεπώς η αερογενής μετάδοση και η εναπόθεση σταγονιδίων στις επιφάνειες είναι οι μόνοι πιθανοί τρόποι μετάδοσης. Τρίτο και τελευταίο σημείο είναι πως η απελευθέρωση σταγονιδίων μεγάλου μεγέθους είναι αδύνατο να μην συνοδευτεί από ταυτόχρονη απελευθέρωση μικρότερων, σχολιάζοντας πως ίσως στην πραγματικότητα μέρος των μεταδόσεων από κοντινή απόσταση να προκύπτει από την εισπνοή μικρών σταγονιδίων [129]. Με παρόμοιο τρόπο κινήθηκαν και η Trisha Greenhalgh με τους συνεργάτες της, οι οποίοι παρουσιάζουν στο άρθρο τους 10 λόγους υπέρ της αερογενούς μετάδοσης [130]. Πολλά από τα αναφερθέντα

επιχειρήματά τους έχουν παρουσιαστεί και στην παρούσα εργασία, όπως η υπερμετάδοση, μετάδοση μέσω κάποιου ασυμπτωματικού φορέα και η παρουσία του ιού στα φίλτρα αέρα.

Σε μετέπειτα χρόνο, μια ιχνηλάτιση των κρουσμάτων σε περιοχές της Κίνας έδειξε πως οι περισσότερες μολύνσεις πραγματοποιήθηκαν σε εσωτερικούς χώρους. Ειδικότερα, σε 120 πόλεις της Κίνας, βρέθηκαν 7.324 επιβεβαιωμένα κρούσματα, εκ των οποίων μόνο τα 2 προήλθαν από επαφή σε εξωτερικό χώρο. Οι υπόλοιπες περιπτώσεις είχαν ως κύριες πηγές μετάδοσης την κατοικία, τα μέσα συγκοινωνίας, εστιατόρια, χώρους αναψυχής και εμπορικά καταστήματα. Οι ερευνητές, ωστόσο, δεν διέθεταν στοιχεία σχετικά με τον εξαιρεισμό των χώρων αυτών, ούτε για τα χαρακτηριστικά του χώρου (π.χ. όροφος, αριθμός παρευρισκόμενων) [131].

4.2 Η καταγραφή του CO₂ ως μέτρο αξιολόγησης του εσωτερικού αέρα

Η μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα βρίσκεται συνεχώς στο προσκήνιο σε θέματα επίδρασης του στον εσωτερικό αέρα. Ερωτήματα όπως η συσχέτιση του αερίου με την ποιότητα του εσωτερικού αέρα, η εκτίμηση του ρυθμού του κτιριακού αερισμού αλλά και η συσχέτιση με το αίσθημα άνεσης και την παραγωγικότητα των εργαζομένων ή και την γνωσιακή λειτουργία μαθητών, αποτελούν κύρια αντικείμενα έρευνας. Η ανάγκη για μέτρηση της πιθανότητας μετάδοσης μιας μεταδοτικής ασθένειας εντός ενός κλειστού χώρου οδήγησε στην διαμόρφωση της εξίσωσης Wells–Riley. Η μέθοδος αυτή βασιζόταν σε σταθερές και αμετάβλητες συνθήκες και καταγραφή της εισροής του εξωτερικού αέρα εντός του χώρου. Ο εξωτερικός αέρας είναι δύσκολο να καταγραφεί, καθώς πρόκειται για μεταβλητό παράγοντα. Το 2003 έγινε η βάση για την καταγραφή του διοξειδίου του άνθρακα ενός εσωτερικού χώρου για την πιθανή συσχέτιση των τιμών του ως προς την μετάδοση αερογενών νοσημάτων. Οι Rudnick και Milton ανέπτυξαν μια διαφορετική εξίσωση έχοντας ως επίκεντρο το CO₂ της εκπνοής. Συγκεκριμένα, βασίστηκαν στο γεγονός ότι οι αερογενείς ασθένειες μεταδίδονται όταν ένα υγιές άτομο εισπνέσει τον εκπνεόμενο αέρα ενός ασθενούς σε συνδυασμό με την δυνατότητα του CO₂ να αποτελεί δείκτη εκπνοής [132]. Σε έρευνα του 2019, ο Du και η ομάδα του αξιοποίησαν την μέτρηση του διοξειδίου ώστε να αξιολογήσουν τον αερισμό αιθουσών πανεπιστημίου ως προς την μετάδοση της φυματίωσης κατά την διάρκεια έξαρσης στην Ταϊπέι. Βρήκαν ότι με την πτώση των τιμών CO₂ κάτω των 1.000 ppm υπήρχε μείωση κατά 97% του κινδύνου εμφάνισης νέων κρουσμάτων φυματίωσης, αποτελώντας -σύμφωνα με τους συγγραφείς- ένα βασικό βήμα για την λήξη της επιδημίας [133].

Στην νέα εποχή της πανδημίας, πραγματοποιήθηκαν διάφορα πειράματα με βασικότερο αυτό του Πανεπιστημίου του Κολοράντο από τον ερευνητή στο Ινστιτούτο CIRES, Jose-Luis Jimenez. Γνωρίζοντας ότι πολλοί μικροβιακοί παράγοντες, όπως οι ιοί, προσκολλώνται στα μόρια του εκπνεόμενου αέρα και σταγονιδίων, ο Peng και ο Jimenez στράφηκε στην μέτρηση του διοξειδίου του άνθρακα, διαπιστώνοντας ότι ο κίνδυνος μετάδοσης του ιού είναι μαθηματικά ανάλογος της αύξησης των επιπέδων CO₂ [134]. Στην ίδια κατεύθυνση κινήθηκαν το 2021 ερευνητές από το Πανεπιστήμιο Τεχνολογίας του Αϊντχόφεν, με επικεφαλής τον Bert

Blocken, πραγματοποιώντας μια μελέτη πεδίου. Αποτέλεσε την συνέχεια της μελέτης μετάδοσης της COVID-19 σε εσωτερικούς χώρους αθλητικών εγκαταστάσεων. Στόχος της εν λόγω μελέτης ήταν αν και κατά πόσο μεταδίδεται ο ιός αερογενώς σε ένα ανοιχτό στάδιο. Οι μετρήσεις που έγιναν περιελάμβαναν τα εξής ποιοτικά χαρακτηριστικά: θερμοκρασία, σχετική υγρασία, διοξείδιο του άνθρακα και συγκέντρωση αερολυμάτων. Κατά τη διάρκεια του αγώνα τοποθετήθηκαν ακριβείς συσκευές μέτρησης που παρακολουθούσαν τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά σε περισσότερες από 300 θέσεις [135]. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης δεν έχουν γίνει ακόμα γνωστά. Μια τρίτη έρευνα των Πανεπιστημίων της Δανίας [136] ανέδειξε την συσχέτιση που έχουν τα αερολύματα που διαμορφώνονται κατά την ομιλία με το διοξείδιο του άνθρακα που παράγεται από τον ανθρώπινο οργανισμό. Οι ερευνητές Karpelt, Russell και οι συνεργάτες τους κατέληξαν στο ότι τόσο τα αερολύματα όσο και το διοξείδιο του άνθρακα απελευθερώνονται στον αέρα με τον ίδιο τρόπο και πως χάρη στην μέτρηση των τιμών του διοξειδίου του άνθρακα μπορούν να υπολογιστούν ο αριθμός και η συγκέντρωση των εκπεμπόμενων σωματιδίων. Επίσης, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι ο ορθός και επαρκής αερισμός ενός χώρου θα είναι πάντοτε μια βασική τακτική ώστε να μειωθούν οι τιμές και των δύο παραγόντων.

Παρόμοια ποιοτικά χαρακτηριστικά με την παρούσα έρευνα μετρήθηκαν και δημοσιεύτηκαν από ερευνητές από τα Πανεπιστήμια Jaume I και Girona στην Ισπανία [137]. Δείγμα τους αποτέλεσαν δυο σχολεία του Καστεγιόν της Ισπανίας, στα οποία πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις διοξειδίου του άνθρακα, θερμοκρασίας και υγρασίας, χρησιμοποιώντας μετρητή χώρου κατά τους μήνες Μάιο 2020 στο πρώτο σχολείο και Ιούνιο 2021 στο δεύτερο. Σκοπός της μελέτης ήταν η καταγραφή των τιμών του διοξειδίου του άνθρακα, ώστε να αξιολογηθεί η μαθησιακή επίδοση. Η δημοσίευση περιλαμβάνει τα δεδομένα που κατεγράφησαν με στόχο την μετέπειτα έρευνα και δημιουργία κατευθυντήριων οδηγιών τόσο από την επιστημονική κοινότητα όσο και από την σχολική διεύθυνση. Η καταγραφή γινόταν καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας και παράλληλα αξιολογήθηκε η διακύμανση των τιμών που κατεγράφησαν σε σχέση με τα χωροταξικά χαρακτηριστικά των αιθουσών (τοποθεσία και εμβαδόν), το ωρολόγιο πρόγραμμα συμπεριλαμβανομένων και των διαλειμμάτων μεταξύ των μαθημάτων, καθώς και τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται μέσα στην αίθουσα. Σε άλλη μελέτη που έλαβε χώρα στην Ιταλία [138], μετρήθηκε το διοξείδιο του άνθρακα σε 11 σχολικές αίθουσες με φυσικό αερισμό σε δύο φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, μετρήθηκε η τιμή του αερίου υπό συνθήκες καθημερινότητας. Πιο συγκεκριμένα, το άνοιγμα των παραθύρων και των πορτών και η διάρκεια αυτού ήταν στην κρίση του εκάστοτε καθηγητή. Σε δεύτερη φάση, μετρήθηκε εκ νέου το αέριο έχοντας δημιουργήσει και εφαρμόσει ένα υγειονομικό πρωτόκολλο το οποίο έφερε οδηγίες σχετικά με τον αερισμό της αίθουσας. Οι ερευνητές στην συνέχεια συνέκριναν τα αποτελέσματα και διαπίστωσαν πως κατά την δεύτερη φάση οι τιμές που μετρήθηκαν παρουσίαζαν πτώση συγκριτικά με τα αρχικά αποτελέσματα, ωστόσο αρκετές αίθουσες έδειχναν υπέρβαση του ορίου των 700 ppm, γεγονός που οφείλεται στην αρχιτεκτονική της αίθουσας και του κτιρίου που δεν επιτρέπει την επαρκή είσοδο αέρα και κατ' επέκταση τον αερισμό του χώρου.

Ωστόσο, υπάρχουν ορισμένα θέματα που θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την μέτρηση του αερίου. Αρχικά, τα όρια συγκέντρωσης του CO₂ από μόνα τους δεν αποτελούν σαφείς ενδείξεις για το αν κάποια ασθένεια δύναται να μεταδοθεί ή όχι και πως η μέτρηση

γίνεται καθαρά για την εκτίμηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος εξαερισμού που χρησιμοποιείται [139]. Κατά συνέπεια, σε σχέση με τον SARS-CoV-2 αλλά και με άλλους μικροβιολογικούς παράγοντες, η μέτρηση του CO₂ μάς βοηθάει στην βελτίωση των συνθηκών αερισμού ενός χώρου, μειώνοντας -όσο γίνεται- την πιθανότητα μετάδοσης. Δεύτερον, σε χώρους μεγάλης έκτασης ή με μικρή συγκέντρωση ατόμων, υπάρχει μια αβεβαιότητα ως προς την τιμή της μέτρησης και πιθανώς να μην αποτυπώνει πάντα την ικανότητα αερισμού του συγκεκριμένου χώρου [140]. Τρίτον, ακόμα κι αν παρατηρηθούν χαμηλά επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα, δεν εξασφαλίζεται η μείωση της μεταδοτικότητας του ιού όταν στον χώρο αυτόν δεν τηρούνται τα επιπρόσθετα μέτρα προστασίας, δηλαδή τήρηση αποστάσεων και σωστή χρήση μάσκας [65]. Αξίζει να αναφερθεί πως η χρήση μάσκας δεν φιλτράρει τα μόρια του CO₂ [134]. Επιπλέον, είναι αδύνατη η αξιολόγηση των συσκευών καθαρισμού του αέρα μέσω μέτρησης του CO₂, καθώς οι καθαριστές δεν επηρεάζουν την συγκέντρωση του συγκεκριμένου αερίου, αλλά μόνο μικροβιολογικούς παράγοντες και ορισμένους ρύπους [124]. Τέλος, όπως σημειώνεται από την Σχολή Δημόσιας Υγείας του Harvard [124], για την εξέταση της αποτελεσματικότητας του εξαερισμού μιας σχολικής αίθουσας, θα πρέπει να βρίσκονται όλοι οι παρευρισκόμενοι -όπως έχουν διαμορφωθεί από την σχολική Διεύθυνση- ώστε οι μετρήσεις να είναι αντιπροσωπευτικές και να μην εξαχθούν λανθασμένα συμπεράσματα.

Όσον αφορά το ίδιο το όργανο μέτρησης, αναφέρεται πως θα πρέπει να βρίσκεται στο ύψος στο οποίο οι παρευρισκόμενοι αναπνέουν αποφεύγοντας, όμως, τον εκπνεόμενο αέρα [141]. Ο αισθητήρας να βρίσκεται μακριά από πόρτες, παράθυρα, αεραγωγούς και περίπου 0,5 μέτρο μακριά από τους παρευρισκόμενους. Απαραίτητο είναι, επίσης, να μην χρησιμοποιείται κάποια συσκευή η οποία παράγει από μόνη της διοξείδιο του άνθρακα [140].

4.3 Η περίπτωση του Πα.Δ.Α.

Το Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής χωρίζεται μέχρι στιγμής σε 3 Πανεπιστημιούπολεις: Στο άλσος Αιγάλεω (Πανεπιστημιούπολη 1), στον Αρχαίο Ελαιώνα (Πανεπιστημιούπολη 2) και στην Αθήνα (Πανεπιστημιούπολη 3). Οι σχολές και τα Τμήματα αυτών χωρίζονται στις τρεις Πανεπιστημιούπολεις ως εξής:

Πανεπιστημιούπολη 1

- Σχολή Δημόσιας Υγείας
 - Τμήμα Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας
- Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών & Κοινωνικών Επιστημών
 - Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία
 - Τμήμα Αρχαιονομίας, Βιβλιοθηκονομίας και Συστημάτων Πληροφόρησης
 - Τμήμα Διοίκησης Τουρισμού
- Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας

- Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού
- Σχολή Επιστημών Τροφίμων
- Σχολή Μηχανικών
 - Τμήμα Μηχανικών Βιοϊατρικής
 - Τμήμα Μηχανικών Τοπογραφίας και Γεωπληροφορικής
 - Τμήμα Ναυπηγών Μηχανικών
 - Τμήμα Μηχανικών Πληροφορικής και Υπολογιστών

Πανεπιστημιούπολη 2

- Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών & Κοινωνικών Επιστημών
 - Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων
 - Τμήμα Κοινωνικής Εργασίας
 - Τμήμα Λογιστικής και Χρηματοοικονομικής
- Σχολή Μηχανικών
 - Τμήμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών
 - Τμήμα Μηχανικών Βιομηχανικής Σχεδίασης και Παραγωγής
 - Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
 - Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πανεπιστημιούπολη 3

- Σχολή Δημόσιας Υγείας
 - Τμήμα Δημόσιας και Κοινοτικής Υγείας
 - Τμήμα Πολιτικών Υγείας

Οι ανωτέρω κατηγορίες περιλαμβάνουν τις διδακτικές αίθουσες, τα εργαστήρια, τις Γραμματείες Σχολών και Τμημάτων, χώρους συνεδριάσεων, λοιπές διοικητικές υπηρεσίες, ιατρεία, βιβλιοθήκες και γυμναστήρια. Τα κτίρια, σε όλες τις πανεπιστημιούπολεις, διαθέτουν κυρίως 2 ορόφους χωρίς να αποκλείεται η ύπαρξη επιπλέον ορόφου ή η διαμόρφωση κάποιου δώματος σε ταράτσα ως γραφείο διοικητικής υποστήριξης (ειδικότερα στην Πανεπιστημιούπολη 1), ενώ ορισμένες σχολές χρησιμοποιούν και αίθουσες εντοπισμένες σε υπόγειο επίπεδο. Οι Πανεπιστημιούπολεις 1 και 2 διαθέτουν, επίσης, μεγάλες εκτάσεις πρασίνου και εξωτερικού χώρου στάθμευσης, με αποτέλεσμα η επαφή των αιθουσών με τις πολυσύχναστες οδούς και λεωφόρους της εκάστοτε περιοχής να μειώνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό.

Η δυναμική της κάθε αίθουσας ως προς τον αριθμό των φοιτητών εντός αυτής ποικίλλει καθώς υπάρχουν αίθουσες διαφορετικών διαστάσεων και δυνατοτήτων. Έπειτα από την έλευση της πανδημίας και το άνοιγμα των Πανεπιστημιακών χώρων μετά από περίπου 1,5 χρόνο με την εφαρμογή της Κοινής Υπουργικής Απόφασης (Φ.Ε.Κ. 4406/24-09-2021, τ. Β'), έχουν πραγματοποιηθεί αλλαγές στον αριθμό των φοιτητών που θα παρακολουθούν κάποιο μάθημα -και ιδίως εργαστηριακό- καθώς και στις διοικητικές υπηρεσίες, με πολλές από τις

γραμματείες να μην διαθέτουν τον πλήρη αριθμό των εργαζομένων στον χώρο εργασίας. Το Πα.Δ.Α. με ανακοίνωσή του [142] όρισε ως μέγιστη πληρότητα στις εκπαιδευτικές αίθουσες το 80%. Πίσω από την απόφαση της μειωμένης προσέλευσης βρίσκεται το εξής σκεπτικό: όσο περισσότεροι βρίσκονται σε έναν κλειστό χώρο, τόσο περισσότερο αυξάνεται η πιθανότητα έστω ένα άτομο να είναι ασθενής/ φορέας. Με αυτόν τον τρόπο, αυξάνεται και η ποσότητα των ατόμων που πιθανώς θα μολυνθούν από τον ιό. Εντούτοις, έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και οι ενέργειες που πραγματοποιούνται εντός των αιθουσών, παρά τον μειωμένο αριθμό των παρευρισκόμενων, στην υγιεινή του χώρου.

Στην ίδια ανακοίνωση του Πα.Δ.Α., δίνονται επίσης οδηγίες ασφαλών υγειονομικών πρακτικών. Μεταξύ αυτών ορίζεται η χρήση μάσκας, η απολύμανση των χώρων και των επιφανειών, ενώ επίσης γίνεται λόγος για αερισμό της αίθουσας για διάστημα μισής ώρας μεταξύ μαθημάτων που πραγματοποιούνται στην ίδια αίθουσα.

Σε κάθε αίθουσα παρατηρούνται και διαφορετικές συνθήκες. Για παράδειγμα, ορισμένες αίθουσες δεν διαθέτουν κλιματιστικά ή ανεμιστήρες ή και τα δύο. Άλλες, λόγω της θέσης τους στον χώρο του Πανεπιστημίου, διαθέτουν καλύτερη δυναμική αερισμού τόσο με την εμφάνιση συχνών ρευμάτων αέρα όσο και με την μεγάλη απόσταση που καταγράφεται σε σχέση με κάποιο γειτονικό κτήριο του Πανεπιστημίου. Όλες οι αίθουσες διαθέτουν μεγάλο αριθμό παραθύρων, ωστόσο ορισμένα από αυτά δεν είναι ανοιγόμενα. Το είδος των παραθύρων που έχει επιλεγεί είναι τα απλά ανοιγόμενα στο πλάι, με πολλά από αυτά ιδίως στην Πανεπιστημιούπολη 1 να ανοίγουν και με ανάκλιση στο επάνω μέρος.



Εικόνα 2 Η κάτοψη της Πανεπιστημιούπολης 1 (Οδηγός για πρωτοετείς φοιτητές, ΤΕΙ Αθήνας, 2016)

Οι κτιριακές δομές διαθέτουν πολλούς διαδρόμους, ώστε να υπάρχει επαφή μεταξύ των πολλών αιθουσών καθώς και μεταξύ διαφορετικών κτιρίων. Υπάρχει και ο κεντρικός διάδρομος που συνδέει σχεδόν όλα τα κτίρια και τις υποδομές του Πανεπιστημίου. Η επαφή των διαφόρων κτιρίων στην Πανεπιστημιούπολη 1 μπορεί να γίνει είτε μέσω διαδρόμου στο ισόγειο επίπεδο είτε μέσω διαδρόμου που δημιουργείται στους δεύτερους ορόφους. Μεγάλος

αριθμός των διαδρόμων διαθέτει ανοίγματα και συγκεκριμένα παράθυρα και πόρτες. Ούσες εντός του κτιριακού συγκροτήματος, οι πόρτες μπορούν είτε να οδηγούν στον εξωτερικό υπαίθριο χώρο, είτε σε μικρότερους υπαίθριους χώρους που έχουν διαμορφωθεί εντός μιας κτιριακής δομής, όπως φαίνεται και στην εικόνα.

Η παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε στους χώρους της Πανεπιστημιούπολης 1 (Κτήρια 5, 8, 9, 11, 13, 16 σε αίθουσες των Σχολών που συμμετείχαν στην έρευνα) και της Πανεπιστημιούπολης 3.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο: ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Εισαγωγή

Η μελέτη του διοξειδίου του άνθρακα ως προς την ποιότητα του εσωτερικού αέρα κέντριζε πάντοτε το ενδιαφέρον στην επιστημονική κοινότητα. Υπάρχουν ήδη πολλές διαθέσιμες μελέτες τόσο σε χώρους εργασίας όσο και στο σχολικό περιβάλλον. Ο σκοπός τους κυρίως αφορούσε στοιχεία αρχιτεκτονικής και συγκεκριμένα την ικανότητα της κτιριακής δομής να προσφέρει την καλύτερη δυνατή ανανέωση του αέρα μέσω του φυσικού αερισμού. Με την αιφνίδια -παρότι προβλεπόμενη- έλευση του νέου ιού που προκαλεί την ανθρωπονόσο COVID-19, η μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και ιδίως του διοξειδίου του άνθρακα, της θερμοκρασίας και της υγρασίας, αποδεικνύεται χρήσιμο εργαλείο πρόβλεψης και εκτίμησης της ασφάλειας του εσωτερικού αέρα, ενώ σε δεύτερο βαθμό μπορεί να μειώσει την εξάπλωση του ιού μέσω της ρύθμισης των τιμών αυτών των χαρακτηριστικών, όπως έδειξε και αντίστοιχη μελέτη [134].

Η ύπαρξη ενός υγιεινού και ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας και φοίτησης είναι πάντοτε το θέμα συζήτησης του Εργαστηρίου Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας της Σχολής Δημόσιας Υγείας. Έχοντας τα νέα αυτά δεδομένα περί κορωνοϊού και με την επιστροφή στις πανεπιστημιακές αίθουσες του Πα.Δ.Α. το Εργαστήριο κινητοποιήθηκε άμεσα ώστε να ερευνήσει την δυνατότητα παροχής ενός υγιούς περιβάλλοντος τόσο για τους φοιτητές και τις φοιτήτριές του, όσο και για τους εργαζόμενους και εργαζόμενές του.

5.1 Σκοπός της μελέτης και ερευνητικά ερωτήματα

Γενικός σκοπός της παρούσας έρευνας αποτελεί η καταγραφή και η μετέπειτα αξιολόγηση των τιμών των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εσωτερικού αέρα στους χώρους του Πα.Δ.Α. Επιπρόσθετα, έχει σκοπό την παρατήρηση ορισμένων μεταβλητών που δύναται να επηρεάσουν τα υπό μελέτη ποιοτικά χαρακτηριστικά, οι οποίες παρατηρούνται κατά την διεξαγωγή μαθημάτων ή στην διάρκεια εργασίας εντός των χώρων του Πανεπιστημίου. Η ερευνητική ομάδα έχει ως απώτερο στόχο την βελτίωση των συνθηκών αερισμού και κατ' επέκταση την εξασφάλιση ασφαλών -περιβαλλοντικά- εργασιακών και εκπαιδευτικών χώρων τόσο για τους εργαζόμενους όσο και για τους φοιτητές και την αποφυγή μετάδοσης της ασθένειας COVID-19. Για την διεκπεραίωση των ανωτέρω, διατυπώθηκαν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα και υπο-ερωτήματα:

1. Υπάρχει σχέση μεταξύ των μεταβλητών και των βασικότερων ποιοτικών χαρακτηριστικών της μελέτης; Πιο συγκεκριμένα:
 - i. Σχετίζεται το Διοξείδιο του άνθρακα με τον όροφο, την θέση της αίθουσας στο κτίριο, το εμβαδόν της αίθουσας, τον αριθμό των παρευρισκόμενων, την ύπαρξη ή μη κλιματισμού/ θέρμανσης, την θέση των παραθύρων της αίθουσας ως προς την πόρτα, τον χρόνο παραμονής των παρευρισκόμενων,

- την ύπαρξη ή μη ανοιχτής πόρτας και παραθύρου, τον χρόνο ανοιχτών παραθύρων και πορτών;
- ii. Σχετίζεται η Θερμοκρασία με τον όροφο, την θέση της αίθουσας στο κτίριο, το εμβαδόν της αίθουσας, τον αριθμό των παρευρισκόμενων, την ύπαρξη ή μη κλιματισμού/ θέρμανσης, την θέση των παραθύρων της αίθουσας ως προς την πόρτα, τον χρόνο παραμονής των παρευρισκόμενων, την ύπαρξη ή μη ανοιχτής πόρτας και παραθύρου, τον χρόνο ανοιχτών παραθύρων και πορτών;
 - iii. Σχετίζεται η Σχετική Υγρασία με τον όροφο, την θέση της αίθουσας στο κτίριο, το εμβαδόν της αίθουσας, τον αριθμό των παρευρισκόμενων, την ύπαρξη ή μη κλιματισμού/ θέρμανσης, την θέση των παραθύρων της αίθουσας ως προς την πόρτα, τον χρόνο παραμονής των παρευρισκόμενων, την ύπαρξη ή μη ανοιχτής πόρτας και παραθύρου, τον χρόνο ανοιχτών παραθύρων και πορτών;
2. Σε ποια επίπεδα κυμαίνεται η τιμή του Διοξειδίου του άνθρακα; Είναι αποδεκτή;
 3. Σε ποια επίπεδα κυμαίνεται η τιμή της Θερμοκρασίας και της Σχετικής Υγρασίας;
 4. Σε ποια επίπεδα κυμαίνονται οι τιμές των υπόλοιπων ποιοτικών χαρακτηριστικών (μονοξείδιο του άνθρακα, οξυγόνο, μονοξείδιο και διοξείδιο του αζώτου);

Από τα σημεία που προαναφέρθηκαν, γίνεται ξεκάθαρο πως η ερευνητική ομάδα πρόκειται, σε αρχικό επίπεδο, να ερευνήσει την συσχέτιση που πιθανώς έχουν οι μεταβλητές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του εσωτερικού αέρα και, σε δεύτερο επίπεδο, να ερμηνεύσει τις στατιστικώς σημαντικές σχέσεις που θα καταγραφούν. Ο χαρακτήρας της έρευνας είναι ποσοτικός και υπό αυτό το πρίσμα γίνεται ο περαιτέρω σχεδιασμός και η διεξαγωγή της ερευνητικής διαδικασίας.

5.2 Μέθοδος δειγματοληψίας- Περιγραφή του δείγματος

Με την έναρξη του ακαδημαϊκού έτους αρχικά ζητήθηκε άδεια για την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας του Πα.Δ.Α. για την διεξαγωγή της ερευνητικής διαδικασίας. Η απάντησή τους στο αίτημα ανέφερε πως η έρευνα «δεν χρήζει αξιολόγησης και έγκρισης», καθώς η φύση της έρευνας «δεν εμπίπτει με τις αρμοδιότητες της Επιτροπής». Συνεπώς, η ερευνητική ομάδα ήταν σε θέση να ξεκινήσει άμεσα το ερευνητικό της έργο. Άμεσα, στάλθηκε μήνυμα ηλεκτρονικής αλληλογραφίας με αποδέκτες τους Κοσμήτορες της κάθε Σχολής από την Διευθύντρια Τομέα Περιβαλλοντικής Υγείας, κ. Κωνσταντίνα Σκαναβή, προσκαλώντας τους να υποδείξουν τις αίθουσες που ήταν επιθυμητό να γίνουν μετρήσεις. Συνολικά, ανταποκρίθηκαν οι 3 από τις 6 Σχολές του Πανεπιστημίου- η Σχολή Επιστημών Τροφίμων, η Σχολή Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού και η Σχολή Δημόσιας Υγείας.

Αθροιστικά, μετρήθηκαν 45 αίθουσες. Το δείγμα αποτελούν σε πρωταρχικό επίπεδο οι αίθουσες διδασκαλίας και σε δεύτερο επίπεδο γραμματείες των Σχολών. Η επιλογή των αιθουσών έγινε με βάση το ωρολόγιο πρόγραμμα της εκάστοτε Σχολής την ημέρα που είχε κανονιστεί η διαδικασία μέτρησης, μέσω συνεννόησης της ερευνητικής ομάδας και των

υπεύθυνων καθοδηγητών που ορίστηκαν από τις Σχολές. Απορρίφθηκαν μετρήσεις και ερωτηματολόγια τα οποία συμπληρώθηκαν σε αίθουσες διδασκαλίας (θεωρίας ή εργαστηρίου) στα οποία παρευρίσκονταν λιγότερα από 5 άτομα, καθώς λόγω του μεγάλου εμβαδού της αίθουσας η μέτρηση του CO₂ δεν ήταν αντιπροσωπευτική και με βασικό τρόπο μετάδοσης να είναι η στενή επαφή (επιφάνειες και μέσω σταγονιδίων). Συνεπώς, ο συνολικός αριθμός των ερωτηματολογίων που μελετήθηκαν ανέρχεται στα 41.

5.3 Εργαλεία συλλογής ερευνητικών δεδομένων

5.3.1 Δημιουργία ερωτηματολογίου

Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες του 2021, η ερευνητική ομάδα επικεντρώθηκε στην δημιουργία μιας μορφής ερωτηματολογίου με στόχο την καταγραφή των χαρακτηριστικών της κάθε αίθουσας ώστε να μπορέσουν να αξιολογηθούν ολοκληρωμένα τα ευρήματα των μετρήσεων. Τα χαρακτηριστικά αυτά συνδέονται με την βιβλιογραφία και αφορούν κυρίως τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται εντός του χώρου, η θέση της αίθουσας και το εμβαδόν αυτής, αντικείμενα και συσκευές που μπορούν να επηρεάσουν το μικροκλίμα που επικρατεί καθώς και για τους τρόπους αερισμού που διαθέτει γενικώς η αίθουσα σε σχέση με το τι αξιοποιείται εκείνη την στιγμή από τους παρευρισκόμενους, λ.χ. ανοιχτά παράθυρα. Το εν λόγω έντυπο βρίσκεται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.

5.3.2 Συσκευές μέτρησης

Χρησιμοποιήθηκαν οι εξής συσκευές του εργαστηρίου Υγιεινής και Ασφάλειας Εργασίας: ToxiRAE PRO CO₂ για την μέτρηση διοξειδίου του άνθρακα (μονάδα μέτρησης ppm), QRAE II για την μέτρηση οξυγόνου (μέτρηση επί τοις εκατό) και τον μετρητή αερίων YESAIR για θερμοκρασία, μονοξείδιο του άνθρακα και τα οξείδια του αζώτου (μονάδα μέτρησης Κελσίου και ppm). Για την μέτρηση υγρασίας χρησιμοποιήθηκε υγρασιόμετρο χώρου (μέτρηση επί τοις εκατό). Όλες οι συσκευές είχαν καλιμπραριστεί από τις εταιρείες προελευσης τους.

5.4 Διαδικασία συλλογής δεδομένων

Στις Σχολές Επιστημών Τροφίμων και Εφαρμοσμένων Τεχνών και Πολιτισμού, οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν τους μήνες Νοέμβριο- Δεκέμβριο, ενώ στην Σχολή Δημόσιας Υγείας τους μήνες Ιανουάριο και Μάρτιο. Όσον αφορά τις δύο πρώτες Σχολές, οι μετρήσεις έγιναν διαφορετικές ημέρες, με την μεταξύ τους διαφορά να είναι κοντά στις δυο εβδομάδες. Η καταγραφή των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε κάθε αίθουσα έγινε έπειτα από την άδεια του υπεύθυνου καθηγητή και των διοικητικών εργαζόμενων. Να σημειωθεί πως για την

συμμετοχή στην διαδικασία της μέτρησης δεν προβλεπόταν κάποιο αντάλλαγμα. Ζητήθηκε κατά την διάρκεια των μετρήσεων, οι παρευρισκόμενοι να δράσουν όπως συνήθως διατηρώντας τις συνθήκες του περιβάλλοντος όπως ήταν, ώστε οι μετρήσεις να αντικατοπτρίζουν τις πραγματικές κινήσεις των παρευρισκόμενων. Η όποια εργασία ή μάθημα που λάμβανε χώρα στην εκάστοτε αίθουσα συνέχιζε κανονικά χωρίς να διακόπτεται από την ερευνητική ομάδα. Η διάρκεια των μετρήσεων κυμαινόταν περί στα 20 λεπτά. Μέσα σε αυτό το διάστημα συμπληρωνόταν αρχικά το ερωτηματολόγιο και μετέπειτα καταγραφόταν η τιμή κάθε ποιοτικού χαρακτηριστικού. Για την καταγραφή του εμβαδού της κάθε αίθουσας, στην πλειοψηφία χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία που παρέχονται από το Ηλεκτρονικό Αιθουσολόγιο του Πα.Δ.Α. (<http://classschedule.uniwa.gr/>). Για όσες αίθουσες δεν υπήρχαν στοιχεία στην συγκεκριμένη ιστοσελίδα (κυρίως για τους χώρους Γραμματειών, αλλά και για αίθουσες που δεν ήταν καταχωρημένες στην προαναφερθείσα ηλεκτρονική πλατφόρμα) σημειώθηκε μια εκτιμώμενη τιμή.

Όσον αφορά τις αίθουσες σημειώθηκε μόνο η ονομασία της αίθουσας για λόγους αποφυγής επαναληπτικών μετρήσεων. Στις αίθουσες διδασκαλίας, οι υπεύθυνοι καθηγητές ερωτήθηκαν μόνο για την διάρκεια του μαθήματος, χωρίς να γίνεται αναφορά και καταγραφή της ονομασίας του μαθήματος ή των ονομάτων των υπεύθυνων καθηγητών. Επιπλέον, δεν σημειώθηκε η ώρα μέτρησης στην εκάστοτε αίθουσα. Τέλος, μετρήθηκαν διαφορετικά σημεία της κάθε αίθουσας με την τελική τιμή που κατεγράφηκε να αποτελεί την πιο συχνή τιμή που εμφανίστηκε γενικά εντός του χώρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Σε αυτό το κεφάλαιο θα γίνει αναφορά στα ευρήματα της παρούσας έρευνας. Για την ανάλυση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό υπολογιστικό πακέτο IBM SPSS STATISTICS V.24. Πριν την έναρξη της ανάλυσης των ευρημάτων, θεωρήθηκε σημαντικό από την ερευνητική ομάδα να κατηγοριοποιήσει τα ερωτήματα που είχε θέσει στο ερωτηματολόγιο σε σχέση με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά, ώστε να διευκολυνθεί η στατιστική συσχέτιση. Τα ερωτήματα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα εξής: Όροφος, Θέση αίθουσας στον όροφο, Εμβαδόν (χρησιμοποιώντας εύρος τιμών), Αριθμός ατόμων (χρησιμοποιώντας εύρος τιμών), Ύπαρξη θέρμανσης ή κλιματισμού, Θέση παραθύρων της αίθουσας ως προς τις πόρτες, Αν είναι ανοιχτά τα παράθυρα και οι πόρτες της αίθουσας, Χρόνος παραμονής εντός της αίθουσας, Χρόνος ανοιχτών παραθύρων και Χρόνος ανοιχτής πόρτας. Έγινε σύγκριση αυτών των ερωτήσεων και των μετρήσεων της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς αυτά τα τρία ποιοτικά χαρακτηριστικά αναφέρονται στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα όντας τα πιο σημαντικά της παρούσας μελέτης.

Αρχικά, θα παρουσιαστούν οι βασικές απαντήσεις του ερωτηματολογίου που δημιούργησε η ερευνητική ομάδα, ώστε να γίνει εξοικείωση με τις επικρατούσες συνθήκες των χώρων που μελετήθηκαν. Κατόπιν, θα αναφερθούν μέση τιμή, τυπική απόκλιση, μέγιστη και ελάχιστη τιμή των ποιοτικών χαρακτηριστικών απαντώντας στα υπόλοιπα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν και στο τέλος θα γίνει η αναφορά των συσχετίσεων μεταξύ των ποιοτικών χαρακτηριστικών και των ερωτημάτων που επιλέχθηκαν – όπως αναφέρθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο. Οι συσχετίσεις πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του συντελεστή pearson r.

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα που επιλέχθηκαν από την ερευνητική ομάδα παρουσιάζονται ξεχωριστά ως προς την συχνότητα εμφάνισής τους επί %. Η σειρά με την οποία παρουσιάζονται οι συχνότητες ακολουθεί την σειρά των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου.

Πίνακας 1: Συχνότητα ορόφων κτιρίου

Όροφος	Συχνότητα %
Υπόγειο	2,4
Ισόγειο	43,9
1 ^{ος} όροφος	41,5
2 ^{ος} όροφος	12,2

Πίνακας 2: Συχνότητα θέσεων αίθουσας ως προς τον διάδρομο

Θέση στον όροφο	Συχνότητα %
Δίπλα σε σκάλες, Δίπλα σε παράθυρο/πόρτα διαδρόμου, Κέντρο διαδρόμου	9,8
Δίπλα σε σκάλες, Δίπλα σε παράθυρο/πόρτα διαδρόμου, Άκρες διαδρόμου	7,3
Δίπλα σε σκάλες, Μακριά από παράθυρο/πόρτα διαδρόμου, Άκρες διαδρόμου	4,9
Μακριά από σκάλες, Δίπλα σε παράθυρο/πόρτα διαδρόμου, Κέντρο διαδρόμου	19,5
Μακριά από σκάλες, Δίπλα σε παράθυρο/πόρτα διαδρόμου, Άκρες διαδρόμου	22,0
Μακριά από σκάλες, Μακριά από παράθυρο/πόρτα διαδρόμου, Κέντρο διαδρόμου	22,0
Μακριά από σκάλες, Μακριά από παράθυρο/πόρτα διαδρόμου, Άκρες διαδρόμου	12,2
Αυτόνομο κτίριο	2,4

Πίνακας 3: Συχνότητα ύπαρξης συσκευής κλιματισμού⁴

Υπάρχει κλιματισμός ή θέρμανση;	Συχνότητα %
Ναι	87,8
Όχι	12,2

Πίνακας 4: Συχνότητα θέσης παραθύρων ως προς την πόρτα της αίθουσας

Θέση παραθύρων	Συχνότητα %
Απέναντι από πόρτα	78,0
Δίπλα από πόρτα	14,6
Απέναντι και δίπλα από πόρτα	7,3

⁴ Η ερώτηση του Πίνακα 3 αναφέρεται αποκλειστικά στην ύπαρξη κάποιου θερμικού σώματος ή κλιματισμού και όχι στο αν χρησιμοποιείται. Για τυπικούς λόγους σημειώνεται πως στις αίθουσες που μετρήθηκαν τους χειμερινούς μήνες, υπήρξε χρήση των θερμικών σωμάτων. Αξίζει να αναφερθεί ότι σε καμία αίθουσα που διέθετε ανεμιστήρα δεν έγινε χρήση αυτού.

Πίνακας 5: Συχνότητα ύπαρξης ανοιχτών παραθύρων αίθουσας

Είναι ανοιχτά τα παράθυρα;	Συχνότητα %
Ναι	53,7
Όχι	46,3

Πίνακας 6: Συχνότητα ύπαρξης ανοιχτής πόρτας αίθουσας

Είναι ανοιχτή η πόρτα;	Συχνότητα %
Ναι	63,4
Όχι	36,6

Πίνακας 7: Χρόνοι παραμονής εντός της αίθουσας

Χρόνος παραμονής στην αίθουσα (ώρες)	Συχνότητα %
1	4,9
2	29,3
3	19,5
4	17,1
5	0
6	7,3
7	0
8	22,0

Πίνακας 8: Χρόνοι ανοιχτών παραθύρων αίθουσας

Χρόνος ανοιχτών παραθύρων κατά προσέγγιση (ώρες)	Συχνότητα %
0	31,7
0,5	2,4
1	4,9
1,5	2,4
2	19,5
3	12,2
3,5	2,4
4	12,2
5	0
6	4,9
7	2,4
8	4,9

Πίνακας 9: Χρόνοι ανοιχτής πόρτας αίθουσας (ώρες)

Χρόνος ανοιχτής πόρτας κατά προσέγγιση (ώρες)	Συχνότητα %
0	34,1
1	2,4
2	29,3
3	14,6
4	7,3
5	0
6	9,8
7	0
8	2,4

Πίνακας 10: Εμβαδά αίθουσας

Εμβαδόν αίθουσας m²	Συχνότητα %
0-50	58,5
51-100	34,1
101-150	2,4
151-200	0
201-250	0
251-300	4,9

Πίνακας 11: Αριθμός ατόμων εντός της αίθουσας

Αριθμός ατόμων εντός αίθουσας	Συχνότητα %
0-10	48,8
11-20	41,5
21-30	4,9
31-40	2,4
41-50	0
51-60	2,4

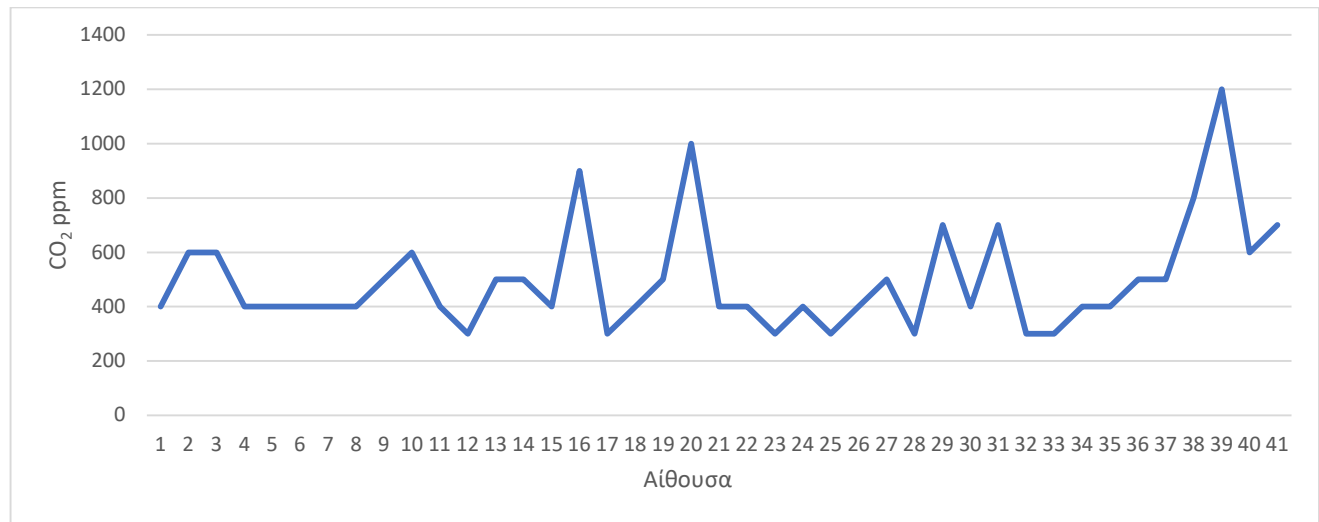
Ακολουθούν οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών.

Πίνακας 12: Μέσοι όροι, τυπικές αποκλίσεις, ελάχιστες και μέγιστες τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών του αέρα

	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή
CO ₂	497,56	199,35	300	1200
Σχετική Υγρασία	61,32	5,27	49,8	70,9
Θερμοκρασία	20,99	1,13	18,4	22,9
CO	0,37	0,40	0,0	1,7
NO	0,002	0,01	0,0	0,1
NO ₂	0,01	0,03	0,0	0,1

Οι διάφορες τιμές που κατεγράφησαν για το διοξείδιο του άνθρακα αναφέρονται αναλυτικά στο παρακάτω διάγραμμα.

Πίνακας 13: Τιμές Διοξειδίου του Άνθρακα



Πίνακας 14: Αποτελέσματα συσχετίσεων Pearson (r) ανάμεσα σε διοξείδιο του άνθρακα, θερμοκρασία και σχετική υγρασία και των χαρακτηριστικών της αίθουσας, όπως διαμορφώθηκαν στο ερωτηματολόγιο

	Διοξείδιο του άνθρακα	Θερμοκρασία	Σχετική Υγρασία
Όροφος	.062	-.005	-.544**
Θέση στον όροφο	.100	.326*	.498**
Εμβαδόν	.239	.032	-.386*
Αριθμός ατόμων	.444**	-.071	-.177
Υπάρχει κλιματισμός-θέρμανση;	.232	-.025	-.292
Θέση παραθύρων	.027	.043	-.012
Είναι ανοιχτά τα παράθυρα;	.359*	.087	.026
Είναι ανοιχτή η πόρτα;	.292	.003	-.087
Χρόνος παραμονής στην αίθουσα (ώρες)	-.214	-.058	-.110
Χρόνος ανοιχτών παραθύρων κατά προσέγγιση (ώρες)	-.396*	-.138	-.139
Χρόνος ανοιχτής πόρτας κατά προσέγγιση (ώρες)	-.215	.019	-.036

* $p < .05$ ** $p < .01$

Για να διερευνηθούν πιθανές συσχετίσεις μεταξύ των βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών και των χαρακτηριστικών της αίθουσας διενεργήθηκαν στατιστικές αναλύσεις με την βοήθεια του συντελεστή συσχέτισης Pearson's r . Τα αποτελέσματα (όπως

παρουσιάζονται στον Πίνακα 14) έδειξαν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ αυτών των παραγόντων. Ειδικότερα, παρουσιάστηκε θετική συσχέτιση μεταξύ διοξειδίου του άνθρακα με τον αριθμό των ατόμων ($r= 0.004$, $p<0.01$) και με το αν είναι ανοιχτά τα παράθυρα ($r=0.021$, $p<0.05$). Επίσης, θετική συσχέτιση παρατηρήθηκε ανάμεσα στην θέση στον όροφο και στην θερμοκρασία ($r= 0.038$, $p<0.05$) και την σχετική υγρασία ($r= 0.001$, $p<0.01$) αντίστοιχα. Εμφανίστηκαν και αρνητικές συσχετίσεις. Αυτές ήταν μεταξύ διοξειδίου του άνθρακα και του χρόνου ανοιχτών παραθύρων ($r= 0.010$, $p<0.05$), μεταξύ σχετικής υγρασίας και ορόφου ($r= 0.000$, $p<0.01$) καθώς και ανάμεσα σε σχετική υγρασία και εμβαδόν αίθουσας ($r= 0.013$, $p<0.05$).

Πίνακας 15: Αποτελέσματα συσχετίσεων Pearson (r) ανάμεσα σε θερμοκρασία και σχετική υγρασία και υποερωτημάτων της κατηγορίας Θέση αίθουσας στον διάδρομο

	Θερμοκρασία	Σχετική Υγρασία
Είναι δίπλα σε σκάλες;	.330*	.389*
Είναι δίπλα σε παράθυρα/ πόρτες διαδρόμου;	.221	.147
Θέση στον διάδρομο (κέντρο ή άκρη)	.204	.144
Είναι δίπλα σε σκάλες και σε άνοιγμα;	.303	.446**
Είναι δίπλα σε σκάλες και στο κέντρο του διαδρόμου;	.319*	.376*
Είναι δίπλα σε άνοιγμα και στο κέντρο του διαδρόμου;	.262	.231

* $p < .05$ ** $p < .01$

Δεδομένου ότι η ερώτηση για την θέση της αίθουσας στον όροφο διέθετε 3 υποερωτήματα, θεωρήθηκε χρήσιμο από την ερευνητική ομάδα να γίνει μια περαιτέρω στατιστική ανάλυση. Τα υποερωτήματα ήταν τα εξής: 1) αν η αίθουσα είναι δίπλα σε σκάλες, 2) αν είναι δίπλα σε κάποιο άνοιγμα του διαδρόμου (πόρτες ή/και παράθυρα) και 3) αν βρίσκεται στο κέντρο ή στην άκρη του διαδρόμου. Τα αποτελέσματα (τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 15) έδειξαν θετικές συσχετίσεις ανάμεσα σε εγγύτητα στις σκάλες και θερμοκρασία ($r= 0.035$, $p<0.05$) καθώς και ανάμεσα σε εγγύτητα και σχετική υγρασία ($r= 0.012$, $p<0.05$). Σε επόμενο στάδιο, οι ερωτήσεις συνδυάστηκαν δείχνοντας ότι υπάρχει σημαντική συσχέτιση μεταξύ σχετικής υγρασίας και εγγύτητας σε σκάλες και σε άνοιγμα ($r= 0.003$, $p<0.01$) ενώ ο συνδυασμός των ερωτήσεων για εγγύτητα σε σκάλες και για θέση στο κέντρο του διαδρόμου συσχετίζεται θετικά τόσο με θερμοκρασία ($r= 0.042$, $p<0.05$) όσο με υγρασία ($r= 0.015$, $p<0.05$).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο: ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα μελέτη είχε ως σκοπό την καταγραφή και αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών στους χώρους του Πα.Δ.Α. Πιο αναλυτικά, με την βοήθεια ειδικών οργάνων μέτρησης κατεγράφησαν οι τιμές βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών του αέρα με παράλληλη καταγραφή χαρακτηριστικών της αίθουσας που μετράται σύμφωνα με το ερωτηματολόγιο που ετοίμασε η ερευνητική ομάδα. Μετά την στατιστική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε, είναι απαραίτητη η ερμηνεία των ευρημάτων. Στο παρόν κεφάλαιο, θα ακολουθήσει ο σχολιασμός των αποτελεσμάτων ακολουθώντας την σειρά των ερευνητικών ερωτημάτων, όπως εκείνα διατυπώθηκαν νωρίτερα στην εργασία.

Σχετικά με το διοξείδιο του άνθρακα, τα ευρήματα υπέδειξαν δύο θετικές συσχετίσεις και μια αρνητική (Πίνακας 14). Αυτές, αντίστοιχα, αφορούσαν τον αριθμό των ατόμων, το αν είναι ανοιχτά τα παράθυρα και τον χρόνο ανοιχτών παραθύρων. Από αυτές τις συνολικά τρεις συσχετίσεις, οι δύο ήταν αναμενόμενες, σύμφωνα με την βιβλιογραφία που παρουσιάστηκε νωρίτερα. Πιο συγκεκριμένα, η σχέση διοξειδίου του άνθρακα και των ατόμων εντός ενός χώρου υποδηλώνει πως όσο αυξάνεται ο αριθμός των παρευρισκόμενων σε μια αίθουσα, τόσο θα αυξάνεται το διοξείδιο του άνθρακα λόγω της διαδικασίας της αναπνοής. Η συσχέτιση αυτή τείνει να εδραιωθεί ως γενική γνώση στην επιστημονική βιβλιογραφία, χάρη στην συνεχή εμφάνιση της, σε σημείο που πλέον η επιστημονική κοινότητα στρέφεται στην εκτίμηση του αριθμού των παρευρισκόμενων έχοντας ως στοιχείο τις τιμές του διοξειδίου του άνθρακα [143]. Η εν λόγω συσχέτιση έχει διαπιστωθεί από πολλούς ερευνητές σε πολλές χώρες, όπως Ιταλία [138] [144], Πορτογαλία [145] [146] ως μέρος του ελέγχου Ποιότητας Εσωτερικού Αέρα. Σε πρόσφατη έρευνά τους, οι Alessandro Franco και Francesco Leccese μέτρησαν τις τιμές του διοξειδίου του άνθρακα σε 11 αίθουσες του Πανεπιστημίου της Πίζας [144], έχοντας και εκείνοι μια σειρά από χαρακτηριστικά των αιθουσών (π.χ. εμβαδόν αίθουσας, τύπος και αριθμός παραθύρων, αριθμός θέσεων για τους φοιτητές) προς μελέτη ώστε να παρακολουθούν παράλληλα τις κατασκευαστικές συνθήκες των χώρων. Μέσω της στατιστικής ανάλυσης, συνέδεσαν την αύξηση του αερίου στον χώρο συγκριτικά με την αύξηση των παρευρισκόμενων με την μείωση του διαθέσιμου κατά κεφαλήν εμβαδού. Πρακτικά αυτό συνεπάγεται την μείωση του διαθέσιμου εμβαδού ανά άτομο όσο μεγαλώνει ο αριθμός των παρευρισκόμενων, με αποτέλεσμα να ακολουθήσει ανακύκλωση του αναπνεόμενου αέρα και αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα αφού δεν αραιώνεται στον αέρα του χώρου.

Επιπλέον, η χρήση των παραθύρων και κατ' επέκταση η εκμετάλλευση του φυσικού αερισμού, αραιώνει τον εσωτερικό αέρα μειώνοντας με αυτόν τον τρόπο την συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα προσεγγίζοντας τις τιμές του εξωτερικού περιβάλλοντος. Επομένως, όπως υποδεικνύει η αρνητική συσχέτιση που εντοπίστηκε, ο χρόνος χρήσης και αξιοποίησης του φυσικού αερισμού συνδέεται αντιστρόφως ανάλογα με τις τιμές του διοξειδίου του άνθρακα. Πρόκειται, δηλαδή, για μείωση της συγκέντρωσης και σταθεροποίησης σε αποδεκτά επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα όσο περισσότερο διατηρούνται ανοιχτά τα παράθυρα. Η σχέση αερισμού και διοξειδίου του άνθρακα επιβεβαιώνεται και από μελέτες των ομάδων του Madureira σε σχολεία της Πορτογαλίας διατυπώνοντας ότι η αύξηση του CO₂ επηρεάζεται από τον ανεπαρκή αερισμό του χώρου [146] [147]. Παράλληλα, σε μελέτη της ομάδας του

Bakó-Biró σε δημοτικά σχολεία της Αγγλίας [95], φάνηκε πως σε όσες αίθουσες τα παράθυρα ήταν κλειστά, οι τιμές του διοξειδίου του άνθρακα ανέβαιναν κατακόρυφα αγγίζοντας ακόμα και τα 4.500 ppm όταν εισέρχονταν και χρησιμοποιούσαν την αίθουσα οι μαθητές και το εκπαιδευτικό προσωπικό. Πρέπει να σημειωθεί ότι δεν δύναται να οριστεί κάποιος σταθερός χρόνος χρήσης ανοιγμάτων για την επίτευξη φυσικού αερισμού, καθώς ο χρόνος επηρεάζεται αθροιστικά από παράγοντες όπως η συγκέντρωση του αερίου, το είδος των ενεργειών που λαμβάνουν χώρα σε μια αίθουσα, το εμβαδόν της αίθουσας κλπ. Ακόμα, και η δυναμική μορφή αερισμού, η οποία περιλαμβάνει όλα τα ανοίγματα να είναι ανοιχτά δημιουργώντας ένα διαμπερές περιβάλλον, μπορεί να μειώσει άμεσα τα επίπεδα του αερίου. Συγκεκριμένα, σε έρευνα των Griffiths και Eftekhari [148] διαπιστώθηκε ότι εφαρμόζοντας αυτόν τον τρόπο αερισμού, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα δύναται να μειωθεί έως και 1.000 ppm μέσα στην διάρκεια ενός σχολικού διαλείμματος. Θα πρέπει, όμως, να λαμβάνεται υπόψη ότι η διατήρηση ανοιχτού ανοίγματος καθ' όλη την διάρκεια της εργασίας είναι εκείνη που αποτρέπει την αύξηση της συγκέντρωσης του αερίου. Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί μια παρατήρηση της ερευνητικής ομάδας σχετικά με τον αερισμό της αίθουσας ανάμεσα σε διαφορετικές -εργαστηριακές συνήθως- ομάδες. Στις περιπτώσεις που ακολουθούσε νέο μάθημα στην ίδια αίθουσα, έπειτα από συνομιλία με τους υπεύθυνους καθηγητές κατά την διάρκεια του κενού χρόνου για αερισμό, διαπιστώθηκε ότι οι περισσότεροι εφαρμόζαν αερισμό μέσω παραθύρων διάρκειας 15 λεπτών αντί για 30 λεπτά όπως αναφέρεται στον οδηγό που ανήρτησε το Πα.Δ.Α. Μάλιστα, σε μία περίπτωση, δεν διατηρήθηκε καθόλου αυτό το μέτρο.

Σχετικά με το ερώτημα για το αν τα παράθυρα είναι ανοιχτά, θα πρέπει να τονιστεί ότι εμβαθύνει στο αν υπήρχε τουλάχιστον ένα παράθυρο ανοιχτό κατά την μέτρηση, ανεξάρτητα από τον συνολικό αριθμό παραθύρων που διαθέτει η αίθουσα. Η θετική συσχέτιση αφορά την ύπαρξη κάποιου ανοιχτού παραθύρου και του διοξειδίου του άνθρακα και ερμηνεύεται από την ερευνητική ομάδα ως εξής: ως γνωστόν το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεί βασικό συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα και συνεπώς πάντοτε μετριέται στον αέρα. Στο εξωτερικό περιβάλλον η τιμή του αερίου δεν μηδενίζεται και κυμαίνεται συνήθως στα 300-400 ppm (αναλόγως και την περιοχή μέτρησης)- τιμή που θα παρατηρηθεί και σε κάποιον εσωτερικό χώρο όταν είναι άδειος ή καλά αεριζόμενος. Συνεπώς, ο εξωτερικός αέρας είναι μια αέναη πηγή διοξειδίου του άνθρακα για το εσωτερικό περιβάλλον. Όπως αναφέρει το Τμήμα Υγείας της πολιτείας της Μιννεσότα [149], οι τιμές του εσωτερικού διοξειδίου του άνθρακα εξαρτώνται και από τις συγκεντρώσεις που εντοπίζονται στο εξωτερικό περιβάλλον. Η μεταβολή του διοξειδίου του άνθρακα στον εξωτερικό και ακολούθως στον εσωτερικό αέρα μπορεί να οφείλεται σε παράγοντες, όπως η γεινίαση με οδικούς άξονες, την κυκλοφορία άλλων ατόμων, την ύπαρξη δέντρων πλησίον του κτιρίου, η γεινίαση με βιομηχανίες κ.α. [150]. Έτσι, γίνεται φανερό ότι δεν είναι μόνο το είδος της εργασίας ή ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται εντός της αίθουσας που διαμορφώνουν τις τιμές του διοξειδίου του άνθρακα, αλλά και οι ενέργειες που συμβαίνουν έξω από τον κτιριακό χώρο.

Οι συσχετίσεις που αφορούν την θερμοκρασία είναι ως προς την θέση της αίθουσας στον διάδρομο (Πίνακας 14-15). Επαναλαμβάνοντας την στατιστική ανάλυση διαχωρίζοντας αυτήν την φορά τα υπο-ερωτήματα (Πίνακας 15) παρατηρείται ότι η συσχέτιση αφορά κυρίως την εγγύτητα στην σκάλα του διαδρόμου. Όλες οι συσχετίσεις χαρακτηρίζονται ως θετικές. Αναλυτικά, υπάρχουν σκάλες που οδηγούν στον υπαίθριο χώρο ή σε άλλον όροφο ούσες στον

εξωτερικό χώρο και σκάλες εντός του κτιρίου που οδηγούν αποκλειστικά σε άλλο όροφο. Όσες βρίσκονται στον εσωτερικό χώρο του κτιρίου, συνήθως διαθέτουν και κάποιο παράθυρο. Αποτέλεσμα αυτών, ο ήλιος να «εισέρχεται» στο συγκεκριμένο σημείο αυξάνοντας τοπικά την θερμοκρασία και κατ' επέκταση να επηρεάζει την θερμοκρασία εντός μιας αίθουσας. Επιπλέον, οι σκάλες αποτελούν το σημείο συγκέντρωσης φοιτητών κατά το διάλειμμα, την αναμονή έναρξης και λήξης του μαθήματος.

Όσον αφορά την σχετική υγρασία, εμφανίζονται τρεις συσχετίσεις (Πίνακας 14). Είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη πως στην πλειοψηφία των μετρήσεων ο καιρός ήταν βροχερός, με αποτέλεσμα να είναι αυξημένη η σχετική υγρασία του περιβάλλοντος και να επηρεάζεται η αντίστοιχη τιμή του εσωτερικού χώρου. Η μια συσχέτιση αφορά την θέση στον όροφο και είναι θετική. Ειδικότερα, και μέσα από την επακόλουθη στατιστική ανάλυση (Πίνακας 15) φαίνεται πως και εδώ υπάρχει σχέση μεταξύ εγγύτητας στην σκάλα και στην υγρασία. Μάλιστα, ο συνδυασμός εγγύτητας σε σκάλα και σε άνοιγμα ήταν αρκετά σημαντικός στατιστικά. Στην συνέχεια, παρατηρείται αρνητική συσχέτιση με τον όροφο. Σύμφωνα με τον πίνακα των συχνοτήτων οι περισσότερες αίθουσες βρίσκονται στο ισόγειο και τον 1ο όροφο. Η πλειοψηφία των μετρήσεων στις αίθουσες που εντοπίζονται στο ισόγειο έγιναν πρώτες νωρίς το πρωί, κάτι που συνεπάγεται με αυξημένη εξωτερική υγρασία λόγω των χαμηλών νυχτερινών θερμοκρασιών. Με την πάροδο της ημέρας και ανεβαίνοντας σε ύψος παρατηρείται και η μείωση της εσωτερικής σχετικής υγρασίας. Μάλιστα, σε αίθουσα του 2ου ορόφου σημειώθηκε η χαμηλότερη τιμή (49,8%). Έχοντας, επίσης, κατά νου πως ο υγρός αέρας είναι ελαφρύτερος θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και τις λοιπές συνθήκες που επικρατούσαν. Όπως έχει αναφερθεί το μεγαλύτερο μέρος των μετρήσεων έγινε σε βροχερό και χειμωνιάτικο καιρό. Παράλληλα, στις αίθουσες αυτές λειτουργούσε θέρμανση, δείχνοντας πως η χρήση του καλοριφέρ μείωνε την σχετική υγρασία της αίθουσας πολύ πιο αποτελεσματικά. Τέλος, παρουσιάζεται μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ RH και εμβαδού. Εικάζεται από την ερευνητική ομάδα πως η αύξηση του εμβαδού, οδηγεί σε καλύτερη κατανομή και αραίωση του αέρα και της σχετικής υγρασίας που διαμορφώνεται από την σύμπραξη της υγρασίας του ανθρώπινου σώματος και της περιβαλλοντικής υγρασίας.

Περνώντας στα αποτελέσματα που αφορούν τις διακυμάνσεις των τιμών (Πίνακας 12), τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα εμφανίζουν μια σταθερή πορεία παραμένοντας - σύμφωνα με την μέση τιμή- κοντά στα επίπεδα του εξωτερικού περιβάλλοντος και συνεπώς σε αποδεκτές τιμές. Δεν έλειπαν όμως και οι εξαιρέσεις. Συγκεκριμένα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 13 (Κεφάλαιο 6^ο), δυο αίθουσες διδασκαλίας εμφάνισαν τιμή ίση και άνω των 1.000 ppm, ενώ άλλες πέντε ήταν άνω ή ίσες των 700 ppm. Κοινή παρατήρηση σε όλες αυτές τις αίθουσες ήταν ο ανεπαρκής αερισμός και κυρίως η μη χρήση των παραθύρων κατά την διάρκεια της διάλεξης. Η ερευνητική ομάδα ανακαλεί πως στην περίπτωση της αίθουσας των 1.000 ppm το μοναδικό ανοιχτό παράθυρο ήταν ανοιγμένο με ανάκλιση έχοντας μια κουρτίνα να καλύπτει μέρος του ανοίγματος. Στην δεύτερη περίπτωση, όπου μετρήθηκαν 1.200 ppm όλα τα ανοίγματα ήταν κλειστά με τον αερισμό της αίθουσας να γίνεται μόνο κατά την αναμονή έναρξης της επόμενης εργαστηριακής ομάδας χρησιμοποιώντας αποκλειστικά την πόρτα, η οποία όπως φάνηκε δεν ήταν αρκετή να μειώσει την συγκέντρωση του αερίου. Ο αυξημένος αριθμός που κατεγράφηκε σε αυτήν την αίθουσα εικάζεται ότι συμπεριλαμβάνει, πέρα από τις εκπομπές της παρούσας ομάδας φοιτητών, και το διοξείδιο του άνθρακα που

παράχθηκε από τους φοιτητές της προηγούμενης εργαστηριακής ομάδας. Ωστόσο, αξίζει να τονιστεί ότι στην αίθουσα των 1.200 ppm λειτουργούσε συσκευή καθαρισμού του αέρα, οι οποίες όπως ειπώθηκε δεν μπορούν να μειώσουν την συγκέντρωση του CO₂ παρά μόνο το μικροβιολογικό φορτίο [124]. Όπως έχει αναφερθεί πολλές φορές, η ύπαρξη κλειστών παραθύρων πιθανότατα οφείλεται στις καιρικές συνθήκες που επικρατούσαν τις ημέρες των μετρήσεων, με χαμηλές εξωτερικές θερμοκρασίες και υψηλή πιθανότητα βροχόπτωσης. Έχει διαπιστωθεί ότι σε αρκετές περιπτώσεις η Ποιότητα του εσωτερικού Αέρα «θυσιάζεται» για την θερμική άνεση των παρευρισκόμενων [148].

Σχετικά με τις τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας, ήταν αρκετά εμφανής η επίδραση του χειμωνιάτικου και βροχερού καιρού στην πλειοψηφία των μετρήσεων. Οι θερμοκρασίες έχοντας την συμβολή των θερμικών σωμάτων (καλοριφέρ) κυμαίνονταν σε τιμές κοντά στους 20-21° C, ενώ η σχετική υγρασία κυμαινόταν στο εύρος 50-65%, φτάνοντας ωστόσο την μέγιστη τιμή του 70%.

Το οξυγόνο σε όλες τις περιπτώσεις ήταν σταθερό στο 20,9%, ενώ τα υπόλοιπα ποιοτικά χαρακτηριστικά ήταν και εκείνα σε σταθερές τιμές, πλησιάζοντας το 0. Τα οξείδια του αζώτου δεν ξεπερνούσαν σε καμία αίθουσα τα 0,1 ppm. Οι χαμηλές αυτές τιμές πιθανώς οφείλονται στην απόσταση που υπάρχει μεταξύ των αιθουσών και του οδικού άξονα περιμετρικά των πανεπιστημιακών εγκαταστάσεων, καθώς και στην απουσία χρήσης κάποιας συσκευής που έχει ως προϊόν τα οξείδια του αζώτου. Το μονοξείδιο του άνθρακα έφτασε την μέγιστη τιμή των 1,7 ppm, σε αίθουσα με είδη καλλιτεχνίας (π.χ. τρίποδα, στοιβαγμένα τραπέζια). Ο μέσος όρος του μονοξειδίου του άνθρακα υπολογίστηκε στα 0,37 ppm.

Οι απαντήσεις στο ερωτηματολόγιο παρουσιάζουν και εκείνες ένα ενδιαφέρον. Συγκεντρωτικά, παρατηρήθηκε ότι το μεγαλύτερο μέρος των λειτουργικών αιθουσών βρισκόταν είτε στο ισόγειο είτε στον 1° όροφο του κάθε κτιρίου. Σε 37 συνολικά αίθουσες μετρήθηκαν μέχρι 20 άτομα εντός της αίθουσας, με τις αίθουσες της κατηγορίας 0-10 άτομα να ανέρχονται σε 20 (Πίνακας 11). Από τις συνολικά 41 αίθουσες, όπως φαίνεται στον Πίνακα 2, 9 αίθουσες (22%) εντοπίζονται μακριά από σκάλες, δίπλα σε παράθυρο και στις άκρες του διαδρόμου, 9 αίθουσες (22%) εντοπίζονται μακριά από σκάλες, μακριά από παράθυρο και στο κέντρο το διαδρόμου και άλλες 8 αίθουσες (19,5%) βρίσκονται μακριά από πόρτες, δίπλα σε παράθυρο και στο κέντρο του διαδρόμου. Σε 36 αίθουσες (87,8%), που αντιστοιχούν στην πλειοψηφία των αιθουσών που μετρήθηκαν τους χειμερινούς μήνες, βρέθηκε σε λειτουργία σώμα θέρμανσης (καλοριφέρ ή ηλεκτρικός θερμοπομπός). Καθηγητές και διοικητικό προσωπικό σε 26 αίθουσες επέλεξαν να έχουν ανοιχτές τις πόρτες (Πίνακας 6) ώστε να αερίζεται η αίθουσα ενώ σε 22 από τις συνολικά 41 αίθουσες (Πίνακας 5) διέθεταν τουλάχιστον ένα ανοιχτό παράθυρο. Σε ορισμένες παρατηρήθηκε η ταυτόχρονη χρήση και των δύο τρόπων υποδηλώνοντας την προσπάθεια για δημιουργία ρεύματος αέρα- κάτι που υποστηρίζεται από την αρχιτεκτονική της αίθουσας, όπως φαίνεται και στον Πίνακα 4. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι οι αίθουσες που μετρήθηκαν λειτουργούσαν αποκλειστικά με φυσικό αερισμό, καθώς δεν υπάρχουν εγκαταστάσεις τεχνητού αερισμού. Οι μόνες γνωστές στην συγγραφική ομάδα εγκαταστάσεις τεχνητού αερισμού βρίσκονται στην Βιβλιοθήκη και στο Συνεδριακό Κέντρο της Πανεπιστημιούπολης 1. Τέλος, διατίθενται στους Πίνακες 7-9 και τα αποτελέσματα που αφορούν τον χρόνο παραμονής και τον χρόνο χρήσης των ανοιγμάτων. Ο

χρόνος παραμονής εντός της αίθουσας εξαρτάται από το είδος της εργασίας και του μαθήματος που λαμβάνει χώρα στην εκάστοτε αίθουσα, με τις διαλέξεις να διαρκούν 2-3 ώρες (σε 12 - 29,3%- και 8 -19,5%- αίθουσες αντίστοιχα) ενώ οι 8 ώρες αναφέρονται κυρίως στο διοικητικό προσωπικό (9 αίθουσες -22%). Ο χρόνος χρήσης των παραθύρων φαίνεται να έχει μεγάλο ενδιαφέρον, καθώς σε 13 αίθουσες (31,7%) δεν γινόταν καθόλου χρήση. Ακολουθεί το χρονικό διάστημα των 2 ωρών σε 8 αίθουσες (19,5%) και των 3 και 4 ωρών με τις ίδιες τιμές (5 αίθουσες σε ποσοστό 12,2%). Το συγκεκριμένο ερώτημα εξαρτάται πλήρως από το είδος εργασίας που γίνεται στην αίθουσα -αν πρόκειται δηλαδή για γραμματεία ή διδακτική αίθουσα. Για παράδειγμα, στους χώρους της γραμματειακής υποστήριξης μόνο μία αίθουσα διατηρούσε ανοιχτό το παράθυρο για ολόκληρο το δωρο της εργασίας. Στους χρόνους χρήσης της πόρτας τα μεγαλύτερα ποσοστά παρατηρούνται στην μη χρήση της πόρτας (14 αίθουσες σε ποσοστό 34,1%) και στην χρήση διάρκειας 2 ωρών σε 12 αίθουσες (29,3%).

Συμπερασματικά, βρέθηκαν αρκετές στατιστικές συσχετίσεις όσον αφορά τα βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά (διοξείδιο του άνθρακα, θερμοκρασία και σχετική υγρασία) σε σχέση με τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά των αιθουσών που μετρήθηκαν. Ενδεικτικά, υπήρξαν επτά βασικές συσχετίσεις, εκ των οποίων οι τρεις ήταν σε σημαντικό επίπεδο ($p\text{-value}<0.01$). Οι τιμές όλων των μετρούμενων ποιοτικών χαρακτηριστικών παρατηρήθηκε ότι βρίσκονταν εντός των αποδεκτών τιμών. Οι τιμές της θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας προσέγγιζαν τα αποδεκτά εύρη τιμών. Το διοξείδιο του άνθρακα στην πλειοψηφία των μετρήσεων κυμαινόταν σε αποδεκτές τιμές, χωρίς όμως να λείπουν κάποιες υπερβάσεις. Στις υπόλοιπες περιπτώσεις, οι τιμές προσέγγιζαν το μηδέν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η παρούσα έρευνα είχε ως σκοπό της την καταγραφή και αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του εσωτερικού αέρα στους εσωτερικούς χώρους του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής. Για την καλύτερη και ευκολότερη δυνατή αξιολόγηση των ευρημάτων θεωρήθηκε απαραίτητο από την ερευνητική ομάδα να συγκροτηθεί ένα ερωτηματολόγιο που να αναφέρεται στα χαρακτηριστικά της εκάστοτε αίθουσας. Το ερωτηματολόγιο, κατόπιν, αποτέλεσε κομβικό σημείο για την έρευνα, καθώς τα στοιχεία των αιθουσών μελετήθηκαν ως προς τις μετρήσεις που λήφθηκαν. Τα ερευνητικά ερωτήματα βασίστηκαν στην σχέση των ποιοτικών χαρακτηριστικών και των χωροταξικών χαρακτηριστικών, καθώς επίσης και στις βασικές τιμές ενός ποιοτικού χαρακτηριστικού, όπως ο μέσος όρος, η τυπική απόκλιση, η μέγιστη και η ελάχιστη τιμή. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι υπήρξαν ορισμένες στατιστικές συσχετίσεις με μεγάλη σημαντικότητα. Ενδεικτικά, επιβεβαιώθηκε η επιστημονική σκέψη ότι όσο αυξάνεται ο αριθμός των ατόμων μέσα σε μια αίθουσα και όσο μειώνεται η διάρκεια εισροής φρέσκου αέρα από τα παράθυρα, αυξάνεται και το διοξείδιο του άνθρακα. Επιπλέον, φαίνεται να υπάρχει σχέση μεταξύ της εγγύτητας σε κάποια σκάλα του διαδρόμου τόσο με την θερμοκρασία όσο και με την σχετική υγρασία. Μάλιστα, το p-value στην τελευταία περίπτωση ήταν κάτω του .01. Όσον αφορά, τα λοιπά αποτελέσματα παρατηρήθηκε ότι η πλειοψηφία των αιθουσών διατηρούσε το διοξείδιο του άνθρακα υπό αποδεκτά επίπεδα, έχοντας και κάποιες εξαιρέσεις. Η θερμοκρασία ήταν είχε ως μέσο όρο τους 21° C, προσφέροντας ένα άνετο κλίμα. Αντίθετα, η σχετική υγρασία εμφάνισε αρκετές τιμές πάνω από το εύρος 40-60%, ευνοώντας και την ανάπτυξη του νέου κορωνοϊού, αλλά πιθανώς αυτό οφείλεται στο βροχερό κλίμα των ημερών μέτρησης.

Σε αυτό το σημείο, υπολογίζοντας τα ευρήματα και ορισμένες παρατηρήσεις της ερευνητικής ομάδας θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμο να προταθούν ορισμένες οδηγίες δημιουργίας και διατήρησης ενός υγιεινού και ασφαλούς περιβάλλοντος μέσω του ορθού αερισμού των χώρων. Ξεκινώντας από την σχέση που διαπιστώθηκε μεταξύ διοξειδίου του άνθρακα και παραθύρων, φαίνεται πως τα ανοιχτά παράθυρα αποτελούν τον βασικό τρόπο φυσικού αερισμού, καθώς εισάγεται κατευθείαν ο αέρας από το εξωτερικό στο εσωτερικό περιβάλλον. Συστήνεται τα παράθυρα να είναι διαρκώς ανοιχτά ανεξάρτητα από το μέγεθος της αίθουσας, τον αριθμό των ατόμων που βρίσκονται εντός αυτής, το είδος της δραστηριότητας που λαμβάνει χώρα ακόμα και αν γίνεται χρήση κλιματιστικού (όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενο κεφάλαιο). Μάλιστα, συστήνεται και η πόρτα να είναι ανοιχτή, ιδίως εάν ο αριθμός των ατόμων είναι μεγάλος, ώστε να δημιουργηθεί ένα διαμπερές περιβάλλον, έτσι ώστε να μετακινείται και να αναμειγνύεται ο αέρας. Ανάλογα με τις εξωτερικές καιρικές συνθήκες και το αίσθημα δυσφορίας που πιθανώς παρατηρηθεί από τους παρευρισκόμενους, ο τελικός αριθμός ανοιχτών παραθύρων μπορεί να μεταβάλλεται, έχοντας όμως τουλάχιστον ένα ή δύο (αναλόγως την διαθεσιμότητα) παράθυρα ανοιχτά. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, όπου παρατηρείται μεγαλύτερη χρήση των κλιματιστικών και των ανεμιστήρων, θα πρέπει οι ανεμιστήρες και τα κλιματιστικά να μην είναι προσανατολισμένοι προς κάποιο άτομο. Τα παράθυρα θα πρέπει να ανοιχτούν ανά διαστήματα ακόμα κι αν γίνεται χρήση του κλιματιστικού έτσι ώστε να ανανεωθεί ο αέρας, αποτρέποντας την ανακύκλωσή του.

Επιπρόσθετα, η εγκατάσταση μετρητών διοξειδίου του άνθρακα στις αίθουσες θα μπορούσε να υποδείξει στο υπεύθυνο εκπαιδευτικό προσωπικό πότε υπάρχει μεγάλη ανάγκη αερισμού, το οποίο με την σειρά του να λάβει περαιτέρω αποφάσεις όπως να κάνουν κάποιο διάλειμμα εκκενώνοντας την αίθουσα. Επιπλέον, ανάμεσα στα μαθήματα που πραγματοποιούνται στον ίδιο χώρο θα πρέπει να υπάρχει χρόνος για τον αερισμό της αίθουσας, όπως ακριβώς προτείνεται και από τον υγειονομικό οδηγό του Πα.Δ.Α. Στόχος αυτού του μέτρου είναι να αποσυμφορηθεί η αίθουσα από την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα και πιθανώς του ιικού φορτίου που είχε συγκεντρωθεί και να παρέχει φρέσκο αέρα στους επόμενους φοιτητές και καθηγητές. Ιδανικά ο αερισμός να γίνεται με την χρήση τόσο των παραθύρων όσο και των πορτών. Οι προτάσεις για τον αερισμό αφορούν και τα γραφεία γραμματειακής υποστήριξης, ακόμα κι αν βρίσκεται ένα άτομο στον χώρο. Η επόμενη πρόταση αφορά τα αμφιθέατρα. Εδώ η χρήση μικροφώνου αποτελεί μονόδρομο, καθώς αποτρέπει την παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων σταγονιδίων που παρατηρούνται όταν κάποιος μιλάει δυνατά και παράλληλα βοηθάει στην τήρηση των φυσικών αποστάσεων.

Δεν θα πρέπει ωστόσο να επαναπαυόμαστε και να ξεχνάμε τα μέτρα ατομικής και συλλογικής προστασίας όπως η τήρηση φυσικών αποστάσεων και η ορθή χρήση μάσκας. Η απολύμανση των αιθουσών και των επιφανειών διατηρούν επίσης ένα βαθμό σημαντικότητας ως προς την καταπολέμηση του κορωνοϊού και άλλων βιολογικών παραγόντων. Θα πρέπει να γίνει ξεκάθαρο ότι οι καλές -φαινομενικά- τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών δεν εξασφαλίζουν την μη μετάδοση του κορωνοϊού. Όπως αναφέρουν και η ομάδα των Daisey, Angell και Arpe [151] σε μετα-ανάλυσή τους το 2003 για τον αερισμό σχολικών κτιρίων, δεν θα πρέπει να στηριζόμαστε εξ ολοκλήρου στις μετρούμενες τιμές του διοξειδίου του άνθρακα, καθώς η συγκέντρωση κάτω των 1.000 ppm δεν συνεπάγεται πάντοτε και τον ορθό αερισμό του χώρου (ως προς την απομάκρυνση των ρύπων). Υπενθυμίζεται πως η εν λόγω εργασία δεν έχει σκοπό να αμελήσει την εφαρμογή των υγειονομικών πρακτικών, αλλά να τις ενισχύσει λειτουργώντας ως επικουρικό εργαλείο για την επίτευξη ενός ακόμα πιο υγιεινού περιβάλλοντος.

Ένας περιορισμός που διαπιστώθηκε κατά την ανάλυση των αποτελεσμάτων ήταν η έλλειψη σχετικών μελετών ως προς την θερμοκρασία και την σχετική υγρασία συγκριτικά με την τοποθεσία της αίθουσας. Όσες μελέτες βρέθηκαν σχετικά με την μέτρηση ποιοτικών χαρακτηριστικών έκαναν αναφορά στις μετρήσεις των δύο αυτών παραγόντων μόνο ως προς την σημασία τους στην Θερμική Άνεση. Επιπλέον, δεν υπήρχαν βιβλιογραφικές αναφορές ως προς την σχέση σχετικής υγρασίας και εμβαδού αίθουσας. Δεύτερος περιορισμός ήταν η στιγμιαία μέτρηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της εκάστοτε αίθουσας. Με αυτόν τον τρόπο, δεν ήταν δυνατή η πλήρης κατανόηση της δυναμικής σε κάθε αίθουσα, υπό διαφορετικές στιγμές της ημέρας, ούτε αν οι παρεμβάσεις που διατυπώθηκαν μετά τις μετρήσεις είχαν αποτέλεσμα.

Κλείνοντας, η ερευνητική ομάδα θεωρεί πως η εν λόγω μελέτη αποτελεί την αφετηρία πολλών παρόμοιων μελετών στους Πανεπιστημιακούς χώρους. Υπάρχουν πολλά ερωτήματα που «γεννήθηκαν» κατά τον σχεδιασμό και την συγγραφή του παρόντος εγγράφου. Αρχικά, θα ήταν ιδιαίτερα χρήσιμη η γνώση των συνθηκών αερισμού και οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών σε όλες τις Σχολές του Πανεπιστημίου, ώστε τα αποτελέσματα να

αντιπροσώπευαν και τις τρεις Πανεπιστημιούπολεις δίνοντας παράλληλα μια πιο σφαιρική εικόνα των δυνατοτήτων που παρέχουν όλες οι κτιριακές δομές του Πα.Δ.Α. Δεύτερον, όσον αφορά τους χώρους ενδιαφέροντος, πιστεύεται πως η κάθε αίθουσα, και πιο συγκεκριμένα εκείνες της διδασκαλίας, δύναται να παρουσιάσει διαφορετικές τιμές κατά την διάρκεια της ημέρας και πως η μια στιγμιαία μέτρηση πιθανώς να μην αρκεί για την αξιολόγηση της αίθουσας- κάτι που έχουν αναφέρει και οι Daisey, Angell και Arpe [151]. Οι συνθήκες που θα επικρατήσουν εντός αυτής εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την κρίση του υπεύθυνου καθηγητή, ο οποίος διδάσκει την στιγμή της μέτρησης. Συνεπώς, για την ολοκληρωμένη εικόνα της δυναμικής της κάθε αίθουσας θα ήταν χρήσιμο οι μετρήσεις να λαμβάνονται σε κάθε μάθημα ξεχωριστά. Συμπληρωματικά, δεδομένου ότι για την επανέναρξη της δια ζώσης εκπαίδευσης οι υγειονομικές προτάσεις έκαναν λόγο για διαρκή αερισμό αιθουσών και μειωμένο αριθμό παρευρισκόμενων, θα είχε μεγάλο ενδιαφέρον να συγκριθούν τα αποτελέσματα προ και μετά της πανδημίας του ιού SARS-CoV-2, όπως επίσης ενδιαφέρον θα παρουσίαζε η μέτρηση κατά την εξεταστική περίοδο. Άλλο ερώτημα που δημιουργήθηκε αφορούσε τον τρόπο ανοίγματος ενός παραθύρου και συγκεκριμένα την δυνατότητα αερισμού. Σε αίθουσα διδασκαλίας η ερευνητική ομάδα παρατήρησε ότι το άνοιγμα παραθύρου με ανάκλιση δεν αποτελούσε ικανή πηγή επαρκούς αερισμού. Ωστόσο, σε αίθουσα γραμματειακής υποστήριξης το διοξειδίο του άνθρακα που μετρήθηκε βρισκόταν σε αποδεκτά επίπεδα. Συνεπώς, η ομάδα αναρωτήθηκε αν ο αυξημένος αριθμός ατόμων (11 στην αίθουσα διδασκαλίας έναντι 1 στην γραμματεία) ήταν ο μόνος λόγος που στην πρώτη περίπτωση η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα ανήλθε στα 1.000 ppm. Ένα τελικό ερώτημα ήταν ο βαθμός επίδρασης των εξωτερικών περιβαλλοντικών συνθηκών τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών. Αναφέρθηκε πολλάκις ότι στις 2 από τις 3 Σχολές που μελετήθηκαν, οι μετρήσεις έγιναν κατά την διάρκεια του χειμώνα και μάλιστα σε μέρα με έντονη συννεφιά και βροχή. Επομένως, πόση απόκλιση θα είχαν οι μετρούμενες τιμές υπό συνθήκες αίθριου καιρού σε σχέση με τις τιμές υπό βροχερό καιρό; Ευελπιστούμε ότι αυτά τα ερωτήματα μελλοντικά θα βρουν την απάντησή τους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο: Ο ΡΟΛΟΣ ΤΟΥ ΥΓΙΕΙΝΟΛΟΓΟΥ

Ο βασικός στόχος του Υγιεινολόγου είναι η διασφάλιση ενός υγιούς και ασφαλούς περιβάλλοντος για όλους. Ο ρόλος του καλύπτει ένα ευρύ φάσμα καθώς η πολύπλευρη γνώση που διαθέτει, τον βοηθά στο να αντιλαμβάνεται από νωρίς τον κίνδυνο, είτε είναι φυσικός είτε βιολογικός. Για αυτό και οι δυνατότητές του μπορούν να επεκταθούν τόσο σε ορατά αντικείμενα (π.χ. διαμόρφωση χώρων) όσο και σε καταστάσεις που δεν γίνονται ορατές δια γυμνού οφθαλμού (π.χ. έλεγχος μικροβιακού φορτίου). Συναντάται συνήθως σε εταιρείες απολύμανσης, σε πόστα διασφάλισης ποιότητας τροφίμων, στην Υγειονομική Υπηρεσία της Περιφέρειας και επιχειρήσεις υγειονομικού ενδιαφέροντος, σε εκμάθηση πρακτικών υγιεινής και ασφάλειας (όπως μέσα ατομικής προστασίας- ΜΑΠ) σε σωρεία επαγγελματικών κλάδων ενώ ο συμβουλευτικός του χαρακτήρας είναι από τα βασικότερα προσόντα του επαγγέλματος. Ο Υγιεινολόγος διαθέτει επίσης και τον κατάλληλο εξοπλισμό, έτσι ώστε να καταγράψει και μετ' έπειτα να ελέγξει -όσο γίνεται- τα στοιχεία και τους παράγοντες του Περιβάλλοντος, δημιουργώντας έναν ασφαλή χώρο εργασίας, φοίτησης ή διαμονής. Ο έλεγχος των παραγόντων αυτών γίνεται έπειτα από την ολοκληρωμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Με την επιστημονική γνώση ως πρωταρχικό σημείο της επιστήμης του μπορεί να διαμορφώσει κατευθυντήριες οδηγίες, να συντάξει διορθωτικές οδηγίες και προτάσεις και να προωθήσει την υγεία και την ασφάλεια.

Στον Πανεπιστημιακό χώρο, ο υγιεινολόγος μπορεί να γίνει ο εγγυητής της ασφάλειας τόσο για τους φοιτητές όσο και για τους εργαζόμενους. Ήδη εξασφαλίζει την άρτια λειτουργία του εστιατορίου και των λοιπών χώρων πώλησης τροφίμων με τους υγειονομικούς ελέγχους. Από την έναρξη της πανδημίας, οι υγιεινολόγοι ήταν περιζήτητοι. Ήταν η επιστημονική ομάδα που κλήθηκε να αναλάβει την απολύμανση των χώρων, καθώς και να προσφέρει τις απαραίτητες γνώσεις για την επιλογή των αντισηπτικών και λοιπών απολυμαντικών με τις καταλληλότερες προδιαγραφές. Προσέφερε, επίσης, και οδηγούς ανά κατηγορία επιχειρήσεων με προτάσεις που διασφαλίζουν την υγεία τόσο των εργαζομένων, όσο και των πελατών ή λοιπών επισκεπτών της επιχείρησης. Πλέον, η επιστήμη της Δημόσιας Υγείας μπορεί να προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα. Η παρακολούθηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών κατά την διάρκεια της πανδημίας αποτελεί ζήτημα έκτακτης ανάγκης, καθώς έτσι μπορεί εν μέρει να διασφαλιστεί η μείωση της εξάπλωσης του νέου κορωνοϊού. Μέσω της καταγραφής και αξιολόγησης των μετρήσεων μπορεί να εκφράσει πιο ολοκληρωμένα προτάσεις για τυχόν αλλαγές στον τρόπο αερισμού και για τις συνθήκες εντός μιας διδακτικής αίθουσας ή ενός χώρου γραμματειακής υποστήριξης. Ωστόσο, η μελέτη που θα αναλάβει ο υγιεινολόγος δεν μπορεί να είναι μόνο στιγμιαία. Η παρατήρηση και διαμόρφωση ενός υγιούς περιβάλλοντος προϋποθέτει την συνεχή ενασχόληση του επιστήμονα στο πεδίο μελέτης. Συγκεκριμένα, οι μετρήσεις πρέπει να λαμβάνονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να εξασφαλιστεί ότι υπάρχει συνέπεια στην εφαρμογή των κατευθυντήριων οδηγιών. Επίσης, με την επανάληψη σε διαφορετικές ημέρες και ώρες καταγράφονται πολλές τιμές οι οποίες θα οδηγήσουν στην αντιπροσωπευτικότητα της κάθε αίθουσας. Έτσι, ο Υγιεινολόγος μπορεί να εμβαθύνει και σε άλλες μεταβλητές που πιθανώς να του κινήσουν το ενδιαφέρον και στην έρευνα της πιθανής συσχέτισής τους με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά.

Εν κατακλείδι, ο Υγιεινολόγος συμβάλλει στην προστασία, την διατήρηση και την ευημερία του πληθυσμού. Προσφέρει πολύπλευρες γνώσεις επάνω στην προστασία και πρόληψη από νοσήματα, στην προαγωγή της υγείας και στη βελτίωση της ποιότητας ζωής σε ένα υγιεινό, λειτουργικό και ασφαλές περιβάλλον. Με την αξιοποίηση των γνώσεων του και έπειτα από την συνεχή καταγραφή και αξιολόγηση των παρατηρούμενων συνθηκών μπορεί και διαμορφώνει κατευθυντήριες προτάσεις. Οι συστάσεις και οι οδηγίες που προσφέρει, προκύπτουν έπειτα από συνεχή βιβλιογραφική ανασκόπηση και μελέτη πεδίου, έτσι ώστε να προσαρμόζεται στις απαιτήσεις ενός χώρου ή μιας κατάστασης και να προσφέρει την καλύτερη δυνατή επιλογή για όλους.

Βιβλιογραφία

- [1] L. Itard, P. M. Bluyssen, P. van den Brom και R. Lindeman, «Comfort and Health in Buildings,» edx Online Courses, 22 Νοέμβριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.edx.org/course/thermal-comfort-in-buildings?index=product&queryID=191c155883c05713907ee1d03c50685b&position=1>. [Πρόσβαση 3 Δεκέμβριος 2021].
- [2] W. Wells, «ON AIR-BORNE INFECTION: STUDY II. DROPLETS AND DROPLET NUCLEI.,» *American Journal of Epidemiology*, τόμ. 20, αρ. 3, p. 611–618, Νοέμβριος 1934.
- [3] D. Greenwood, R. Slack, J. Peutherer και M. Barer, ΙΑΤΡΙΚΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ, 17 επιμ., Α. Τσακρής, Επιμ., Broken Hill Publishers LTD, 2011.
- [4] G. Tortora, B. Funke και C. Case, ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑ, 12 επιμ., Ν. Σπανάκης, Επιμ., Broken Hill Publishers LTD, 2017.
- [5] Centers for Disease Control and Prevention, (CDC), «Severe Acute Respiratory Syndrome (SARS),» 6 Δεκέμβριος 2017. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cdc.gov/sars/index.html>. [Πρόσβαση 26 Ιανουάριος 2022].
- [6] ΕΟΔΥ, «<https://eody.gov.gr/>,» 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://eody.gov.gr/disease/koronaios-neos-mers-cov/>. [Πρόσβαση Δεκέμβριος 2021].
- [7] Centers for Disease Control and Prevention (CDC), «CDC SARS Response Timeline,» 26 Απρίλιος 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cdc.gov/about/history/sars/timeline.htm>. [Πρόσβαση 1 Ιούνιος 2022].
- [8] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «Summary of probable SARS cases with onset of illness from 1 November 2002 to 31 July 2003,» 24 Ιούλιος 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.who.int/publications/m/item/summary-of-probable-sars-cases-with-onset-of-illness-from-1-november-2002-to-31-july-2003>. [Πρόσβαση 22 Σεπτέμβριος 2021].
- [9] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «MERS situation update, June 2021,» Ιούνιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <http://www.emro.who.int/health-topics/mers-cov/mers-outbreaks.html>. [Πρόσβαση 22 Σεπτέμβριος 2021].
- [10] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «MERS situation update - March 2022,» 14 Μάιος 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://applications.emro.who.int/docs/WHOEMCSR518E-eng.pdf>. [Πρόσβαση 6 Ιούνιος 2022].
- [11] Mayo Clinic, «What is MERS-CoV, and what should I do?,» 20 Νοέμβριος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/sars/expert-answers/what-is-mers-cov/faq-20094747>. [Πρόσβαση 22 Σεπτέμβριος 2021].
- [12] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «Novel Coronavirus (2019-nCoV): situation report, 1,» 20 Ιανουάριος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330760>. [Πρόσβαση 25 Ιούλιος 2021].

- [13] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «Novel Coronavirus (2019-nCoV): situation report, 22,» 11 Φεβρουάριος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/330991>. [Πρόσβαση 25 Ιούλιος 2021].
- [14] R. J. Hulswit, C. A. De Haan και B. J. Bosch, «Chapter Two - Coronavirus Spike Protein and Tropism Changes,» *Advances in Virus Research*, τόμ. 96, pp. 29-57, 3 Οκτώβριος 2016.
- [15] M. Cascella, M. Rajnik, A. Aleem, S. C. Dulebohn και R. Di Napoli, «Features, Evaluation, and Treatment of Coronavirus (COVID-19),» StatPearls Publishing, 2021.
- [16] G. Correia, L. Rodrigues, M. C. Gameiro da Silva και T. Gonçalves, «Airborne route and bad use of ventilation systems as non-negligible factors in SARS-CoV-2 transmission,» *Medical Hypotheses*, τόμ. 141, Απρίλιος 2020.
- [17] M. M. Lamers και B. L. Haagmans, «SARS-CoV-2 pathogenesis,» *Nature Reviews Microbiology*, τόμ. 20, pp. 270-284, 30 Μάρτιος 2022.
- [18] Α. Τζουβελέκης, Σ. Βιτωράκης, Θ. Καραμπιτσάκος, Β. Σωτηροπούλου, Α. Μπούτου, Ζ. Δανιήλ, Α. Αντωνίου, Α. Ασημάκος, Β. Σταύρου Θ., Σ. Μπούτλας, Γ. Βαβουγιός Δ., Κ. Τουρλακόπουλος, Ι. Βογιατζής και Κ. Γουργουλιάνης Ι., «Long-Post Covid,» Φεβρουάριος 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: www.eody.gov.gr/wp-content/uploads/2022/03/Long-Covid_Epe2022.pdf. [Πρόσβαση 15 Ιούνιος 2022].
- [19] L. Morawska, «Droplet Fate in Indoor Environments, or can we prevent the spread of infection?,» *Indoor Air*, τόμ. 16, αρ. 5, pp. 335-347, Οκτώβριος 2006.
- [20] M. Richard, A. Kok, T. Bestebroer, M. Lamers, D. De Meulder, N. Okba, M. F. Van Vliissingen, B. Rockx, B. Haagmans, M. Koopmans, R. Fouchier και S. Herfst, «SARS-CoV-2 is transmitted via contact and via the air between ferrets,» *Nature*, τόμ. 11, 8 Ιουλίου 2020.
- [21] L. Bao, W. Deng, B. Huang, H. Gao, J. Liu, L. Ren, Q. Wei, P. Yu, Y. Xu, F. Qi, Y. Qu, F. Li, Q. Lv, W. Wang, J. Xue, S. Gong, M. Liu, G. Wang, S. Wang, Z. Song, L. Zhao, P. Liu, L. Zhao, F. Ye, H. Wang, W. Zhou, N. Zhu, W. Zhen, H. Yu, X. Zhang, L. Guo, L. Chen, C. Wang, Y. Wang, X. Wang, Y. Xiao, Q. Sun, H. Liu, F. Zhu, C. Ma, L. Yan, M. Yang, J. Han, W. Xu, W. Tan, X. Peng, Q. Jin, G. Wu και C. Qin, «The pathogenicity of SARS-CoV-2 in hACE2 transgenic mice,» *Nature*, τόμ. 583, pp. 830-833, 7 Μάιος 2020.
- [22] N. Wilson, S. Corbett και E. Tovey, «Airborne transmission of covid-19,» *the British Medical Journal (BMJ)*, τόμ. 370, 20 Αύγουστος 2020.
- [23] M. A. Johansson, T. M. Quandelacy, S. Kada, P. V. Prasad, M. Steele, J. T. Brooks, R. B. Slayton, M. Biggerstaff και J. C. Butler, «SARS-CoV-2 Transmission From People Without COVID-19 Symptoms,» *JAMA Netw Open*, τόμ. 4, αρ. 1, 7 Ιανουάριος 2021.
- [24] J. O'Keeffe, S. Freeman και A.-M. Nicol, 21 March 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://nccch.ca/documents/evidence-review/basics-sars-cov-2-transmission>. [Πρόσβαση 24 March 2021].

- [25] S. P. Humphrey και R. T. Williamson, «A review of saliva: Normal composition, flow, and function,» *The Journal of Prosthetic Dentistry*, τόμ. 85, αρ. 2, pp. 162-169, 1 Φεβρουάριος 2001.
- [26] J. Gralton, E. Tovey, M.-L. McLaws και W. D. Rawlinson, «The role of particle size in aerosolised pathogen transmission: A review,» *The Journal of Infection*, τόμ. 62, αρ. 1, pp. 1-13, 2011.
- [27] W. C. Hinds, *Aerosol Technology: Properties, Behavior, and Measurement of Airborne Particles*, 2η επιμ., Λος Άντζελες: John Wiley & Sons Inc., 1999.
- [28] F. Liu, H. Qian, Z. Luo και X. Zheng, «The impact of indoor thermal stratification on the dispersion of human speech droplets,» *Indoor Air*, τόμ. 31, αρ. 2, pp. 369-382, Μάρτιος 2021.
- [29] Federation of European Heating Ventilation and Air Conditioning Associations (REHVA), «COVID19 GUIDANCE, How to operate HVAC and other building service systems to prevent the spread of the coronavirus (SARS-CoV-2) disease (COVID-19) in workplaces,» 15 Απρίλιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guidance_document_V4.1_15042021.pdf. [Πρόσβαση 19 Ιούλιος 2021].
- [30] Centers for Disease Control and Prevention (CDC), «Environmental Infection Control Guidelines; Guidelines for Environmental Infection Control in Health-Care Facilities (2003),» Ιούλιος 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/index.html>. [Πρόσβαση 24 Σεπτέμβριος 2021].
- [31] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «WHO Interim Guidelines: Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory diseases in health care,» Ιούνιος 2007. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.who.int/csr/resources/publications/WHO_CDS_EPR_2007_6c.pdf. [Πρόσβαση 5 Σεπτέμβριος 2021].
- [32] R. M. Jones και L. M. Brosseau, «Aerosol Transmission of Infectious Disease,» *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, τόμ. 57, αρ. 5, pp. 501-508, Μάιος 2015.
- [33] L. Morawska και J. Cao, «Airborne transmission of SARS-CoV-2: The world should face the reality,» *Environment International*, τόμ. 139, Ιούνιος 2020.
- [34] M. U. Mondelli, M. Colaneri, E. M. Seminari, F. Baldanti και R. Bruno, «Low risk of SARS-CoV-2 transmission by fomites in real-life conditions,» *Infectious Diseases*, τόμ. 21, αρ. 5, p. e112, 29 Σεπτέμβριος 2020.
- [35] A. Ahlawat, A. Wiedensohler και S. Mishra, «An Overview on the Role of Relative Humidity in Airborne Transmission of SARS-CoV-2 in Indoor Environments,» *Aerosol Air Quality Research*, p. 1856–1861, 2020.
- [36] C. Asbach, A. Held, A. Kiendler-Scharr, G. Scheuch, H.-J. Schmid, S. Schumacher, S. Schmitt, B. Wehner, E. Weingartner και B. Weinzierl, «Position paper of the Gesellschaft für

Aerosolforschung on understanding the role of aerosol particles in SARS-COV-2 infection,» Gesellschaft für Aerosolforschung, Köln, 2020.

- [37] L. Marr, S. Miller, K. Prather, C. Haas, W. Bahnfleth, R. Corsi, J. Tang, H. Herrmann, K. Pollitt, J. Ballester και J.-L. Jimenez, «FAQs on Protecting Yourself from COVID-19 Aerosol Transmission,» 13 Αύγουστος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://tinyurl.com/FAQ-aerosols>. [Πρόσβαση 3 Οκτώβριος 2021].
- [38] J. Redrow, S. Mao, I. Celik, J. A. Posada και Z.-g. Feng, «Modeling the evaporation and dispersion of airborne sputum droplets expelled from a human cough,» *Building and Environment*, τόμ. 46, αρ. 10, pp. 2042-2051, Οκτώβριος 2011.
- [39] W. G. Lindsley, F. M. Blachere, D. H. Beezhold, R. E. Thewlis, B. Noorbakhsh, S. Othumpangat, W. T. Goldsmith, C. M. McMillen, M. E. Andrew, C. N. Burrell και J. D. Noti, «Viable influenza A virus in airborne particles expelled during coughs versus exhalations,» *Influenza and other respiratory viruses*, τόμ. 10, αρ. 5, pp. 404-413, Σεπτέμβριος 2016.
- [40] L. C. Marr, «Aerosols and Transmission of Respiratory Viruses 101,» σε *Airborne Transmission of SARS-CoV-2: A Virtual Workshop*, 2020.
- [41] T. P. Weber και N. I. Stilianakis, «Inactivation of influenza A viruses in the environment and modes of transmission: A critical review,» *Journal of Infection*, τόμ. 57, αρ. 5, pp. 361-373, Νοέμβριος 2008.
- [42] C. G. Loosli, H. M. Lemon, O. H. Robertson και E. Appel, «Experimental Air-Borne Influenza Infection. I. Influence of Humidity on Survival of Virus in Air.,» *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, τόμ. 53, αρ. 2, pp. 205-206, 1 Ιούνιος 1943.
- [43] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «Roadmap to improve and ensure good indoor ventilation in the context of COVID-19,» 1 Μάρτιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240021280>. [Πρόσβαση 7 Μάιος 2021].
- [44] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), «Indoor Air and Coronavirus (COVID-19),» 21 Αύγουστος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epa.gov/coronavirus/indoor-air-and-coronavirus-covid-19>. [Πρόσβαση 29 Αύγουστος 2021].
- [45] N. P. Seçkin, «Environmental control in architecture by landscape design,» *A/Z ITU Journal of Faculty of Architecture*, αρ. 2, pp. 197-211, Ιούλιος 2018.
- [46] J. P. Guyer, «An Introduction to Natural Ventilation,» 22 Δεκέμβριος 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cedengineering.com/userfiles/An%20Introduction%20to%20Natural%20Ventilation%20for%20Buildings%20R1.pdf>. [Πρόσβαση 10 Μάιος 2022].
- [47] O. Gustafsson, S. Gustafsson, L. Manukyan και A. Mihranyan, «Significance of Brownian Motion for Nanoparticle and Virus Capture in Nanocellulose-Based Filter Paper,» *Membranes*, τόμ. 8, αρ. 4, 5 Οκτώβριος 2018.

- [48] R. M. Krug, R. R. Wagner και Editors of Encyclopaedia Britannica, «Virus,» 12 Νοέμβριος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.britannica.com/science/virus>. [Πρόσβαση 2 Σεπτέμβριος 2021].
- [49] J. Louten, «Virus Structure and Classification,» *Essential Human Virology*, pp. 19-29, 6 Μάιος 2016.
- [50] C. Zheng και J. Liu, «Study on Indoor Air Movement under the Crowding Conditions by Numerical Simulations and PIV Small-scale Experiments,» *Procedia Engineering*, τόμ. 121, pp. 1650-1656, 2015.
- [51] A. Szczurek, M. Maciejewska, A. Wyłomańska, R. Zimroz, G. Żak και A. Dolega, «Detection of occupancy profile based on carbon dioxide concentration pattern matching,» *Measurement*, τόμ. 93, pp. 265-271, Νοέμβριος 2016.
- [52] J. Wang και T.-T. Chow, «Numerical investigation of influence of human walking on dispersion and deposition of expiratory droplets in airborne infection isolation room,» *Building and Environment*, τόμ. 46, αρ. 10, pp. 1993-2002, Οκτώβριος 2011.
- [53] J. Villafruela, I. Olmedo και J. San José, «Influence of human breathing modes on airborne cross infection risk,» *Building and Environment*, τόμ. 106, pp. 340-351, Σεπτέμβριος 2016.
- [54] W. Chen, N. Zhang, J. Wei, H.-L. Yen και Y. Li, «Short-range airborne route dominates exposure of respiratory infection during close contact,» *Building and Environment*, τόμ. 176, Ιούνιος 2020.
- [55] C. Y. H. Chao, M. P. Wan, L. Morawska, G. R. Johnson, Z. D. Ristovski, M. H. Hargreaves, K. L. Mengersen, S. J. Corbett, Y. Li, X. Xie και D. Katoshevski, «Characterization of expiration air jets and droplet size distributions immediately at the mouth opening,» *Journal of Aerosol Science*, τόμ. 40, αρ. 2, pp. 122-133, Φεβρουάριος 2009.
- [56] J. K. Gupta, C.-H. Lin και Q. Chen, «Flow dynamics and characterization of a cough,» *Indoor Air*, τόμ. 19, αρ. 6, pp. 517-525, Δεκέμβριος 2009.
- [57] S.-B. Kwon, J. Park, J. Jang, Y. Cho, D.-S. Park, C. Kim, G.-N. Bae και A. Jang, «Study on the initial velocity distribution of exhaled air from coughing and speaking,» *Chemosphere*, τόμ. 87, αρ. 11, pp. 1260-1264, Ιούνιος 2012.
- [58] X. Xie, Y. Li, A. T. Y. Chwang, P. L. Ho και W. H. Seto, «How far droplets can move in indoor environments – revisiting the Wells evaporation–falling curve,» *Indoor Air*, τόμ. 17, αρ. 3, pp. 211-225, 29 Μάιος 2007.
- [59] J. Wei και Y. Li, «Enhanced spread of expiratory droplets by turbulence in a cough jet,» *Building and Environment*, τόμ. 93 (Part 2), pp. 86-96, Νοέμβριος 2015.
- [60] Y.-C. Shih, C.-C. Chiu και O. Wang, «Dynamic airflow simulation within an isolation room,» *Building and Environment*, τόμ. 42, αρ. 9, pp. 3194-3209, Σεπτέμβριος 2007.

- [61] H. Destailats, R. L. Maddalena, B. C. Singer, A. T. Hodgson και T. E. McKone, «Indoor pollutants emitted by office equipment: A review of reported data and information needs,» *Atmospheric Environment*, τόμ. 42, αρ. 7, pp. 1371-1388, Μάρτιος 2008.
- [62] Water and Air Quality Bureau, Health Canada, «Residential Indoor Air Quality Guidelines for Carbon Dioxide,» 19 Μάρτιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.canada.ca/content/dam/hc-sc/documents/services/publications/healthy-living/residential-indoor-air-quality-guidelines-carbon-dioxide/carbon-dioxide.pdf>. [Πρόσβαση Οκτώβριος 2021].
- [63] NH Department of Environmental Services, «Indoor Air Quality,» Σεπτέμβριος 2011. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.dhhs.nh.gov/dphs/holu/documents/hom-airindoor.pdf>. [Πρόσβαση 3 Αύγουστος 2021].
- [64] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), «Reference Guide for Indoor Air Quality in Schools,» 20 Οκτώβριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epa.gov/iaq-schools/reference-guide-indoor-air-quality-schools>. [Πρόσβαση 8 Νοέμβριος 2021].
- [65] A. Eykelbosh, «Indoor CO2 Sensors for COVID-19 Risk Mitigation: Current Guidance and Limitations,» 18 Μάιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://ncceh.ca/documents/field-inquiry/indoor-co2-sensors-covid-19-risk-mitigation-current-guidance-and>. [Πρόσβαση 19 Μάιος 2021].
- [66] M. G. L. C. Loomans, «The measurement and simulation of Indoor Air Flow,» Technische Universiteit Eindhoven, Eindhoven, 1998.
- [67] Office of Environmental Health and Safety (Washington State), «School Indoor Air Quality Best Management Practices Manual,» Νοέμβριος 2003. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.doh.wa.gov/portals/1/Documents/Pubs/333-044.pdf>. [Πρόσβαση 3 Αύγουστος 2021].
- [68] M. Guo, P. Xu, T. Xiao, R. He, M. Dai και S. L. Miller, «Review and comparison of HVAC operation guidelines in different countries during the COVID-19 pandemic,» *Building and Environment*, τόμ. 187, Ιανουάριος 2021.
- [69] G. Harper, «Airborne micro-organisms: survival tests with four viruses,» *Epidemiology & Infection*, τόμ. 59, αρ. 4, pp. 479 - 486, Δεκέμβριος 1961.
- [70] C. Liu, Y. Zhang, L. Sun, W. Gao, X. Jing και W. Ye, «Influence of indoor air temperature and relative humidity on learning performance of undergraduates,» *Case Studies in Thermal Engineering*, τόμ. 28, Δεκέμβριος 2021.
- [71] K. W. Tham, «Effects of temperature and outdoor air supply rate on the performance of call center operators in the tropics,» *Indoor Air*, τόμ. 14, αρ. s7, pp. 119-125, Αύγουστος 2004.
- [72] S. Jing, B. Li, M. Tan και H. Liu, «Impact of Relative Humidity on Thermal Comfort in a Warm Environment,» *Indoor and Built Environment*, τόμ. 22, αρ. 4, pp. 598-607, 1 Αύγουστος 2013.

- [73] M. K. Ijaz, A. H. Brunner, S. A. Sattar, R. C. Nair και C. M. Johnson-Lussenburg, «Survival Characteristics of Airborne Human Coronavirus 229E,» *Journal of General Virology*, τόμ. 66, αρ. 12, pp. 2743-2748, Δεκέμβριος 1985.
- [74] A. M. Elsaid και M. S. Ahmed, «Indoor Air Quality Strategies for Air-Conditioning and Ventilation Systems with the Spread of the Global Coronavirus (COVID-19) Epidemic: Improvements and Recommendations,» *Environmental Research*, τόμ. 199, 25 Μαΐου 2021.
- [75] ASHRAE, «ASHRAE EPIDEMIC TASK FORCE Schools & Universities,» 14 Μαΐου 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/covid-19/ashrae-reopening-schools-and-universities-c19-guidance.pdf>. [Πρόσβαση 29 Αύγουστος 2021].
- [76] Royal Society of Chemistry, «Oxygen,» 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.rsc.org/periodic-table/element/8/oxygen>. [Πρόσβαση 15 Νοέμβριος 2021].
- [77] D. Prabhash, «How much oxygen a Covid-19 patient needs? Is oxygen concentrator enough?,» *IndiaToday*, 3 May 2021.
- [78] Health Canada, «Residential Indoor Air Quality Guideline: Carbon Monoxide,» 2010. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/residential-indoor-air-quality-guideline-carbon-monoxide.html>. [Πρόσβαση 11 Οκτώβριος 2021].
- [79] M. D. Maines, «The heme oxygenase system: a regulator of second messenger gases,» *Maines, M. D. (1997). THE HEME OXYGENASE SYSTEM: A Regular Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, τόμ. 37, pp. 517-554, Απρίλιος 1997.
- [80] K. Zayasu, K. Sekizawa, S. Okinaga, M. Yamaya, T. Ohruι και H. Sasaki, «Increased Carbon Monoxide in Exhaled Air of Asthmatic Patients,» *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, τόμ. 156, αρ. 4, pp. 1140-1143, Οκτώβριος 1997.
- [81] United States National Institute for Occupational Safety and Health, «Fact Sheet: Carbon Monoxide Poisoning,» Απρίλιος 2012. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/carbonmonoxide-factsheet.pdf>. [Πρόσβαση 18 Μάιος 2022].
- [82] A. Klosterköther, R. Kurtenbach, P. Wiesen και J. Kleffmann, «Determination of the emission indices for NO, NO₂, HONO, HCHO, CO, and particles emitted from candles,» *Indoor Air*, τόμ. 31, αρ. 1, pp. 116-127, 10 Ιούλιος 2020.
- [83] NIOSH, «Nitric oxide,» 30 Οκτώβριος 2019. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cdc.gov/niosh/npg/nrgd0448.html>. [Πρόσβαση 20 Ιούνιος 2021].
- [84] F. L. M. Ricciardolo, P. J. Sterk, B. Gaston και G. Folkerts, «Nitric Oxide in Health and Disease of the Respiratory System,» *Physiological News*, τόμ. 84, αρ. 3, pp. 731-765, 1 Ιούλιος 2004.

- [85] S. A. Kharitonov, D. Yates, R. A. Robbins, P. J. Barnes, R. Logan-Sinclair και E. A. Shinebourne, «Increased nitric oxide in exhaled air of asthmatic patients,» *The Lancet*, τόμ. 343, αρ. 8890, pp. 133-135, 15 Ιανουάριος 1994.
- [86] K. Alving, E. Weitzberg και J. M. Lundberg, «Increased amount of nitric oxide in exhaled air of asthmatics,» *Eur Respir J*, τόμ. 6, αρ. 9, pp. 1368-1370, Οκτώβριος 1993.
- [87] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), «Nitrogen Dioxide's Impact on Indoor Air Quality,» 5 Ιανουάριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/nitrogen-dioxides-impact-indoor-air-quality>. [Πρόσβαση 19 Ιουνίου 2021].
- [88] P. Harrison, R. Slack και S. Bagga, «Indoor Air Pollution,» σε *Allergy and Allergic Diseases*, 2η επιμ., τόμ. 1, A. Kay, A. Kaplan, J. Bousquet και P. Holt, Επιμ., Blackwell Publishing, 2008, pp. 1279-1289.
- [89] M. Khoder, «Atmospheric conversion of sulfur dioxide to particulate sulfate and nitrogen dioxide to particulate nitrate and gaseous nitric acid in an urban area,» *Chemosphere*, τόμ. 49, αρ. 6, pp. 675-684, Νοέμβριος 2002.
- [90] D. J. Jarvis, G. Adamkiewicz, M.-E. Heroux, R. Rapp και F. J. Kelly, «Nitrogen dioxide,» σε *WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants.*, Γενεύη, Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2010.
- [91] Health Canada, «Residential Indoor Air Quality Guideline: Nitrogen Dioxide,» 26 Νοέμβριος 2015. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/publications/healthy-living/residential-indoor-air-quality-guideline-nitrogen-dioxide.html>. [Πρόσβαση 11 Οκτώβριος 2021].
- [92] L. Chatzidiakou, D. Mumovic και A. Summerfield, «Is CO2 a good proxy for indoor air quality in classrooms? Part 1: The interrelationships between thermal conditions, CO2 levels, ventilation rates and selected indoor pollutants,» *Building Services Engineering Research and Technology*, τόμ. 36, αρ. 2, pp. 129-161, 9 Ιανουάριος 2015.
- [93] Centers for Disease Control and Prevention, «Indoor Environmental Quality,» 17 Μάιος 2013. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cdc.gov/niosh/topics/indoorenv/default.html>. [Πρόσβαση 3 Ιουνίου 2022].
- [94] T. Wai και H. Willem, «Perceptions and Physiological Responses to Indoor Air Quality,» σε *Encyclopedia of Environmental Health*, τόμ. 5, 2η, Επιμ., Elsevier, 2011, pp. 78-84.
- [95] Z. Bakó-Bíró, D. J. Clements-Croome, N. Kochhar, H. Awbi και M. J. Williams, «Ventilation rates in schools and pupils' performance,» *Building and Environment*, τόμ. 48, pp. 215-223, Φεβρουάριος 2012.
- [96] Y. Li, «The respiratory infection inhalation route continuum,» *Indoor Air*, τόμ. 31, αρ. 2, pp. 279-281, 23 Φεβρουάριος 2021.
- [97] C. van Rijn, G. A. Somsen, L. Hofstra, G. Dahhan, R. A. Bem, S. Kooij και D. Bonn, «Reducing aerosol transmission of SARS-CoV-2 in hospital elevators,» *Indoor Air*, τόμ. 30, αρ. 6, pp. 1065-1066, 23 Σεπτέμβριος 2020.

- [98] C. D. Cappa, S. Asadi, S. Barreda, A. S. Wexler, N. M. Bouvier και W. D. Ristenpart, «Expiratory aerosol particle escape from surgical masks due to imperfect sealing,» *Scientific Reports*, τόμ. 11, 8 Ιούνιος 2021.
- [99] J. W. Tang, T. J. Liebner, B. A. Craven και G. S. Settles, «A schlieren optical study of the human cough with and without wearing masks for aerosol infection control,» *Journal of The Royal Society Interface*, τόμ. 6, αρ. 6, pp. 727-736, 6 Δεκέμβριος 2009.
- [100] S. Verma, M. Dhanak και J. Frankenfield, «Visualizing the effectiveness of face masks in obstructing respiratory jets,» *Physics of Fluids*, τόμ. 32, αρ. 6, 30 Ιούνιος 2020.
- [101] Y. Li, H. Qian, J. Hang, X. Chen, P. Cheng, H. Ling, S. Wang, P. Liang, J. Li, S. Xiao, J. Wei, L. Liu, B. J. Cowling και M. Kang, «Probable airborne transmission of SARS-CoV-2 in a poorly ventilated restaurant,» *Building and Environment*, τόμ. 196, αρ. 5, Ιούνιος 2021.
- [102] C. Ou, S. Hu, K. Luo, H. Yang, J. Hang, P. Cheng, Z. Hai, S. Xiao, H. Qian, S. Xiao, X. Jing, Z. Xie, H. Ling, L. Liu, L. Gao, Q. Deng, B. J. Cowling και Y. Li, «Insufficient ventilation led to a probable long-range airborne transmission of SARS-CoV-2 on two buses,» *Building and Environment*, τόμ. 207, 2 Οκτώβριος 2021.
- [103] D. Etheridge και M. Sandberg, *Building Ventilation – Theory and Measurement*, 1 επιμ., Chichester, UK: John Wiley & Sons, 1996.
- [104] L. A. Anchordoqui και E. M. Chudnovsky, «A physicist view of COVID-19 airborne infection through convective airflow in indoor spaces,» *SciMedicine Journal*, τόμ. 2, pp. 68-72, 2020.
- [105] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings,» 2009. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44167/9789241547857_eng.pdf?sequence=1. [Πρόσβαση 26 Αύγουστος 2021].
- [106] P. Irwin, J. Kilpatrick, J. Robinson και A. Frisque, «Wind and tall buildings: negatives and positives,» *Special Issue: CTBUH 2nd Annual Special Edition: Tall Sustainability*, τόμ. 17, αρ. 5, pp. 915-928, Δεκέμβριος 2008.
- [107] A. Aflaki, N. Mahyuddin, G. Manteghi και M. R. Baharum, «Building height effects on indoor air temperature and velocity in high rise residential buildings in tropical climate,» *OIDA International Journal of Sustainable Development*, τόμ. 7, pp. 39-48, 2 Οκτώβριος 2014.
- [108] P. Heiselberg, K. Svidt και P. V. Nielsen, «Characteristics of air flow from open windows,» *Building and Environment*, τόμ. 36, αρ. 7, pp. 859-869, Αύγουστος 2001.
- [109] Y. Wang, Y. Yu, T. Ye και Q. Bo, «Ventilation Characteristics and Performance Evaluation of Different Window-Opening Forms in a Typical Office Room,» *Applied Sciences*, τόμ. 11, 26 Σεπτέμβριος 2021.
- [110] C. F. Gao και W. L. Lee, «Influence of Window Types on Natural Ventilation of Residential Buildings in Hong Kong,» West Lafayette, 2010.

- [111] Canadian Centre for Occupational Health and Safety, «Indoor Ventilation: Guidance During The COVID-19 Pandemic,» 2 Φεβρουάριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.ccohs.ca/covid19/indoor-ventilation/>. [Πρόσβαση 28 Οκτώβριος 2021].
- [112] L. Morawska, J. W. Tang, W. Bahnfleth, P. M. Bluyssen, A. Boerstra, G. Buonanno, J. Cao, S. Dancer, A. Floto, F. Franchimon, C. Haworth, J. Hogeling, C. Isaxon, J. L. Jimenez, J. Kurnitski, Y. Li, M. Loomans, G. Marks, L. C. Marr, L. Mazzeola, A. K. Melikov, S. Miller, D. K. Milton, W. Nazaroff, P. V. Nielsen, C. Noakes, J. Peccia, X. Querol, C. Sekhar, O. Seppänen, S.-i. Tanabe, R. Tellier, K. W. Tham, P. Wargocki, A. Wierzbicka και M. Yao, «How can airborne transmission of COVID-19 indoors be minimised?,» *Environment International*, τόμ. 142, Σεπτέμβριος 2020.
- [113] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), «What is a HEPA filter?,» 3 Μάρτιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-hepa-filter-1>. [Πρόσβαση 10 Νοέμβριος 2021].
- [114] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), «What is a MERV rating?,» 3 Μάρτιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/what-merv-rating-1>. [Πρόσβαση 3 Νοέμβριος 2021].
- [115] REHVA, «Έγγραφο της REHVA, οδηγός για τον COVID-19,» 3 Απρίλιος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_guide-Greek_translation.pdf. [Πρόσβαση 3 Νοέμβριος 2021].
- [116] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), «Guide to Air Cleaners in the Home,» Μάιος 2008. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.nmhealth.org/publication/view/guide/240/>. [Πρόσβαση Νοέμβριος 2021].
- [117] U.S. Environmental Protection Agency (EPA), «Air Cleaners, HVAC Filters, and Coronavirus (COVID-19),» 4 Ιανουάριος 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.epa.gov/coronavirus/air-cleaners-hvac-filters-and-coronavirus-covid-19>. [Πρόσβαση 16 Απρίλιος 2022].
- [118] A. Conway Morris, K. Sharrocks, R. Bousfield, L. Kermack, M. Maes, E. Higginson, S. Forrest, J. Pereira-Dias, C. Cormie, T. Old, S. Brooks, I. Hamed, A. Koenig, A. Turner, P. White, R. A. Floto, G. Dougan, E. Gkrania-Klotsas, T. Gouliouris, S. Baker και V. Navapurkar, «The Removal of Airborne Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and Other Microbial Bioaerosols by Air Filtration on Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Surge Units,» *Clinical Infectious Diseases*, 30 Οκτώβριος 2021.
- [119] S. Omrani, S. Matour, K. Bamdad και N. Izadyar, «Ceiling fans as ventilation assisting devices in buildings: A critical review,» *Building and Environment*, τόμ. 201, 15 Αύγουστος 2021.
- [120] W. Li, A. Chong, T. Hasama, L. Xu, B. Lasternas, K. W. Tham και K. P. Lam, «Effects of ceiling fans on airborne transmission in an air-conditioned space,» *Building and Environment*, τόμ. 198, Ιούλιος 2021.
- [121] J. Wagner, T. L. Sparks, S. Miller, W. Chen, J. M. Macher και J. M. Waldman, «Modeling the impacts of physical distancing and other exposure determinants on aerosol transmission,»

Journal of Occupational and Environmental Hygiene , τόμ. 18, αρ. 10-11, pp. 495-509, 13 Σεπτέμβριος 2021.

- [122] Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, «Coronavirus disease (COVID-19): Ventilation and air conditioning,» 2 Μάρτιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/question-and-answers-hub/q-a-detail/coronavirus-disease-covid-19-ventilation-and-air-conditioning>. [Πρόσβαση 15 Σεπτέμβριος 2021].
- [123] Centers for Disease Control and Prevention, «Ventilation in Buildings,» 2 Ιούνιος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.cdc.gov/coronavirus/2019-ncov/community/ventilation.html>. [Πρόσβαση 10 Νοέμβριος 2021].
- [124] E. Jones, A. Young, K. Clevenger, P. Salimifard, E. Wu, M. Lahaie Luna, M. Lahvis, J. Lang, M. Bliss, P. Azimi, J. Cedeno-Laurent, C. Wilson και J. Allen, «Schools For Health: Risk Reduction Strategies for Reopening Schools,» Harvard T.H. Chan School of Public Health Healthy Buildings program, 2020.
- [125] Y. Li, G. M. Leung, J. W. Tang, X. Yang, C. Y. H. Chao, J. Z. Lin, J. W. Lu, P. V. Nielsen, J. Niu, H. Qian, A. C. Sleight, H.-J. J. Su, J. Sundell, T. W. Wong και P. L. Yuen, «Role of ventilation in airborne transmission of infectious agents in the built environment ? A multidisciplinary systematic review,» *Indoor Air*, τόμ. 17, αρ. 1, p. 2–18, 25 Ιανουάριος 2007.
- [126] Midea Group, «How often to change or clean the air conditioner filter?,» 13 Οκτώβριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.midea.bg/en/blog/how-often-to-change-or-clean-the-air-conditioner-filter>. [Πρόσβαση 16 Απρίλιος 2022].
- [127] Daikin Australia, «How often should I clean the filters in my air conditioner?,» 2022. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.daikin.com.au/faq/how-often-should-i-clean-filters-my-air-conditioner>. [Πρόσβαση 15 Απρίλιος 2022].
- [128] L. Morawska και D. K. Milton, «It Is Time to Address Airborne Transmission of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19),» *Clinical Infectious Diseases*, τόμ. 71, αρ. 9, p. 2311–2313, 6 Ιούλιος 2020.
- [129] J. G. Allen και L. C. Marr, «Recognizing and controlling airborne transmission of SARS-CoV-2 in indoor environments,» *Indoor Air*, τόμ. 30, αρ. 4, 19 Ιούνιος 2020.
- [130] T. Greenhalgh, J. L. Jimenez, K. A. Prather, Z. Tufekci, D. Fisman και R. Schooley, «Ten scientific reasons in support of airborne transmission of SARS-CoV-2,» *The Lancet*, τόμ. 397, αρ. 10285, pp. 1603-1605, 1 Μάιος 2021.
- [131] H. Qian, T. Miao, L. Liu, X. Zheng, D. Luo και Y. Li, «Indoor transmission of SARS-CoV-2,» *Indoor Air*, τόμ. 31, αρ. 3, pp. Pages 639-645, 31 Οκτώβριος 2020.
- [132] S. N. Rudnick και D. K. Milton, «Risk of indoor airborne infection transmission estimated from carbon dioxide concentration,» *Indoor Air*, τόμ. 13, αρ. 3, pp. 237-245, Σεπτέμβριος 2003.

- [133] C.-R. Du, S.-C. Wang, M.-C. Yu, T.-F. Chiu, J.-Y. Wang, P.-C. Chuang, R. Jou, P.-C. Chan και C.-T. Fang, «Effect of ventilation improvement during a tuberculosis outbreak in underventilated university buildings,» *Indoor Air*, τόμ. 30, αρ. 3, pp. 422-432, Μάιος 2020.
- [134] Z. Peng και J. L. Jimenez, «Exhaled CO₂ as a COVID-19 Infection Risk Proxy for Different Indoor Environments and Activities,» τόμ. 8, αρ. 5, p. 392–397, 11 Μάιος 2021.
- [135] Eindhoven University of Technology, «Studying aerosol dispersal by supporters at Netherlands-Latvia match,» Eindhoven University of Technology, Άμστερνταμ, 2021.
- [136] N. Kappelt, H. S. Russell, S. Kwiatkowski, A. Afshari και M. S. Johnson, «Correlation of Respiratory Aerosols and Metabolic Carbon Dioxide,» *Sustainability*, τόμ. 13, αρ. 21, 5 Νοέμβριος 2021.
- [137] S. Trilles, P. Juan, S. Chaudhuri και A. B. V. Fortea, «Data on CO₂, temperature and air humidity records in Spanish classrooms during the reopening of schools in the COVID-19 pandemic,» *Data in Brief*, τόμ. 39, Δεκέμβριος 2021.
- [138] A. Di Gilio, J. Palmisani, M. Pulimeno, F. Cerino, M. Cacace, A. Miani και G. de Gennaro, «CO₂ concentration monitoring inside educational buildings as a strategic tool to reduce the risk of Sars-CoV-2 airborne transmission,» *Environmental Research*, τόμ. 202, Νοέμβριος 2021.
- [139] L. Stabile, A. Pacitto, A. Mikszewski, L. Morawska και G. Buonanno, «Ventilation procedures to minimize the airborne transmission of viruses in classrooms,» *Building and Environment*, τόμ. 202, Σεπτέμβριος 2021.
- [140] Scientific Advisory Group for Emergencies (SAGE)- Environmental Modelling Group (EMG), «Role of Ventilation in Controlling SARS-CoV-2 Transmission,» UK Government, 30 Σεπτέμβριος 2020. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.gov.uk/government/publications/emg-role-of-ventilation-in-controlling-sars-cov-2-transmission-30-september-2020>. [Πρόσβαση 1 Δεκέμβριος 2021].
- [141] C. V. M. Vouriot, H. C. Burridge, C. J. Noakes και P. F. Linden, «Seasonal variation in airborne infection risk in schools due to changes in ventilation inferred from monitored carbon dioxide,» *Indoor Air*, τόμ. 31, αρ. 4, pp. 1154-1163, 21 Ιούνιος 2021.
- [142] Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, «ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΡΟΛΗΨΗΣ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ COVID – 19 ΓΙΑ ΤΗΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑ ΖΩΣΗΣ ΜΑΘΗΜΑΤΩΝ 2021-22,» 8 Οκτώβριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/10/ΤΕΛΙΚΕΣ-ΟΔΗΓΙΕΣ-ΠΡΟΛΗΨΗΣ-ΚΑΙ-ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ-COVID_2021.pdf. [Πρόσβαση 5 Μάρτιος 2022].
- [143] G. Ansanay-Alex, «Estimating Occupancy Using Indoor Carbon Dioxide Concentrations Only in an Office Building: a Method and Qualitative Assessment,» σε *11th REHVA World Congress "Energy efficient, smart and healthy buildings": Clima 2013*, Πράγα, 2013.
- [144] A. Franco και F. Leccese, «Measurement of CO₂ concentration for occupancy estimation in educational buildings with energy efficiency purposes,» *Journal of Building Engineering*, τόμ. 32, Νοέμβριος 2020.

- [145] P. N. Pegas, C. A. Alves, M. G. Evtugina, T. Nunes, M. Cerqueira, M. Franchi, C. A. Pio, S. M. Almeida και M. C. Freitas , «Indoor air quality in elementary schools of Lisbon in spring,» *Environmental Geochemistry and Health*, τόμ. 33, pp. 455-468, 2 Νοέμβριος 2010.
- [146] J. Madureira, M. C. M. Alvim-Ferraz, S. Rodrigues, C. Gonçalves, M. C. Azevedo, E. Pinto και O. Mayan, «Indoor Air Quality in Schools and Health Symptoms among Portuguese Teachers,» *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* , τόμ. 15, αρ. 1, pp. 159-169, 4 Φεβρουάριος 2009.
- [147] J. Madureira, I. Paciência, J. Rufo, M. Severo, E. Ramos, H. Barros και E. de Oliveira Fernandes, «Source apportionment of CO₂, PM₁₀ and VOCs levels and health risk assessment in naturally ventilated primary schools in Porto, Portugal,» *Building and Environment*, τόμ. 96, pp. 198-205, 1 Φεβρουάριος 2016.
- [148] M. Griffiths και M. Eftekhari, «Control of CO₂ in a naturally ventilated classroom,» *Energy and Buildings*, τόμ. 40, αρ. 4, pp. 556-560, 2008.
- [149] Minnesota Department of Health, «Carbon Dioxide (CO₂),» 16 Σεπτέμβριος 2021. [Ηλεκτρονικό]. Available: <https://www.health.state.mn.us/communities/environment/air/toxins/co2.html>. [Πρόσβαση 10 Ιούλιος 2022].
- [150] V. Turanjanin, B. Vučićević, M. Jovanović, N. Mirkov και I. Lazović, «Indoor CO₂ measurements in Serbian schools and ventilation rate calculation,» *Energy*, τόμ. 77, pp. 290-296, 1 Δεκέμβριος 2014.
- [151] J. M. Daisey, W. J. Angell και M. G. Apte, «Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information,» *Indoor Air*, τόμ. 13, αρ. 1, pp. 53-64, Μάρτιος 2003.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: CheckList/ Ερωτηματολόγιο

CHECK LIST ΑΙΘΟΥΣΑΣ

1. Όροφος	Ισόγειο	1 ^{ος}	2 ^{ος}	Άλλο
<i>Αν ΑΛΛΟ, περιγραφή</i>				
2. Θέση αίθουσας στον όροφο	Δίπλα σε σκάλες	Μακριά από σκάλες	Δίπλα σε παράθυρο/ πόρτα διαδρόμου	Μακριά από παράθυρο/ πόρτα
	Κέντρο διαδρόμου	Άκρες διαδρόμου		
3. Χρήση Αίθουσας	Εργαστήριο	Αίθουσα θεωρίας	Γραφείο Καθηγητή/ Διοικητικών	Άλλο
<i>Αν ΑΛΛΟ, περιγραφή</i>				
4. Εμβαδόν Αίθουσας				
5. Αριθμός ατόμων (Συνολικά) εντός του χώρου				
6. Είδος Επίπλων (θρανία, γραφεία, ντουλάπες, συσκευές κλπ)				
7. Υπάρχουν συσκευές που επηρεάζουν το μικροκλίμα της αίθουσας; (π.χ. συσκευές ατμού, κλίβανοι) - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ				
8. Αριθμός θέσεων για Φοιτητές				
9. Υπάρχει κλιματισμός;	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
<i>Αν ναι, λειτουργεί κατά την μέτρηση;</i>	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
10.Α) Υπάρχει ανεμιστήρας	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
Β) Αν ναι	Επιδαπέδιος	Οροφής		
Γ) Λειτουργεί κατά την μέτρηση;	ΝΑΙ	ΟΧΙ		
11. Αριθμός Πορτών				
12. Θέση Πόρτας	Κέντρο	Άκρη		
13. Αριθμός Παραθύρων				
14. Θέση παραθύρων	Απέναντι από Πόρτα	Δίπλα στην πόρτα (90°)		
	Δίπλα στην πόρτα (<90°)			
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:				

15. Πόσα παράθυρα ανοίγουν;				
16. Πόσα παράθυρα είναι κλειστά;				
17. Κατεύθυνση Αίθουσας ως προς το κτίριο	Βόρειο	Νότιο	Δυτικό	Ανατολικό
18. Κατεύθυνση Παραθύρων	Βόρειο	Νότιο	Δυτικό	Ανατολικό
19. Υπάρχουν παράθυρα στον διάδρομο εκτός του χώρου;	NAI		OXI	
Αν ναι, είναι ανοιχτά	NAI		OXI	
20. Υπάρχουν πόρτες στον διάδρομο εκτός του χώρου;	NAI		OXI	
Αν ναι, είναι ανοιχτές;	NAI		OXI	
21. Υπάρχει συσκευή απολύμανσης εντός της αίθουσας;	NAI		OXI	
22. Υπάρχουν διαχωρίσματα εντός της αίθουσας;	NAI		OXI	
23. Α) Υπάρχουν επιπλέον χώροι εντός της αίθουσας;	NAI		OXI	
Β) Αν ναι, χρησιμοποιούνται;	NAI		OXI	
Γ) Αν ναι, αερίζονται;	NAI		OXI	
24. Μέθοδος αερισμού αίθουσας	Φυσικός αερισμός	Τεχνητός αερισμός	Συνδυασμός	
25. Χρόνος Παραμονής εντός της αίθουσας				
26. Χρόνος ανοιχτών παραθύρων (Μ.Ο.)				
27. Χρόνος ανοιχτής πόρτας (Μ.Ο.)				
28. Βρίσκεται κοντά σε πολυσύχναστους δρόμους; - ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ				
29. Μετρήσεις Θερμοκρασία				
Υγρασία				
CO				
CO ₂				
NO				
NO ₂				
O ₂				