



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

**MSc: “ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS”**

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

**«ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ»**

“THE EFFECTS OF AIR POLLUTION ON THE HUMAN RESPIRATORY SYSTEM”

**Μπεκρή Δήμητρα
20180442**

A.M:

ΝΟΣΗΛΕΥΤΡΙΑ

Επιβλέπων: Ανδρέας Χ. Λάζαρης, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2020



**ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΙΑΤΡΙΚΗ ΣΧΟΛΗ**

**ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ. ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕ
ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ»**

**MSc: “ENVIRONMENT AND HEALTH. MANAGEMENT OF
ENVIRONMENTAL HEALTH EFFECTS”**

Διευθυντής ΠΜΣ

Νικόλαος Καβαντζάς, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

**«ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΣΤΟ ΑΝΑΠΝΕΥΣΤΙΚΟ
ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ»**

“THE EFFECTS OF AIR POLLUTION ON THE HUMAN RESPIRATORY SYSTEM”

Μπεκρή Δήμητρα

A.M.: 20180442

ΝΟΣΗΛΕΥΤΡΙΑ

Τριμελής επιτροπή:

Επιβλέπων: Ανδρέας Χ. Λάζαρης, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Πρόεδρος: Νικόλαος Καβαντζάς, Καθηγητής Ιατρικής Σχολής ΕΚΠΑ

Μέλος: Σωτήριος Μάιπας, Δρ. Φυσικός, Ιατρική Σχολή ΕΚΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2020

Έχοντας πλήρη επίγνωση των συνεπειών του νόμου περί πνευματικής ιδιοκτησίας, δηλώνω ότι είμαι αποκλειστική συγγραφέας της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Δηλώνω, επίσης, ότι αναλαμβάνω όλες τις συνέπειες, όπως αυτές νομίμως ορίζονται, στην περίπτωση που διαπιστωθεί διαχρονικά ότι η εργασία μου αυτή ή τμήμα αυτής αποτελεί προϊόν λογοκλοπής.

Πρόλογος

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία με θέμα «Οι Συνέπειες της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης στο Αναπνευστικό Σύστημα του Ανθρώπου» αποτελεί ένα γνωστικό αντικείμενο με ραγδαία εξέλιξη και συνεχή μελέτη. Η βιβλιογραφική ανασκόπηση εκπονήθηκε στα πλαίσια ολοκλήρωσης του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Περιβάλλον και Υγεία - Διαχείριση Περιβαλλοντικών Θεμάτων με Επιπτώσεις στην Υγεία» στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Υποβάλλω θερμά τις ειλικρινείς ευχαριστίες μου στον κ. Καβαντζά Νικόλαο, Καθηγητή Παθολογικής – Ανατομικής της Ιατρικής Σχολής του ΕΚΠΑ και Διευθυντή – Επιστημονικό Υπεύθυνο του μεταπτυχιακού προγράμματος, καθώς και σε όλη την Επιστημονική ομάδα της Ιατρικής Σχολής όπου με όρεξη, μεθοδικότητα και μεταδοτικότητα εμπλούτισαν περαιτέρω τις γνώσεις μου.

Τέλος σημαντικός αρωγός αυτής της προσπάθειας υπήρξε ο σύζυγος μου Κωνσταντίνος Βαφειάδης καθώς και όλη η οικογένεια μου για την αδιάλειπτη υποστήριξη τους αλλά και την εμπιστοσύνη τους προς το πρόσωπο μου.

*Αφιερωμένη στη Μανούλα μου Αφροδίτη Ματσούκα και στη Θεία μου Γεωργία
Ματσούκα ως απόδειξη των ανησυχιών τους...*

Περιεχόμενα

Πρόλογος.....	
.....	3

Ευρετήριο εικόνων.....				
.....6				
Ευρετήριο Πινάκων.....				
....9				
Συντομογραφίες.....				
.....10				
Περίληψη.....				
.....11				
Abstract.....				
.....12				
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο				
1. Εισαγωγή.....				
.....13				
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο				
2. Ανατομία			Αναπνευστικού	
Συστήματος.....				15
2.1 Ανώτερο	Αναπνευστικό		Σύστημα	–
Ανάλυση.....				16
2.1.1 Ρινική				
Κοιλότητα.....				16
2.1.2 Φάρυγγας.....				17
2.1.3 Στοματική				
Κοιλότητα.....				18
2.2 Κατώτερο			Αναπνευστικό	
Σύστημα.....				19
2.2.1 Λάρυγγας.....				19
2.2.2 Τραχεία.....				21
2.2.3 Βρόγχοι.....				22
2.2.4 Πνεύμονες.....				24
2.2.5 Υπεζωκότας.....				25
2.2.6 Κυψελίδες.....				25
2.3 Μηχανισμός				
Αναπνοής.....				26

2.4 Αγγεία Συστήματος.....	και	Νεύρα	Αναπνευστικού	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο				
3. Περιβαλλοντική Ρύπανση.....				32
3.1 Ατμόσφαιρα.....				33
3.2 Ρύπανση Ατμόσφαιρας.....			της	36
3.3 Αέριοι Ρύποι.....				39
3.3.1 Μονοξείδιο του Άνθρακα - CO και διοξείδιο του Άνθρακα - CO ₂				41
3.3.2 Διοξείδιο του Θείου - SO ₂				41
3.3.3 Οζον - O ₃				42
3.3.4 Οξείδια του Αζώτου - NO _x				43
3.3.5 Αιωρούμενα Σωματίδια - PM Αερολύματα.....				44
3.3.6 Υδρογονάνθρακες - HCs – Πτητικές Οργανικές Ενώσεις – VOCs.....				46
3.3.7 Νιτρικό Υπεροξυακετύλιο - PAN.....				47
3.3.8 Βαρέα Μέταλλα (Pb)				49
3.3.9 Άλλοι Ρύποι.....				50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο				
4. Παθήσεις Συστήματος.....			Αναπνευστικού	54
4.1 Διαγνωστικές Εξετάσεις.....				56
4.2 Αέρια Αίματος.....				59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο				
5. Νοσήματα Οδού.....		Άνω	Αναπνευστικής	60

5.1 Ρινίτιδα.....			
.....60			
5.2 Φαρυγγίτιδα.....			
.....61			
5.3 Βλάβες			Στοματικής
Κοιλότητας.....			62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

6. Νοσήματα	Κατώτερης		Αναπνευστικής
Οδού.....		63	
6.1 Λαρυγγίτιδα	–		Βράγχος
Φωνής.....		63	
6.2 Οξεία	Βρογχίτιδα		–
Τραχειοβρογχίτιδα.....		63	
6.3 Χρόνια	Αποφρακτική	Πνευμονοπάθεια	(ΧΑΠ)
.....		64	
6.3.1 Πνευμονικό			
Εμφύσημα.....		65	
6.3.2 Βρογχεκτασία.....		66	
.....66			
6.3.3 Βρογχικό			
Άσθμα.....		67	
67			
6.3.4 Ατελεκτασία.....		68	
.....68			
6.4 Πνευμονία.....		68	
.....68			
6.4.1 Πνευμονοκονιάσεις.....		69	
.....69			
6.4.1.1 Πυριτίαση.....		70	
.....70			
6.4.1.2 Αμιάντωση.....		70	
.....70			
6.4.1.3 Πνευμονοκονίαση			
Ανθρακωρύχων.....		71	
.....71			
6.5 Καρκίνος			
Πνεύμονα.....		72	
72			

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

7. Ατμοσφαιρική	Ρύπανση	και	Νοσήματα	Αναπνευστικού
Συστήματος.....				74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

8. Συμπεράσματα.....		83
.....83		

9. Βιβλιογραφία.....	85
----------------------	----

Ευρετήριο εικόνων

Κεφάλαιο 2°

✚ Εικόνα 2.1. Organs of the Respiratory System Πηγή: https://owlcation.com/stem/Respiratory-Physiology	15
✚ Εικόνα 2.2 και 2.3. Ρινική Κοιλότητα Πηγή: Walker et al, 1990.....	17
✚ Εικόνα 2.4. Ρινοφάρυγγας. Πηγή: Πλέσσας και Κανέλλος, 1997.....	18
✚ Εικόνα 2.5. Ανώτερο Αναπνευστικό Σύστημα. Πηγή: Μαλαγρινού και Κωνσταντινίδου, 2002.....	18
✚ Εικόνα 2.6. Λάρυγγας κατά την Εισπνοή. Πηγή: Lippert, 1993.....	20
✚ Εικόνα 2.7. Λάρυγγας κατά τη Φώνηση. Πηγή: Netter, 2009.....	20
✚ Εικόνα 2.8. Ανατομική της Τραχείας. Πηγή: Lippert, 1993.....	21
✚ Εικόνα 2.9. Εσωτερική και Εξωτερική περιοχή της Τραχείας. Πηγή: Sobotta, 2006.....	21
✚ Εικόνα 2.10. Βρόγχο-πνευμονικό δίκτυο. Πηγή: Sobotta, 2006.....	22
✚ Εικόνα 2.11. Τμήματα Αριστερού & Δεξιού Βρόγχου. Πηγή: Fraser, 2009.....	23
✚ Εικόνα 2.12. Αριστερός και Δεξιός πνεύμονας. Πηγή: Sobotta, 2006.....	24
✚ Εικόνα 2.13. Κυψελίδες. Πηγή: https://gr.depositphotos.com/stock-photos/%CE%BA%CF%85%CF%88%CE%B5%CE%BB%CE%AF%CE%B4%CE%B5%CF%82.html	28
✚ Εικόνα 2.14. Τύποι Κυττάρων Κυψελίδας. Πηγή: Πλέσσας και Κανέλλος, 1997.....	26

- ✚ **Εικόνα 2.15.** Διάχυση Αερίων $O_2 - CO_2$ δια μέσου της αναπνευστικής μεμβράνης. **Πηγή:** Μαλαγρινού και Κωνσταντινίδου, 2002.....28

Κεφάλαιο 3°

- ✚ **Εικόνα 3.1.** Ρύπανση της Ατμόσφαιρας. **Πηγή:** <https://int.search.tb.ask.com/search/AJimage.jhtml?&enc=0&n=78678e83&p2=%5ECPC%5Echr999%5ETTAB03%5E&pg=AJimage&pn=1&ptb=4D557B6B-C9AB-4FB0-93FF-28756167787D&q=&searchfor=%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7+%CF%84%CE%B7%CF%82+%CE%B1%CF%84%CE%BC%CF%8C%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B1%CF%82&si=&ss=sub&st=sb&tp=sbt&imgs=1p&filter=on&imgDetail=true>.....36
- ✚ **Εικόνα 3.2.** «Καπνομίχλη του Λονδίνου». **Πηγή:** <https://www.mixanitouxronou.gr>.....37
- ✚ **Εικόνα 3.3.** Φωτοχημικό Νέφος. **Πηγή:** Eco left – WordPress.com.....37
- ✚ **Εικόνα 3.4.** Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης. **Πηγή:** ΕΕΣ, 2018.....38
- ✚ **Εικόνα 3.5.** Πηγές Ρύπανσης Εσωτερικών Χώρων. **Πηγή:** Κυριακίδου, 2004.....40
- ✚ **Εικόνα 3.6.** Μεταβολή τρύπας του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική με την μείωση των CFCs. **Πηγή:** NASA, 2012.....43
- ✚ **Εικόνα 3.7.** Ταξινόμηση Τυπικών Σωματιδίων (έκθεση τμημάτων Αναπνευστικής Οδού). **Πηγή:** Gardiner and Harrington, 2009.....44
- ✚ **Εικόνα 3.8.** Φαινόμενο θερμοκρασιακής Αναστροφής. **Πηγή:** Δετοράκης, 2003.....48
- ✚ **Εικόνα 3.9.** Ισοδύναμη Δόση Ακτινοβολίας ανά Υψόμετρο. **Πηγή:** Τσιτομενάας, 2018.....51
- ✚ **Εικόνα 3.10.** Όρια Ποιότητας Αέρα σύμφωνα με την EPA. **Πηγή:** Θεοφανίδης, 2018.....52
- ✚ **Εικόνα 3.11.** Αποτελέσματα Εκπομπών Ρύπων από ΕΕ. **Πηγή:** ΕΕΣ, 2018.....53

Κεφάλαιο 4°

- ✚ **Εικόνα 4.1.** Ακτινογραφία Θώρακα – Βρογχεκτασία. **Πηγή:** Fraser et al., 2009.....54

- ✚ **Εικόνα 4.2.** Εισροφημένο Ξένο Σώμα. **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....55
- ✚ **Εικόνα 4.3.** Βροχοπνευμονία από *Aspergillus* και **Εικόνα 4.4** Εστιακές περιοχές Πύκνωσης. **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....59

Κεφάλαιο 6°

- ✚ **Εικόνα 6.1.** Οιδηματώδης φωνητικές χορδές σε χρόνια Λαρυγγίτιδα. **Πηγή:** Netter, 2009.....63
- ✚ **Εικόνα 6.2.** Πνευμονικό Εμφύσημα. Στένωση - Απόφραξη Βρογχιολίων. **Πηγή:** Δετοράκης, 2003.....66
- ✚ **Εικόνα 6.3.** Διαστολή βρόγχων. **Πηγή:** Αθανάτου, 2004.....67
- ✚ **Εικόνα 6.4.** Λοβώδης Πνευμονία – Πύκνωση σε ένα Λοβό (Αρ.), Βροχοπνευμονία – Πύκνωση διάσπαρτη (Δε). **Πηγή:** Nair and Peate, 2012.....68
- ✚ **Εικόνα 6.5.** Ιστολογική απεικόνιση – Εξωγενής Αλλεργική Κυψελίτιδα. **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....69
- ✚ **Εικόνα 6.6.** Πυριτίαση με προοδευτική μαζική Ίνωση. **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....70
- ✚ **Εικόνα 6.7.** Βροχοπνευμονία από Ασπέργιλο. **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....71
- ✚ **Εικόνα 6.8.** Μεσοθηλίωμα. **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....71
- ✚ **Εικόνα 6.9.** Ιστολογική απεικόνιση πνευμοκονίασης ανθρακωρύχων. **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....72
- ✚ **Εικόνα 6.10.** Λοβαίες Εντοπίσεις Καρκίνου του Πνεύμονα. **Πηγή:** Nair and Peate, 2012.....72
- ✚ **Εικόνα 6.11.** Πλακώδες Καρκίνωμα, **Εικόνα 6.12.** Αδενωπλακώδες Καρκίνωμα, **Εικόνα 6.13.** Μεγαλοκυτταρικό Καρκίνωμα, **Εικόνα 6.14.** Μικροκυτταρικό Καρκίνωμα, **Εικόνα 6.15.** Αδενοκαρκίνωμα, **Εικόνα 6.16.** **Πηγή:** Fraser *et al.*, 2009.....73

Κεφάλαιο 7°

- ✚ **Εικόνα 7.1.** Επιδράσεις τοξικών ουσιών στο Αναπνευστικό Σύστημα.

- Πηγή:** Δετοράκης, 2003.....74
- ✚ **Εικόνα 7.2.** Αέριοι Ρύποι και οι Επιπτώσεις στην Ανθρώπινη Υγεία.
Πηγή: ΕΕΣ, 2018.....76
- ✚ **Εικόνα 7.3.** $PM_{2,5}$ σε Παγκόσμιο Επίπεδο το 2016. **Πηγή:** WHO, 2016.....77
- ✚ **Εικόνα 7.4.** Συγκεντρώσεις αέριων Σωματιδίων στις αστικές περιοχές $PM_{2,5}$ και **Εικόνα 7.5.** Συγκεντρώσεις αέριων Σωματιδίων στις αστικές περιοχές PM_{10}
Πηγή: WHO, 2016.....78
- ✚ **Εικόνα 7.6.** Επίδραση PAHs στο Αναπνευστικό Σύστημα.
Πηγή: Zhao et al, 2019.....79
- ✚ **Εικόνα 7.7.** Χώρες της ΕΕ με μείωση ζωής ανά 100 κατοίκους.
Πηγή: ΕΕΣ, 2018.....81
- ✚ **Εικόνα 7.8.** Μείωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης – Covid-19.
Πηγή: ESA, 2020.....82

Κεφάλαιο 8°

- ✚ **Εικόνα 8.1.** Ποσοστό επί % των θανάτων εξαιτίας της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης.
Πηγή: WHO, 2016.....84

Ευρετήριο Πινάκων

- ❖ **Πίνακας 1.** Αμυντικοί Μηχανισμοί Αναπνευστικού. Συστήματος
Πηγή: Μουτσόπουλος και Εμμανουήλ, x.x.
.....26
- ❖ **Πίνακας 2.** Ορισμοί Αναπνοής αναλόγως του ρυθμού της
Πηγή: Nair and Peate,
2012.....29
- ❖ **Πίνακας 3.** Περιεκτικότητα Φυσικών Συστατικών του Αέρα
Πηγή: Κυριακίδου,
2004.....34
- ❖ **Πίνακας 4.** Τιμές Μέγιστης Υγρασίας σε Ανάλογες Συνθήκες Θερμοκρασίας
Πηγή: Τριχοπούλου και Τριχόπουλος,
1986.....35
- ❖ **Πίνακας 5.** Κατηγορίες Αέριων Ρύπων
Πηγή: Cohen and Hering,
2001.....39
- ❖ **Πίνακας 6.** Ρύπανση εσωτερικών χώρων
Πηγή: Τριχοπούλου και Τριχόπουλος,
1986.....40
- ❖ **Πίνακας 7.** Ταξινόμηση Αιωρούμενων Σωματιδίων – Αερολυμάτων ανάλογα με
το μέγεθος τους
Πηγή: Gardiner and Harrington,
2009.....45
- ❖ **Πίνακας 8.** Φυσιολογική Τιμή Αερίων Αίματος
Πηγή: Αθανάτου,
2007.....59
- ❖ **Πίνακας 9.** Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Νοσήματα Αναπνευστικού
Πηγή: 1) Council Directive 96/92/EC, 1996. και 2) Gardiner and Harrington,
2009.....
.....80

Συντομογραφίες

○ Οξυγόνο - O₂	○ Διοξείδιο του Άνθρακα - CO₂	○ Διοξείδιο του Αζώτου - NO₂	○ Αιωρούμενα Σωματίδια - PM
○ Οξειδία του Άζωτου - NO_x	○ Όζον - O₃	○ Μεθάνιο - CH₄	○ Πτητικές Οργανικές Ενώσεις - VOCs
○ Διοξείδιο του θείου – SO₂	○ Μόλυβδος - Pb	○ Αιμοσφαιρίνη - Hb	○ Ατμοσφαιρική Πίεση – (Βαρομετρική Πίεση) - ΒΠ
○ Νιτρικό υπεροξυακετύλιο - PAN	○ Αναπνευστικό Σύστημα - ΑΣ	○ Ευρωπαϊκή Ένωση - ΕΕ	○ Διεθνής Οργανισμός για τον Καρκίνο - IARC
○ Εταιρία Προστασίας Περιβάλλοντος - ΕΡΑ	○ Οργανισμός Ηνωμένων Εθνών - ΟΗΕ	○ Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας – ΠΟΥ - WHO	○ Ευρωπαϊκή κοινότητα - ΕΚ

Περίληψη

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα θέμα καίριας σημασίας από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης και μετ' έπειτα. Ο άνθρωπος έρχεται καθημερινά σε επαφή με τον αέρα μέσω της εισπνοής καθώς αποτελεί βασική διεργασία για την επιβίωσή του. Η ποιότητα του αέρα και οι ρύποι που υπάρχουν σε αυτόν, πρωτογενείς ή δευτερογενείς, έχουν σημαντικές επιβλαβείς συνέπειες τόσο για το αναπνευστικό σύστημα, όσο και για τα υπόλοιπα συστήματα του ανθρώπου. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας θεωρεί την ρύπανση του αέρα τη μεγαλύτερη απειλή για την ανθρώπινη υγεία. Συγκεκριμένα, το 30% των ανθρώπων που νοσούν καθημερινά αλλά και το 5% των θανόντων σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση.

Η κλιμάκωση της κλιματικής αλλαγής οδήγησε στη δημιουργία αερολυμάτων (βιολογικών, ατμοσφαιρικών και σωματιδίων), τα οποία παραμένουν στην ατμόσφαιρα για ημέρες και μεταφέρονται ανά περιοχές μέσω διαφόρων μετεωρολογικών φαινομένων (ανεμοθύελλες, καταιγίδες, μεταφορά σκόνης) προκαλώντας δυσάρεστες συνέπειες στο ΑΣ όπως άσθμα, πνευμονία, αλλεργική ρινοεπιπεφυκίτιδα, καρκίνο του πνεύμονα και άλλα καρδιαγγειακά και εγκεφαλο-αγγειακά προβλήματα (Chan *et al.*, 2018).

Η καλύτερη διαχείριση των αποβλήτων, της παραγωγής και διανομής ενέργειας και η ελαχιστοποίηση χρήσης καυσίμων μειώνουν σημαντικά την παραγωγή ρύπων στην ατμόσφαιρα και βελτιώνουν αισθητά την ποιότητα του αέρα τόσο σε εσωτερικούς, όσο και εξωτερικούς χώρους. Αέριοι ρύποι όπως το Όζον (O₃), τα αιωρούμενα σωματίδια (PM), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂) και λοιπά, εναποτίθενται με την αναπνοή στους πνεύμονες, προκαλώντας τοπική βλάβη και δρουν ως ενισχυτές αλλοίωσης σε μία ήδη υπάρχουσα βλάβη όπως χρόνια βρογχίτιδα, βρογχικό άσθμα και άλλα. Ιδιαίτερη προσοχή χρήζουν οι ευπαθείς ομάδες όπως οι ηλικιωμένοι με βεβαρημένο ιστορικό ή μη, τα παιδιά, άτομα με αναπνευστικά προβλήματα αλλά και οι γυναίκες που κυοφορούν. Ο καθαρός αέρας πρέπει να αποτελεί επιδίωξη και στόχος όλων μας, όχι μόνο σε τοπικό, αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο.

Παρατίθενται η Ανατομία του Αναπνευστικού Συστήματος (άνω και κάτω), τα αγγεία και τα νεύρα που περικλείονται σε αυτό, ο Μηχανισμός της Αναπνοής για ευκρινέστερη κατανόηση της εισόδου-διασποράς ενός ρύπου, οι έννοιες της περιβαλλοντικής - ατμοσφαιρικής ρύπανσης και η ανάλυση των αέριων ρύπων. Επίσης, αναφέρονται οι κυριότερες παθήσεις του ΑΣ καθώς και ο τρόπος με τον οποίο η ατμοσφαιρική ρύπανση συμβάλλει στην εμφάνισή τους.

Συνεπώς, η ατμοσφαιρική ρύπανση ως ευρεία έννοια οφείλεται στην παρουσία ξένων στοιχείων ή ουσιών σε υψηλά επίπεδα στην ατμόσφαιρα, τα οποία μπορεί να υπάρχουν φυσικά ή να προκαλούνται από την ανθρώπινη παρέμβαση, επηρεάζοντας αρνητικά το πολυτιμότερο αγαθό, την Υγεία των ανθρώπων και των συστημάτων που την απαρτίζουν, με ιδιαίτερα αυξημένο αντίκτυπο στο Αναπνευστικό Σύστημα.

Abstract

Air pollution has been a key issue since the beginning of the Industrial Revolution and beyond. Man comes into contact with air every day through inhalation as it is a key process for his survival. Air quality and pollutants present in it, primary or secondary, have significant effects with detrimental effects on both the respiratory system and other human systems. The World Health Organization considers air pollution to be the greatest threat to human health. Specifically, 30% of people who get sick every day and 5% of those who die are related to air pollution.

The escalation of climate change has led to the creation of aerosols (biological, atmospheric and particle), which remain in the atmosphere for days and are transported by regions through various meteorological phenomena (windstorms, storms, dust transport, dust) causing adverse consequences. allergic rhinitis, lung cancer and other cardiovascular and cerebral vascular problems (Chan *et al.*, 2018).

Better waste management, energy production and distribution, and minimizing fuel consumption significantly reduce air pollution and significantly improve air quality both indoors and outdoors. Gaseous pollutants such as carbon ozone (O₃), particulate matter (PM), nitrogen dioxide (NO₂), etc., are deposited by respiration in the lungs causing local damage and act as boosters for years of damage such as pre-existing damage, bronchial asthma and others. Particular attention needs to be paid to vulnerable groups such as the elderly with a burdensome history or not, children, people with respiratory problems and pregnant women. Fresh air should be the goal of all of us, not only locally but also globally.

The Anatomy of the Respiratory System (above and below), vessels and nerves enclosed in it, the Breathing Mechanism for a clearer understanding of the entry-dispersion of a pollutant, the concepts of environmental - air pollution and analysis are presented. Also mentioned are the main Diseases of MS as well as the way in which air pollution contributes to their creation.

In conclusion, air pollution as a broad concept is due to the presence of foreign elements or substances at high levels in the atmosphere, which may exist naturally or be caused by human interventions as a detrimental effect on the most valuable asset, human health and the systems that make it up with an increased impact especially on the respiratory system.

Key words: air pollution, respiratory system, health effects

Εισαγωγή

Οι δυσμενείς επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία είναι πλέον αποδεδειγμένες μέσα από διάφορες επιδημιολογικές μελέτες.

Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας πάνω από 3εκ. πρόωροι θάνατοι ετησίως, αποδίδονται στην ατμοσφαιρική ρύπανση αλλά και στη δημιουργία οξέων και χρόνιων παθήσεων. Ατμοσφαιρικοί ρύποι όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το διοξείδιο του αζώτου, το όζον και τα αιωρούμενα σωματίδια σχετίζονται έντονα με τη δημιουργία αλλεργιών αλλά και γενικότερων προβλημάτων.

Η αλλαγή του κλίματος με παρουσία έντονου ψύχους το χειμώνα και έντονης ζέστης το καλοκαίρι αύξησε τις ανάγκες χρήσης ενέργειας (συσκευές θέρμανσης – air condition). Το φαινόμενο αυτό οδήγησε στην αύξηση καύσης ορυκτών καυσίμων, επιδείνωσε τους αέριους ρύπους με αποτέλεσμα τη συσσώρευση αερολυμάτων και όζοντος στην ατμόσφαιρα. Πέραν όμως των ρύπων ανθρωπογενούς προέλευσης αυξήθηκαν εξίσου και οι φυσικοί ρύποι (άμμος, πυρκαγιές, εξάπλωση ηφαιστειακής τέφρας). Με την άνοδο της θερμοκρασίας έχουμε αύξηση του CO₂ στην ατμόσφαιρα, έντονες βροχοπτώσεις και υψηλότερη υγρασία ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ατμοσφαιρικών και βιολογικών αερολυμάτων (πολλαπλασιασμός γύρης, κουνουπιών, ανάπτυξη μυκήτων) (Dagouassat et al., 2012 & Pimm et al., 2012).

Το Αναπνευστικό Σύστημα του ανθρώπου είναι υπεύθυνο για την ανταλλαγή των αερίων, δηλαδή την πρόσληψη του O₂, την μεταφορά του σε όλα τα κύτταρα και τους ιστούς και την απόδοση CO₂. Η ανταλλαγή των αερίων απαιτεί επαρκή καρδιακή παροχή, κυψελιδικό αερισμό και εξισορρόπηση ανάμεσα στη ροή αίματος και αερισμού. Οι αέριοι ρύποι του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με το κάπνισμα επιφέρουν αλλοιώσεις στο Α.Σ. Η διαταραχή της φυσιολογίας των άνω και κάτω αεροφόρων οδών θέτει σε κίνδυνο τον αερισμό, την πνευμονική κυκλοφορία και την εναρμόνιση αίματος - αερισμού δημιουργώντας αναστρέψιμες (άσθμα) ή μη (καρκίνος πνεύμονα), χρόνιες ή παροδικές επιπλοκές (Γαρδίκας, 2005).

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε αέριους ρύπους υψηλών συγκεντρώσεων δύναται να επηρεάσει λειτουργικά το αναπνευστικό σύστημα καθώς και η μακροχρόνια έκθεση, χαμηλών συγκεντρώσεων να επιφέρει βλάβη σε αυτό, αναστρέψιμη ή μη. Οι επιδράσεις περιλαμβάνουν αυξημένη νοσηρότητα ακόμη και θνησιμότητα με μείωση της πνευμονικής λειτουργίας στους ενήλικες και στα παιδιά, εμφάνιση πνευμονικών παθήσεων όπως εμφύσημα, χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, άσθμα, μεσοθηλίωμα ιδίως σε περιοχές με αυξημένα ποσοστά ρύπανσης. Η δημιουργία φλεγμονής που προκαλείται από την έκθεση τους σε άτομα με ήδη υπάρχουσα πνευμονική βλάβη ή πνευμονική πάθηση θα επιδεινώσει την κατάσταση τους (Pimm et al., 2012 & O' Donnell et al., 2011).

Σε παγκόσμιο επίπεδο η ατμοσφαιρική ρύπανση ευθύνεται για το 58% των πρόωρων θανάτων από εγκεφαλικά-καρδιαγγειακά νοσήματα, για το 16% των θανάτων από καρκίνο του πνεύμονα, το 13% των θανάτων από λοιμώξεις του αναπνευστικού συστήματος και το 18% των θανάτων από χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια ενώ το 3,1% αποδίδεται στη διατήρηση ζωής με αναπηρία. Οι αιτίες για το αναπνευστικό σύστημα αφορούν το 6% για τον καρκίνο του πνεύμονα και το 3% για τις οξείες λοιμώξεις του κατώτερου αναπνευστικού συστήματος στα παιδιά. Τα παιδιά εμφανίζουν αυξημένη επιρρέπεια στις αναπνευστικές λοιμώξεις έχοντας χαμηλό βάρος σώματος, μη

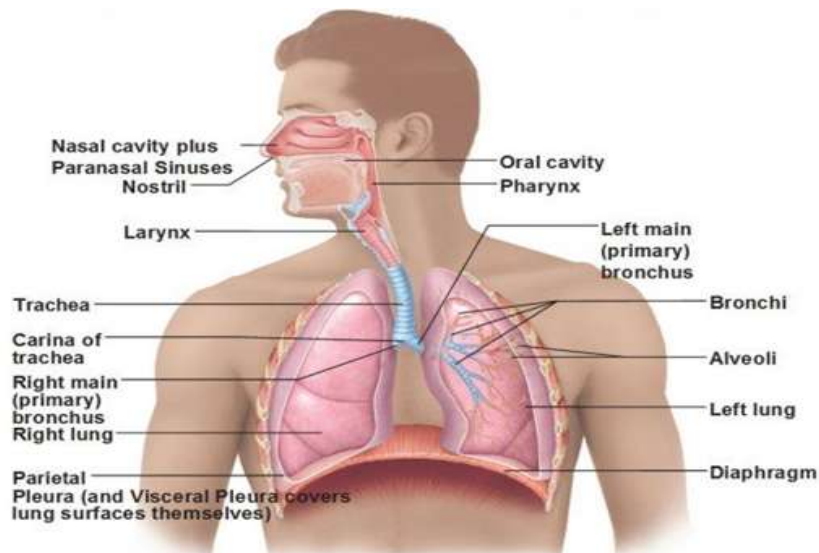
πλήρες ανεπτυγμένο αναπνευστικό σύστημα και μειωμένη ανοσοαπάντηση στον οργανισμό τους (Arbex *et al.*, 2012 & Bundesgesundheitsbl *et al.*, 2008).

Ένα μεγάλο ποσοστό των πρόωρων θανάτων θα μπορούσε να μειωθεί βελτιώνοντας την ποιότητα του αέρα ή μειώνοντας το κάπνισμα.

Ακολουθούν παραδείγματα βελτίωσης της ποιότητας του αέρα όπως οι «καθαρές» τεχνολογίες (μειώνοντας την εκπομπή βιομηχανικών αερίων), αποδοτικότερη διαχείριση αστικών/γεωργικών αποβλήτων (δέσμευση αερίου άνθρακα για χρήση βιοαερίου) κατά την αποτέφρωση τους, πρόσβαση σε προσιτές οικονομικές λύσεις οικιακής ενέργειας (μαγείρεμα/θέρμανση/φωτισμός), εναλλακτικούς τρόπους μεταφοράς (δίκτυα ταχείας αστικής διέλευσης, πεζοπορία/ποδηλασία, χρήση οχημάτων χαμηλών εκπομπών και μείωση της περιεκτικότητας σε θείο συμπεριλαμβανομένων των σιδηροδρομικών/υπεραστικών/εμπορευματικών μεταφορών), ενεργειακά αποδοτικές πόλεις, (με βελτίωση ενεργειακής απόδοσης κτηρίων), τη χρήση καυσίμων χαμηλών εκπομπών (καταναεμημένη παραγωγή ενέργειας), ευρεία χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (ηλιακή/αιολική/υδροηλεκτρική) και έναρξη ανακύκλωσης/επαναχρησιμοποίησης/επανεπεξεργασίας αστικών/βιομηχανικών/γεωργικών αποβλήτων.

2. Ανατομία Αναπνευστικού Συστήματος

Βασική λειτουργία του Αναπνευστικού Συστήματος είναι η ανταλλαγή των αερίων μέσω της διαδικασίας της αναπνοής. Η αναπνοή ρυθμίζεται από το αναπνευστικό κέντρο όπου εδράζεται στον προμήκη μυελό. Το O₂ εισέρχεται στον ανθρώπινο οργανισμό με την εισπνοή ατμοσφαιρικού αέρα και μεταφέρεται δια της αναπνευστικής οδού στις κυψελίδες των πνευμόνων. Εκεί το αίμα οξυγονώνεται και αποβάλλεται το CO₂, μέσω της εκπνοής, στο εξωτερικό περιβάλλον (Αθανάτου, 2007).



Εικόνα 2.1. Organs of the respiratory system

Η λειτουργία της αναπνοής εκτελείται χωρίς συνειδητή προσπάθεια, εξυπηρετεί μια σειρά από λειτουργίες όπως είναι η ανταλλαγή των αερίων, μια σειρά μεταβολικών διεργασιών και διακρίνεται στην: (Πλέσσας και Κανέλλος, 1997)

- Αναπνευστική λειτουργία των πνευμόνων
- Αναπνευστική λειτουργία του αίματος και
- Αναπνευστική λειτουργία των κυττάρων των ιστών

Ο φυσιολογικός αριθμός των αναπνοών είναι 14 – 18/1' στους ενήλικες και 40/1' στα νεογνά. Με την αναπνοή προσλαμβάνουμε αέρα περιεκτικότητας 21%. Η παρουσία οξυγόνου στο αίμα αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τη ζωή όλων των κυττάρων και των ιστών (Rogers, 2011).

Σκοπός της αναπνευστικής λειτουργίας είναι η εξασφάλιση επαρκούς οξυγόνου για τις κυτταρικές οξειδώσεις και την απελευθέρωση ενέργειας, η οποία χρησιμοποιείται για τις μεταβολικές ανάγκες του οργανισμού (Χατζημηνάς, 1972).

Το Α.Σ. αποτελείται από ένα σύνολο οργάνων, με ειδική κατασκευή και αποστολή για την επιτέλεση της λειτουργίας της ανταλλαγής των αερίων και απαρτίζεται από την ανώτερη αεροφόρο οδό και από την κατώτερη αεροφόρο οδό. Η μετάβαση αυτών των δύο περιοχών γίνεται ανάμεσα στο αναπνευστικό και στο πεπτικό σύστημα και

συγκεκριμένα στην κορυφή του λάρυγγα (φαρυγγικό στόμιο του λάρυγγα) (Rogers, 2011).

Η Ανώτερη αεροφόρος οδός περιλαμβάνει: τη μύτη (ρίνα), τις παραρινικές κοιλότητες, το φάρυγγα (ρινική και στοματική μοίρα) και μέρος της στοματικής κοιλότητας (Ball *et al.*, 2019).

Η Κατώτερη αεροφόρος οδός περιλαμβάνει: το λάρυγγα, την τραχεία, τους βρόγχους (αριστερά και δεξιά), τους πνεύμονες (αριστερά και δεξιά) και όλους τους αεραγωγούς που εκτείνονται στους πνεύμονες όπως οι ενδοπνευμονικοί βρόγχοι, τα βρογχιόλια και οι κυψελίδες (Ball *et al.*, 2019).

2.1 Ανώτερο αναπνευστικό Σύστημα – Ανάλυση

Η ρινική κοιλότητα και ο φάρυγγας καλύπτεται από βλεννογόνο, ο οποίος εξυπηρετεί την θέρμανση και την ύγρανση του εισπνεόμενου αέρα σε 65 – 75% υγρασία. Για το σκοπό της ύγρανσης ο μέσος ενήλικας καταναλώνει 400ml νερό το 24ωρο. Η ρίνα και ο ρινοφάρυγγας λειτουργούν και ως φίλτρο για τον εισπνεόμενο αέρα (Πάνου και Σαχίνη, 2007).

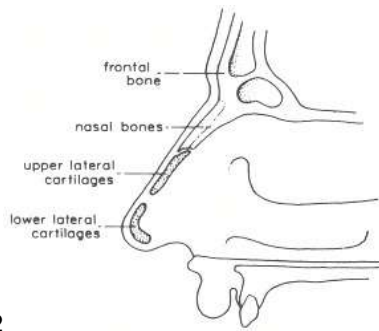
Η άνω αναπνευστική οδός ευθύνεται επίσης για τον καθαρισμό του εισπνεόμενου αέρα, την προστασία από ξένα σώματα καθώς και την προσαγωγή του αέρα προς την κάτω αεροφόρο οδό (Αθανάτου, 2007).

2.1.1 Ρινική Κοιλότητα

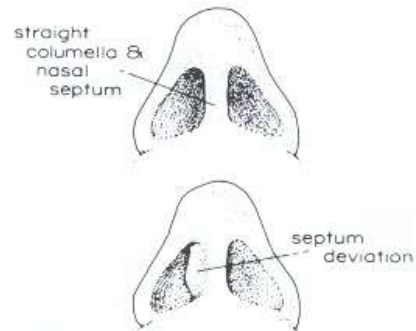
Η ρινική κοιλότητα από την έσω περιοχή εξυπηρετεί στον καθαρισμό, την ύγρανση, και τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του αέρα που εισέρχεται στους πνεύμονες (κυρίως μέσω του πόλου, του χώρου δηλαδή ανάμεσα στο ρινικό τοίχωμα και των στροβίλων) (Georgakopoulos and Patrick, 2019). Η μη καλή αναπνοή από τη μύτη οδηγεί στη συχνότερη από του στόματος αναπνοή με δευτερεύοντα προβλήματα στη τραχεία, τους βρόγχους και τους πνεύμονες. Στη μύτη υπάρχει η λυσοζύμη, βλέννα η οποία είναι βακτηριοκτόνος και προστατεύει την είσοδο των μικροσωματιδίων που υπάρχουν στον αέρα (Turner, 1990 & Sobiesk, 2019).

Η μύτη εξωτερικά σχηματίζεται από ρινικά οστά, άνω και κάτω πλευρικούς χόνδρους και το ρινικό διάφραγμα (Εικόνα 2.2) (Oneal *et al.*, 1999).

Η εξωτερική ρινική βαλβίδα ή ο ρινικός προθάλαμος ή ρουθούνια επικαλύπτεται από κερατινοποιημένο πλακώδες επιθήλιο όπου περιέχει τριχοειδή τα οποία φιλτράρουν τα εισπνεόμενα σωματίδια (Sobiesk and Munakomi, 2019) και κατά μήκος της αναπνευστικής οδού λαμβάνει χώρα το ψευδοσταθεροποιημένο αναπνευστικό επιθήλιο (Εικόνα 3) (Freeman and Kahwaji, 2018).



Εικόνα 2.2



Εικόνα 2.3

Η ικανότητα της οσμής οφείλεται στις νευρικές απολήξεις του οσφρητικού νεύρου και μέσω του ρινικού κύκλου γίνεται αυθόρμητα η συμφόρηση και αποσυμφόρηση ανάμεσα στη δεξιά και την αριστερή κοιλότητα, οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους με το ρινικό διάφραγμα. Ο άνθρωπος δύναται να διακρίνει ανάμεσα σε 2000 – 4000 οσμές (Freeman and Kahwaji, 2018 & Κανέλλος και Λυμπέρη, 1996). Η ρινική κοιλότητα επίσης λειτουργεί ως αντηχείο ενισχύοντας την παραγόμενη φωνή (Oneal *et al*, 1999).

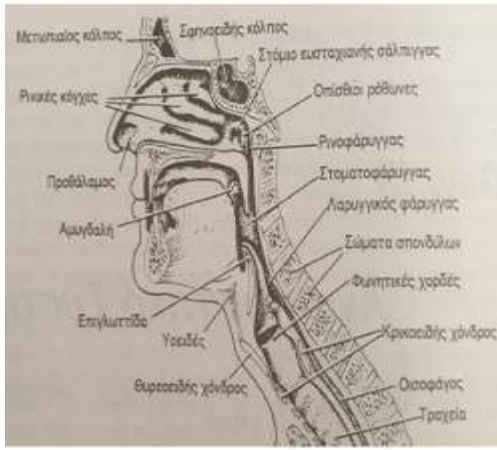
Σε μια κατάσταση φλεγμονής ρυθμίζεται η συμφόρηση της ρινικής διόδου μέσω των ενδοθηλιακών κυττάρων στο ρινικό βλεννογόνο επιτυγχάνοντας τη πλούσια παροχή αίματος στην περιοχή και την κίνηση (συστολή - διαστολή) των αιμοφόρων αγγείων (Khaled and Waheed, 2019).

2.1.2 Φάρυγγας

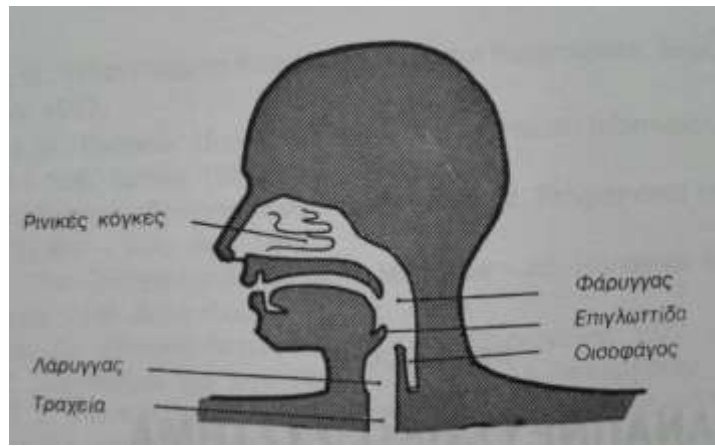
Ο φάρυγγας συμμετέχει στην αναπνευστική και στην πεπτική λειτουργία και καθορίζει το σημείο συνάντησης της αναπνευστικής οδού (πρόσθιο τμήμα) και της πεπτικής οδού (οπίσθιο τμήμα) (Πλέσσας και Κανέλλος, 1999). Αποτελείται από τρία μέρη, το ρινικό - ρινοφάρυγγα (πάνω από τη μαλακή υπερώα), το στοματολάρυγγα (περιοχή ανάμεσα στη μαλακή υπερώα και το λάρυγγα) και τον υποφάρυγγα (περιοχή πίσω από το λάρυγγα και πάνω από την αρχή του οισοφάγου - λήψη βλωμού από το στοματικό φάρυγγα και μεταφορά μέσω του υποφάρυγγα στον οισοφάγο για πέψη με τη συμμετοχή μυών (Bui and Das, 2019 & Khaled and Waheed, 2019).

Είναι ένας ινομυώδης σωλήνας που εκτείνεται από τη βάση του κρανίου και καταλήγει στην είσοδο του οισοφάγου στον κρικοειδή χόνδρο και βρίσκεται στο πρόσθιο μέρος της αυχενικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (Morris, 1988 & Ball and Padalia, 2019).

Ο Φάρυγγας επίσης είναι πλούσιος σε λεμφικό ιστό για την άμυνα του οργανισμού κατά των μικροβίων (Khaled and Waheed, 2019).



Εικόνα 2.4. Ρινοφάρυγγας



Εικόνα 2.5. Ανώτερο Αναπνευστικό Σύστημα

2.1.3 Στοματική κοιλότητα

Η στοματική κοιλότητα συμμετέχει στο πεπτικό και στο αναπνευστικό σύστημα και περιλαμβάνει τα χείλη (άνω και κάτω), τα δόντια (νεογιλά και μόνιμα) και τη γλώσσα (ένα ευκίνητο, μυώδες όργανο, το οποίο εξωτερικά καλύπτεται από βλεννογόνο.), η οποία στο πρόσθιο μέρος (πρόσθια τριτημόρια) ανήκει στη στοματική κοιλότητα ενώ στο οπίσθιο (οπίσθιο τριτημόριο ή ρίζα της γλώσσας) στο φάρυγγα (Morris, 1988 & Meesa and Srinivasan, 2015).

Η υπερώα γνωστή ως «ουρανίσκος» στο πρόσθιο μέρος της, αποτελεί την κορυφή της στοματικής κοιλότητας και στο οπίσθιο μέρος της, λειτουργεί ως έδαφος για τη ρινική κοιλότητα. Στο οπίσθιο σημείο επαφής της ρινικής και στοματικής κοιλότητας προς τα κάτω, στο φάρυγγα, ανευρίσκονται οι αμυγδαλές και προς τα πάνω, οι αδενοειδείς εκβλαστήσεις, οι οποίες λειτουργούν ως φίλτρο, δεσμεύοντας μικροοργανισμούς και παρέχοντας επαρκή προστασία στον οργανισμό από τη διείσδυση μικροβίων και σωματιδίων μεγάλου μεγέθους που περιέχονται στον εισπνεόμενο αέρα. Η στήριξη του πρόσθιου μέρους επιτυγχάνεται με οστά, ενώ του οπίσθιου, «μαλθακή» υπερώα, αποφράσσει το ρινοφάρυγγα κατά τη διαδικασία κατάποσης ώστε να αποφευχθεί η ανάρροια τροφής από τη μύτη (Κανέλλος και Λυμπέρη, 1996).

Η μαλθακή υπερώα καταλήγει σε ένα κωνικό έπαρμα τη σταφυλή (Moore, 1998). Οι γευστικοί κάλυκες βρίσκονται διάσπαρτοι στην υπερώα, την επιγλωττίδα και τον φάρυγγα και ευθύνονται για την αίσθηση της γεύσης (Κανέλλος και Λυμπέρη, 1996 & Meesa and Srinivasan, 2015).

2.2. Κατώτερο Αναπνευστικό Σύστημα

2.2.1 Λάρυγγας

Ο λάρυγγας απαρτίζεται από χόνδρους, μύες, συνδέσμους-διαρθρώσεις, κοιλότητα, αγγεία και νεύρα, οι οποίοι και τον σχηματίζουν. Βρίσκεται μεταξύ του φάρυγγα και της τραχείας και αποτελεί το ανώτερο τμήμα του λάρυγγο-τραχειοβρογχικού σωλήνα. Η λειτουργία του είναι η προστασία του αεραγωγού από τη πρόσληψη τροφής και νερού. Κατά την διαδικασία της κατάποσης αποτελεί ένα τύπο κεντρικής βαλβίδας όπου διαπερνά και φιλτράρεται ο εισπνεόμενος αέρας, παράγεται η φωνή και δημιουργεί θετική πίεση με απόφραξη της επιγλωττίδας για την πρόκληση του βήχα (Ball *et al.*, 2019 & Πάνου και Σαχίνη, 2007). Η επιγλωττίδα έχει σχήμα φύλλου και αποτελείται από μια λαρυγγική μοίρα πίσω από το υοειδές οστόν και μία φαρυγγική πίσω από τη γλώσσα (Lippert, 1993).

Ο λάρυγγας βρίσκεται κάτω από το υοειδές οστόν στο ύψος του 4^{ου} - 6^{ου} αυχενικού σπονδύλου και εκβάλλει προς τα πάνω στο φάρυγγα (με το φαρυγγικό στόμιο του λάρυγγα) και προς τα κάτω στην τραχεία (με το τραχειακό στόμιο του λάρυγγα). Οι χόνδροι που τον απαρτίζουν είναι εννέα, τρεις μονοί (κρικοειδής, θυροειδής και η επιγλωττίδα) και τρεις διπλοί (αρυταινοειδείς, κερατοειδείς και σφηνοειδείς) (Flynn and Vicherton, 2020 & Lippert, 1993).

Στο θυροειδή χόνδρο, ο οποίος είναι και ο μεγαλύτερος χόνδρος του λάρυγγα βρίσκεται η θυροειδική εντομή ή μήλο του Αδάμ που είναι πιο εμφανές στους άνδρες και αποτελεί το τμήμα του λάρυγγα που προέχει περισσότερο (Flynn and Vicherton, 2020).

Οι φωνητικοί σύνδεσμοι και φωνητικοί μύες προσφύονται στους αρυταινοειδείς χόνδρους όπου κάθε ένας έχει σχήμα πυραμίδας. Οι σύνδεσμοι και οι διαρθρώσεις του λάρυγγα συνδέουν το όργανο με τα ανατομικά στοιχεία του, γειτονικά, αλλά και με τα επιμέρους τμήματα μεταξύ των. Αυτά είναι: (Georgakopoulos and Le, 2019 & Morris 1988)

- ο Σύνδεσμοι του Λάρυγγα: (Κάμμα, 2006)

Οι υοθυροειδείς (πλάγιοι και μέσος), ο υοθυροειδής υμένας, ο υοεπιγλωττιδικός υμένας, ο κρικοτραχειακός σύνδεσμος, ο τετράγωνος ή αρυταινοεπιγλωττιδικός υμένας, ο φωνητικός ή θυροαρυταινοειδής σύνδεσμος, ο κρικοθυροειδής ή κωνοειδής σύνδεσμος (σημείο τραχειοτομής) και τέλος ο κρικοκερατοειδής σύνδεσμος.

- ο Διαρθρώσεις του Λάρυγγα: (Ball and Padalia, 2019)

Ο κρικοθυροειδής, ο κρικαρυταινοειδής και ο αρυταινοκερατοειδής

- ο Οι μύες του Λάρυγγα διακρίνονται: (Κάμμα, 2006)

Ετερόχθονες: στερνοθυροειδής, θυροϋοειδής και ο λαρυγγοφαρυγγικός (ή κάτω σφιγκτήρας του λάρυγγα)

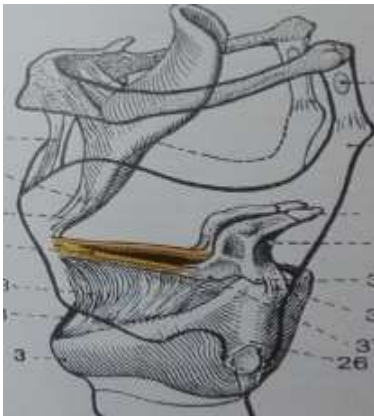
Αυτόχθονες: ο οπίσθιος κρικαρυταινοειδής (διευρύνει τη σχισμή της γλωττίδας), δύο πλάγιους κρικαρυταινοειδείς (στενεύουν τη σχισμή της γλωττίδας), ο κρικοθυροειδής (παθητικά διατείνει τη φωνητική πτυχή) και ο φωνητικός μύς (ενεργητικά διατείνει τη φωνητική πτυχή).

Οι ετερόχθονες μύες συνδέουν το λάρυγγα με παρακείμενα ανατομικά στοιχεία ενώ οι αυτόχθονες κινούν τους χόνδρους του λάρυγγα.

Η κοιλότητα του λάρυγγα αποτελείται από βλεννογόνο το οποίο καλύπτεται από πολύστιβο κροσσωτό κυλινδρικό επιθήλιο, φέρει αγγεία, νεύρα και δύο πτυχές, την άνω (αιθουσαία ή κοιλιαία) και την κάτω. (φωνητική πτυχή) (Κάμμα, 2006).

Η άνω πτυχή αφορίζεται από τις ψευδείς (ή νόθες) φωνητικές χορδές και η κάτω πτυχή από τις αληθείς (ή γνήσιες) φωνητικές χορδές. Οι ψευδείς φωνητικές χορδές δεν χρησιμεύουν για την παραγωγή φωνής αλλά στηρίζουν τις αληθείς φωνητικές χορδές (Lippert, 1993).

Η δόνηση των φωνητικών χορδών, από τον αέρα που διέρχεται διαμέσου της γλωττίδας, παράγει τη φωνή. Μέσα στις φωνητικές χορδές βρίσκονται οι φωνητικοί σύνδεσμοι, υπόθεμα των οποίων είναι οι φωνητικοί μύες. Το ύψος του φωνητικού ήχου καθορίζεται από τη δόνηση του αέρα, ο οποίος περνά πάνω από τις φωνητικές χορδές, αλλά και από το βαθμό δόνησης. Οι φωνητικές χορδές δεν δονούνται όταν το άτομο ψιθυρίζει (Πλέσσας και Κανέλλος, 1997 & Lippert, 1993).



Εικόνα 2.6. Λάρυγγας κατά την Εισπνοή



Εικόνα 2.7. Λάρυγγας κατά τη φώνηση

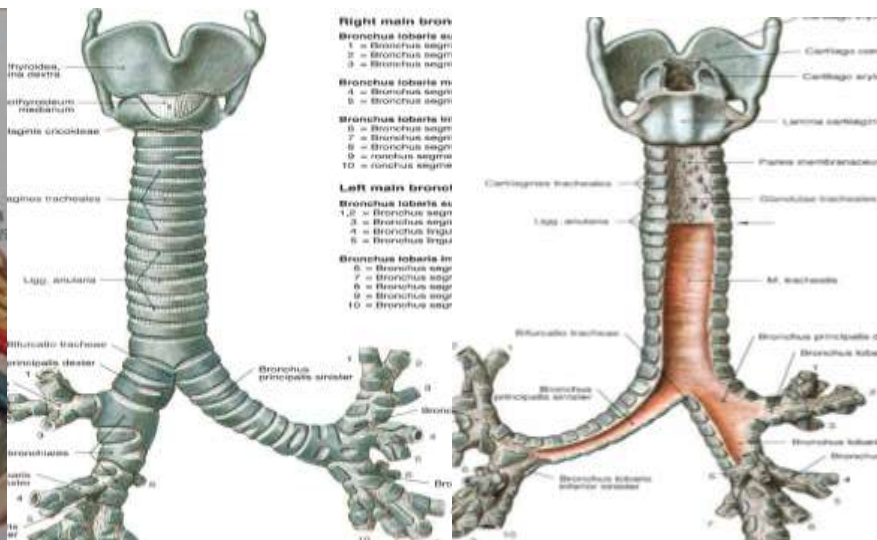
2.2.2 Τραχεία

Η τραχεία εκτείνεται από το $A_6 - \Theta_4$ όπου και διχάζεται στο σημείο (ύψος Θ_4) που ονομάζεται καρίνα στο δεξιό και στον αριστερό χόνδρο. Αποτελεί συνέχεια του λάρυγγα και είναι ένας ινοχόνδρινος σωλήνας μήκους περίπου 11 – 12 εκ. και διαμέτρου 2.5 εκ. αναλόγως το φύλλο, το άτομο και την ηλικία. Στο τοίχωμα της φέρει μια σειρά από 16 έως 20 χόνδρινα ημικρίκια τα οποία ενώνονται μεταξύ τους με τους μεσοκρίκιους

συνδέσμους. Το οπίσθιο μέρος των δακτυλίων είναι ατελείς και συμπληρώνεται από συνδετικό και λείο μυϊκό ιστό. Η δομή αυτή επιτρέπει την ελεύθερη κίνηση του λαιμού και της κεφαλής χωρίς κίνδυνο αναδίπλωσης και απόφραξης του αεραγωγού και επιτρέπει στον παρακείμενο οισοφάγο να διατείνεται, καθώς η καταποθείσα τροφή μεταφέρεται μέσω αυτού στο στομάχι. Οι χόνδρινοι δακτύλιοι (ημικρίκια) παρέχουν στην τραχεία σταθερότητα και ευκαμψία έτσι, κατά την διάρκεια εισπνοής, αυξάνει σε διάμετρο περίπου κατά το ένα δέκατο και σε μήκος περίπου κατά το ένα πέμπτο, και κατά την εκπνοή αποφεύγεται η σύμπτυξη του τοιχώματος της τραχείας (Κρέπια, 2004 & Mehran, 2018 & Δουγένης 2002).



Εικόνα 2.8. Ανατομική της Τραχείας



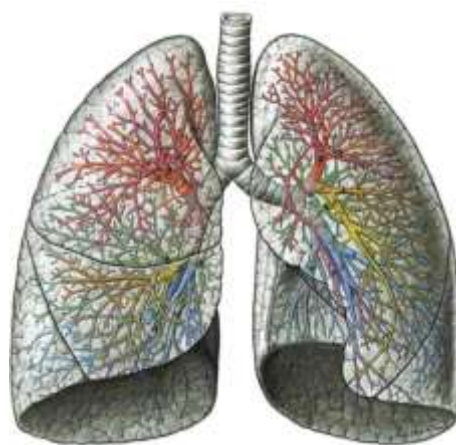
Εικόνα 2.9.

Εσωτερική και Εξωτερική περιοχή της Τραχείας

Το εσωτερικό της τραχείας καλύπτεται με κροσσωτό πολύστιβο επιθήλιο. Στην τραχεία και στη συνέχεια της, τους βρόγχους, υπάρχουν κάτω από το επιθήλιο πολυάριθμοι αδένες που εκκρίνουν βλέννα, έτσι σε μια κατάσταση φλεγμονής δημιουργούν τους υγρούς ρόγχους. Οι κροσσοί του επιθηλίου φέρουν συσπαστικό μηχανισμό που τους επιτρέπει να κινούνται εμπρός-πίσω μέσα σε στρώμα βλέννης. Με το μηχανισμό αυτό, η βλέννη μετακινείται προς τα πάνω, κατά μήκος των αεροφόρων οδών, παρασύροντας ότι άλλο έχει εγκλωβιστεί μέσα σε αυτήν και στη συνέχεια τα αποβάλλει είτε σιωπηρά είτε εντονότερα (διαδικασία απόχρεμψης) (Δουγένης, 2002 & Lippert, 1993).

2.2.3 Βρόγχοι

Οι βρόγχοι είναι δύο, ο αριστερός και ο δεξιός, αποτελούν τη συνέχεια της τραχείας, η οποία διχάζεται στο σημείο τρόπις ή καρίνα - μια πτυχή η οποία στενεύει και αποκλίνει ελαφρά το στόμιο του αριστερού βρόγχου.



Εικόνα 2.10. Βρόγχο-πνευμονικό δίκτυο

Ο αριστερός βρόγχος σχηματίζει γωνία 45° με τον άξονα της τραχείας και ο δεξιός κατευθύνεται προς τα κάτω, σχεδόν κατακόρυφα (περίπου 25° γωνία με την επέκταση της τραχείας). Σε περίπτωση εισβολής ξένου σώματος στους βρόγχους η δίοδος του είναι πιο συχνή στο δεξιό. Οι βρόγχοι με τη σειρά τους διαιρούνται στους λοβιαίους (αντίστοιχα με το λοβό του κάθε πνεύμονα) και διαχωρίζονται στη συνέχεια στους τμηματικούς. Έχουμε 10 τμηματικούς βρόγχους για το δεξιό και εννέα για τον αριστερό πνεύμονα (Maki *et al.*, 2020). Οι τμηματικοί κλάδοι των βρόγχων διακλαδίζονται, με συστηματική απόσχιση, καταλήγοντας στα τελικά βρόγchia ή βρογχιόλια και αυτά απορρέουν σε κυψελωτούς πόρους σχηματίζοντας το τελικό τμήμα του αναπνευστικού δένδρου συνδέοντας τα αναπνευστικά βρογχιόλια με τις πνευμονικές κυψελίδες (Fraser *et al.*, 2009).

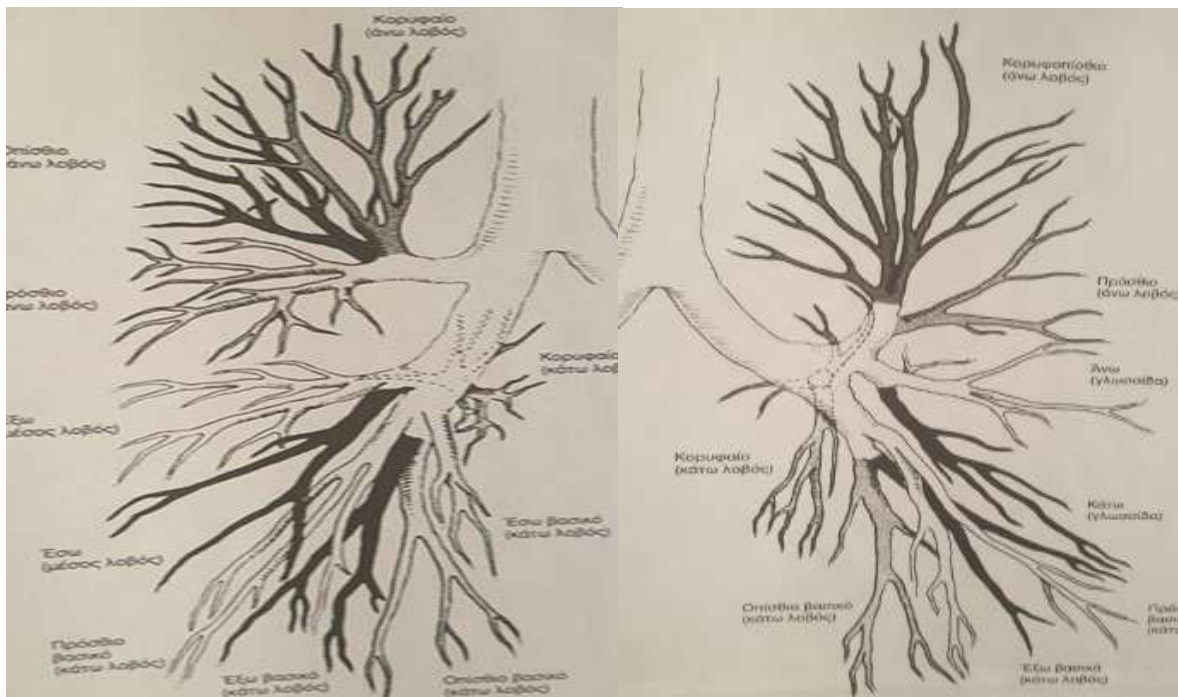
Παρόμοια με την τραχεία οι βρόγχοι υποστηρίζονται από ακανόνιστα τμήματα χόνδρου. Εσωτερικά υπάρχει στοιβάδα λείου μυός και αξιοσημείωτη ποσότητα ελαστικού ιστού και καλύπτονται από κροσσωτό κυλινδρικό επιθήλιο (Πλέσσας και Κανέλλος, 1997 & Reza, 2018).

Το βρογχικό δένδρο σχηματίζεται από περαιτέρω διακλάδωση του αρχικού (πρωτογενούς) ή κύριου βρόγχου σε μικρότερους βρόγχους (δευτερογενείς ή λοβιαίους – δύο στον αριστερό και τρεις στον δεξιό πνεύμονα) έως τους τμηματικούς βρόγχους, όπου κατανέμονται σε συγκεκριμένα τμήματα των πνευμόνων τα λεγόμενα βρογχοπνευμονικά τμήματα. Το τοίχωμα κάθε βρόγχου αποτελείται από χόνδρινα ελάσματα παρά χόνδρινους δακτυλίους, διατηρώντας με αυτό το τρόπο τον αυλό τους ανοιχτό. Όσο διακλαδίζεται ο βρόγχος μέσα στον πνεύμονα, η χόνδρινη υποστήριξη του αραιώνεται και αντικαθίσταται από ινώδη και ελαστικό ιστό. Τα βρογχιόλια στερούνται χόνδρινης υποστήριξης, το τοίχωμα τους αποτελείται σχεδόν αποκλειστικά από λείες μυϊκές ίνες (Carr *et al.*, 2003 & Maki *et al.*, 2020 & Fraser *et al.*, 2009).

Ονοματολογία βρογχοπνευμόνιων τμημάτων: (Maki *et al.*, 2020 & Fraser *et al.*, 2009)

- ◇ Άνω Λοβός: Κορυφαίο (B₁), Πρόσθιο (B₂), Οπίσθιο (B₃)
- ◇ Δεξιός Μέσος Λοβός: Έξω (B₄), Έσω (B₅)

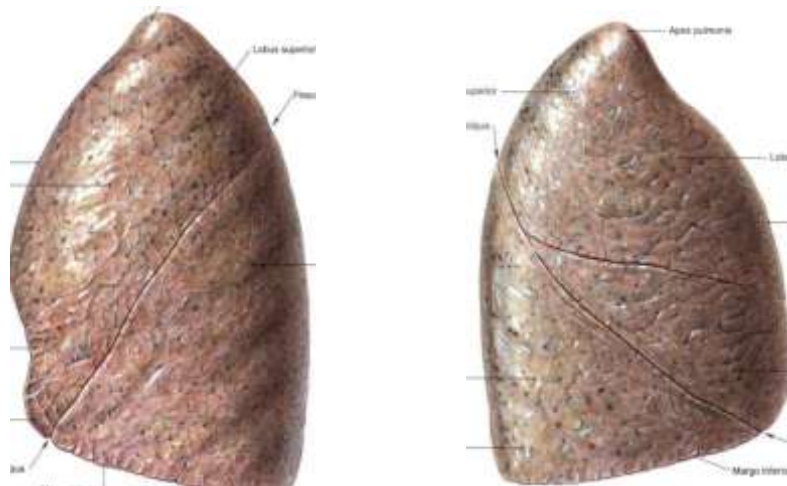
- ◇ Δεξιός Κάτω Λοβός: Κορυφαίο (B₆), Έσω Βασικό (B₇), Πρόσθιο Βασικό (B₈), Έξω Βασικό (B₉), Οπίσθιο Βασικό (B₁₀)
- ◇ Αριστερός Άνω Λοβός: - Άνω υποδιαίρεση: Κορυφοπίσθιο (B_{1&2}), Πρόσθιο (B₂). Υποδιαίρεση της Γλωσσίδας: Άνω (B₄), Κάτω (B₅)
- ◇ Αριστερός Κάτω Λοβός: Κορυφαίο (B₆), Πρόσθιο-έσω (B_{7&8}), Έξω Βασικό (B₉), Οπίσθιο Βασικό (B₁₀)



Εικόνα 2.11. Τμήματα Αριστερού-Δεξιού Βρόγχου

2.2.4 Πνεύμονες

Οι πνεύμονες είναι δύο, αριστερός και δεξιός, περικλείονται εντός των κοιλοτήτων του υπεζωκότα και αποτελούν κύριο όργανο της αναπνευστικής λειτουργίας (οξυγόνωση φλεβικού αίματος). Δεδομένου της ελαστικότητας των, δύναται να παρακολουθούν την κίνηση του θώρακα (έκπτυξη και σύμπτυξη). Τοποθετούνται μέσα από το πλευρικό θώρακα, επάνω στο διάφραγμα και χωρίζονται μεταξύ τους από την καρδιά και τα μεγάλα αγγεία (μεσοπνευμόνιος χώρος). Στο εσωτερικό κάθε πνεύμονα βρίσκεται το βρογχικό δένδρο και οι κυψελίδες (Moore, 1998).



Εικόνα 2.12. Αριστερός και Δεξιός Πνεύμονας

Κάθε πνεύμονας έχει σχήμα ατελούς κώνου και διακρίνουμε: (Κάμμα, 2006 & Sobotta, 2006)

- Έσω ή μεσοπνευμόνια επιφάνεια: βρίσκεται η πύλη του πνεύμονα όπου διέρχονται τα πνευμονικά αγγεία, τα νεύρα και οι βρόγχοι
- Έξω ή πλευρική επιφάνεια: ευρίσκεται απέναντι από τον πλευρικό θώρακα και
- Κάτω (βάση) ή διαφραγματική επιφάνεια: εφάπτεται στο διάφραγμα
- Άνω τμήμα των πνευμόνων: εξέχει σαν κορυφή

Και τρία χείλη: (Μαλγαρινού και Κωνσταντινίδου, 2002)

- Πρόσθιο: πλευρική μεσοπνευμόνια επιφάνεια – αντιστοιχεί στα όρια μεταξύ πλευρικής και μεσοπνευμόνιας επιφάνειας και συμπίπτει με το πρόσθιο χείλος του υπεζωκότα
- Κάτω: αποτελεί όριο βάσης πνεύμονα (διαφραγματική επιφάνεια) και τη διαχωρίζει από την πλευρική επιφάνεια
- Οπίσθιο: πλατύ με στρογγυλεμένα όρια, αριστερά και δεξιά της μέσης γραμμής στα πλάγια της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης.

Ο δεξιός πνεύμονας έχει τρεις λοβούς (άνω, μέσω, κάτω) και ζυγίζει περίπου 650γρ. και ο αριστερός έχει δύο (άνω, κάτω) και ζυγίζει περίπου 550γρ., αναλόγως και το φύλλο (άρρεν ή θήλυ). Οι γυναίκες έχουν περίπου 100γρ. χαμηλότερο βάρος σε σύγκριση με τους άνδρες. Οι λοβοί κάθε πνεύμονα χωρίζονται με τη μεσολόβια σχισμή

σε δύο ή τρία μέρη ανάλογα (Fraser, 2009). Το 10% -διαφορά- που προκύπτει στον αριστερό πνεύμονα από ότι στο δεξιό έγκειται στο γεγονός ότι, η καρδιά εντοπίζεται στο αριστερό ημιμόριο της θωρακικής κοιλότητας. Κάθε λοβός πνεύμονα συγκροτείται από τα πνευμονικά λοβία (αποσχιζόμενοι λοβιακοί βρόγχοι) ή βρογχιόλια (Desporoulos and Silbernagl, 1989 & Carr and Udem, 2003).

Οι πνεύμονες μετέχουν στη ρύθμιση της οξεοβασικής ισορροπίας, αποβάλλοντας πτητικές ουσίες όπως CO₂ και ιόντα, διατηρούν την αύξηση του αερισμού τους, αποβάλλοντας περισσότερο CO₂ και ελαττώνουν τον αερισμό τους, για να κρατήσουν περισσότερο CO₂ (Κρέπια, 2004 & Αθανάτου, 2007).

2.2.5 Υπεζωκότας

Ο υπεζωκότας είναι ένας ορογόνο υμένας (όπως το περιτόναιο κοιλίας) με δύο πέταλα, το ένα βρίσκεται εντός του τοιχώματος της θωρακικής κοιλότητας και ονομάζεται περίτονο ή τυχωματικό και το άλλο καλύπτει τον πνεύμονα και λέγεται πνευμονικό ή περισπλάγχνιο. Μεταξύ τους υπάρχει η υπεζωκοτική κοιλότητα με ελάχιστη ποσότητα ορώδους υγρού (5-10ml), το οποίο εκκρίνεται από τον υπεζωκότα και ονομάζεται πλευρικό υγρό, επιτρέποντας την έκπτυξη του πνεύμονα κατά την εισπνοή. Επίσης, λιπαίνει τις υπεζωκοτικές επιφάνειες και μειώνει τη τριβή μεταξύ του τυχωματικού και του σπλαχνικού πετάλου. Έτσι επιτυγχάνεται η αναπνοή χωρίς παρεμπόδιση και διακοπή (Moore, 1998 & Guyton and Hall, 2001). Σε φλεγμονώδης καταστάσεις το υγρό αυξάνεται (όπως πλευρίτιδα) (Αθανάτου, 2004).

2.2.6 Κυψελίδες

Κάθε πνεύμονας έχει περίπου 300 εκατομμύρια κυψελίδες που είναι κατανεμημένες σε σωρούς - εκκολπώματα των 15-20 και συνθέτουν την αναπνευστική επιφάνεια των πνευμόνων. Το τοίχωμα τους αποτελείται από ένα δίκτυο ελαστικών ινών διασφαλίζοντας την ομαλή κίνηση της αναπνοής και την ανταλλαγή των αερίων. Οι κυψελίδες περιβάλλονται από τα πνευμονικά τριχοειδή. Η βασική κυψελιδική μεμβράνη μαζί με τη μεμβράνη του επιθηλίου των τριχοειδών σχηματίζουν την αναπνευστική μεμβράνη. Η μεμβράνη αυτή χωρίζει τον αέρα της κυψελίδας από το αίμα των τριχοειδών. Τα τριχοειδή προέρχονται από την πνευμονική αρτηρία (Πλέσσας και Κανέλλος, 1997 & Πάνου και Σαχίνη, 2007).

Υπάρχουν τρεις τύποι κυψελιδικών κυττάρων: (Πάνου και Σαχίνη, 2007)

- Τύπος 1: Επιθηλιακά κύτταρα,
- Τύπος 2: Μεταβολικά ενεργά κύτταρα και
- Τύπος 3: Μακροφάγα, τα οποία ενεργούν ως σημαντικός αμυντικός μηχανισμός.



Εικόνα 2.13. Κυψελίδες



Εικόνα 2.14. Τύποι κυττάρων κυψελίδας

2.3 Μηχανισμός Αναπνοής

Η ανταλλαγή των αερίων ανάμεσα στο αίμα και τον ατμοσφαιρικό αέρα επιτυγχάνεται μέσω του αναπνευστικού συστήματος και συγκεκριμένα μέσω της αναπνοής. Η τεχνική της αναπνοής συμβάλλει στην πρόσληψη του O_2 και στην αποβολή του CO_2 . Στην αναπνοή εμπλέκονται διακριτές διεργασίες όπως: ο πνευμονικός αερισμός, η εξωτερική - εσωτερική αναπνοή και η μεταφορά των αερίων. Η αποδοτική αναπνοή αποδίδεται και στην επαρκή λειτουργία του καρδιαγγειακού συστήματος (Guyton and Hall, 2001 & Nair and Peate, 2012).

Τα $80m^2$ της αναπνευστικής επιφάνειας των κυψελίδων έρχονται κάθε μέρα σε επαφή με 10.000lt αέρα που εισπνέουμε. Μαζί με τον αέρα, εισπνέονται και διάφορα ξένα σώματα βλαπτικά για τον οργανισμό μας, τα όποια όμως εξουδετερώνονται με τον αμυντικό μηχανισμό που διαθέτει το ΑΣ (Μουτσόπουλος και Εμμανουήλ).

Πίνακας 1: Αμυντικοί μηχανισμοί Αναπνευστικού Συστήματος

A. Μη Ανοσολογικοί	B. Ανοσολογικοί
Ρινική, τραχειοβρογχική, κυψελιδική κάθαρση	Ανοσοσφαιρίνες (εκκριτική IgA)
Εκκρίσεις τραχείας-βρόγχων, κυψελίδες	Κυτταρική ανοσία (μακροφάγα, Τ-λεμφοκύτταρα, λεμφοκίνες)
Κυτταρική άμυνα (μακροφάγα)	

Το Α.Σ. λειτουργεί ως φίλτρο ανάμεσα στο εξωτερικό περιβάλλον και τον άνθρωπο. Αποτελείται από ένα αγωγίμο τμήμα και ένα αναπνευστικό τμήμα. Από τη ρινική κοιλότητα έως τους βρόγχους επενδύεται με ψευδοσταθεροποιημένο επιθηλιακό πηλό, τα βρογχιόλια επενδύονται από κυβοειδές επιθήλιο και οι κυψελίδες από πλακώδες επιθήλιο όπου γίνεται η ανταλλαγή των αερίων (Desporoulos and Silbernagl, 1989 & Nakisa and Tushar, 2019).

Σε όλο το μήκος των αναπνευστικών οδών (μύτη-τελικά βρογχιόλια) εκκρίνεται βλέννα (παράγεται από λαγηνοειδή κύτταρα) η οποία υγραίνει την επιφάνεια και

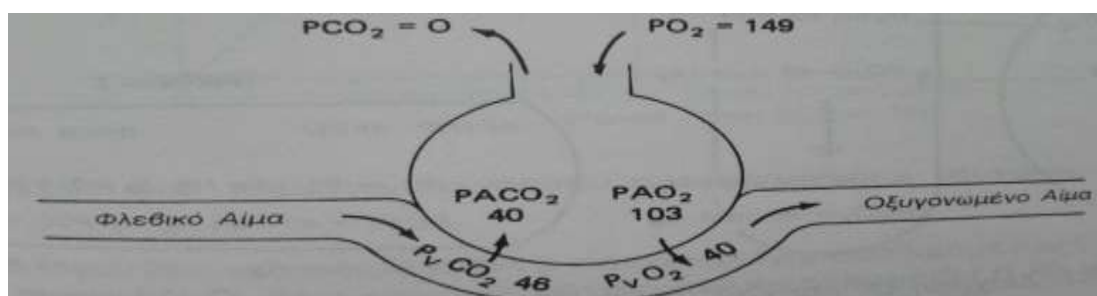
παγιδεύει μικρά σωματίδια που υπάρχουν στον ατμοσφαιρικό αέρα. Η επιφάνεια των αναπνευστικών οδών καλύπτεται από κροσσωτό επιθήλιο με περίπου 200 κροσσούς σε κάθε κύτταρο. Οι κροσσοί αυτοί δονούνται συνεχώς με ρυθμό 10-20 φορές/ δευτερόλεπτο και ταχύτητα περίπου 1cm/ λεπτό. Τα σωματίδια που υπάρχουν, προσκολλώνται στη βλέννα και είτε φαγοκυτταρώνονται, είτε επαναφέρονται μέσω των κροσσών προς τη γλωττίδα, όπου αποβάλλονται μέσω του αντανακλαστικού του βήχα ή καταπίνονται δια μέσω του φάρυγγα (Guyton and Hall, 2001 & Desporoulos and Silbernagl, 1989). Η κίνηση αυτή των κροσσών είναι μειωμένη σε καπνιστές και μετά από ιογενείς λοιμώξεις. Οι ιοί καταστρέφουν τα κροσσωτά κύτταρα και τα αντικαθιστούν από μη κροσσωτά. Όσα σωματίδια δεν απομακρυνθούν εισέρχονται στις κυψελίδες και παραλαμβάνονται από τα κυψελιδικά μακροφάγα (Μουτσόπουλος και Εμμανουήλ, x.x).

Η δράση των κυψελιδικών μακροφάγων ενισχύεται από ανοσοσφαιρίνες που εκκρίνονται εντός του βρογχικού δένδρου (IgA). Η IgA έχει σημαντική δράση στην εξουδετέρωση ιών και εμποδίζει τοπικά αλλεργικές αντιδράσεις. Η λειτουργία των μακροφάγων μπορεί να εμποδιστεί από παράγοντες όπως το κάπνισμα, υποξία κυψελίδων, συστηματική οξέωση, ιώσεις και πνευμονικό οίδημα (Nair and Peate, 2012).

Η ανταλλαγή των αερίων λαμβάνει χώρα στις πνευμονικές κυψελίδες. Ο εισπνεόμενος αέρας μεταφέρεται από τις αναπνευστικές οδούς, θερμαίνεται, καθαρίζεται και φθάνει στις κυψελίδες, όπου το οξυγόνο περνάει το τοίχωμα τους και φθάνει στα τριχοειδή (εξωτερική αναπνοή). Εκεί η αιμοσφαιρίνη (Hb) δεσμεύει O_2 και παράγεται η οξυαιμοσφαιρίνη ($Hb-O_2$) -οξυγονωμένη αιμοσφαιρίνη- η οποία μεταφέρει το οξυγόνο σε όλους τους ιστούς (εσωτερική αναπνοή) και μέσω κυτταρικών οξειδώσεων αποβάλλει το παραγόμενο CO_2 (τελικό προϊόν καύσεων) μέσω των πνευμόνων. Κάθε μόριο Hb έχει τη δυνατότητα να δεσμεύει 4 μόρια O_2 (Fraser *et al.*, 2009 & Μαλαρινού και Κωνσταντινίδου, 2002).

Η τάση του O_2 στο κυψελιδικό αέρα και στον ατμοσφαιρικό αέρα είναι 100mmHg (PO_2), ενώ στο φλεβικό είναι 40mmHg (PO_2), η διαφορά αυτή είναι αρκετή ώστε ταχύτατα το O_2 να εισέλθει στο πλάσμα (διαμέσου της κυψελιδοτριχοειδικής μεμβράνης) και εν τέλει στα ερυθρά αιμοσφαίρια. Εν συνεχεία ενώνεται με την Hb και μεταφέρεται σε όλους τους ιστούς, όπου εκεί διεκπεραιώνεται η οξείδωση και αποδίδεται CO_2 και νερό. Βάσει των οξειδωτικών εξεργασιών ο οργανισμός, αποδίδει μεγαλύτερο μέρος ενέργειας, που απαιτείται για τις διαδικαστικές λειτουργίες του (Guyton and Hall, 2001 & Nair and Peate, 2012).

Εν αντιθέσει, η τάση του CO_2 στο κυψελιδικό χώρο είναι 40 mmHg (PCO_2) και στο φλεβικό αίμα των πνευμονικών τριχοειδών είναι 46mmHg (PCO_2) με αποτέλεσμα να εισέρχεται το CO_2 στις κυψελίδες (Μαλαρινού και Κωνσταντινίδου, 2002 & Μουτσόπουλος και Εμμανουήλ).



Εικόνα 2.15. Διάχυση Αερίων O₂ – PCO₂ δια μέσου της αναπνευστικής μεμβράνης

Ο αέρας περιέχει περίπου 21% οξυγόνο και 79% άζωτο. Καθώς ο αέρας εισπνέεται εντός του τραχειοβρογχικού δένδρου, καθίσταται πλήρως κορεσμένος με υδρατμούς στη θερμοκρασία του σώματος και με μερική πίεση 47mmHg. Η ποσότητα των αερίων που φτάνουν στις κυψελίδες εξαρτάται από το βάθος της αναπνοής, τον όγκο των αεραγωγών (επιφάνεια) και τον αριθμό των αναπνοών / λεπτό (Πλέσσας και Κανέλλος, 1997 & Fraser *et al.*, 2009).

Η αναπνευστική λειτουργία αποτελεί μία πολυσύνθετη διεργασία με διάφορους μηχανισμούς (Πάνου και Σαχίνη, 2007). Το αναπνευστικό κέντρο διακρίνεται σε εισπνευστικό και εκπνευστικό. Η εισπνοή επιτελείται με τη μυϊκή συστολή (βοήθεια αναπνευστικών μυών) ενώ η εκπνοή επιτελείται με παθητική διεργασία, δηλαδή επαναφέροντας την ελαστικότητα των πνευμόνων και των δομικών στοιχείων του θωρακικού κλωβού (Nair and Peate, 2012).

Το εισπνευστικό κέντρο λειτουργεί αυτοματοποιημένα. Οι νευρώνες του (το φρενικό νεύρο και οι νευρικές ρίζες της θωρακικής και οσφυϊκής μοίρας του νωτιαίου μυελού) δραστηριοποιούνται ανά περιόδους με συχνότητα 16 φορές/ λεπτό. Οι υποδοχείς διάτασης που υπάρχουν στο διάφραγμα, στους βρόγχους και στα βρογχόλια διεγείρονται κατά την εισπνοή και μέσω των νευρώνων αποστέλλουν ώσεις με το πνευμονοταξικό (εγκεφαλικό στέλεχος που βρίσκεται στη γέφυρα) στους μεσοπλευρίους και τους κοιλιακούς μύες. Σε αντίθεση, το εκπνευστικό κέντρο δεν εμφανίζει αυτοματισμό, διεγείρεται το πνευμονοταξικό κέντρο, μέσω ώσεων από το εισπνευστικό με σκοπό να ανασταλεί η λειτουργία του και να αρχίσει ή εκπνοή (αντανακλαστικό Hering – Breuer). Με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται ρυθμική συντονισμένη αναπνοή (Guyton and Hall, 2001 & Πάνου και Σαχίνη, 2007).

Η αναπνοή αποτελεί μια ακούσια λειτουργία παρόλα αυτά μπορεί να τεθεί σε εκούσιο έλεγχο (όπως η υποβρύχια κολύμβηση) (Nair and Peate, 2012).

Ένα μέρος του αέρα που εισπνέουμε χρησιμοποιείται για την κάλυψη των αναπνευστικών οδών (μύτη, φάρυγγας, τραχεία) και δεν φθάνει στις περιοχές ανταλλαγής των αερίων (κυψελίδες). Αυτός ο αέρας ονομάζεται αέρας νεκρού χώρου και οι περιοχές όπου δεν επιτελείται ανταλλαγή των αερίων νεκρός ή βλαβερός χώρος (Nair and Peate, 2012).

Ο φυσιολογικός αριθμός αναπνοών στους ενήλικες είναι 14-18/ λεπτό, ενώ στα νεογνά 40/ λεπτό (Αθανάτου, 2004). Σε μία κατάσταση στρεσογόνων παραγόντων ο ρυθμός της αναπνοής αυξάνεται ακούσια (όπως φόβος, άγχος, αγωνία) (Nair and Peate, 2012).

Πίνακας 2. Ορισμοί Αναπνοής αναλόγως του ρυθμού της

Εύπνοια	Εύκολη ή Κανονική Αναπνοή – 12-16 / λεπτό
Ταχύπνοια	Ταχύς Αναπνευστικός Ρυθμός με

	ρηχή Αναπνοή – 20 / λεπτό
Βραδύπνοια	Αργός Αναπνευστικός Ρυθμός - < 10 / λεπτό
Υπεραερισμός	Αυξημένος Αναπνευστικός Ρυθμός με Αυξημένο Αερισμό – Αυξημένες ποσότητες αέρα εισέρχονται στις πνευμονικές κυψελίδες – Ελαττωμένος Αερισμός
Άπνοια	Απουσία Αναπνοής > από 15 δευτερόλεπτα
Υπόπνοια	Ρηχή Αναπνοή με Ανεπαρκή Αερισμό
Δύσπνοια	Δύσκολη – Εργώδης Αναπνοή
Ορθόπνοια	Δυσκολία στην Αναπνοή σε ύπτια θέση
Αναπνοή Cheyne-Stokes	Άρρυθμοι Αναπνευστικοί Κύκλοι, από υπερδοσολογία φαρμακευτικών / ναρκωτικών ουσιών, νευρολογικές διαταραχές ή ετοιμοθάνατους ασθενείς

2.3.1 Αγγεία και Νευρά Αναπνευστικού Συστήματος

Το αναπνευστικό σύστημα απαρτίζεται από:

Αρτηρίες: Είναι μυώδεις ελαστικοί σωλήνες μέσω των οποίων το φλεβικό αίμα μεταφέρεται προς τους πνεύμονες για οξυγόνωση και μέσω αυτών το οξυγονωμένο πλέον αίμα (αρτηριακό) μεταφέρεται προς όλους τους ιστούς του σώματος. Διακρίνονται σε μυϊκού τύπου (μεγαλύτερη συσταλτικότητα) και ελαστικού τύπου (μεγαλύτερη ελαστικότητα) (Κάμμα, 2006).

Η πνευμονική κυκλοφορία (μικρή κυκλοφορία): (Lippert, 1993 & Κάμμα, 2006)

Πνευμονική Αρτηρία: Μεταφέρει φλεβικό αίμα από τη δεξιά κοιλία στους πνεύμονες (τριχοειδικό δίκτυο) και διαιρείται σε δύο κλάδους την αριστερή και δεξιά πνευμονική αρτηρία αντίστοιχα για κάθε πνεύμονα. Με τη σειρά τους διακλαδίζονται μαζί με τους πνεύμονες σε λοβαίες και τμηματικές πνευμονικές αρτηρίες.

Πνευμονική Φλέβα: Μεταφέρει οξυγονωμένο αίμα από τους πνεύμονες πίσω στον αριστερό κόλπο της καρδιάς.

Η τροφική κυκλοφορία του πνεύμονα γίνεται με τις βρογχικές αρτηρίες (από τη μεγάλη κυκλοφορία).

Αορτή Αρτηρία: Μεταφέρει οξυγονωμένο αίμα από την αριστερή κοιλία της καρδιάς σε όλους τους ιστούς του σώματος. Έχει δύο πορείες άνω (ανιούσα αορτή) και κάτω (κατιούσα αορτή) και κάμπτεται προς τα κάτω στο αορτικό τόξο. Ένα μέρος της κατιούσας βρίσκεται μέσα στο θώρακα (θωρακική αορτή) και ένα μέρος της μέσα στην κοιλιά (κοιλιακή αορτή).

Κοινή καρωτίδα: Χωρίζεται στο άνω χείλος του θυροειδούς χόνδρου σε έσω καρωτίδα (προς τα πάνω εισχωρεί στη κρανιακή κοιλότητα και αιματώνει τον εγκέφαλο) και σε έξω καρωτίδα (διακλαδίζεται σε όλη την επιφάνεια της κεφαλής, στην πρόσθια περιοχή του τραχήλου, στη στοματική - ρινική κοιλότητα και στο φάρυγγα.)

Υποκλείδια αρτηρία: Αιματώνει τον τράχηλο (σε περιοχή που δεν μετέχει η έξω καρωτίδα), τον εγκέφαλο (επιπρόσθετα της έσω καρωτίδας), ολόκληρο το άνω άκρο μαζί με τον ώμο, το πρόσθιο θωρακικό τοίχωμα και τα άνω τμήματα του κοιλιακού τοιχώματος.

Η υποκλείδια αρτηρία (αναφορικά με την αιμάτωση του άνω άκρου διακλαδίζεται σε μασχαλιαία (περιβάλλει τη περιοχή του ώμου και τα τοιχώματα της μασχαλιαίας κοιλότητας) και σε βραχιόνια (περιβάλλει τη περιοχή του αγκώνα, διχάζεται σε κερκιδική και ωλένια αρτηρία όπου λαμβάνουν χώρα οι δαχτυλικές αρτηρίες στην περιοχή της παλάμης).

Αρτηρίες θωρακικού τοιχώματος: Σχηματίζεται ένα είδος κλωβού αρτηριών, όπως με το σκελετικό θωρακικό κλωβό από τις εγκάρσιες πλευρές, το επίμηκες στέρνο και την σπονδυλική στήλη. Οι μεσοπλεύριες αρτηρίες πορεύονται μέσα στα μεσοπλεύρια διαστήματα, εκφύονται πίσω από την αορτή εμπρός και έσω της μαστικής αρτηρίας (κλάδος υποκλείδιας αρτηρίας – πορεύεται κατά μήκος του χείλους του στέρνου προς το κοιλιακό τοίχωμα).

Τα **νεύρα** των πνευμόνων προέρχονται από το Αυτόνομο Νευρικό Σύστημα και είναι κλάδοι του Συμπαθητικού, διαστολή βρόγχων - σύσπαση αγγείων και του Παρασυμπαθητικού – σπασμός βρόγχων - διαστολή αγγείων (Carr and Undem, 2003).

Η δυσλειτουργία μεταξύ της επικοινωνίας του βρογχοπνευμονικού συστήματος και του εγκεφάλου μπορεί να συμβάλλει σε συμπτώματα πνευμονικής νόσου, όπως βήχα, βρογχόσπασμος, έκκριση βλέννας και άλλα (Carr and Undem, 2003).

Οι **μύες** του θώρακα διαχωρίζονται στους πρόσθιους και πλάγιους μύες της κοιλιάς, στους μύες της ράχης, στους θωρακικούς μύες και στους μεσοπλεύριους μύες (προσφύονται στις πλευρές). Η θωρακική κοιλότητα διαχωρίζεται από την κοιλιακή μέσω του θολωτού μυ, το διάφραγμα (Moore, 1998).

Επίσης, δύο μύες συμμετέχουν στην αναπνευστική λειτουργία και ονομάζονται επικουρικοί αναπνευστικοί μύες και είναι ο μείζων θωρακικός όπου διατάσσεται η θωρακική κοιλότητα κατά την εισπνοή και ο πρόσθιος οδοντωτός ο οποίος κινεί την ωμοπλάτη προς τα εμπρός και άνω. Οι επικουρικοί μύες απαντώνται συχνά σε περιπτώσεις δύσπνοιας σε άτομα με αναπνευστικά ή καρδιακά προβλήματα (ανεπάρκεια καρδιάς) (Moore, 1998).

Οι κινήσεις του θώρακα ορίζονται από τη μέγιστη εκπνοή και τη μέγιστη εισπνοή. Κατά την εισπνοή αυξάνει η οβελιαία και η εγκάρσια διάμετρος και η γωνία του στέρνου (υπόστερνη) αυξάνεται. Η διεύρυνση αυτή του θώρακα επιτυγχάνεται με: (Platzer *et al.*, 1985)

- ο τις κινήσεις στις σπονδυλοπλευρικές διαρθρώσεις
- ο την ελαστικότητα των πλευρικών χόνδρων και
- ο τη φυσιολογική κύφωση της θωρακικής μοίρας της σπονδυλικής στήλης (σε μικρότερο βαθμό).

Κατά την εκπνοή οι πλευρές κατέρχονται με την ελάττωση της οβελιαίας και εγκάρσιας διαμέτρου και η γωνία του στέρνου (υπόστερνη) μειώνεται (Platzer *et al.*, 1985).

Η κινητικότητα του θώρακα ελαττώνεται με την αποπιάνωση των πλευρικών χόνδρων και έτσι δεν μπορεί να πάρει τη μέγιστη αναπνευστική χωρητικότητα (Platzer *et al.*, 1985).

3. Περιβαλλοντική ρύπανση

Η ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελεί ένα επίκαιρο, δισεπίλυτο προβληματισμό όχι μόνο του σύγχρονου κόσμου αλλά και των προηγούμενων ετών. Η αύξηση του πληθυσμού, η συγκέντρωση των ανθρώπων στα αστικά κέντρα, η βιομηχανική ανάπτυξη, η ταχεία τεχνολογική εξέλιξη και η αύξηση κυκλοφορόντων οχημάτων αποτελούν συνέπεια της ραγδαίας επιδείνωσης της κατάστασης. Η συνέργεια διαφορετικών κλάδων και ειδικοτήτων αποσκοπεί στην κατά το δυνατόν μείωση της και στη διατήρηση ζωής, όχι μόνο του ανθρώπου αλλά και όλων των ζώντων οργανισμών του πλανήτη.

Η εισαγωγή ουσιών στον αέρα, το έδαφος και το νερό, όπου η ποσότητα, τα χαρακτηριστικά και η διάρκεια τους σε αυτά, δύναται να προκαλέσουν αλλοίωση της φυσικής ισορροπίας των ανθρώπων, των ζώων, των φυτών αλλά και γενικότερα των οικοσυστημάτων, καλείται ως ρύπανση (WHO, χ.χ.).

Με την έννοια ρύπος αναφερόμαστε σε κάθε ουσία (χημική ένωση ή ενώσεις των) που μεταφέρεται από ανθρώπινη δραστηριότητα στον αέρα του περιβάλλοντος άμεσα ή έμμεσα και έχει αρνητικές συνέπειες στην υγεία, το περιβάλλον, υποβαθμίζει τα υλικά αγαθά και ενδέχεται να βλάψει ή να παρεμποδίσει την ψυχαγωγική λειτουργία των ατόμων και άλλες νόμιμες χρήσεις του περιβάλλοντος, σύμφωνα με την οδηγία 96/61/EK (ΕΕ, 1996).

Αναφερόμενοι στην ρύπανση εστιάζουμε σε τρία κυρίως είδη ρύπανσης. Τη ρύπανση του νερού, τη ρύπανση του εδάφους και τη ρύπανση του αέρα.

Η Ρύπανση των νερών προκαλείται κυρίως από απόβλητα, αστικά ή βιομηχανικά, αλλά και από απορροές λιπασμάτων, φυτοφαρμάκων και από καλλιεργήσιμες εκτάσεις (γεωργία). Αφορά μεγάλο μέρος του πληθυσμού είτε αστικού είτε μη αστικού τύπου, καθώς ο άνθρωπος δύναται να αλληλοεπιδρά με το νερό σε καθημερινή βάση. Η ρύπανση του νερού αφορά την είσοδο παθογόνων μικροοργανισμών σε κάθε υδάτινο πόρο. Το νερό της βροχής κατά τη διαδρομή του στην ατμόσφαιρα μπορεί να παραλαμβάνει αμμωνία, σκόνη, οργανικές ουσίες και μικρόβια προκαλώντας αποσύνθεση των οργανικών ουσιών του (Cohen and Hering, 2001 & Κυριακίδου, 2004).

Τα επιφανειακά νερά (ποτάμια, λίμνες, ρυάκια) μολύνονται εύκολα όταν περνούν από κατοικημένες περιοχές (οικιακά-βιομηχανικά απόβλητα/ γεωργικά φάρμακα), υφίστανται μερική αυτοκάθαρση (μέσω καθίζησης, υπεριώδης ακτινοβολίας, χημικές-οξειδωτικές επεξεργασίες, βιολογικές αντιδράσεις) χωρίς όμως να είναι ικανή για τη πλήρη κάθαρση τους και χρήζουν τεχνητό καθαρισμό και χλωρίωση. Τα υπόγεια νερά θεωρούνται καθαρά (διήθηση και κατακράτηση βλαπτικών ουσιών από τα πετρώματα που διέρχονται) εάν βρίσκονται κοντά στην επιφάνεια και θεωρούνται ασφαλή εφόσον η φύση των πετρωμάτων που διέρχονται δεν είναι ασβεστολιθική. Η έξοδος τους πρέπει να προστατεύεται από δραστηριότητες ανθρώπων-ζώων και από ρέοντα επιφανειακά νερά και οι βόθροι/λύματα/απορρίμματα να απέχουν τουλάχιστον 40m από τη πηγή ή το πηγάδι (Δετοράκης, 2003).

Η ρύπανση του εδάφους προκαλείται από υγρά απόβλητα, απορροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων καθώς και από απόρριψη στερεών καταλοίπων της παραγωγικής διαδικασίας (Δετοράκης, 2003).

Αναφερόμενοι στον όρο ρύπανση του αέρα πρέπει να διαχωρίσουμε την ρύπανση της ατμόσφαιρας (εξωτερική ρύπανση – outdoor) και τη ρύπανση των εσωτερικών χώρων (indoor) που αφορά την ποιότητα του αέρα σε κλειστούς χώρους (μαγείρεμα, θέρμανση με βιομάζα, καύσιμα κηροζίνης - άνθρακα). Η ρύπανση του περιβάλλοντος αποτελεί μεγάλο κίνδυνο για την υγεία σε πολλές χώρες ανεξαρτήτου κοινωνικό-οικονομικής κατάστασης με αυξημένη εμφάνιση καρκίνου του πνεύμονα και καρκίνου του ουροποιητικού συστήματος (ουροδόχος κύστη) σύμφωνα με τον IARC (IARC, 2015). Σχετικά με την ρύπανση των εσωτερικών χώρων, φαίνεται να έχουν μεγαλύτερη επιβάρυνση χώρες με χαμηλό-μεσαίο εισόδημα και με ιδιαίτερα μεγαλύτερη έκθεση οι

γυναίκες και τα παιδιά (WHO κ.κ.). Λίγες αναφορές θα γίνουν για την ρύπανση των εσωτερικών χώρων στη παρούσα εργασία.

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας δημιουργείται από τις εκπομπές αερίων της βιομηχανίας, των αυτοκινήτων, καύση ξύλου, ορυκτών και γενικότερα κάθε είδους καύση. Ο ατμοσφαιρικός αέρας χαρακτηρίζεται ως ρυπασμένος όταν περιέχει ουσίες (αέριες/στερεές/υγρές) σε τέτοιες ποσότητες ώστε να προκαλέσουν βλάβη στην υγεία του ανθρώπου ή ακόμα και απλή ενόχληση. Η συγκέντρωση των ουσιών αυτών εξαρτάται από τη γεωγραφική περιοχή, τις πηγές ρύπανσης (βιομηχανική ζώνη, ΧΥΤΑ) που υπάρχουν σε αυτήν καθώς και από τις μετεωρολογικές συνθήκες (θερμοκρασία, άνεμοι, υγρασία) (Cohen and Hering, 2001).

Γενικότερα, ο αέρας θεωρείται ρυπασμένος όταν δύναται να διαταράξει την οικολογική ισορροπία της Γης σε οποιαδήποτε γεωγραφική κλίμακα ανεξαρτήτου έκτασης.

3.1 Ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα αποτελεί ένα αέριο περίβλημα της Γης με πάχος περίπου πάνω από 500km, το οποίο εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, (στον ισημερινό είναι μεγαλύτερο από τους πόλους), ασκώντας πίεση πάνω σε κάθε σώμα, περίπου 760mmHg στο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας. Η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται όσο αυξάνει το υψόμετρο (Γιάνναρου, 2016).

Πάνω από 4.000m προκαλούνται δυσκολίες στην αναπνοή λόγω ανεπαρκούς συνδέσεως του O₂ με την Hb. Η διατήρηση της ζωής πάνω από 7.000m είναι αδύνατη όπου η ΒΠ είναι μόνο 316mmHg (το ποσοστό συνδέσεως O₂ με την Hb είναι πολύ μικρό). Σε απότομες μεταβολές ατμοσφαιρικής πίεσεως οφείλεται η νόσος των αεροπόρων (απότομη – μεγάλη μείωση ΒΠ, οφείλεται σε έλλειψη O₂) και η νόσος των δυτών (απότομη μείωση αυξημένης ΒΠ, οφείλεται σε εκλυόμενες φυσαλίδες αζώτου προκαλώντας τριχοειδικές εμβολές κυρίως στο νευρικό σύστημα) (Κυριακίδου, 2004).

Σύμφωνα με την κατακόρυφη μεταβολή της θερμοκρασίας η ατμόσφαιρα διαχωρίζεται σε τέσσερις ζώνες: (Pinto, 2010 & Γιάνναρου, 2016)

την Τροπόσφαιρα: κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας όπου λαμβάνουν μέρος όλα τα μετεωρολογικά φαινόμενα και η παραγωγή – μεταφορά – διάχυση διάφορων ρύπων.

την Στρατόσφαιρα: τοποθετείται πάνω από την τροπόσφαιρα, η θερμοκρασία ξεκινά προοδευτικά να αυξάνει και σε συνάρτηση με το όζον, απορροφά μέρος της υπεριώδους ακτινοβολίας και αποταμιεύει θερμότητα.

την Μεσόσφαιρα: σε αυτή τη ζώνη έχουμε μείωση του όζοντος και ελάττωση της θερμοκρασίας, και

την Θερμόσφαιρα: είναι το ανώτατο τμήμα της ατμόσφαιρας, έχει μια συνεχή αύξηση η θερμοκρασία με διαφορές, ανάλογα το γεωγραφικό πλάτος και τις ώρες της ημέρας.

Σύνθεση Ατμοσφαιρικού Αέρα

Η χημική σύνθεση του αέρα παραμένει σταθερή λόγω της συνεχούς μετακινήσεως του. Ο αέρας στην επιφάνεια της θάλασσας σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσεως έχει την ακόλουθη χημική σύσταση: (Τζανάκης, 1993 & Μελάς και συν., 2020)

Πίνακας 3. Περιεκτικότητα Φυσικών Συστατικών του Αέρα

1. Οξυγόνο (O ₂)	21%	κατά όγκο αέρα
2. Άζωτο (N ₂)	78%	κατά όγκο αέρα
3. Διοξείδιο του Άνθρακα (CO ₂)	0,03%	κατά όγκο αέρα
4. Αργό (A)	0,93%	κατά όγκο αέρα
5. Ήλιο (He) – Υδρογόνο (H ₂) – Όζον (O ₃)	Ίχνη	κατά όγκο αέρα
6. Υδρατμοί (Υγρασία)	2% (με μεταβλητότητα)	-

Το οξυγόνο O₂ είναι αέριο, άχρωμο, άοσμο, άγευστο, βαρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα και διαλυτό στο νερό. Η αναλογία του είναι περίπου 21% στην ατμόσφαιρα. Όταν η περιεκτικότητά του κατέβει κάτω από 12% ο αέρας είναι ακατάλληλος για αναπνοή. Είναι απαραίτητο για όλων των ειδών τις καύσεις, οργανικών/ανόργανων ουσιών, μέσα στον οργανισμό. Το O₂ δεν αναφλέγεται το ίδιο αλλά η παρουσία του υποβοηθάει και επιταχύνει την καύση. Προκαλεί έκρηξη όταν βρίσκεται υπό πίεση και έλθει σε επαφή με λιπαρές ουσίες. Η παρουσία του οξυγόνου στο αίμα είναι από τα πλέον απαραίτητα στοιχεία για τη ζωή όλων των κυττάρων και των ιστών του οργανισμού (Αθανάτου, 2004 & Τζανάκης, 1993).

Το διοξείδιο του άνθρακα CO₂ ως φυσικό στοιχείο της ατμόσφαιρας έχει αυξηθεί αρκετά, με την καύση άνθρακα/πετρελαίου/φυσικού αερίου, επηρεάζοντας το παγκόσμιο κλίμα δια μέσω του «Φαινομένου του Θερμοκηπίου» (Δετοράκης, 2003).

Οι υδρατμοί είναι ένα φυσιολογικό συστατικό του αέρα, είναι αβλαβείς και δεν αποτελούν ρύπο. Παρόλα αυτά δεν είναι ένα συνεχές συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα καθώς μεταβάλλονται μέσα στο εύρος των αναμενόμενων συνθηκών της ατμόσφαιρας (φάσεις του νερού: υγρό νερό, στερεό πάγο, αέριοι υδρατμοί). (Gardiner and Harrington, 2009) Οφείλουν την παρουσία τους στην ατμόσφαιρα, δια μέσω της εξάτμισης των υδάτινων επιφανειών. Οι υδρατμοί αποτελούν το πιο άφθονο αέριο του θερμοκηπίου (Κατσαφάδος και Μαυροματίδης, 2015).

Ατμόσφαιρες με μεγάλα ποσοστά υγρασίας δύναται να επηρεάσουν τη διανομή και τις ιδιότητες των ατμών και των αερολυμάτων - αερογενών ρύπων. Κάποιοι ατμοί μπορούν κάτω από ειδικές συνθήκες να αλληλοεπιδράσουν χημικά με το νερό δημιουργώντας πιο επιβλαβείς ενώσεις. (παράδειγμα το διοξείδιο του θείου με αλληλεπίδραση με το νερό μπορεί να παράγει θειικό οξύ) (Δετοράκης, 2003).

Η υγρασία σχετίζεται με την παρουσία ελεύθερων μορίων νερού στον αέρα. Η μάζα υδρατμών ανά μονάδα όγκου αέρα ορίζεται ως απόλυτη υγρασία και ο αέρας θεωρείται κορεσμένος με υδρατμούς όταν εξισώνεται η μερική του πίεση με την πίεση ατμού. Σε μη κορεσμένο αέρα έχουμε τη σχετική υγρασία όπου οι πιέσεις είναι χαμηλότερες σε σχέση με τις πιέσεις ατμών στην ίδια θερμοκρασία (Τριχοπούλου και Τριχόπουλος,

1986). Η σχετική υγρασία μπορεί να αυξηθεί μειώνοντας τη θερμοκρασία και αντίθετα, μπορεί να μειωθεί αυξάνοντας τη θερμοκρασία. Στο σημείο της θερμοκρασίας όπου εμφανίζονται στον αέρα σταγονίδια νερού ονομάζεται σημείο πάχνης και γίνεται εμφανές ως καταχνιά ή ομίχλη (Gardiner and Harrington, 2009 & Κυριακίδου, 2004).

Η υγρασία που έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι η «σχετική υγρασία» δηλαδή το ποσοστό των υδρατμών που μπορεί να συγκρατήσει ο αέρας μέχρι να κορεστεί. Είναι απαραίτητη για τη θερμορύθμιση του οργανισμού ιδίως σε θερμοκρασίες άνω των 35°C. Για παράδειγμα όταν σε ένα περιβάλλον η θερμοκρασία είναι υψηλή και η σχετική υγρασία χαμηλή, διευκολύνεται μέσω της εξάτμισης, η αποβολή θερμαντικού. Όταν η σχετική υγρασία είναι υψηλή, η θερμότητα αποβάλλεται μέσω αγωγής. (θερμοκρασίες κάτω των 35°C). Μεγάλη σχετική υγρασία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες οδηγεί σε θερμοπληξία λόγω αδυναμίας αποβολής θερμαντικού. (Τριχοπούλου και Τριχόπουλος, 1986 & Δετοράκης, 2003)

Πίνακας 4. Τιμές Μέγιστης Υγρασίας σε Ανάλογες Συνθήκες Θερμοκρασίας

Θερμοκρασία	Μέγιστη Υγρασία (g/m ³)	Θερμοκρασία	Μέγιστη Υγρασία (g/m ³)
☼ 0°	▪ 4,9	☼ 20°	▪ 17,2
☼ 5°	▪ 6,8	☼ 25°	▪ 22,9
☼ 10°	▪ 9,4	☼ 30°	▪ 30,1
☼ 15°	▪ 12,8	☼ 35° – 40°	▪ 39,6 – 51,2

3.2 Ρύπανση ατμόσφαιρας

Η ρύπανση του αέρα παρουσιάστηκε υπό μορφή καπνού από τη στιγμή που ο άνθρωπος άρχισε να χρησιμοποιεί τη φωτιά για θέρμανση, προετοιμασία φαγητού (μαγείρεμα), μεταλλουργία. Ο καπνός αποτελούσε κυρίαρχο πρόβλημα των περασμένων αιώνων, το οποίο οξύνθηκε με την βιομηχανική επανάσταση, εξαιτίας της καύσης του άνθρακα ως πρώτη ύλη για την κάλυψη των αναγκών ενέργειας.



Εικόνα 3.1. Ρύπανση της Ατμόσφαιρας

Η επίδραση στο περιβάλλον ήταν περιορισμένη (αραιοκατοικημένες περιοχές) μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα. Έκτοτε και κυρίως τις τελευταίες δεκαετίες, η ατμόσφαιρα ρυπαίνεται επικίνδυνα με την αύξηση του πληθυσμού, την ανάπτυξη της τεχνολογίας και ειδικότερα μετά την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, με την εφεύρεση και ανάπτυξη διαφόρων μέσων συγκοινωνίας και τη συγκέντρωση των ανθρώπων κυρίως στα αστικά κέντρα (Κυριακίδου, 2004 & Μελάς και συν., 2020).

Στις Η.Π.Α., στην Κίνα, στην Αγγλία και σε άλλες βιομηχανοποιημένες χώρες άρχισαν προσπάθειες με νόμους και ειδικές ρυθμίσεις ώστε να περιοριστεί η έκταση του προβλήματος της ρύπανσης (Δετοράκης, 2003).

Το πρώτο σοβαρό επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης έγινε το 1875 στο Λονδίνο με αρκετό ποσοστό θανάτων, ανθρώπων και ζώων. Για πρώτη φορά το 1905 χρησιμοποιήθηκε ο όρος smog (καπνομίχλη – smoke + fog – συνέργεια με πρόκληση βλαβών στην ανθρώπινη υγεία) η οποία συντέλεσε στο θάνατο περίπου 1000 ανθρώπων το 1909 στη Γλασκώβη και στο Εδιμβούργο (Brimblecombe, 2011).

Το Δεκέμβριο του 1930 στη βιομηχανική περιοχή της κοιλάδας του Meuse (Βέλγιο) ύστερα από ένα ομιχλώδες τετραήμερο, εκατοντάδες άτομα αρρώστησαν εκ των οποίων 60 πέθαναν (ηλικιωμένοι και ασθενείς με καρδιακές και πνευμονικές παθήσεις) (Μελάς και συν., 2020).

Το 1948 η Δονόρα των Η.Π.Α. καλύφθηκε από πυκνό νέφος (βιομηχανικών καπναερίων) για 5 συνεχείς ημέρες με αποτέλεσμα 6.000 κάτοικοι να αρρωστήσουν και 20 να αποβιώσουν (EPA, 1988 & Μελάς και συν., 2020).

Από τα σοβαρότερα επεισόδια καπνομίχλης, υπήρξε το 1952 στο Λονδίνο, όπου από την καύση άνθρακα καλύφθηκε ολόκληρη η πόλη με πυκνό σύννεφο καπνού (συσσώρευση καπνού, ομίχλης, διοξειδίου του θείου) και η ορατότητα σε κάποιες περιοχές μειώθηκε στο ένα μέτρο. Σε χρονικό διάστημα τεσσάρων ημερών υπήρξαν 4.000 θάνατοι και 12.000 (αποδόθηκαν αργότερα σε αυτήν), δημιουργώντας έτσι τον όρο «Καπνομίχλη του Λονδίνου» (Great Smog of 1952) και την ψήφιση του Νόμου για Καθαρό Αέρα το 1956, θέτοντας τη βαριά αυτή ατμοσφαιρική ρύπανση κάτω από ικανοποιητικό έλεγχο (Brimblecombe, 2011 & Goddard *et al.*, 2019 & Μελάς και συν. 2020).



Εικόνα 3.2. «Καπνομίχλη του Λονδίνου»

Με την πάροδο του χρόνου, ο άνθρακας αντικαταστάθηκε με το πετρέλαιο και πέραν του καπνού, της τέφρας και του διοξειδίου του θείου άρχισαν να εμφανίζονται στον αέρα προϊόντα χημικών αντιδράσεων υδρογονανθράκων (οξειδωτικά, υπεροξειδία, οζονίδια), τα οποία σε συνδυασμό με το ηλιακό φως δημιουργούν καινούριες μορφές ρύπανσης, όπως η λεγόμενη «φωτοχημική ρύπανση» (Μελάς και συν, 2020).

Τέτοιου είδους ρύπανση εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1940 στο Λος Άντζελες των Η.Π.Α. και συνδέθηκε με τη χρήση καυσίμων στα μέσα μεταφοράς.



Εικόνα 3.3. Φωτοχημικό νέφος

Περιστατικά όπως προαναφέρθηκαν είναι πολλά και σε αρκετές περιοχές της γης (Ιανουάριος 2013 σταδιακή αύξηση νέφους-ομίχλης στη Κίνα) οδηγώντας έτσι πλήθος επιστημόνων σε σοβαρό προβληματισμό για την αντιμετώπιση του προβλήματος. Τα κριτήρια ρύπανσης περιλαμβάνουν τη μέτρηση των αέριων ρύπων (όπως Μονοξειδίο του Άνθρακα, Διοξείδιο του Αζώτου, Διοξείδιο του Θείου, Όζον - θα αναφερθούν σε επόμενο κεφάλαιο) και των Στερεών ρύπων (όπως καπνός, σκόνη, αιθάλη) με συγκεκριμένα επίπεδα επικινδυνότητας για το καθένα (Yang *et al.*, 2017 & Goddard *et al.*, 2019).

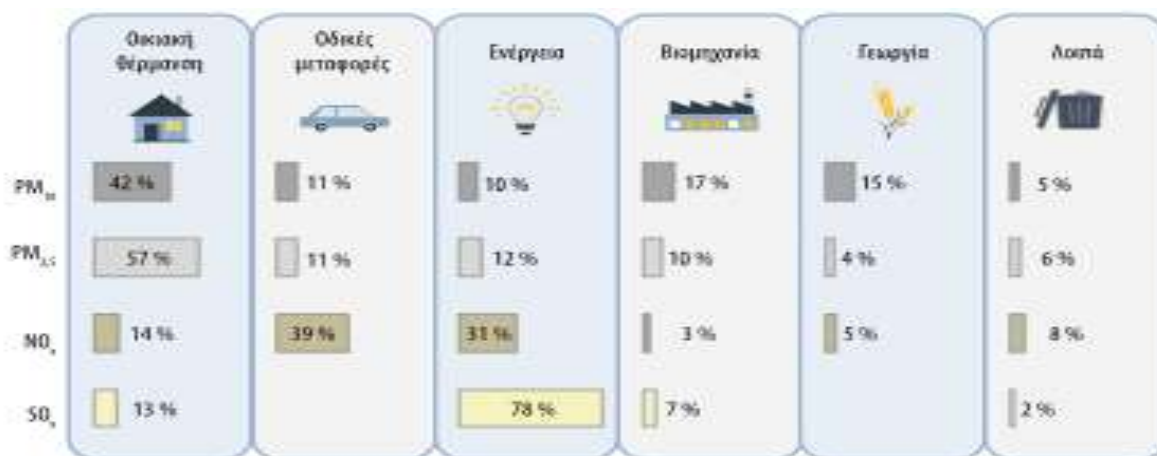
Ως ρύπανση του αέρα όπως αναφέρθηκε και ανωτέρω ορίζεται η παρουσία στην ατμόσφαιρα ουσιών ή ουσιών που παράγονται άμεσα ή έμμεσα από ανθρώπινες δραστηριότητες σε τέτοιες ποσότητες ώστε να είναι επιβλαβείς για την υγεία, την ασφάλεια ή την ευεξία του ανθρώπου ή να παρεμποδίσουν επιβλαβώς την πλήρη χρήση και απόλαυση της περιουσίας του (βλάβη στα υλικά αγαθά) ή το περιβάλλον (διαταραχή φυσικής ομοιοστάσης νερού, εδάφους, φυτών).

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας δημιουργείται είτε από φυσικές, είτε από ανθρωπογενείς πηγές: (ΕΟΠ, 2017 & Τριχοπούλου και Τριχόπουλος, 1986 & Τζανάκης, 1993)

- Φυσικές πηγές ρύπανσης: πυρκαγιές, εκρήξεις ηφαιστείων (εκπομπή αερίων και σωματιδίων στον αέρα), θάλασσα (μετακίνηση σταγονιδίων θαλασσινού νερού προς την ατμόσφαιρα), επαναιώρηση εδάφους (μεταφορά εδαφικής σκόνης – έρημος – αποσάθρωση εδάφους, σήψη οργανικών ουσιών), άνθη/δένδρα/χλόη (γύρη), (φωτοσύνθεση-αναπνοή-αποσύνθεση)
- Ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης: θέρμανση κατοικιών (καύση ξύλου), μεταφορές οδικές ή θαλάσσιες ή αέριες (εκπομπές αερίων από οποιοδήποτε όχημα, τρένο, πλοίο, αεροπλάνο), βιομηχανικές δραστηριότητες (μεταλλουργεία), γεωργία - κτηνοτροφία (εκπομπές από απόβλητα)

Σε περίπτωση που όλα ή μερικά από αυτά υπερβαίνουν ορισμένα όρια στην ατμόσφαιρα λαμβάνονται μέτρα περιορισμού της ρύπανσης - με το περιορισμό κυκλοφορίας μέσων μεταφοράς, την αναστολή λειτουργίας εργοστασίων και ούτω

καθεξής - ανάλογα με το είδος της ρύπανσης και τις πηγές που διαπιστώνεται ότι την προκαλούν (Cohen and Hering, 2001).



Εικόνα 3.4. Πηγές Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

3.3. Αέριοι Ρύποι

Ρύπος στην ατμόσφαιρα αποτελεί κάθε ουσία που διοχετεύεται άμεσα ή έμμεσα στον αέρα, σε συγκεντρώσεις ικανές να επηρεάσουν τη δομή, τη σύσταση και τα χαρακτηριστικά της. Ανάλογα με το τρόπο παραγωγής τους οι ρύποι διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: (Pinto *et al.*, 2010)

- **Πρωτογενείς:** ρύποι οι οποίοι εκπέμπονται απ' ευθείας από τις ανωτέρω πηγές στην ατμόσφαιρα
- **Δευτερογενείς:** ρύποι που σχηματίζονται από τους πρωτογενείς ρύπους ύστερα από χημικές αντιδράσεις μεταξύ τους ή αυτών με τα φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας με παρουσία ηλιακής ακτινοβολίας, θερμοκρασίας και υγρασίας.

Επιπροσθέτως, οι ρύποι ανάλογα με τη φυσική κατάσταση τους διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τους αέριους ρύπους και τα αιωρούμενα σωματίδια (στερεά ή υγρά), τα οποία ομαδοποιούνται ανάλογα με το μέγεθος τους και σε περαιτέρω κατηγορίες ανάλογα με τη χημική τους σύσταση. Αέριοι ρύποι όπως το υδροχλώριο (HCL), υδροφθόριο (HF), υδρόθειο (H₂S), αμμωνία (NH₃), τριοξείδιο του θείου (SO₃) έχοντας μεγάλη χημική δραστηριότητα μεταπίπτουν εύκολα σε άλλες χημικές μορφές (άλατα), οπότε και η φυσική τους κατάσταση από αέρια που είναι αρχικά μεταπίπτει σε στερεή (σωματίδια) (Pinto *et al.*, 2010 & Cohen and Hering, 2001).

Πίνακας 5. Κατηγορίες Αέριων Ρύπων

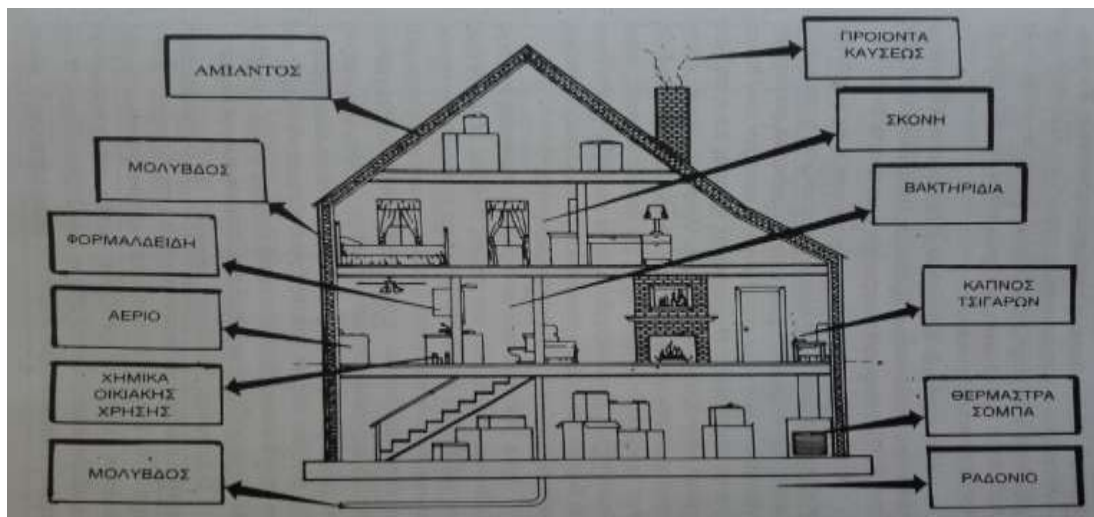
Πρωτογενείς Αέριοι ρύποι	Δευτερογενείς Αέριοι ρύποι
Μονοξειδίο του Άνθρακα (CO)	Νιτρικό οξύ (NO ₂)
Διοξειδίο του Άνθρακα (CO ₂)	Όζον (O ₃) – φαινόμενο του θερμοκηπίου
Διοξειδίο του θείου (SO ₂)	PAN – όξινη βροχή
Μεθάνιο (CH ₄)	Αλδεΐδες
Αμμωνία (NH ₃)	PAHs
Οξειδία του Αζώτου (NO _x) - Νιτρικό οξύ (HNO ₃)	Φωτοχημικό Νέφος
Υδρόθειο (H ₂ S)	
Υδρογονάνθρακες (HCs)	
Αιωρούμενα σωματίδια (PM)	

Οι ανωτέρω αέριοι ρύποι ομαδοποιούνται σε κατηγορίες βάσει των οποίων εκτιμάται η ποιότητα του αέρα. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται: 1) το CO, SO₂, O₃, NO_x, VOCs 2) Σωματιδιακή Ύλη (PM), 3) Βαρέα μέταλλα (Pb, Hg, Cd) και 4) Ανθεκτικοί Οργανικοί Ρύποι (POPs) (Pimm *et al.*, 2014). Σύμφωνα με την Εταιρία Προστασίας Περιβάλλοντος το CO, ο Pb, το NO₂, το O₃, τα PM και το SO₂ ευθύνονται σε μεγαλύτερο βαθμό για την αλλοίωση της ποιότητας του αέρα ενώ σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό περιβάλλοντος τα αιωρούμενα PM, το τροποσφαιρικό O₃ και το NO_x αποτελούν τους κυριότερους ρύπους για την επιβάρυνση της ανθρώπινης Υγείας (EPA 2, 2017 & ΕΟΠ, 2017).

Η ποιότητα του αέρα δύναται να μεταβληθεί και στους εσωτερικούς (κλειστούς) χώρους όπως σχολεία, αίθουσες, θέατρα και άλλα, ως αποτέλεσμα της εισόδου βλαπτικών παραγόντων -με τη διαδικασία της αναπνοής- στον ανθρώπινο οργανισμό, επιφέροντας δυσμενή αποτελέσματα για την υγεία (Hashoul and Haick, 2019 & Cookfair, 1991).

Πίνακας 6. Ρύπανση εσωτερικών χώρων

Ρύποι	Πηγές
Ραδόνιο	Νερό, έδαφος, υλικά οικοδομών
Φορμαλδεΐδη	Μονωτικά υλικά, καπνός τσιγάρου, κουζίνες αερίου
Αμιάντος, ορυκτά, συνθετικές ίνες	Πυρίμαχα υλικά, θερμικές/ηλεκτρικές μονώσεις
Οργανικές ουσίες	Κόλλες, διαλύτες, καλλυντικά, μαγείρεμα
Αμμωνία	Μεταβολικές δραστηριότητες, υλικά καθαρισμού
Πολυκυκλικοί Υδρογονάνθρακες, Αρσενικό, Νικοτίνη	Καπνός Τσιγάρου



Εικόνα 3.5. Πηγές Ρύπανσης Εσωτερικών Χώρων

Η είσοδος των ρύπων (ή τοξικών ουσιών) πέραν του αναπνευστικού συστήματος (εισπνοή) μπορούν να εισέλθουν στον οργανισμό μέσω του δέρματος με την έκθεση του ατόμου σε αέρα και νερό και μέσω του πεπτικού συστήματος με την τροφική αλυσίδα (διοξίνες, φυτοφάρμακα, εντομοκτόνα). Το ανθρώπινο σώμα σε νεογνική, εφηβική, ενήλικη ακόμα και εμβρυική ηλικία είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένο με τον αέρα, το νερό και το έδαφος (Αθανασίου, 2018).

3.3.1. Μονοξείδιο - CO και Διοξείδιο του Άνθρακα - CO₂

Αποτελεί προϊόν κάθε μορφής ατελούς καύσης, είναι ιδιαίτερα επικίνδυνο σε κλειστούς χώρους και η παρουσία του δε γίνεται εύκολα αντιληπτή. Η οξειδωση του CO οδηγεί στην παραγωγή O₃. Κύρια πηγή του CO είναι τα βενζινοκίνητα οχήματα και με μικρότερη σημασία πηγή οι βιομηχανικές δραστηριότητες και η θέρμανση όταν το κάρβουνο χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη. Ορισμένα ποσά CO παράγονται από φυτικές πηγές όπως ενεργά ηφαίστεια, ανθρακωρυχεία και από σήψη οργανικών ουσιών (Hanley and Patel, 2019 & Téllez *et al.*, 2006).

Η καύση άνθρακα είναι η κύρια πηγή ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε εσωτερικούς χώρους και συγκριτικά ανώτερη (έκθεση σε σόμπες μαγειρέματος) από κατοικίες που χρησιμοποιούν άλλα καύσιμα όπως το φυσικό αέριο ή το ξύλο (Yang D *et al.*, 2017).

Δημιουργεί απώλεια αισθήσεων σε μέτριες ποσότητες και σε μεγαλύτερες οδηγεί σε σοβαρές δηλητηριάσεις, ακόμη και θάνατο (Hanley and Patel, 2019).

Το CO₂ είναι ένα αέριο άχρωμο χωρίς οσμή και γεύση. Αποτελεί φυσικό συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα και παράγωγο της ανταλλαγής των αερίων καθώς σχηματίζεται στον οργανισμό από τη διάσπαση της κυτταρικής αναπνοής. Ταυτόχρονα όμως είναι και από τα πρώτα αίτια ατμοσφαιρικής ρύπανσης εσωτερικών χώρων με παρουσία πολλών ατόμων ή και μειωμένο αερισμό όπως για παράδειγμα σχολεία, αίθουσες συγκεντρώσεων, γραφεία, νοσοκομεία, βιβλιοθήκες και τα λοιπά. Είναι προϊόν καύσης (βιομάζας/ορυκτών καυσίμων/αποσύνθεση φυτικής ύλης) και δεσμεύεται από μικροοργανισμούς στο έδαφος αλλοιώνοντας την ποιότητα του εδάφους, των νερών

(υπόγεια/επιφανειακά/θάλασσα) και των πετρωμάτων (Télliez *et al.*, 2006 & Bundesgesundheitsbl, 2008).

Το CO₂ συγκαταλέγεται στα αέρια του θερμοκηπίου καθώς απορροφά μεγάλες ποσότητες της υπέρυθρης ακτινοβολίας και εντείνει τη συνέργεια ρύπων για το φαινόμενο του θερμοκηπίου (Cassia *et al.*, 2018).

3.3.2 Διοξείδιο του θείου - SO₂

Προέρχεται από τη καύση στερεών και υγρών καυσίμων που περιέχουν θείο και από βιομηχανικές δραστηριότητες με τη παραγωγή θειικού οξέος, τη παραγωγή λιπασμάτων και τη διύλιση πετρελαίου. Οι ενώσεις του θείου είναι καυστικά, διαβρωτικά και δηλητηριώδη αέρια με έντονη οσμή (Turk and Turk, 1988 & Μπουροδήμος, 1998).

Τα στερεά καύσιμα, διάφορες ποιότητες ξύλου και κάρβουνου, περιέχουν θείο μέχρι και 10% ενώ υγρά καύσιμα, αποστάγματα πετρελαίου, περιέχουν θείο της τάξης 5% με μεγαλύτερη περιεκτικότητα, τα βαρύτερα αποστάγματα – μαζούτ (ΕΕΣ, 2018).

Κατά την διαδικασία της καύσης το θείο αντιδρά με το O₂ παράγει διοξείδιο του θείου (SO₂) και αυτό με τη σειρά του αντιδρά πιο αργά με το O₂ και παράγει τριοξείδιο του θείου (SO₃). Το SO₃ αντιδρά με τους υδρατμούς παράγοντας σταγονίδια θειικού οξέος (H₂SO₄), τα οποία είναι υπεύθυνα για την όξινη βροχή (κύρια αιτία αποψίλωσης) και απελευθερώνονται τελικώς στην ατμόσφαιρα μαζί με τα υπόλοιπα καυσαέρια (WHO, 2016 & Δημητρακόπουλος, 1993).

Τα ποσά που παράγονται από ανθρώπινες δραστηριότητες (εκατοντάδες εκατομμύρια τόνοι/ έτος), έχουν ιδιαίτερη σημασία καθώς επηρεάζουν την ανθρώπινη υγεία αλλά και την φυσική οξύτητα των νερών και των φυτών του πλανήτη (Chen *et al.*, 2007).

Η όξινη βροχή είναι βροχή με PH < 5,6 συντίθεται από θειικά/νιτρικά οξέα αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα διότι προκαλεί βλάβη στο έδαφος, τη χλωρίδα/πανίδα και δημιουργεί αλλοιώσεις στη σύσταση των επιφανειακών και των υπόγειων νερών (Δετοράκης, 2003).

3.3.3 Όζον - O₃

Είναι ένα ανόργανο μόριο, αποτελούμενο από τρία άτομα οξυγόνου. Έχει χαρακτηριστική δριμεία οσμή, είναι άχρωμο και παραμένει σταθερό σε χαμηλές θερμοκρασίες ενώ σε υψηλές διασπάται σε O₂ (WHO, 2003).

Το όζον συναντάται σε δύο διαφορετικά στρώματα της ατμόσφαιρας (στρατόσφαιρα - τροπόσφαιρα) και δύναται να είναι είτε ωφέλιμο είτε επιβλαβές για τον άνθρωπο και το περιβάλλον του (κεφάλαιο 3.2. «Φωτοχημικό Νέφος») (ΕΕΣ, 2018).

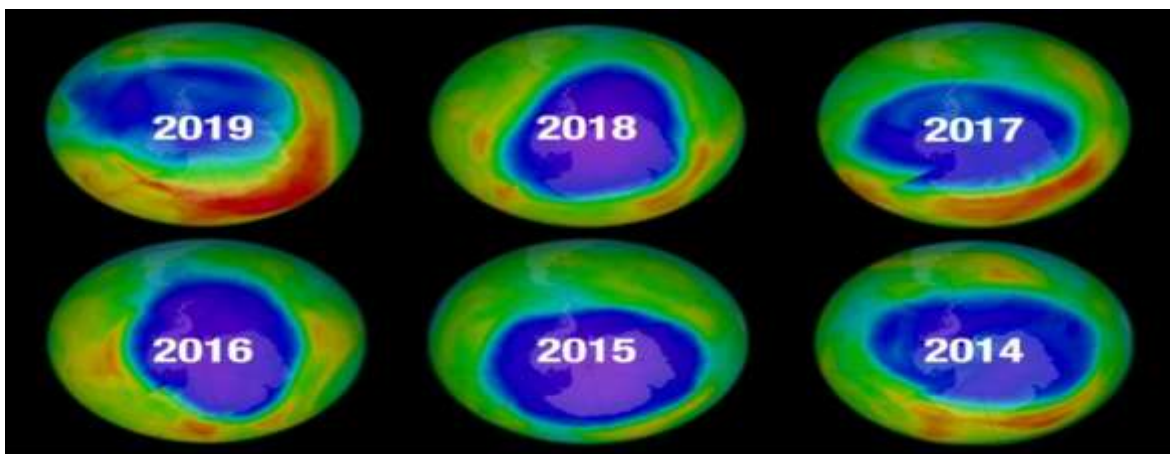
Στο κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα, το όζον αποδείχθηκε ρυπογόνος παράγοντας («κακό» όζον), καθώς δύναται να προκαλέσει δυσλειτουργίες όχι μόνο στον άνθρωπο (μέσω της εισπνοής) αλλά στο περιβάλλον και τα οικοσυστήματα. Το τροποσφαιρικό όζον δημιουργείται μέσω φωτοχημικών αντιδράσεων

που ευνοούνται από την ηλιακή ακτινοβολία με συμμετοχή του O_2 και συνέργεια άλλων πρωτογενών ρύπων όπως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και των NO_x . Οι συγκεντρώσεις του O_3 αναμένεται να συνεχίσουν να αυξάνονται ως αποτέλεσμα ανθρωπογενούς δραστηριότητας από 0,5-2% /έτος (Tang *et al.*, 1998 & Singh *et al.*, 1992).

Στη στρατόσφαιρα δεν αποτελεί ρύπο αλλά στοιχείο ζωτικής σημασίας, παρεμποδίζοντας την είσοδο της υπεριώδους ακτινοβολίας του ηλίου στη Γη και τη διατήρηση της ζωής σε αυτήν. Το στρατοσφαιρικό όζον επηρεάζεται από την παρουσία των χλωροφθορανθράκων (CFCs), μόρια χλωρίου-φθορίου που έχουν αντικαταστήσει μερικά μόρια υδρογόνου. Τα CFCs ανήκουν στην κατηγορία των ODS (ozone depleting substances), ουσίες που καταστρέφουν τη στοιβάδα του όζοντος. Ευθύνονται για την δημιουργία της τρύπας του όζοντος το 1970 πάνω από την Ανταρκτική. Έχουν μικρό κόστος παραγωγής (χρήση ως ψυκτικά υγρά σε ψυγεία-κλιματιστικά, προωθητικά αέρια-αεροζόλ, σπρέι, παραγωγή πλαστικών αφρών) και μεγάλη διάρκεια ζωής (50-120 έτη) (Singh *et al.*, 1992 & Δετοράκης 2003).

Μετά τη σύμβαση της Βιέννης (1985), η οποία αφορούσε τη μελέτη ουσιών που έχουν αρνητικό αντίκτυπο στη στοιβάδα του όζοντος και τη σταδιακή μείωση χρήσης αυτών των ουσιών, υπογράφηκε το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ στις 16 Σεπτεμβρίου 1987. Το πρωτόκολλο αφορά την ελαχιστοποίηση παραγωγής και κατανάλωσης των ODS με στόχο την κατάργησή τους, το οποίο τροποποιήθηκε στο Λονδίνο το 1990. Στην Ελλάδα έλαβε χώρα το 1992 (ΕΟΚ, 1988).

Ο περιορισμός παραγωγής και χρήσης των CFCs με το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ το Σεπτέμβριο του 1987 έφερε σημαντικά αποτελέσματα: (NASA, 2012)



Εικόνα 3.6. Μεταβολή τρύπας του όζοντος πάνω από την Ανταρκτική με την μείωση των CFCs

3.3.4 Οξειδία του Αζώτου - NO_x

Τα οξειδία του Αζώτου σχηματίζονται από την ένωση O_2 σε υψηλές θερμοκρασίες στην Ατμόσφαιρα. Το Άζωτο στην αέρια μορφή του (N_2) περιλαμβάνει το μονοξείδιο του Αζώτου NO και το διοξείδιο του Αζώτου NO_2 .

Αναφορικά με το πρώτο παράγεται στη φύση μέσω βιολογικών διεργασιών και αποτελεί προϊόν καύσεων από κινητήρες εσωτερικής καύσης, θαλάμους καύσης

βιομηχανιών ή κεντρικών θερμάνσεων. Είναι άχρωμο και άοσμο αέριο σε αντίθεση με το NO₂ που σχηματίζεται μετά από οξειδωση το NO με το O₂ στον αέρα. Είναι τοξικό για τον άνθρωπο και έχει χαρακτηριστική οσμή και καφέ-κόκκινο χρώμα (Chen *et al*, 2007 & WHO, 2003).

Πηγή διέλευσης του NO₂ στην ατμόσφαιρα αποτελεί η καύση καυσίμων, οι εκπομπές αερίων των λεωφορείων και φορτηγών και οι σταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας. Μικρό ποσοστό, αλλά όχι αμελητέο οξειδίων του αζώτου, προέρχεται μέσω καύσης υγρών καυσίμων, με κάποια φυσική περιεκτικότητα σε άζωτο, και μέσω βιομηχανικών διεργασιών όπως η παραγωγή νιτρικού οξέος, νάιλον, νιτρώσεις οργανικών ουσιών και άλλα (EPA, 1988).

Τα NO_x σε συνδυασμό με την ηλιακή ακτινοβολία και το O₃ αντιδρούν μεταξύ τους σχηματίζοντας δευτερογενείς ρύπους και δημιουργούν ένα χαρακτηριστικό καστανό-κίτρινο χρώμα στην ατμόσφαιρα το οποίο γίνεται πιο εμφανές κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες στις αστικές περιοχές, το λεγόμενο «φωτοχημικό νέφος». (κεφάλαιο 3.1) (EPA, 2017).

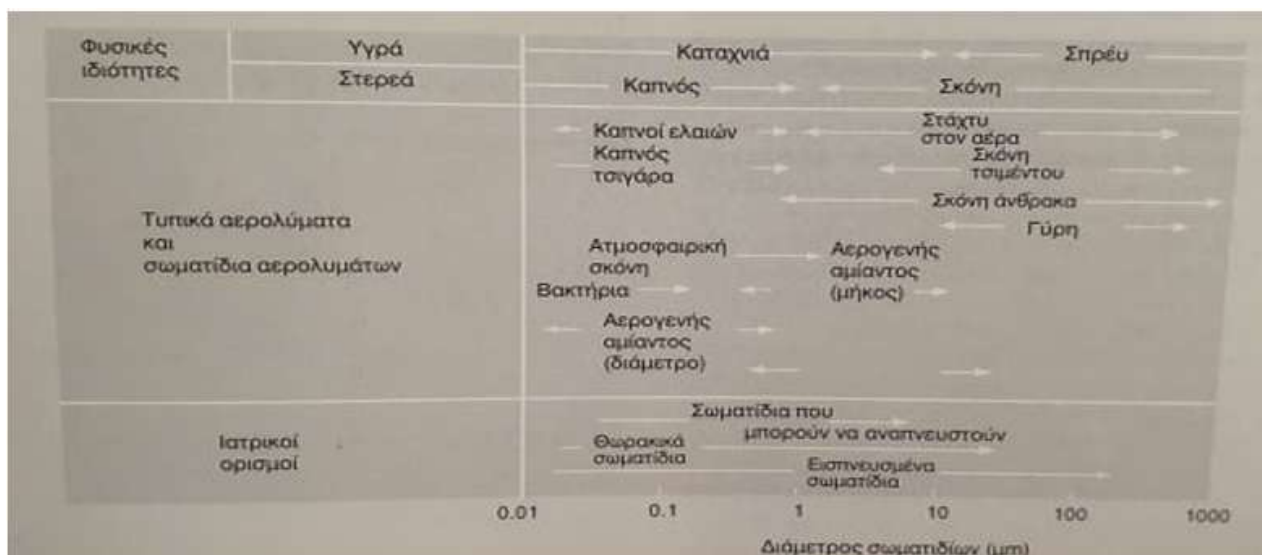
3.3.5 Αιωρούμενα Σωματίδια - PM – Αερολύματα

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι τεμάχια ύλης που βρίσκονται σε στερεή, υγρή ή και μικτή (στερεή και υγρή) κατάσταση στην ατμόσφαιρα. Αποτελούν βασικό δείκτη ατμοσφαιρικής ρύπανσης και μεταφέρονται στον αέρα μέσω διαφόρων φυσικών διαδικασιών και ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Μπουροδήμος, 1998). Διακρίνονται σε Πρωτογενή (όπως σκόνη, θαλάσσια άλατα, μεταφορές, καύσεις αποβλήτων) και Δευτερογενή (όπως θειικά και νιτρικά άλατα, οργανικές ενώσεις VOCs) σχετιζόμενα με την πηγή προέλευσης τους (Losacco and Perillo 2018).

Η μορφή το μέγεθος και η χημική τους σύσταση παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία και ανομοιογένεια συγκριτικά με την αρχική τους προέλευση και μέσω φυσικών και χημικών αντιδράσεων δημιουργούν πλήθος νέων προϊόντων. Ο χρόνος παραμονής τους στον αέρα εξαρτάται από το μέγεθος τους, κυμαίνονται από λίγα λεπτά της ώρας για τα μεγάλα και βαριά έως αρκετούς μήνες για τα πολύ μικρά και ελαφριά (O'Donnell *et al.*, 2011).

Ο όρος «αερόλυμα» χρησιμοποιείται για ένα οποιοδήποτε σύστημα υγρών ή στερών σωματιδίων που εναιωρείται στον αέρα και σχηματίζεται ευρέως στο περιβάλλον αντίστοιχα, σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους. Τα αερολύματα προέρχονται είτε από βιομηχανικές διεργασίες (αναθυμιάσεις, βιοαερόλυμα), είτε από φυσικές και συνθετικές διεργασίες στην ατμόσφαιρα (Gardiner and Harrington, 2009).

Τα σωματιδιακά αερολύματα ταξινομούνται, αναλόγως του μεγέθους τους, σε τρεις κατηγορίες (πίνακας 7), από τις οποίες καθορίζεται και η είσοδος τους στο Αναπνευστικό Σύστημα καθώς και στα επίπεδα που δύνανται να μεταβούν (κυψελίδες) - (εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7. Ταξινόμηση τυπικών σωματιδίων (έκθεση τμημάτων Αναπνευστικής Οδού)

Σημαντικό ρόλο πέραν του μεγέθους τους, διαδραματίζει και η χημική τους σύσταση, η οποία δύναται να είναι αρκετά τοξική για τον ανθρώπινο οργανισμό, έχουμε: (ΕΕΣ, 2018 & Kim *et al.*, 2015 & Δρίβας, 2017)

- **Αιωρούμενα σωματίδια Μόλυβδου (Pb):** παράγονται από βενζινοκίνητα αυτοκίνητα, όπου ο μόλυβδος χρησιμοποιείται ως βελτιωτικό της βενζίνης – ενέχονται για βλάβες στο νευρικό σύστημα
- **Σωματίδια αμιάντου:** τριβή των φρένων των αυτοκινήτων, ελενίτ (μορφοποιημένο υλικό, χρησιμοποιήθηκε για στέγαση ιδιωτικών και δημόσιων κτηρίων) – υπαίτια για ορισμένες μορφές καρκινογένεσης (μεσοθηλίωμα και Ca πνεύμονα)
- **Σωματίδια θειικών αλάτων:** προϊόντα δευτερογενών χημικών αντιδράσεων
- **Μίγματα από μέταλλα:** παρουσιάζουν υψηλή τοξικότητα

Πίνακας 7. Ταξινόμηση Αιωρούμενων Σωματιδίων – Αερολυμάτων ανάλογα με το μέγεθος τους

Όνομασία	Μέγεθος	Προϊόν – Προέλευση
Μεγάλα	PM ₁₀ d 2,5 – > 10μm	Σκόνη (1 - > 100μm) Σπρέι (10 – 100μm) Βακτήρια (0.5 – 30μm) Γύρη (10 - > 100μm)
Μικρά	PM _{2,5} d 0,1 – < 2,5μm	Σκόνη Αναθυμιάσεις (0,1 – 1μm) Βιοαερόλυμα ιοί (0,01- 1,5μm) βακτήρια
Εξαιρετικά Μικρά	PM ₁ d < 0,1μm	Πάχνη (0,01 – 10μm) Ιοί

Παραδείγματα δημιουργίας αερολυμάτων μέσα από βιομηχανικές διεργασίες: (Gardiner & Harrington, 2009)

Στερεού τύπου αερολύματα (σκόνη, αναθυμιάσεις):

- κατά την εξόρυξη ή την εξαγωγή μετάλλων με τήξη και κατεργασία τους
- τη δημιουργία υφασμάτων (κοπή, θρυμματισμό)
- την παραγωγή και των χειρισμό χημικών μαζών (σκόνη άνθρακα)
- Την κατεργασία ξύλου (κοπή, θρυμματισμό)
- Έρημος (μεταφορά)
- Ινώδη ή βελονοειδή σωματίδια (αμιάντος, σκόνες τεχνητών μετάλλων)

Υγρού τύπου αερολύματα (σπρέι, πάχνη):

- Κατά τη βαφή με σπρέι
- Ψεκασμός σοδειάς
- Μηχανική διάσπαση μάζας στερεού υλικού (πυροσβεστήρες)
- Αποτελούνται ή περιέχουν βιολογικά βιώσιμους οργανισμούς: Ιοί, βακτήρια

Από μοριακές διεργασίες (αναθυμιάσεις, καπνοί):

- Διαδικασία ή διάρκεια καύσεων (αέρια προϊόντα καύσης)
- Χημικές αντιδράσεις
- Διαδικασία συμπύκνωσης

Η εισπνοή των μικρότερων, λεπτότερων σωματιδίων συνοδεύεται και από την είσοδο επικίνδυνων ουσιών όπως καρκινογόνοι υδρογονάνθρακες και βαρέα μέταλλα.

Τα αιωρούμενα σωματίδια εναποτίθενται στο ανώτερο ή κατώτερο αναπνευστικό σύστημα βάσει πέντε μηχανισμών: 1) με καθίζηση ή κατακρήμνιση λόγω βαρύτητας, 2) με ενσφήνωση, 3) με διάχυση ή κίνηση Brown, 4) με ηλεκτροστατική πτώση και 5) με παρεμπόδιση (Τζανάκης, 1993 & O'Donnell *et al.*, 2011).

3.3.6. Υδρογονάνθρακες - HCs – Πτητικές Οργανικές Ενώσεις - VOCs

Αποτελούν μια πολυμελή οικογένεια χημικών ενώσεων με βάση τους το υδρογόνο και τον άνθρακα και βρίσκονται κυρίως στο πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και το λιθάνθρακα. Σαν ρύποι της ατμόσφαιρας προέρχονται από όλες τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και από αρκετές φυσικές πηγές. Παράγονται κατά τις ατελείς καύσεις υγρών και στερεών καυσίμων για την κάλυψη ενεργειακών αναγκών. Χρησιμοποιούνται στα μέσα μεταφοράς (αυτοκίνητα) ως πηκτικά καύσιμα, μέρος των οπείων παράγεται από διαφυγή άκαυστου πετρελαίου ή βενζίνης και από την καύση των λιπαντικών που χρησιμοποιούν (Zhao *et al.*, 2019).

Στην ατμόσφαιρα παρευρίσκονται και στις τρεις φυσικές μορφές: αέρια/υγρή/στερεή, και με τεράστια χημική ποικιλία, γεγονός που δυσκολεύει το ποσοτικό και ποιοτικό τους

προσδιορισμό. Διακρίνονται στις εξής κατηγορίες: (Chowdhury *et al.*, 2017 & Korchowicz *et al.*, 2019 & Τριχοπούλου και Τριχόπουλος, 1986)

- Αλειφατικοί Υδρογονάνθρακες: αλκάνια (κορεσμένοι υδρογονάνθρακες), αλκένια (ολεφίνες) και τα αλκίνια, προϊόντα υδρογόνωσης
- Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες: Βενζόλιο και παράγωγά του
- Μη αρωματικοί: ακόρεστοι – Ωμέγα -3
- Άλλοι: Υγρές φορμαλδεΐδες

Τα αλκένια είναι ακόρεστοι υδρογονάνθρακες και λαμβάνουν μέρος στη φωτοχημική ατμοσφαιρική ρύπανση (τύπου Los Angeles), αντιδρούν με τα οξειδία του Αζώτου (NO_x) και με συνέργεια του ηλιακού φωτός παράγουν δευτερογενείς ρύπους όπως το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN) και το Όζον (O_3) (Θεοφανίδης, 2018 & Tormoehlen, 2014).

Οι Πολυκυκλικοί Αρωματικοί Υδρογονάνθρακες (PAHs) όπως το βενζο(a)πυρένιο, αποτελούν κύριο ατμοσφαιρικό ρύπο. Εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα από κάθε είδους κυκλοφορία ιδίως στις αστικές περιοχές και συμπεριλαμβάνονται στα κύρια συστατικά των αστικών αερομεταφερόμενων σωματιδίων προερχόμενα από εξατμίσεις των κινητήρων Diesel (Korchowicz *et al.*, 2019 & Tormoehlen *et al.*, 2014).

Οι Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOCs), αφορούν αέριους ρύπους με σημαντική πηκτικότητα στην ατμόσφαιρα, οι οποίες υπό φυσιολογικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης θα είχαν υγρή ή στερεή μορφή. Αν συμπυκνωθούν σχηματίζουν αιωρούμενα σωματίδια και είναι ευδιάλυτα στο νερό (πρόσθετα βενζίνης). Στην κατηγορία των VOCs συμπεριλαμβάνονται οι υδρογονάνθρακες αλλά και οι οργανικοί διαλύτες, δηλαδή αποστάγματα πετρελαίου και καυσίμων (βενζίνη). Εκπομπές VOCs έχουμε επίσης από διάφορα φυτά και δένδρα αλλά και από τη χρήση χρωμάτων/φυτοφαρμάκων/οικοδομικών υλικών, εκτυπωτών (συν εξοπλισμούς γραφείου) και άλλα. Οι συγκεντρώσεις τους σε εσωτερικούς χώρους αποδεικνύονται μεγαλύτερες από ότι σε υπαίθριους χώρους (Πολυμενέας, 2004) και φαίνεται να σχετίζονται με το σύνδρομο των άρρωστων κτηρίων (Sick Building Syndrome). Ο όρος περιγράφει συμπτώματα τα οποία παρουσιάζουν άτομα παρευρισκόμενα εντός κτηρίου και όχι εκτός. Η ποιότητα του αέρα σε εσωτερικό χώρο υποβαθμίζεται από τη χρήση τσιγάρου, τον μη επαρκή αερισμό, τη καθαριότητα (απολύμανση), από το μαγείρεμα αλλά και από την είσοδο του ήδη υποβαθμισμένου αέρα του εξωτερικού περιβάλλοντος (Γρηγοριάδης, 2016 & Kwon *et al.*, 2018).

3.3.7 Νιτρικό Υπεροξυακετύλιο - PAN

Το νιτρικό υπεροξυακετύλιο (PAN), αποτελεί ένα δευτερογενή ρύπο στην ατμόσφαιρα και ευθύνεται για την υποβάθμιση της ποιότητας του αέρα στα αστικά κέντρα (φωτοχημικό νέφος) και στην τροπόσφαιρα (σχηματισμός O_3). Είναι αρκετά σταθερή πτητική ένωση και λειτουργεί ως ένας μηχανισμός αποθήκευσης – μεταφοράς οξειδίων του Αζώτου (NO_x) (Γρηγοριάδης, 2016).

Σε ένα περιβάλλον με χαμηλά επίπεδα NO_x η προσπίπτουσα ακτινοβολία (UV- B) επιφέρει μείωση τροποσφαιρικού όζοντος ενώ σε περιοχές υψηλής συγκέντρωσης NO_x

η προσπίπτουσα UV-B έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του τροποσφαιρικού όζοντος (Singh *et al.*, 1986).

Εκπομπές PAN και διάσπαση του O_3 έχουμε από καυσαέρια αεροπλάνων και από οργανικά φθοριούχα αέρια σπρέι (Singh *et al.*, 1992).

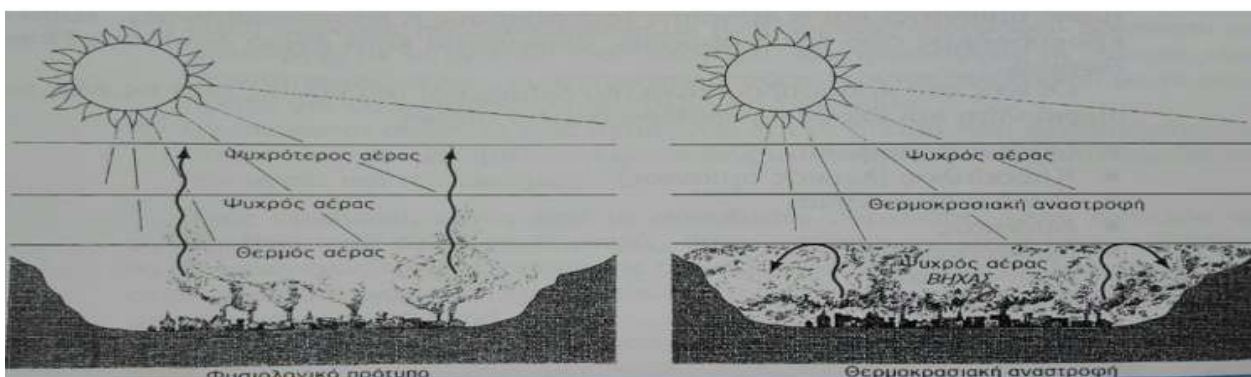
Πάνω από την Βόρεια Αμερική και την Γροιλανδία σε μία αποστολή Αρκτικής Οριακής Στρώσης (7-8 / 1988) με υψόμετρο από 0 – 6km οι PAN ανευρέθηκαν κατά 25 φορές μεγαλύτεροι σε σύγκριση με τα NO_x και αυτή η διαφορά αυξήθηκε περισσότερο με το αυξανόμενο ύψος και πλάτος. Χωρίς την παρουσία PAN οι δείκτες ανάμειξης (NO_x και O_3) στη τροπόσφαιρα της Αρκτικής θα ήταν χαμηλότεροι (Tang *et al.*, 1998).

Θερμοκρασιακή Αναστροφή

Στην τροπόσφαιρα τα στρώματα αέρα που απαντώνται σε επαφή με το έδαφος ή με τις θαλάσσιες περιοχές μεταβάλουν τη θερμοκρασία του αέρα δημιουργώντας μία σχέση αντιστρόφως ανάλογη, δηλαδή μεγαλύτερο ύψος – χαμηλότερη θερμοκρασία, χαμηλότερο υψόμετρο (ή καθόλου) μεγαλύτερη θερμοκρασία. Αυτό συμβαίνει λόγω διαφορετικής θερμό-χωρητικότητας μεταξύ αέρα και γης. Κατά τη διάρκεια της ημέρας η γη θερμαίνεται με γρηγορότερους ρυθμούς απ' ό τι ο αέρας, ως αποτέλεσμα τη σταδιακή άνοδο της θερμοκρασίας του αέρα από κάτω προς τα πάνω και την έναρξη εναλλαγών θερμότητας (λόγω διαφοράς θερμοκρασίας) (ΕΕΣ, 2018).

Σε περιπτώσεις όπου ο ανωτέρω μηχανισμός λειτουργεί διαφοροποιημένα, έχουμε το φαινόμενο της «αναστροφής», δηλαδή την αναστροφή της κατακόρυφης μεταβολής της θερμοκρασίας του αέρα. Με αυτό το τρόπο σε μια δεδομένη στιγμή η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη στα κοντινότερα προς τη γη στρώματα και μικρότερα στα πιο απομακρυσμένα. Το φαινόμενο της αναστροφής χαρακτηρίζεται από το ύψος (θεωρείται το απόλυτο υψόμετρο κατώτερου στρώματος όπου παρουσιάζεται η αλλαγή της θερμοβαθμίδας σε σχέση με τη κανονική), το πάχος (ως το ύψος που καλύπτει η αναστροφή από το κατώτερο τμήμα όπου αντιστρέφεται η κανονική κλίση μέχρι το ανώτερο όπου αντικαθίσταται η θερμοβαθμίδα), την ένταση (θετική θερμοβαθμίδα – η κλίση της αυξητικής μεταβολής) και τη διάρκεια (ο χρόνος που κρατάει η αναστροφή) (Φωτιάδη, κ.κ.).

Κατά τη διάρκεια της νύκτας, η γη ακτινοβολώντας θερμότητα, («νυχτερινή αναστροφή») ψύχεται ταχύτερα από ότι τα υπερκείμενα στρώματα αέρα ως αποτέλεσμα η γη και τα χαμηλότερα στρώματα αέρα να παρουσιάζουν μικρότερες θερμοκρασίες από τα υψηλότερα. Με την ανατολή του ηλίου έχουμε και εναλλαγή του φαινομένου αναστροφής (Τζανάκης, 1993)



Εικόνα 3.8. Φαινόμενο θερμοκρασιακής Αναστροφής

Το φαινόμενο της «αναστροφής» αποτελεί δυσμενή παράγοντα για τη ρύπανση του ατμοσφαιρικού αέρα εγκλωβίζοντας τους παραγόμενους αέριους ρύπους. Όσο μεγαλύτερο το πάχος, η ένταση και η διάρκεια της, τόσο επιτείνεται το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης ανά περιοχή. Το πρόβλημα μειώνεται μόνο και όταν οι ατμοσφαιρικές συνθήκες επανέλθουν στην κανονική θερμοβαθμίδα (Δετοράκης, 2003).

Έντονα φαινόμενα ρύπανσης έχουμε τις χειμερινές περιόδους, όπου η εμφάνιση των αναστροφών τις πρώτες πρωινές ώρες σε συνδυασμό με την υπερλειτουργία των πηγών και την αύξηση εκπομπών ρύπων, οξύνουν την κατάσταση. Σε μία χαμηλή αλλά ισχυρή αναστροφή μερικών εικοσιτετράωρων, οι αιχμές ρύπανσης που τη συνοδεύουν δύναται να φθάσουν σε μεγάλες τιμές, πρωτογενών αλλά και δευτερογενών ρύπων (Δετοράκης, 2003).

Αναστροφές έχουμε και κατά την μεταφορά ψυχρών ή θερμών ρευμάτων από μακρινές αποστάσεις αποτελώντας μέρος των μετακινήσεων του αέρα και θέτοντας το ζήτημα μεταφοράς ρύπανσης σε παγκόσμια κλίμακα, οδηγώντας στη λήψη μέτρων για τον περιορισμό της λειτουργίας των πηγών (Φωτιάδη, κ.κ.).

3.3.8 Βαρέα Μέταλλα - Μόλυβδος - Pb

Τα βαρέα μέταλλα ανήκουν στην κατηγορία χημικών στοιχείων με αυξημένη τοξικότητα για τον ανθρώπινο οργανισμό. Μέταλλα όπως το αρσενικό, το κάδμιο, το νικέλιο, ο υδράργυρος, το χρώμιο, ο ψευδάργυρος, ο μόλυβδος και άλλα εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό, μέσω του αέρα και του νερού-τροφής, προκαλώντας δυσλειτουργίες σε αρκετά οργανικά συστήματα του ανθρώπου όπως δηλητηρίαση, ενδοκρινολογικές και νευρολογικές διαταραχές, βλάβη στο DNA, αλλά και ανάπτυξη τύπων καρκίνου. Στα παιδιά συμπεριλαμβάνονται διαταραχές συμπεριφοράς, νευρογνωστικές διαταραχές, καρδιαγγειακές παθήσεις, διανοητική υστέρηση και άλλα (Osman *et al.*, 2019 & Santa *et al.*, 2019).

Συγκεκριμένα το Αρσενικό (As), το Κάδμιο (Cd), το χρώμιο (Cr), ο Υδράργυρος (Hg) και ο Μόλυβδος (Pb) παρουσιάζουν τοξικές επιδράσεις ακόμη και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις, θεωρώντας τα, πιο επικίνδυνα για το περιβάλλον και τον άνθρωπο. Σε αντίθεση με άλλες οργανικές ενώσεις συσσωρεύονται στο περιβάλλον με μεγάλη διάρκεια ζωής. Στην ατμόσφαιρα ανευρίσκονται ως ίχνη προσκολλημένα στα αιωρούμενα σωματίδια και μεταφέρονται με ρεύματα αέρα από περιοχή σε περιοχή καλύπτοντας μεγάλα γεωγραφικά πλάτη (Rehman *et al.*, 2018 & Duzgoren-Aydn and Weiss, 2008).

Τα βαρέα μέταλλα εισέρχονται στην ατμόσφαιρα από εκπομπές βιομηχανικών εγκαταστάσεων, αυξημένης κυκλοφορίας οχημάτων, εργοστάσια μπαταριών, χρήση γαιανθράκων, χυτήρια, καύση βιομηχανικών και αστικών αποβλήτων. Η μεγαλύτερη πηγή Pb προέρχεται από τις βαφές που χρησιμοποιούνται και περιέχουν μόλυβδο σαν βασικό συστατικό, παρόλο που αποφεύγεται η χρήση τους, υπάρχουν ακόμα αρκετά παλαιά σπίτια με παρόμοια κατασκευή. Επίσης το νερό του σπιτιού μπορεί να περιέχει

μόλυβδο από παλαιές υδραυλικές εγκαταστάσεις (Goddard *et al.*, 2019 & Kim *et al.*, 2019).

Ο μόλυβδος (Pb) σαν μέταλλο ανευρίσκεται στη φύση και στο φλοιό της γης, έχει υψηλή πυκνότητα με χαμηλό σημείο τήξης. Πριν το 19^ο αιώνα είχε ευρεία χρήση λόγω της ευκαμψίας του και του χαμηλού κόστους του και αποτελούσε στοιχείο επιλογής για μικροκατασκευές (μπαταρίες) μέχρι και εγκαταστάσεις (οικοδομές). Πέραν αυτής της χρονικής περιόδου η χρήση του ελαττώνεται σημαντικά καθ' ότι παρουσιάζει αυξημένη τοξικότητα με επιδράσεις στην υγεία όπως εγκεφαλική βλάβη, νευρολογικές διαταραχές, καρδιαγγειακά προβλήματα, ακόμη και σε πολύ χαμηλά επίπεδα έκθεσης (Osman *et al.*, 2019 & Santa *et al.*, 2019).

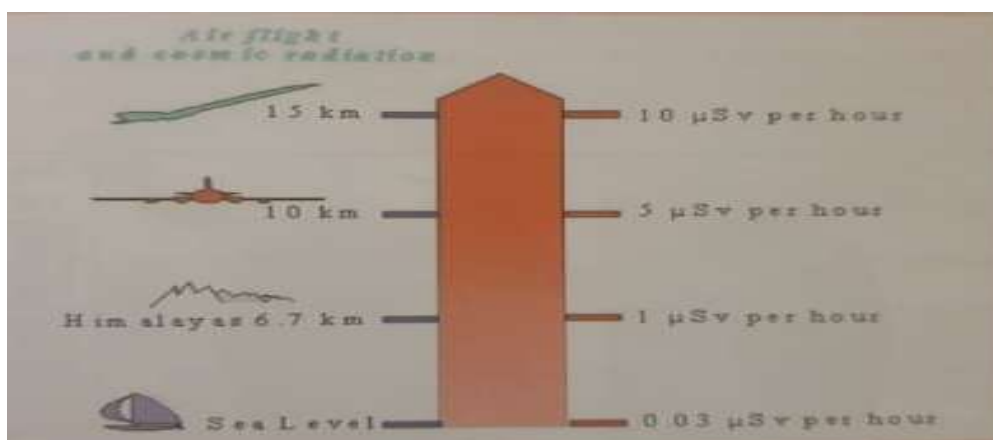
Έως το 1995 η βενζίνη με μόλυβδο καταργήθηκε και αντικαταστάθηκε η χρήση της αμόλυβδης βενζίνης. Οι εκπομπές μόλυβδου στον αέρα μειώθηκαν σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες αλλά οι ποσότητες Pb σε ορισμένα εδάφη παραμένουν αυξημένες, λόγω του μικρού μεγέθους σωματιδίων, της ανθεκτικότητας τους στο περιβάλλον, της επαναιώρησης και ακινητοποίησης από μολυσμένα εδάφη και χωματοδρομους, αποτελώντας πηγή πρόσληψης Pb, μέσω του εδάφους, ιδιαίτερα για άτομα νεαρής ηλικίας (< 5 ετών) (Duzgoren-Aydn and Weiss, 2008). Κατανέμεται στο περιβάλλον από εκτεταμένη χρήση σε χρώματα, εκρηκτικά, λάσπη, βιομηχανικά απόβλητα. Ο Pb δεν απορροφάτε από τα φυτά και με καλό πλύσιμο απομακρύνεται η συγκέντρωση του (Osman *et al.*, 2019 & Santa *et al.*, 2019 & Δετοράκης, 2003).

3.3.9. Άλλοι Ρύποι

Ο άνθρωπος εκτίθεται σε ακτινοβολία που προέρχεται από τον ήλιο αλλά και από διάφορα συστατικά της γης. Αέρια που προέρχονται από το έδαφος καταστρέφουν το προστατευτικό επίπεδο της στρατόσφαιρας του όζοντος με αποτέλεσμα η υπεριώδη ακτινοβολία να φτάνει στη γη με δυσάρεστα αποτελέσματα για τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Υπολογίζεται ότι στις ΗΠΑ εμφανίζονται 100-200.000 νέα περιστατικά καρκίνου του δέρματος κάθε χρόνο. Η φυσική ακτινοβολία προέρχεται από τους διάφορους πλανήτες που περιβάλλουν τη γη σε ποσοστό 15% (ποσότητα εξωτερικής ακτινοβολίας δέχεται ο άνθρωπος κατά την πτήση με αεροπλάνα). Η ποσότητα της φυσικής ακτινοβολίας σε ύψος 35.000 πόδια είναι 100 φορές μεγαλύτερη από αυτή στο επίπεδο της θάλασσας. Κύριο στοιχείο ακτινοβολίας είναι το ραδόνιο, ένα ραδιενεργό αέριο το οποίο παράγεται στους βράχους και στο έδαφος. Το ραδόνιο, ως ρυπογόνος ουσία εσωτερικών χώρων σχετίζεται με το καρκίνο του πνεύμονα (Θεοφανίδης, 2008 & Τσιτομενάς, 2018 & Harlon and Pickett, 1979).

Μέχρι την ανακάλυψη των ακτινών X η έκθεση στην ιονίζουσα ακτινοβολία προερχόταν από φυσικές πηγές. Με την επιστημονική και τεχνολογική ανάπτυξη ο άνθρωπος δημιούργησε ποικιλία πηγών ενέργειας ακτινών X (συνθετική ακτινοβολία) όπως, η ανακάλυψη της ατομικής ενέργειας, η διαγνωστική ακτινοβολία και τα ραδιοϊσότοπα, η χρήση Laser στην ιατρική και τη βιομηχανία και όλες οι ηλεκτρονικές

συσκευές. Ο άνθρωπος εκτίθεται σε ποσοστό 94% στη συνθετική ακτινοβολία (ιατρικοί λόγοι) ενώ το 40% αφορά τη συνολική έκθεση του ατόμου στην ακτινοβολία (Θεοφανίδης, 2008 & Τσιτομενάς, 2018 & Harlon and Pickett, 1979).



Εικόνα 3.9. Ισοδύναμη Δόση Ακτινοβολίας ανά Υψόμετρο

Οι πυρηνικές δοκιμές, οι πυρηνικοί αντιδραστήρες και τα όπλα αποτελούν τη μεγαλύτερη πηγή ακτινοβολίας και οι κάτοικοι που εκτίθενται σε ακτινοβολία που απελευθερώνεται από όλα τα παραπάνω συν τα πυρηνικά ατυχήματα (Chernobyl 1986) κινδυνεύουν με θάνατο ή καρκινογένεση. Η ραδιενέργεια χρησιμοποιείται για εκτόξευση πυραύλων και σε περιπτώσεις ατυχήματος (πτώση πυραύλου) ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα μεγάλη ποσότητα ραδιενεργών συστατικών (Κυριακίδου, 2004 και Δετοράκης, 2003).

Ο EPA ανέπτυξε ένα δείκτη ποιότητας αέρα (AQI) για την ενημέρωση των καθημερινών επιπέδων ατμοσφαιρικών ρύπων. Ο πίνακας περιέχει επιτρεπόμενα όρια των εκπομπών των ρύπων όπου καθορίζει την επικινδυνότητα που εμφανίζουν στο πληθυσμό.

Αφορά τους ρύπους όπως CO, ο Pb, το NO₂, το O₃, τα PM και το SO₂. Για παράδειγμα επιτρεπτά όρια για το SO₂ είναι 0,14ppm/24ωρο και για το O₃ 0,085ppm/8ωρο. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις υπερβαίνουν τα εθνικά όρια (EPA 2, 2017)

ΑQI περιοχή	ΕΡΑ Χρωματική κλίμακα	ΕΡΑ κατάταξη	Καθαρότητα αέρα - Επιπτώσεις στην Υγεία
0 - 50	Πράσινο	Καλή	Καλή ποιότητα αέρα, δυνατότητα ανάπτυξης φυσικών δραστηριοτήτων χωρίς επιπτώσεις στην Υγεία
51 - 100	Κίτρινο	Ενδιάμεση	Αποφυγή κυκλοφορίας ιδίως το απόγευμα για τις ευπαθείς ομάδες, όπου η συγκέντρωση του όζοντος είναι μέγιστη
101 -150	Πορτοκαλί	Επικίνδυνη για ευπαθείς ομάδες	Μεγάλη επιρροή των ατόμων και κυρίως των ευπαθών ομάδων, αποφυγή κυκλοφορίας το απόγευμα (Μέγιστη συγκέντρωση O ₃)
151- 200	Κόκκινο	Επικίνδυνη	Αποφυγή κυκλοφορίας πρωινές ώρες (Επίπεδα O ₃ υψηλά)
201-300	Ιώδες	Πολύ επικίνδυνη	Μεγάλο ποσοστό του πληθυσμού επηρεάζεται – Αποφυγή κυκλοφορίας
>300	Μαύρο	Τοξική	Απαγορευτική η κυκλοφορία για όλες τις ομάδες πληθυσμού

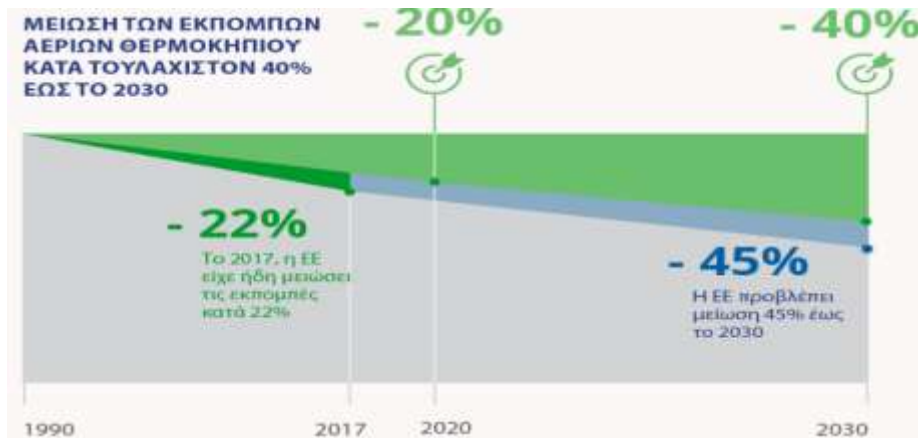
Εικόνα 3.10. Όρια ποιότητας αέρα σύμφωνα με την ΕΡΑ

Την τελευταία εικοσαετία πραγματοποιούνται Παγκόσμιες διασκέψεις με τη συμμετοχή όλων σχεδόν των κρατών-μελών του ΟΗΕ με σκοπό την μείωση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης του πλανήτη και τον περιορισμό των εκπεμπόμενων ρύπων στην ατμόσφαιρα όπως στο Ρίο το 1992, στο Βερολίνο το 1995 στο Toronto το 1998. Στο Κιότο της Ιαπωνίας το 1997, οι ΗΠΑ ως μεγαλύτερη ρυπογόνος χώρα συμφώνησε να προχωρήσει για μείωση κατά 7% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990, οι χώρες της ΕΕ κατά 8%, η Ιαπωνία κατά 6% στο χρονικό διάστημα από το 2008 έως το 2012 ενώ η αρχική πρόταση ήταν μείωση κατά 15% η οποία δεν έγινε δεκτή από την Αμερική και την Ιαπωνία (Κυριακίδου, 2004). Η τελευταία διάσκεψη του ΟΗΕ έλαβε χώρα στη Μαδρίτη της Ισπανίας στις 19 Δεκεμβρίου 2019 με υλοποίηση των στόχων από την Διάσκεψη του Παρισιού το 2015 και την έναρξη εφαρμογών για την υλοποίηση στόχων έως το 2030 (ΟΗΕ, 2019).

Η λύση υπάρχει στην αναζήτηση και χρήση άλλων πηγών ενέργειας (ηλιακή/αιολική/υδρηνέργεια), κίνηση ηλεκτρονικών οχημάτων και αυτοκινήτων («ηλιακές μπαταρίες»), καύση φυσικού αερίου με εκροές μισού μεγέθους, σε σχέση με το κάρβουνο (43%) και σε σχέση με το πετρέλαιο (30%). Η σύνταξη σχεδίων εξοικονόμησης ενέργειας με σωστή διαχείριση και κατανάλωση υδρογονανθράκων όλων των χρήσεων (οικιακών, βιομηχανικών, μεταφορών), μελέτη και εφαρμογή προγραμμάτων αναδασώσεως σε παγκόσμια κλίμακα για απορρόφηση και αφομοίωση ποσοτήτων CO₂ και αερίων του θερμοκηπίου (Κυριακίδου, 2004).

Το οικονομικό κόστος, η ανεργία, η πτώση της παραγωγής και ανάπτυξης, η ανάσχεση της τεχνολογικής προόδου αλλά και η σκέψη για κέρδος αποτελούν ανυπέβλητα εμπόδια και φθάνουν έως την αγνόηση των απειλών για το αύριο.

«Αρνούμαστε να θεωρήσουμε ασύμβατα ένα υγιές κλίμα και μια υγιή ανάπτυξη. Μπορούμε να πετύχουμε και τα δύο, την πραγματικότητα, η επιτυχία και των δύο είναι αλληλένδετη. Η Ευρώπη έχει δείξει ότι είναι δυνατός ο συνδυασμός οικονομικής ανάπτυξης και μείωσης των εκπομπών. Η ενίσχυση της οικολογικής διάταξης δε σημαίνει αναγκαστικά οικονομική αποτυχία.» (Πρόεδρος Charles Michel - ΟΗΕ, 2019).



Εικόνα 3.11. Αποτελέσματα Εκπομπών Ρύπων από ΕΕ

Ο ΕΟΠ ως κέντρο δεδομένων για την ατμοσφαιρική ρύπανση της Ε.Ε. είναι υπέρ στην εφαρμογή νομοθεσίας που συνδέεται με τις εκπομπές ρύπων στην ατμόσφαιρα και την ποιότητα του αέρα και συνεισφέρει στην αξιολόγηση πολιτικών καθώς και την ανάπτυξη στρατηγικών για τη βελτίωση της ποιότητας του αέρα (ΕΟΠ, 2017).

4. Παθήσεις Αναπνευστικού Συστήματος

Η αναγνώριση των παθήσεων του αναπνευστικού συστήματος χαρακτηρίζεται από κοινά - κύρια σημεία και συμπτώματα που οδηγούν σε περεταίρω κλινικό και εργαστηριακό έλεγχο. Αυτά είναι η δύσπνοια, ο βήχας, η απόχρεμψη, η θωρακαλγία, η πληκροδακτυλία, η αιμόπτυση, η κυάνωση και η ποιότητα της φωνής. Οι προαναφερόμενες κλινικές εκδηλώσεις σχετίζονται τόσο με τη διάρκεια όσο και με τη βαρύτητα της πάθησης. Η λήψη του ιστορικού (ατομικό-κοινωνικό-επαγγελματικό) είναι υψίστης σημασίας στην εκτίμηση ασθενούς με αναπνευστική νόσο (Bourke and brewis, 2002).



Εικόνα 4.1. Ακτινογραφία Θώρακα – Βρογχεκτασία

Δύσπνοια: Είναι η δυσχέρεια στην αναπνοή, η δύσκολη ή η κοπιαστική αναπνοή. Είναι υποκείμενο σύμπτωμα που συνοδεύεται από αύξηση του βάθους των αναπνοών και με κλινική εκδήλωση είτε ως οξεία (οξύ πνευμονικό οίδημα, πνευμοθώρακας, υπεζωκοτική συλλογή υγρού), είτε ως χρόνια (εμφύσημα, πνευμονική ίνωση, χρόνια βρογχίτιδα). Στις αποφρακτικού τύπου πνευμονικές παθήσεις η δύσπνοια οφείλεται στο αυξημένο έργο για την υπερνίκηση των αντιστάσεων. Πέραν των αναπνευστικών παθήσεων εμφανίζεται και σε περιπτώσεις καρδιακής ανεπάρκειας, αναιμίες, δυσλειτουργίες Κ.Ν.Σ. (μηνιγγίτιδες, όγκοι) (Bourke and brewis, 2002 & Mengert *et al.*, 2000).

Βήχας: Είναι αποτέλεσμα ερεθισμού του βλεννογόνου σε οποιοδήποτε σημείο της αναπνευστικής οδού, με μια βίαιη εκπνευστική κίνηση μετά από σύσπαση των μεσοπλεύριων μυών και του διαφράγματος. Το κέντρο πρόκλησής του βρίσκεται στον προμήκη μυελό. Ο βήχας αποτελεί ένα κύριο προστατευτικό μηχανισμό κατά της συλλογής των παραγόμενων εκκρίσεων στους βρόγχους και στα βρογχιόλια (Mengert *et al.*, 2000 & Fraser *et al.*, 2009).

Συνήθη ερεθίσματα που προκαλούν βήχα είναι: τα ξένα σώματα, η σκόνη, ο καπνός, η τροφή, οι φλεγμονές, η βρογχίτιδα, η λαρυγγίτιδα, οι εκκρίσεις τραχειοβρογχικού

δένδρου, και η αυξημένη διεγερσιμότητα του τοιχώματος των αεροφόρων οδών ιδίως σε νευρωσικά άτομα (Guyton and Hall, 2001).



Εικόνα 4.2. Εισροφημένο Ξένο Σώμα

Η παρουσία βήχα δύναται να είναι ένδειξη σοβαρής πνευμονικής πάθησης και εκτιμάται η συχνότητα του, η διάρκεια του, ο τύπος και ο χαρακτήρας του. Σημεία όπως ξηρός ή παραγωγικός βήχας, επώδυνος ή επίπονος, εμφάνιση κατά την διάρκεια της ημέρας ή της νύχτας, κατά την έγερση από το κρεβάτι, σε συγκεκριμένη θέση ή αν συνοδεύεται από συριγμό (ήχος σαν σφύριγμα ή αναστεναγμός), αν σχετίζεται με κάπνισμα ή κάποια νόσο αποτελούν κλινικά χαρακτηριστικά με διαγνωστική σημασία (Μαλγαρινού και Κωνσταντινίδου, 2002 & Mengert *et al.*, 2000).

Απόχρεμψη: Είναι η παραγωγή και η αποβολή πτυέλων σε κάθε σταθερά επαναλαμβανόμενο ερέθισμα. Σε φυσιολογική κατάσταση το τραχειοβρογχικό δένδρο εκκρίνει περίπου 100εκ. βλέννα το 24ωρο, η οποία οδηγείται με την κατάποση στον πεπτικό σωλήνα. Σε παθολογικές καταστάσεις η ποσότητα αυξάνεται, αναμιγνύεται με φλεγμονώδη στοιχεία, μεταβάλλονται τα χαρακτηριστικά της και αποβάλλεται με το βήχα. Εκτιμάται η ποσότητα, ή όψη και η οσμή για την εντόπιση παθογένειας. Παραδείγματα: κάκοσμη πυώδης σε βρογχεκτασία, βλεννώδης σε βρογχικό άσθμα, κιτρινοπράσινη σε πνευμονικό απόστημα, ορώδη – αφρώδη – οροαιματηρή σε οξύ πνευμονικό οίδημα (Cecil, 2003).

Θωρακαλγία: Είναι ο πόνος στο θώρακα συνδεόμενος με πνευμονικές παθήσεις. Μπορεί να είναι οξύς – αμβλύς, επίμονος, διαξιφιστικός – διακεκομμένος, χρόνιος (φυματίωση - καρκίνος πνεύμονα) και εκτιμάται από το χαρακτήρα του πόνου (αυτόματο πνευμοθώρακα), την εντόπιση του (αποτελεί σημείο παθολογικής εξεργασίας – μπορεί να ακτινοβολεί και σε άλλα σημεία), τη θέση του αρρώστου (αν ανακουφίζεται σε συγκεκριμένη θέση), αν συνοδεύει την αναπνοή και τη σχέση του με το βήχα (αν επιδεινώνεται) (Δουγένης, 2002 & Fraser *et al.*, 2009).

Πληκτροδακτυλία: Είναι ένδειξη πνευμονικής πάθησης, εμφανίζεται σε χρόνιες υποξικές καταστάσεις, σε χρόνιες πνευμονικές λοιμώξεις και σε κακοήθεις νεοπλασίες του πνεύμονα.

Αιμόπτυση: Είναι η έξοδος αίματος από την αναπνευστική οδό μετά από πρόκληση βήχα ή η παρουσία αίματος στα πτύελα μετά από βήχα. Παρουσιάζει μεγάλη διαγνωστική σημασία. Εκτιμάται η ποσότητα, το χρώμα (βαθύ ή καθαρό), ο χαρακτήρας (με γραμμώσεις ή μη, αφρώδες) και γίνεται εμφανής σε πνευμονίες, σε παθήσεις του ανώτερου αναπνευστικού, σε φυματίωση, σε καρκίνο πνεύμονα, σε πνευμονική συμφόρηση, σε πνευμονική εμβολή και σε βρογχεκτασία (Cecil, 2003).

Κυάνωση: Είναι η κυανή (μπλε) δυσχρωσία του δέρματος και των βλεννογόνων. Παρατηρείται στα χείλη, τα νύχια, το δέρμα, στο λοβίο ωτός και διακρίνεται σε κεντρική: από ανεπαρκή κορεσμό σε O₂ του αρτηριακού αίματος (κακός αερισμός – κανονική αιμάτωση ή ανάμειξη φλεβικού αρτηριακού αίματος λόγω αλλαγής της ροής του) και σε περιφερική: από παθήσεις του κυκλοφορικού συστήματος. Η κεντρική εμφανίζεται σε αναπνευστικές παθήσεις ως ένδειξη υπό-αερισμού των πνευμόνων, διαταραχή διάχυσης των αερίων με πρόκληση υποξυγοναιμίας και αύξηση του ποσού της αναχθείσας αιμοσφαιρίνης και η περιφερική σε συγγενείς καρδιοπάθειες, Shock και άλλα (Μουτσόπουλος και Εμμανουήλ, x.x.).

Η Ποιότητα φωνής και ομιλίας: Οι παθήσεις του ανώτερου Αναπνευστικού Συστήματος επηρεάζουν τόσο τη ποιότητα της φωνής, όσο και την ομιλία: έχουμε ακρόαση τραχιάς φωνής, ο ήχος της φωνής μπορεί να έχει ρινική ποιότητα και να είναι αδύναμη, παρατηρείται αν υπάρχει κούραση κατά την ομιλία ή αν η ομιλία παρουσιάζει μικρές κομμένες προτάσεις (διήθηση λαρυγγικού νεύρου από όγκο) (Mengert *et al.*, 2000 & Netter, 2003).

4.1 Διαγνωστικές εξετάσεις

Σε κάθε περίπτωση που ο ασθενής παρουσιάζει κάποιο από τα ανωτέρω συμπτώματα προγραμματίζεται για περαιτέρω έλεγχο μέσω παρακλινικών εξετάσεων όπως οι δοκιμασίες της αναπνευστικής λειτουργίας, ο ακτινολογικός έλεγχος, οι ενδοσκοπικές εξετάσεις, οι εξετάσεις των πτυέλων, η παρακέντηση του θώρακα, η φυματιό-αντίδραση και οι ραδιοϊσοτοπικές διαγνωστικές δοκιμασίες (Fraser *et al.*, 2009).

Στον ακτινολογικό έλεγχο συμπεριλαμβάνονται η απλή ακτινογραφία θώρακα (απεικονίζεται μέγεθος, σχήμα και θέση οργάνου για διαπίστωση χρόνιων ή πρόσφατων παθολογικών ευρημάτων), η ακτινοσκόπηση θώρακα, η αξονική - υπολογιστική τομογραφία (CT – ακτινογραφία με δυνατότητα λεπτών τομών με ευκρινή απεικόνιση για τον έλεγχο των εν τω βάθει συμπαγών οργάνων με χορήγηση ή μη (σε αλλεργικά άτομα) σκιαγραφικής ουσίας), η μαγνητική τομογραφία (MRI – απεικόνιση σε λεπτές τομές χωρίς την έκθεση σε ραδιενέργεια ή ανεπιθύμητες παρενέργειες μακροπρόθεσμα) και το σπινθηρογράφημα πνευμόνων (Rogers, 2011 & Πάνου και Σαχίνη, 2007).

Οι ενδοσκοπικές εξετάσεις αφορούν τη βρογχοσκόπηση είτε διαγνωστική (βιοψία για ιστολογική εξέταση) είτε θεραπευτική (αφαίρεση ξένου σώματος, αναρρόφηση βρογχικών εκκρίσεων, βρογχοκυψελιδική έκπλυση, θεραπευτική χρήση ακτινών Laser), τη θωρακοσκόπηση ή πλευροσκόπηση για την εξέταση υπεζωκοτικής κοιλότητας ή παροχέτευσης πλευριτικού υγρού με κλειστή συσκευή παροχέτευσης (Bellow) και τη Μεσοθωρακοσκόπηση για διερεύνηση και βιοψία λεμφαδένων χωρίς απαραίτητα με θωρακοτομία (πνευμονικές κακοήθειες) (Nair and Peate, 2012).

Οι εξετάσεις πτυέλων αφορούν τη κυτταρολογική για την ανίχνευση τυχόν καρκινικών κυττάρων και τη μικροβιολογική για την εξέταση εκκρίσεων του ρινοφάρυγγα ή του τραχειοβρογχικού δένδρου με σκοπό το άμεσο παρασκεύασμα ή τη καλλιέργεια και το αντιβιογράμμα (Cecil, 2003).

Οι δοκιμασίες αναπνευστικής λειτουργίας αποτελούν βασικό μέρος για την παρακολούθηση, τη διάγνωση των πνευμονικών παθήσεων καθώς και τη πορεία μιας νόσου, εκτιμώντας τη μηχανική του αερισμού. Γίνεται με ειδική συσκευή το σπιρόμετρο (Mengert *et al.*, 2000).

Αναφέρεται στον όγκο της αναπνοής, δηλαδή: (Fraser *et al.*, 2009 & Μαλγαρινού και Κωνσταντινίδου, 2002)

- ◇ Τη Μέτρηση όγκου αέρα που εισπνέεται – εκπνέεται σε κανονική αναπνοή (350 – 500ml)
- ◇ Τη Μέτρηση όγκου αέρα / λεπτό (κατά την εισπνοή - εκπνοή) σε διάρκεια κανονικής ή ήρεμης αναπνοής (με μέση τιμή 7.000 – 9.000mL). Ο όγκος μπορεί να μειωθεί αν περιοριστούν οι ώσεις που μεταβιβάζονται από τον εγκέφαλο στους αναπνευστικούς μύες, αν κατασταλεί η λειτουργία του αναπνευστικού κέντρου, αν περιοριστούν οι κινήσεις του θώρακα ή του πνεύμονα και αν μειωθεί η λειτουργία πνευμονικού ιστού
- ◇ Τη Μέτρηση εισπνευστικού εφεδρικού όγκου, ο μέγιστος πρόσθετος όγκος από εκούσια εισπνοή μετά από ήρεμη εισπνοή (έως 3.000 mL)
- ◇ Τη Μέτρηση εκπνευστικού εφεδρικού όγκου, ο μέγιστος πρόσθετος όγκος που μπορεί να εκπνευστεί μετά από ήρεμη εκπνοή (μέση τιμή 1.100 – 2.000mL)
- ◇ Τον Υπολειπόμενο όγκο που παραμένει στους πνεύμονες μετά από εκπνοή του αναπνεόμενου και εφεδρικού όγκου. (μέση τιμή 1200 – 1500mL)
- ◇ Τη Ζωτική χωρητικότητα – η μέγιστη ποσότητα αέρα που μπορεί να εκπνευστεί ύστερα από μια μέγιστη εισπνοή (άθροισμα του εισπνευστικού εφεδρικού και εκπνευστικού εφεδρικού όγκου, μέση τιμή 4.000 – 5. 000mL)
- ◇ Τη Λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα – ο όγκος αέρα που παραμένει στους πνεύμονες μετά από κανονική εκπνοή. Μεταξύ αυτού του αέρα και του αίματος γίνεται η ανταλλαγή των αερίων (μέση τιμή 2.500mL)
- ◇ Τη Χωρητικότητα εισπνοής – η μέγιστη ποσότητα αέρα που μπορεί να εισπνευστεί – εκπνευστεί σε βεβιασμένο αερισμό/ λεπτό (μέση τιμή 100 – 150 L/min)
- ◇ Τη Χωρητικότητα εκπνοής – ο μέγιστος όγκος αέρα που μπορεί να εκπνευστεί μετά από μια μέγιστη εισπνοή σε διάστημα 1 – 3 λεπτά
- ◇ Ο Νεκρός χώρος – το μέρος του όγκου που δεν χρησιμοποιείται για την ανταλλαγή των αερίων. Ο λάρυγγας – τραχεία – βρόγχοι – βρογχιόλια περικλείονται με αέρα αλλά η ανταλλαγή αερίων γίνεται μόνο στις κυψελίδες.

Η Παρακέντηση θώρακα πραγματοποιείται για θεραπευτικό και διαγνωστικό σκοπό σε φλεγμονές, καρδιακή ανεπάρκεια (συλλογή υγρού αμφοτερόπλευρα), νεοπλασματικές εξεργασίες, κακώσεις θώρακα (πνευμοθώρακας - αιμοθώρακας) με σκοπό τη λήψη τεμαχίου από τον υπεζωκότα για βιοψία, τη λήψη υγρού για εξέταση, την έγχυση θεραπευτικών ουσιών (αντιβιοτικά - κυτταροστατικά) και την παροχέτευση αίματος (πνευμοθώρακας) (Αθανάτου, 2004).

Οι Δερμό-αντιδράσεις για φυματίωση: Η Mantoux για διαγνωστικό σκοπό με φυματίνη και τη διαπίστωση μιας φυματιώδους μόλυνσης. Με φυματίνη παλαιά OT (Old Tuberculin) και κεκαθαρμένη (καθαρισμένο πρωτεϊνικό παράγωγο) PPD (purified Protein Derivative) (Cecil, 2003).

Οι ραδιοϊσοτοπικές διαγνωστικές δοκιμασίες γνωστές ως σπινθηρογράφημα πνεύμονα περιλαμβάνουν το σπινθηρογράφημα αιμάτωσης πνεύμονα, αερισμού (εισπνοή μίγματος O_2 και ραδιενεργού αερίου για ανίχνευση ανωμαλιών αερισμού), εισπνοής (γίνονται ορατοί η τραχεία και οι μεγάλοι αεραγωγοί) και γαλλίου (ανίχνευση φλεγμονωδών καταστάσεων αποστημάτων – συμφύσεων και παρουσία/θέση/μέγεθος όγκου) και γίνεται μέσω ενδοφλέβιας χορήγησης ραδιοϊσοτόπου (Netter, 2009).

Ιδιαίτερα προβλήματα με Παθήσεις του Αναπνευστικού Συστήματος

Συμπεριλαμβάνονται: (Cecil, 2003 & Πάνου και Σαχίνη, 2007)

- Μειωμένο οξυγόνο στους ιστούς
- Μειωμένη απέκκριση CO_2
- Διαταραχή οξεοβασικής ισορροπίας
- Διαταραχή του θρεπτικού ισοζυγίου εξαιτίας ανορεξίας δευτεροπαθούς από την υποξία – κακή γεύση και δυσσομία στόματος – δύσπνοια – βήχας
- Διαταραχή ενεργειακού ισοζυγίου (πυρετός)
- Διαταραχή ισοζυγίου νερού και ηλεκτρολυτών
- Ελλιπής ύπνος, χαλάρωση και ανάπαυση εξαιτίας ενοχλητικών συμπτωμάτων
- Περιορισμός δραστηριοτήτων και άσκησης εξαιτίας υποξίας των ιστών, αδυναμίας, απώλειας βάρους
- Ψυχικά και κοινωνικά προβλήματα

4.2 Αέρια Αίματος

Όλο το έργο της ανταλλαγής των αερίων γίνεται από τους αναπνευστικούς μύες που προσφέρουν τις αναγκαίες δυνάμεις για τον αερισμό και το καρδιακό μυ που στέλνει αίμα στους πνεύμονες για να έρθει σε επαφή με το οξυγόνο (Μουτσόπουλος και Εμμανουήλ, x.x.).

Ο προσδιορισμός των αερίων του αρτηριακού αίματος και του κορεσμού της αιμοσφαιρίνης μας παρέχουν πληροφορίες για την επάρκεια του κυψελιδικού αερισμού των πνευμόνων, τη μεταφορά του O_2 , τη διάχυση και την οξεοβασική ισορροπία. Διαταραχές των φυσιολογικών τιμών οδηγούν σε μεταβολική αλκάλωση ή οξέωση (Αθανάτου, 2007).

Πίνακας 8. Φυσιολογική Τιμή Αερίων Αίματος

	Αρτηριακό	Φλεβικό	Διαταραχές
--	-----------	---------	------------

PH	7.35 - 7.45	7.31 – 7.42	<u>Οξέωση:</u> PH: 7,4- PCO2: 60- HCO3: 37
PO2 (mmHg)	80 – 100	30 – 50	<u>Αλκάλωση:</u> PH:7.4- PCO2: 30- HCO3: 18
PCO2 (mmHg)	35 – 45	39 – 55	
HCO3 (mEqL)	22 - 29	22 - 28	

Αναπνευστική Οξέωση: Συσσώρευση του CO₂ – υπερκαπνία με αύξηση των διπτανθρακικών (HCO₃) και ελάττωση του PH στο αίμα. Προκαλείται από παράγοντες που δημιουργούν υποαερισμό των πνευμόνων με εκδήλωση δύσπνοιας, αδυναμίας και αρρυθμιών σε περιπτώσεις βαριών πνευμονικών λοιμώξεων, πνευμονικά οιδήματα, κατάγματα πλευρών, πνευμονοπάθειες (Πάνου και Σαχίνη, 2007).

Αναπνευστική Αλκάλωση: Αύξηση αποβολής του CO₂ – υποκαπνία με μείωση των HCO₃ και αύξηση του PH στο αίμα με εκδήλωση ταχύπνοιας, απώλειας συνείδησης σε περιπτώσεις πνευμονικών λοιμώξεων, βρογχικού άσθματος, λοιμώξεις ΚΝΣ, δηλητηριάσεις, χρήση τεχνητής αναπνοής (αναπνευστήρες), ψυχογενής υπό-αερισμός (Mengert *et al.*, 2000 & Fraser *et al.*, 2009).



Εικόνα 4.3. Βρογχοπνευμονία από Aspergillus



Εικόνα 4.4. Εστιακές περιοχές Πύκνωσης

5. Νοσήματα Άνω Αναπνευστικής Οδού

5.1 Ρινίτιδα

Χαρακτηρίζεται από οξεία ή χρόνια φλεγμονή του βλεννογόνου της μύτης με κλινική εκδήλωση τη ρινική συμφόρηση και με συμπτώματα καταρροής, κνησμού, πταρμού και αίσθημα πίεσης Η οξεία οφείλεται κυρίως σε ιούς (ρινοϊός) και εμφανίζεται παροδικά κατά τους χειμερινούς μήνες ή σε μικρές ηλικίες, ενώ η χρόνια διακρίνεται σε υπερτροφική, ξηρή ρινίτιδα, ατροφική ρινίτιδα, όζαινα, αλλεργική και αγγειοκινητική ρινίτιδα (ιδιοπαθής). Η ρινίτιδα προκύπτει, πέραν του ιού, και από αερομεταφερόμενα σωματίδια στο περιβάλλον με απόκριση αλλεργικών ή μη μηχανισμών. Το άτομο εκτίθεται σε σκόνη ξύλου, τρίχες ζώων, χημικά (Beard, 2014 & Eifan and Durham, 2016).

Συχνά εξελίσσεται και εμπλέκει τις κοιλότητες των παρραρρίνιων κόλπων (κολπίτιδα – παγκολπίτιδα) και τις ευσταχιανές σάλπιγγες προκαλώντας μετωπιαίες κεφαλαλγίες και αίσθηση διαξιφιστικής ωταλγίας και εμβοών. Η οπισθορινική έκκριση βλέννας μπορεί να προκαλέσει βήχα. Μια διάγνωση ρινίτιδας οδηγεί στον έλεγχο άλλων

συνυπαρχουσών καταστάσεων όπως το άσθμα (Beard, 2014 & Eifan and Durham, 2016).

Η υπερτροφική περιλαμβάνει πάχυνση και υπερπλασία του βλεννογόνου από αλλεργιογόνες ουσίες και επανειλημμένες οξείες φλεγμονές. Η ξηρή χαρακτηρίζεται από ξηρότητα του βλεννογόνου και παρατηρείται στους γλύπτες και στους ανθρακωρύχους. Η ατροφική (χωρίς εφελκίδες και δυσσομία) και η όζαινα (με δύσοσμες εφελκίδες) παρουσιάζουν ατροφία του βλεννογόνου (Bourke and Brewis, 2002).

Η αλλεργική ρινίτιδα είναι από τις επικρατέστερες χρόνιες παθήσεις με προσβολή ένα στους τέσσερεις (1/4) του πληθυσμού κυρίως στις δυτικοποιημένες χώρες. Σχετίζεται άμεσα με το τρόπο ζωής, την «υπερβολική υγιεινή», διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, τον εμβολιασμό και τη χορήγηση αντιβιοτικών στα 2 πρώτα χρόνια ζωής. Οφείλεται σε πρωτεΐνες αλλεργιογόνων από τροφές, γύρη, χρώματα προσώπου, μαλλιών, κόπρανα ακάρεων, σκόνης, σωματίδια κατσαρίδας και παρουσιάζεται με ρινική αναπνευστική ανεπάρκεια λόγω οιδήματος του βλεννογόνου της μύτης και των κογχών. Προκύπτει από απόκριση υπερευαισθησίας τύπου I σε εισπνεόμενο αλλεργιογόνο (Eifan and Durham, 2016 & Chan *et al.*, 2018).

Η αγγειοκινητική ή ιδιοπαθούς ρινίτιδα οφείλεται σε απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας, μεταβολές ατμοσφαιρικής πίεσης, ρεύματα αέρα, κλιματισμό κλειστών χώρων ιδίως κατά τους θερινούς μήνες. Είναι αμφίπλευρη διάφορης διάρκειας (Beard, 2014).

Η ρινίτιδα (αλλεργική ή ιδιοπαθούς) αν και θεωρείται μη τόσο σημαντική ασθένεια δύναται να επηρεάσει την εργασία, το σχολείο, την ποιότητα του ύπνου και γενικότερα της ζωής (Chan *et al.*, 2018). Ο αριθμός ατόμων που τους απασχολεί στη καθημερινότητα ανέρχεται στα 58εκ. (αλλεργική) και στα 19εκ. (μη αλλεργική) στις ΗΠΑ ενώ 26εκ. ατόμων εμφανίζουν μικτή. Το κόστος για την αντιμετώπιση της στη κοινωνία ανέρχεται, για το 2002, στα 11.6δισ \$ (Beard, 2014).

Παραρρινοκολπίτιδα: Προκαλείται μετά από ιογενή λοίμωξη ρινός και συνοδεύεται από μείωση της φυσικής αντίστασης του βλεννογόνου με αποτέλεσμα δευτερογενείς βακτηριακή λοίμωξη με επέκταση στους παραρρινίους κόλπους. Το οίδημα του βλεννογόνου προκαλεί απόφραξη των στομιών και των κόλπων ώστε να μη μπορεί να διαφύγει η μολυσμένη βλέννη. Παρατηρείται από συμπτώματα πόνου, ρινικής απόφραξης, πυρετό, εντοπισμένη ευαισθησία (Bourke and Brewis, 2002).

5.2. Φαρυγγίτιδα

Αποτελεί μία φλεγμονή του λαιμού και συγκεκριμένα του φάρυγγα συνοδευόμενη από πυρετό με συμπτώματα πόνου στο φάρυγγα ή σε κάποιο αυτί, ξηρότητα στόματος, δυσκαταποσία, φουσαλιδώδεις εντοπίσεις στο οπίσθιο φάρυγγα, αλλοιώσεις φωνής, διόγκωση αδένων και γενικότερη κακουχία. Προκαλείται κυρίως από αλλεργίες και από ιογενείς ή βακτηριακές λοιμώξεις. Σε μη λοιμώδεις καταστάσεις προέρχεται από έκθεση σε καπνό, υγραμένο αέρα, νόσος γαστρεντερικής παλινδρόμησης, ξένο σώμα και οξεία θυροειδίτιδα, ενώ μικρότερο ποσοστό αποδίδεται στη μυκητιασική στοματίτιδα

(Candida) και σε ανοσο-κατασταλμένους ξενιστές από λήψη αντιβιοτικών ή εισπνεόμενων κορτικοστεροειδών. Μεταδίδεται με τα σταγονίδια ασθενών ή ασυμπτωματικών φορέων (Weber, 2014 & Γαρδίκας, 2005).

Προσβάλει κυρίως άτομα ηλικιών 5 – 15 ετών με υποκλινική λοίμωξη (είναι λιγότερο εμφανής σε παιδιά προσχολικής ηλικίας), ενήλικες και συχνά νεοσύλλεκτους σε στρατόπεδα. Θεωρείται εποχική νόσος με εμφάνιση κατά τη διάρκεια του χειμώνα και στις αρχές της άνοιξης και αποδίδεται σε γρίπη, ρινοϊός, αδενοϊός, εντεροϊός, ιός ανθρώπινης ανοσοανεπάρκειας (HIV), Epstein-Barr, τον ιό του έρπητα (90% -EBV), τον ιό coxsackie και το κυτταρομεγαλοϊό (10% - ιός του έρπητα 5) (ιογενείς) αλλά και σε Fusobacterial necrophorum και το β-αιμολυτικό στρεπτόκοκκο ομάδας A (βακτηριακές), στρεπτόκοκκοι ομάδας C ή G (λιγότερες επιπλοκές). Αρχικά ο μικροοργανισμός εντοπίζεται στις αμυγδαλές αλλά επεκτείνεται και στα λεμφικά όργανα της φαρυγγικής κοιλότητας (Δημητρακόπουλος, 1993 και Γαρδίκας, 2005).

5.3 Βλάβες Στοματικής Κοιλότητας

Η στοματική κοιλότητα είναι το αρχικό σημείο επαφής για τους παθογόνους και ερεθιστικούς παράγοντες του περιβάλλοντος που εισέρχονται στον αναπνευστικό σύστημα. Εκτείνεται από τη παρυφή των χειλιών προς τα πίσω και έως την ένωση της υπερώας και τη θηλή της γλώσσας. Οι αλλοιώσεις της, αφορούν τα χείλη, το βλεννογόνο στόματος και τα ούλα, την οδοντοστοιχία, την υπερώα, το κάτω μέρος του στόματος και δύο τριτημόρια της γλώσσας και συμπεριλαμβάνουν: (Netter, 2009 & Guyton and Hall, 2001 & Nair and Peate, 2012)

- τα Στοματικά Βλεννογονικά Έλκη (Αφθώδη Έλκη) με αλλοιώσεις του μη κερατινοποιημένου κινητού βλεννογόνου της στοματικής χώρας από μικροβιακές / ιογενείς λοιμώξεις, ανεπάρκεια θρεπτικών ουσιών, γενετική προδιάθεση και άλλα.
- η Ιογενής Στοματίτιδα από ιό του απλού έρπητα
- Ομαλός Λειχήνας αγνώστου αιτιολογίας με προσβολή 2%, καταστροφή επιθηλιακών κυττάρων και διήθηση παρακείμενου ιστού από λεμφοκύτταρα
- Κατιντίαση Στόματος ως συνηθέστερη αιτία μυκητιασικής λοίμωξης (Candida)
- Τριχωτή Γλώσσα από συσσώρευση κερατίνης και συμβιόντων μικροβίων στη νηματοειδή υφή της γλώσσας (καλοήθης κατάσταση) - Τριχωτή Λευκοπλακία (καλοήθης βλεννογονική βλάβη) και Γεωγραφική Γλώσσα από ατροφία της, με απώλεια των θηλών της
- Γλοιώματα – Ινώματα – Κοκκία Fordyce (κηλίδες κίτρινου χρώματος) – Τατουάζ από Αμάλαμα (αλλοιώσεις από οδοντιατρικές επεμβάσεις)

- Έπαρμα Υπερώας και Γνάθου (σκληρές αλλοιώσεις) – Στοματικό Θήλωμα (από λοίμωξη του ιού HPV)

6. Νοσήματα Κατώτερης Αναπνευστικής Οδού

6.1 Λαρυγγίτιδα – Βράγχος Φωνής

Αποτελεί φλεγμονή του λάρυγγα ως αποτέλεσμα λοίμωξης των αναπνευστικών οδών ή από κατάχρηση ομιλίας ή από πρωτοπαθούς λοίμωξη των φωνητικών χορδών και παρουσιάζεται με βράγχος φωνής, με αφωνία ή έντονο επίμονο βήχα και διακρίνεται σε οξεία και χρόνια (Witt *et al.*, 2014)

Η οξεία αποτελεί μέρος μια εκτεταμένης λοίμωξης οφειλόμενη σε κάποιο μικροοργανισμό και η χρόνια ως αποτέλεσμα συχνής εισπνοής ερεθιστικών αερίων, καπνού ή οινοπνεύματος (Γαρδίκας, 2005).

Σε περιπτώσεις γάστρο-οισοφαγικής παλινδρόμησης, η παρουσία οξέος και πεψίνης προκαλεί αλλοιώσεις στην περιοχή όπως λαρυγγικό οίδημα, ερύθημα, υπερτροφία βλεννογόνου, καρκινώματα και υπό-γλωσσική στένωση (Witt *et al.*, 2014).

Η λαρυγγοσκόπηση ενδείκνυται για αποκλεισμό φυματίωσης ή παρουσία όγκου του λάρυγγα (Witt *et al.*, 2014).

Το βράγχος φωνής προκαλείται από εσφαλμένη δόνηση της επιθηλιακής επένδυσης των φωνητικών χορδών - οτιδήποτε προκαλεί σφάλμα στην σύγκλιση αυτών οδηγεί σε ανώμαλη φωνή (Netter, 2009).



Εικόνα 6.1. Οιδηματώδης φωνητικές χορδές σε χρόνια Λαρυγγίτιδα

6.2 Οξεία βρογχίτιδα – Τραχειοβρογχίτιδα

Αποτελεί οξεία φλεγμονή του βλεννογόνου της τραχείας και του βρογχικού δένδρου αλλά και χρόνια φλεγμονή στα τοιχώματα και τον αυλό των αεραγωγών. Σε αρκετές περιπτώσεις έχουμε πλήρη αποδρομή της φλεγμονής και λειτουργική αποκατάσταση. Οφείλεται σε επέκταση λοίμωξης (β-αιμολυτικός στρεπτόκοκκος, πνευμονόκοκκος) των ανωτέρω αεροφόρων οδών και σε χρόνια ή μη έκθεση ρυπασμένης ατμόσφαιρας από βιομηχανικούς ρύπους, σκόνη, καπνό (αιθαλομίχλη, καπνός τσιγάρου), ερεθιστικά αέρια. Εμφανίζεται κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες με συχνότερη απάντηση σε καπνιστές ή άτομα με χρόνιες πνευμονικές παθήσεις. Παρουσιάζεται μέσω ποικίλων συμπτωμάτων όπως άλγος στο θώρακα, ξηρός ή παραγωγικός – ερεθιστικός βήχας, βλενώδη πτύελα, άλγος στο στέρνο (κατά το βήχα), εμφάνιση πυρετού, κεφαλαλγία,

απόχρεμψη (ως αντίδραση φλεγμονής), ανεπαρκή κορεσμό (μειωμένος αερισμός) και γενικότερη κακουχία (Braman, 2016 & Μαλγαρινού και Κωνσταντινίδου, 2002).

Η τραχειοβρογχίτιδα αποτελεί απειλή σε άτομα με ήδη υπάρχουσα πνευμονική ή καρδιακή πάθηση και δύναται να συνυπάρχει με ερύθημα φάρυγγα ή λαρυγγίτιδα, πρόσθια αυχενική λεμφαδενοπάθεια και συριγγό με υγρούς ρόγχους στη βάση του πνεύμονα.

Η ακτινογραφία θώρακος, οι καλλιέργειες πτυέλων και το αντιβιογράμμα αποκλείουν το ενδεχόμενο βρογχοπνευμονίας (Cecil, 2003).

Η χρόνια βρογχίτιδα χαρακτηρίζεται από βρογχική έκκριση με άφθονα βλενώδη ή και βλενοπυώδη πτύελα με συνήθη εμφάνιση από 30 ετών έως και 60 ετών και με αναλογία ανδρών/γυναικών 4:1 κυρίως στις εργατικές τάξεις. Κύριες αιτίες εμφάνισης της είναι το κάπνισμα, η ατμοσφαιρική ρύπανση και οι λοιμώξεις του αναπνευστικού και μια υποτροπή υπάρχουσας οξείας βρογχίτιδας (Braman, 2006 & Segal, 2018).

6.3 Χρόνια Αποφρακτική Πνευμονοπάθεια - ΧΑΠ

Η ΧΑΠ είναι μια ευρεία κατηγορία παθήσεων όπου περιλαμβάνονται σε αυτήν η χρόνια βρογχίτιδα, η βρογχεκτασία, το πνευμονικό εμφύσημα και το βρογχικό άσθμα. Είναι μία αργή προοδευτική, ανεπανόρθωτη απόφραξη των αεροφόρων οδών και η ακριβής αναγνώριση της απαιτεί χρόνια ώστε να καταστεί κλινικά σημαντική. Η παρουσία δύσπνοιας κατά την προσπάθεια, η μειωμένη ροή αέρα, η παραγωγή πτυέλων, η απόχρεμψη με αλλαγή στα χαρακτηριστικά της και η αναπνευστική ανεπάρκεια οδηγούν στην υποψία υπάρχουσας ΧΑΠ σε άτομα κυρίως μέσης και μεγαλύτερης ηλικίας. Αυτό συμβαίνει διότι τα συμπτώματα που εμφανίζει είναι κοινά και προϋπάρχουν ήδη σε άτομα (απόχρεμψη, παραγωγή πτυέλων, δύσπνοια) που αντιμετωπίζουν κάποια αναπνευστική πάθηση. Ύποπτα σημεία αποτελούν η χρόνια υπερπλήρωση των πνευμόνων με αέρα (αύξηση της πρόσθιο-οπίσθιας διαμέτρου του θώρακα) με περιφερική κυάνωση, ελάττωση αναπνευστικού ψιθυρίσματος και παρουσία ξηρών/υγρών ρόγχων με συριγγό. Τα αρχικά ευρήματα είναι η ελαττωμένη ταχύτητα ροής με μικρότερους πνευμονικούς όγκους, ακολουθούμενη από ελάττωση ενεργειακού εκπνευστικού όγκου, η αύξηση (διαφόρων βαθμών) του υπολειπόμενου όγκου της ενεργητικής ζωτικής χωρητικότητας και η λειτουργική υπολειπόμενη χωρητικότητα με ελάττωση της ικανότητας διάχυσης του μονοξειδίου του άνθρακα. Παρουσία υποκαπνίας – υερκαπνίας. (κεφάλαιο 4^ο πίνακας 8) (Segal, 2018 & Fraser *et al.*, 2009).

Πέραν της γενετικής προδιάθεσης οφείλει την παρουσία της, (ή σε πλήθος) σε απόρροια διαφόρων περιβαλλοντικών αλληλεπιδράσεων. Η ρύπανση του αέρα, το κάπνισμα (ιδίως χρόνιο), το οικογενειακό ιστορικό, η έλλειψη Αλφα-1 αντιθρυψίνης, η κυστική ίνωση και η επαγγελματική έκθεση αποτελούν παράγοντες κινδύνου, συμβάλλοντας στην ανάπτυξη της νόσου σε περίοδο 20 – 30 ετών. Παρουσιάζεται σε άτομα μέσης ηλικίας και επιδεινώνεται με τη πάροδο της ηλικίας. Η ζωτική χωρητικότητα και ο βεβιασμένος εκπνευστικός όγκος/ λεπτό μειώνεται με την πάροδο του χρόνου και την έναρξη γήρατος, αλλά η ΧΑΠ τονίζει πολλές από τις φυσιολογικές μεταβολές (Mengert *et al.*, 2000 & Hatipoğlu and Aboussouan, 2014).

Το κάπνισμα (ενεργητικό ή παθητικό) ανέρχεται σε ποσοστό κατά 90% με την δημιουργία ΧΑΠ. Σε ευάλωτες ομάδες ατόμων έχει σοβαρές παρενέργειες με προοδευτική μείωση της αναπνευστικής λειτουργίας. Η άμεση επίδραση του είναι η αυξημένη αντίσταση των αεραγωγών οδηγώντας μετά από χρόνια χρήση σε χρόνια απόφραξη των αεραγωγών ανεξαρτήτου φύλλου και ηλικίας, προκαλώντας στένωση των μικρών αεραγωγών (αποφρακτική βρογχιολίτιδα) και καταστροφή των κυψελίδων (εμφύσημα). Ο συνδυασμός ατμοσφαιρικής ρύπανσης και χρήσης τσιγάρου δρα πολλαπλασιαστικά ως αποτέλεσμα ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα (Gardiner and Harrington, 2009 & Zhang *et al.*, 2014).

Είναι η 5^η κατά σειρά αιτία θανάτου στις ΗΠΑ με αύξηση θνησιμότητας κατά 22% τα τελευταία 20 χρόνια. Προσβάλλει τουλάχιστον 32εκ. Αμερικανούς (Mengert *et al.*, 2000).

Έχουμε δύο συνήθεις κατηγορίες ασθενών τους “Pink Puffers” στους οποίους υπερέχει το εμφύσημα και τους “Blue Bloaters” όπου υπερέχει η χρόνια βρογχίτιδα (Mengert *et al.*, 2000).

6.3.1 Πνευμονικό Εμφύσημα

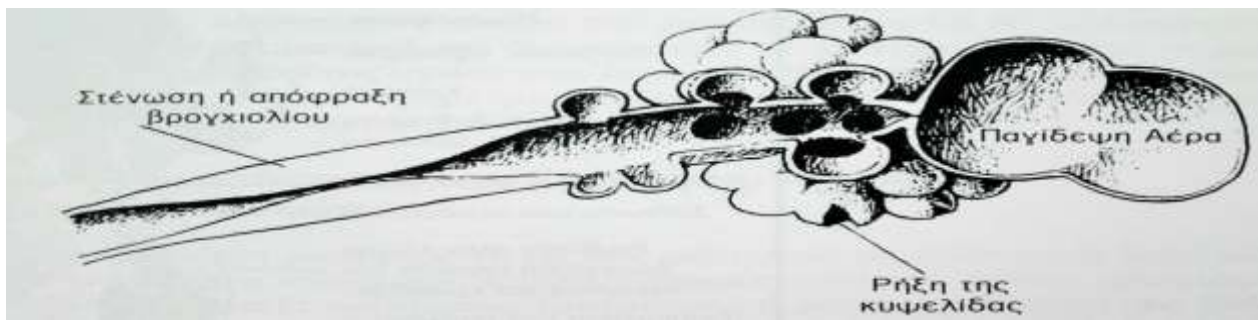
Είναι μια μη αναστρέψιμη κατάσταση που χαρακτηρίζεται από την καταστροφή του πνευμονικού ιστού και από δομικές μεταβολές μέσα στον πνεύμονα όπως: (Mengert *et al.*, 2000)

- υπερδιάταση/καταστροφή/λέπτυνση του τοιχώματος των πνευμονικών λοβίων λόγω παγιδευμένου αέρα
- ρήξη των ενδοκυψελιδικών διαφραγμάτων με αύξηση των κυψελιδικών χώρων και απώλεια αναπνευστικής μεμβράνης

Η διαταραχή δεν είναι ομοιόμορφη. Μπορεί να αφορά μόνο το κεντρικό τμήμα των πνευμονικών λοβίων λεγόμενο Κεντρολοβιακό εμφύσημα ή να συμπεριλαμβάνει τις δομές εντός του λοβίου και με συνδυασμό του κυψελιδικού πόρου και της κυψελίδας, το Πανδολοβιακό εμφύσημα.

Τα κυψελιδικά τοιχώματα καταστρέφονται, μειώνεται η κυψελίδο-τριχοειδική επιφάνεια και αυξάνεται ο νεκρός χώρος. Με τη καταστροφή των κυψελιδικών τοιχωμάτων, επέρχεται μείωση του τριχοειδικού κυψελιδικού δικτύου και αύξηση αντίστασης προς την αιματική ροή. Η δεξιά κοιλία ωθεί το αίμα στους πνεύμονες με μεγαλύτερη πίεση με αποτέλεσμα να επέλθει υπερτροφία και τελικά δεξιά καρδιακή ανεπάρκεια (πνευμονική καρδιά) (Cecil, 2003).

Αίτια που προκαλούν παρόξυνση του νοσήματος είναι η ατμοσφαιρική ρύπανση, το κάπνισμα, οι λοιμώξεις, το οινόπνευμα, παρευρισκόμενοι γενετικοί παράγοντες όπως η έλλειψη του ενζύμου α-αντιθρυψίνη (αναστολέας πρωτεάσης που προστατεύει τον αναπνευστικό ιστό από πρωτεολυτικά ένζυμα). Επίσης εμφανίζεται ως δευτεροπαθούς αιτιολογίας από βρογχίτιδα, βρογχικό άσθμα και ινωδών πνευμονικών παθήσεων (πυριτίαση, ίνωση) (Bourke and Brewis, 2002).



Εικόνα 6.2. Πνευμονικό Εμφύσημα. Στένωση - Απόφραξη Βρογχιολίων

Κύρια σημεία είναι η φλεγμονή και τα οιδήματα στους βρόγχους, η υπερέκκριση βλέννας, η απώλεια ελαστικής επανόδου αεραγωγών, η ελάττωση διάχυσης οξυγόνου, η υποξαιμία και η διαταραχή στην αποβολή CO₂ (υπερκαπνία – αναπνευστική οξέωση) (Nair and Peate, 2012).

6.3.2 Βρογχεκτασία

Ο όρος περιγράφει την χρόνια – μόνιμη διάταση των τοιχωμάτων των βρόγχων, αφορά μία ή περισσότερες περιοχές και οφείλεται στην καταστροφή του ελαστικού και μυϊκού υποστρώματος. Προέρχεται από απόφραξη βρόγχου, ατελεκτασία, λοιμώξεις, εισρόφηση ξένων σωμάτων - τροφής ή υλικού από την άνω αναπνευστική οδό με αποτέλεσμα την κατακράτηση εκκρίσεων, την εύκολη επιμόλυνση στην περιοχή και τη δημιουργία λοίμωξης. Αναπτύσσεται κατά την παιδική ηλικία όπου οι βρόγχοι είναι λεπτοί και ελαστικοί (Μαλαγρινού και Κωνσταντινίδου, 2002). Η κατακράτηση των εκκρίσεων και η απόφραξη των αεραγωγών οδηγεί σε σύμπτωση του περιφερικά κείμενου πνεύμονα (ατελεκτασία). Ο λειτουργικός ιστός αντικαθίσταται από ινώδη (φλεγμονώδη) ιστό με ανισοζύγιο αερισμού-αιμάτωσης και υποξαιμία (Γαρδίκας, 2005).

Περιλαμβάνει χρόνια βήχα με άφθονη , πυώδη απόχρεμψη (200-500ml) και πιθανή αιμόπτυση (Γαρδίκας, 2005).



Εικόνα 6.3. Διαστολή Βρόγχων

6.3.3 Βρογχικό Άσθμα

Είναι μία διαλείπουσα (ανά χρονικές περιόδους) αλλά χρόνια φλεγμονώδης κατάσταση αποφρακτικού τύπου των αεραγωγών. Χαρακτηρίζεται από μεγάλη αντιδραστικότητα σε διάφορα ερεθίσματα με διαφορετικότητα από άλλες πνευμονικές νόσους καθώς είναι μία αναστρέψιμη διεργασία (με χρήση φαρμάκων ή αυτόματα). Ενδείξεις βρογχικού άσθματος αποτελούν, η σύσπασση των μυών που περιβάλλουν βρόγχους-βρογχιόλια, οίδημα -πάχυνση του ενδοθηλίου βρόγχων-βρογχολίων και η υπερέκκριση βλέννας (Mengert *et al.*, 2000).

Διακρίνεται σε ενδογενές, εξωγενές και σε μεικτό (συνδυασμός και των δύο – πιο σύνηθες). Κύρια συμπτώματα είναι ο αναπνευστικός συριγμός, η χρόνια δύσπνοια με κρίσεις, η θωρακαλγία (ή αίσθημα σύσφιξης), ο χρόνιος βήχας. Μία βαριά παρατεταμένη κρίση άσθματος που δύναται να επιφέρει ακόμη και θάνατο είναι το Status Asthmaticus. Οφείλεται σε μεγάλη απόφραξη των αεραγωγών με διάρκεια πολλών ημερών χωρίς αντίδραση στη συνήθη αντιμετώπιση (θεοφυλλίνη, αμινοφυλλίνη, κορτικοειδή, βλεννολυτικά, αναστολείς λευκοτριενίων) (Nair and Peate, 2012 & Cecil, 2003).

Στις ΗΠΑ πάσχει το 3 – 5 % του πληθυσμού και εκδηλώνεται με οξείς παροξυσμούς διάρκειας λεπτών ή ωρών. Ένα ποσοστό του πληθυσμού περίπου 50% παρουσιάζει άσθμα στην παιδική ηλικία, ενώ πριν την ηλικία των 40 ένα 33% των περιπτώσεων (Μαλγαρινού και Κωνσταντινίδου, 2002).

Οφείλει την παρουσία του σε αλλεργιογόνα ή ιογενείς λοιμώξεις κυρίως τους χειμερινούς μήνες και στη γύρη τους θερινούς μήνες του έτους. Σε μη παρουσία αλλεργιογόνων, ερεθίσματα που προκαλούν ασθματική απόκριση είναι οι λοιμώξεις του αναπνευστικού, η συναισθηματική φόρτιση, οι αέριοι ρύποι, η φυσική άσκηση, η έκθεση στο ψύχος, η χρήση φαρμάκων (ασπιρίνη) και άλλων μη στεροειδών αντιφλεγμονωδών φαρμάκων (ΜΣΑΦ), τα χρώματα, οι ανοσολογικές απαντήσεις στο τρίχωμα των ζώων και άλλα (Mengert *et al.*, 2000 & Braun-Fahrlander *et al.*, 2002).

Η αστικοποίηση, το μέγεθος της οικογένειας (αριθμός αδερφών), η χρήση αντιβιοτικών ιδίως στη βρεφική περίοδο, η ελλιπή διατροφή (μη κατανάλωση φρούτων και λαχανικών), ο καθιστικός τρόπος ζωής, η κοινωνικοοικονομική κατάσταση αλλά και η μειωμένη έκθεση σε μικροβιακές ενδοτοξίνες του περιβάλλοντος φαίνεται να σχετίζεται, σε ένα μέρος, με την εμφάνιση άσθματος. (Yang *et al.*, 2017) Αποτελεί δυνητικά θανατηφόρο ασθένεια (έως 4.000/έτος στις ΗΠΑ) με ιδιαίτερη σημασία στο ότι κάθε θάνατος από άσθμα μπορεί να προληφθεί (Mengert *et al.*, 2000 & Braun-Fahrlander *et al.*, 2002).

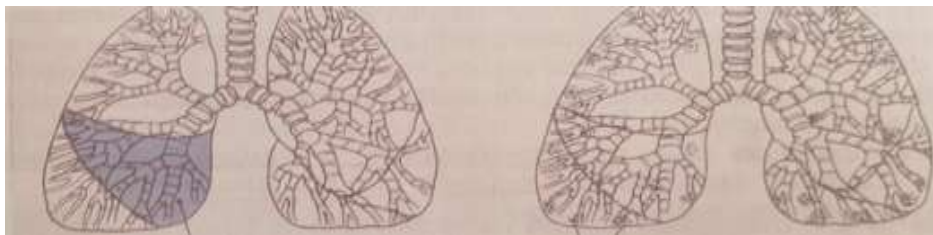
6.3.4 Ατελεκτασία

Ο όρος αναφέρεται όταν ο πνεύμονας ή ένα τμήμα του παρουσιάζει ατελή έκπτυξη και επιφέρει μείωση του αερισμού του. Αίτια που τη δημιουργούν είναι ο πνευμοθώρακας (αυξημένη πίεση), συλλογή πλευριτικού υγρού, συμπίεση του πνεύμονα από διαφραγματοκήλη με αποβολή αέρα και σύμπτυξη των κυψελίδων και από απόφραξη βρόγχων (πιο σύνηθες). Διακρίνεται σε αποφρακτική, παθητική, συμπιεστική, ουλορικνωτική και ατελεκτασία από σύμπτωση των κυψελίδων (Nair and Peate, 2012).

Η βαρύτητα εξαρτάται από το μέγεθος απόφραξης και από το σημείο εντόπισης του τμήματος του πνεύμονα. Έχουμε παρουσία βήχα, δύσπνοια, ταχυκαρδία, κυάνωση και κακουχία (Fraser *et al.*, 2009).

6.4 Πνευμονία

Αποτελεί μία λοίμωξη του πνευμονικού παρεγχύματος δηλαδή των κυψελίδων και των μικρών αεραγωγών η οποία χαρακτηρίζεται από αντικατάσταση του αέρα και των πόρων με φλεγμονώδες εξίδρωμα. Στο εξίδρωμα προσκολλώνται ερυθροκύτταρα-ουδετερόφιλα δημιουργώντας πύκνωση (μία στερεή μάζα). Εντοπίζεται στον ένα ή και στους δύο πνεύμονες ή σε κάποιο λοβό ή και λοβών αυτών (Nair and Peate, 2012).



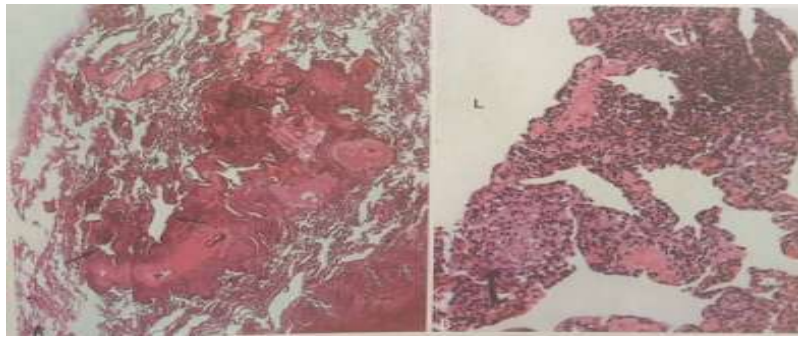
Εικόνα 6.4. Λοβώδης Πνευμονία – Πύκνωση σε ένα Λοβό (Αρ)

Βρογχοπνευμονία – Πύκνωση διάσπαρτη (Δε)

Είναι μια κατάσταση που επηρεάζει την ανταλλαγή των αερίων στις κυψελίδες με λιγότερη διάχυση O_2 από τις κυψελίδες προς τη πνευμονική κυκλοφορία. Επί το πλείστο αναπτύσσεται από εισπνεόμενα παθογόνα αλλά και ως αποτέλεσμα εισρόφησης τροφής και αερογενών λοιμώξεων (γρίπη). Κύρια παθογόνα που εμπλέκονται είναι ο πνευμονόκοκκος, ο σταφυλόκοκκος, το μυκόπλασμα, το χλαμύδιο πνευμονίας και η λεγιονέλλα (χρήση κλιματιστικών) (Mengert *et al.*, 2000).

Διακρίνεται σε κοινοτική (αλλεργική) και σε νοσοκομειακή (αναπτύσσεται εντός νοσοκομειακής μονάδας ύστερα από μακροχρόνια νοσηλεία ή χρήση φαρμάκων) (Fraser *et al.*, 2009).

Η παρατεταμένη και επανειλημμένη έκθεση σε οργανικές σκόνες δημιουργούν πνευμονίτιδα από υπερευαισθησία ή εξωγενής αλλεργική κυψελίτιδα. Περιλαμβάνει χρόνια, υποξία και οξεία μορφή ανάλογα με το χρόνο έκθεσης και την ουσία έκθεσης. Η χρόνια μορφή οδηγεί σε προοδευτική ίνωση και περιοριστική πνευμονοπάθεια. Εκδηλώνεται με παρουσία ρίγους, υψηλού πυρετού, σκουρόχρωμα πτύελα, ταχυκαρδία και δύσπνοια (Nair and Peate, 2012).



Εικόνα 6.5. Ιστολογική απεικόνιση - Εξωγενής Αλλεργική Κυψελίτιδα

Σε αντίθεση με το βρογχικό άσθμα όπου προκαλείται βρογχόσπασμος με ανοσοσφαιρίνες τύπου I η εξωγενής αλλεργική κυψελίτιδα επιτελείται με αντισώματα ιζηματινών (τύπου III υπερευαισθησίας κατά Gell και Coombs) και απαιτείται μεγαλύτερος αντιγονικός ερεθισμός. Τα σωματίδια που εισέρχονται στις κυψελίδες είναι εξαιρετικά μικρά (1-5μm) και λίγοι εμφανίζουν νόσο. Συνήθως απαντάται στους πνεύμονες των αγροτών (farmer's lung – οξεία ή χρόνια πνευμονίτιδα από εισπνοή σπόρων θερμόφιλων ακτινομυκήτων) (Γαρδίκας, 2005).

6.4.1 Πνευμονοκονιάσεις

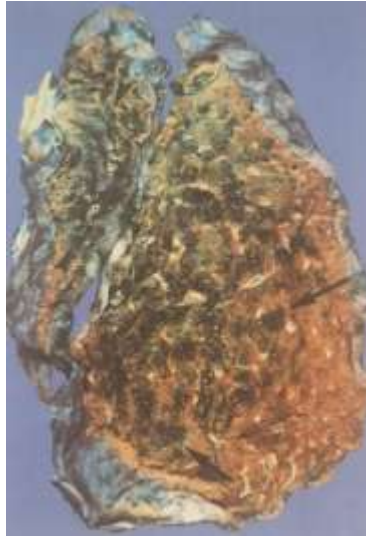
Είναι μη νεοπλασματικές μεταβολές του πνεύμονα από έκθεση σε οργανικές ή ανόργανες (ορυκτά) σκόνες και βλαβερά αέρια όπως καπνοί ή αερολύματα. Το μέγεθος της βλάβης που θα προκύψει εξαρτάται από τη σύνθεση της ουσίας, τις ερεθιστικές ιδιότητες, την ποσότητα-διάρκεια εισπνοής και την απόκριση του ξενιστή (Gardiner and Harrington, 2009).

Ανήκουν στην κατηγορία των πνευμονικών επαγγελματικών νόσων με άμεση έκθεση των εργαζομένων σε βιομηχανικές και χημικές τοξικές ουσίες. Μια πνευμονοκονίαση σε συνέργεια με το κάπνισμα αυξάνει το κίνδυνο δημιουργίας καρκίνου του πνεύμονα (Cecil, 2003).

Οι πιο συχνά απαντώμενες είναι η πυριτίαση, η αμιάντωση και η πνευμονοκονίαση των ανθρακωρύχων.

6.4.1.1 Πυριτίαση

Είναι η πρώτη πνευμονική νόσος που αναπτύχθηκε από έκθεση σε λεπτό, κρυσταλλικό διοξείδιο του πυριτίου ή χαλαζία. Ο φλοιός της γης αποτελείται από πυρίτη λίθο και πυριτικά άλατα. Κάθε μετάλλευση άνθρακα, κασσίτερου, χαλκού, αργύρου, χρυσού, ουρανίου ή λατόμευση σχιστόλιθου, αμμόλιθου ή διάνοιξη σήραγγας εκθέτουν τους εργαζόμενους σε εισπνοή σκόνης και σωματιδίων πυρίτη λίθου με ινογενητικές ιδιότητες προκαλώντας οζώδεις αλλοιώσεις ινώδης ιστού (1mm) σε όλη την έκταση των πνευμόνων. Έτσι σχηματίζονται πυκνώσεις με εκδήλωση σταδιακής αναπνευστικής δυσχέρειας. Η ανάπτυξη ινώδους ιστού μπορεί να επιφέρει εμφύσημα, πνευμονική υπέρταση και πνευμονική καρδιά (Bourke and Brewis, 2002 & Cecil, 2003).



Εικόνα 6.6. Πυριτίαση με προοδευτική μαζική ίνωση

6.4.1.2 Αμιάντωση

Χαρακτηρίζεται από διάχυτη πνευμονική ίνωση μέσω εισπνοής σκόνης αμιάντου (άσβεστος). Ο αμιάντος χρησιμοποιείται ευρέως στη σύγχρονη βιομηχανία με αναπόφευκτη τη μη χρήση του και είναι ένα μείγμα πυριτικών αλάτων, μαγνησίου, σιδήρου, ασβεστίου, νικελίου και αλουμινίου. Επαγγέλματα μετάλλευσης και βιομηχανίας όπως τσιμέντο, πλάκες στέγης, πλακάκια αμιάντου, άφλεκτες βαφές, επικαλύψεις φρένων και φίλτρων εκθέτουν πλήθος εργαζομένων στην εισπνοή ινών αμιάντου (Δρίβας, 2007).

Οι ίνες αμιάντου (κροκιδολίτη σε ποσοστό 5,1 %) ποικίλουν (με μήκος 50μm διαμέτρου 0,5μm είναι τα πιο επικύνδυνα) φθάνουν ως τις κυψελίδες, οι οποίες αλλάζουν σε ινώδη ιστό περιβαλλόμενο από σωματίδια αμιάντου. Σχηματίζεται υπεζωκοτική πάχυνση και πλάκα με εκδήλωση αναπνευστικής δυσχέρειας, θωρακαλγίας, υποξία, μειωμένη μεταφορά αερίων και δημιουργία καρκίνου του πνεύμονα. Για τους ενεργητικούς καπνιστές επιφέρει ακόμα και το θάνατο από Ca πνεύμονα. Τα σωματίδια αμιάντου ανευρίσκονται στα πτύελα (20-150mm) όσων έχουν εκτεθεί χωρίς απαραίτητα να υποδηλώνουν νόσο και καλύτερη πρόγνωση παρουσιάζουν όσοι εργαζόμενοι απομακρυνθούν άμεσα από το χώρο εργασίας τους (Δρίβας, 2007 & Cecil, 2003).



Εικόνα 6.7. Βρογχοπνευμονία από Ασπέργιλο



Εικόνα 6.8. Μεσοθηλίωμα

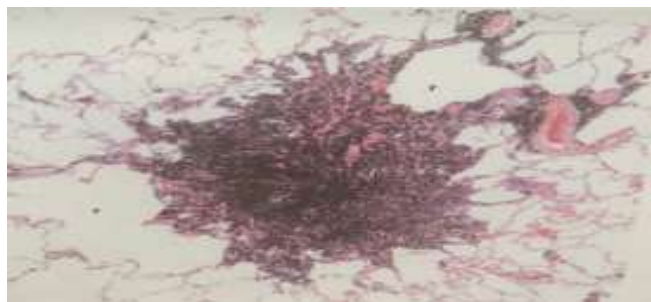
Πέραν του καρκίνου του πνεύμονα η έκθεση σε αμίαντο μπορεί να προκαλέσει υπεζωκοτική νόσο, το μεσοθελίωμα του υπεζωκότα και του περιτόναιου, Ca λάρυγγα ή και νεοπλασμάτα άλλων ιστών (Cecil, 2003).

Το μεσοθελίωμα είναι ένα είδος καρκίνου που προσβάλλει το εξωτερικό τοίχωμα της υπεζωκοτικής, περιτοναϊκής και περικαρδικής κοιλότητας. Είναι ένα σπάνιο είδος καρκίνου με αυξημένη θνησιμότητα και με δυσκολία στη διάγνωση του. Εμφανίζεται σε ποσοστό 80 συν % που εκτίθεται σε αμίαντο μέσω της εισπνοή του (χρυσολίτης-λευκός αμίαντος, 0,3% του μεσοθελιώματος) (Guyton and Hall, 2001).

Τα συμπτώματα του μεσοθελιώματος εκδηλώνονται 20 με 50 χρόνια μετά την έκθεση του ατόμου στον αμίαντο και διαφοροποιούνται ανάλογα με την εντόπιση του. Το προσδόκιμο ζωής των ασθενών με μεσοθελίωμα είναι κατά προσέγγιση οι 12 μήνες (Delgermaa *et al.*, 2011).

6.4.1.3 Πνευμονοκονίαση Ανθρακωρύχων

Περιλαμβάνει ποικιλία αναπνευστικών νόσων με συσσώρευση άνθρακα στον πνεύμονα, από εισπνοή σκόνης άνθρακα, προκαλώντας ιστική αντίδραση με ανεύρεση μικρών, στρογγυλών πυκνώσεων μαύρου υλικού με προσδευτική μαζική ίνωση ιδίως εάν συνυπάρχει πρόσμιξη πυριτίου. (Cecil, 2003) Η πρώτη αντίδραση από εναπόθεση σκόνης άνθρακα στις κυψελίδες και τα βρογχιόλια είναι η αύξηση μακροφάγων, τα οποία μεταφέρουν τα σωματίδια άνθρακα στα τελικά βρογχιόλια για να καθαριστούν (βλεννοκροσσωτός καθαρισμός). Σε μεγάλες ποσότητες και μετά από χρόνια έκθεση οι μηχανισμοί καθαρισμού δεν μπορούν να ανταποκριθούν στην περίσσεια σκόνη άνθρακα με αποτέλεσμα να συσσωρεύονται στα τελικά βρογχιόλια και τις κυψελίδες σχηματίζοντας κηλίδες άνθρακα (πρωτοπαθής αλλοίωση) (Gardiner and Harrington, 2009 & Fraser *et al.*, 2009).

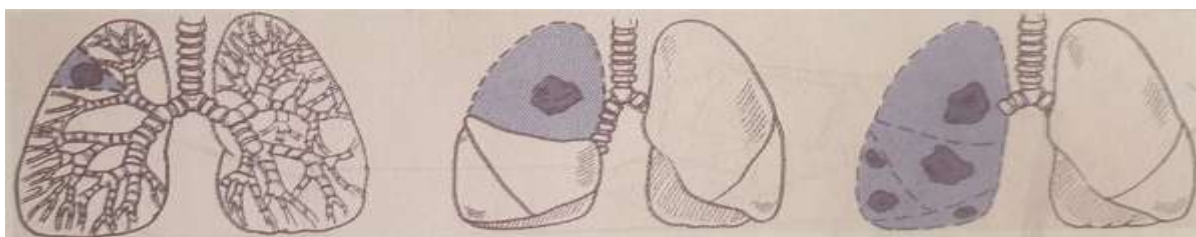


Εικόνα 6.9. Ιστολογική απεικόνιση πνευμοκονίασης ανθρακωρύχων

Τα άτομα που εκτίθενται στον αμίαντο παρουσιάζουν μελανόπτυση - αποβολή ποσοτήτων μαύρου υγρού, δύσπνοια και βήχα με ανάπτυξη αναπνευστικής ανεπάρκειας. Οι περισσότεροι ανθρακωρύχοι είναι χρόνιοι – βαρείς καπνιστές και πάσχουν από χρόνια βρογχίτιδα με αποτέλεσμα να καθιστά τη διάκριση - διάγνωση δύσκολη. Ο ακτινολογικός έλεγχος μπορεί να αποκαλύψει κατακρατήσεις σκόνης άνθρακα στους πνεύμονες πριν ακόμη την εμφάνιση των συμπτωμάτων, αλλά αποτελεί πάθηση με καλή πρόγνωση αν αντιμετωπιστεί άμεσα (πρόληψη και ακόμη και αλλαγή επαγγέλματος) (Cecil, 2003).

6.5 Καρκίνος Πνεύμονα

Ο καρκίνος του πνεύμονα εμφανίζει τη μεγαλύτερη θνησιμότητα από όλες τις μορφές καρκίνου. Δεύτερο σε σειρά μετά τον καρκίνο του προστάτη για τους άνδρες και το ίδιο για τις γυναίκες μετά το καρκίνο του μαστού. Στους καπνιστές ο εκτιμώμενος κίνδυνος ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα κατά τη διάρκεια της ζωής τους ανέρχεται σε ποσοστό 17,2% για τους άνδρες και 11,6% στις γυναίκες. Ακόμη και μετά τη διακοπή του καπνίσματος ο κίνδυνος παραμένει υψηλός συγκριτικά με τους μη καπνιστές αλλά με σταδιακή μείωση με την πάροδο του χρόνου. Αυξημένο κίνδυνο ανάπτυξης νεοπλασίας εμφανίζουν και οι παθητικοί καπνιστές με πιθανότητα σημαντικά μικρότερη (Nair and Peate, 2012). Ενδείξεις αναφέρουν ότι ο καρκίνος του πνεύμονα αναπτύσσεται σε μέρη όπου προϋπήρχε ουλώδης ιστός από φυματίωση ή ίνωση (Cecil, 2003).

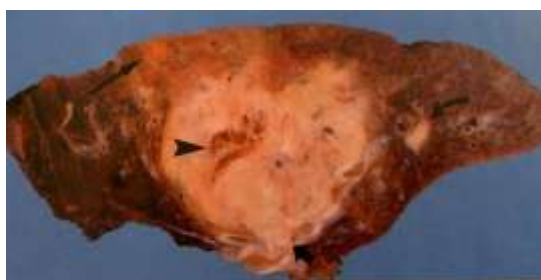


Εικόνα 6.10. Λοβαίες Εντοπίσεις Καρκίνου του Πνεύμονα

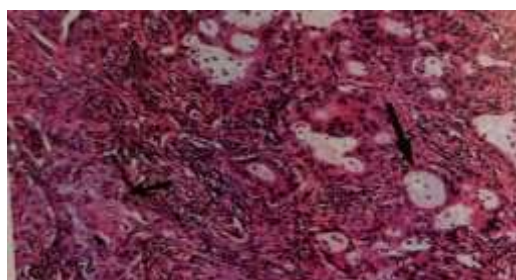
Κύρια αίτια που αποδίδονται για την ανάπτυξη καρκίνου του πνεύμονα είναι το κάπνισμα, εισπνεόμενα σωματίδια και χημικές ουσίες όπως πυρίτιο, αμίαντος, πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες (PAHs) (από ατελή καύση οργανικής ύλης), ακτινοβολία (από εξωτερική πηγή ή εισπνοή ραδιενεργών ουσιών - ραδόνιο), ιογενής λοίμωξη, πνευμονική ίνωση, διατροφή και γενετικοί παράγοντες (κληρονομικότητα). Η κλινική εικόνα εξαρτάται από την εντόπιση, το μέγεθος και την ύπαρξη ή μη μεταστατικής διασποράς. Σημεία όπως ο βήχας, η δύσπνοια και η αιμόπτυση υποδηλώνουν παρουσία της νόσου και αν συνοδεύεται από άλγος στο θώρακα σηματοδοτεί διήθηση θωρακικού τοιχώματος ή νευρών, κακοήθη πλευρίτιδα και περικαρδίτιδα (Chowdhury *et al.*, 2007 & Tormoehlen *et al.*, 2014 and WHO, 2011).

Σύμφωνα με το Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας ο καρκίνος του πνεύμονα διαιρείται σε εννέα κατηγορίες, και με ποσοστό 95% παρουσίας στις εξής πέντε: Πλακώδες καρκίνωμα (30-35% των περιπτώσεων), Μικροκυτταρικό καρκίνωμα (10-15%), Αδενοκαρκίνωμα (40-45%), μεγαλοκυτταρικό καρκίνωμα (10%), αδενό-πλακώδες καρκίνωμα (1-2 %) (Fraser *et al.*, 2009).

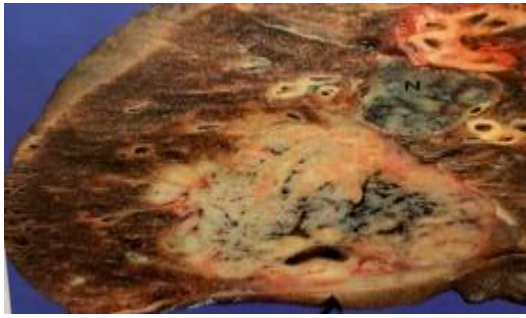
Εικόνες διαφόρων τύπου καρκίνου του πνεύμονα



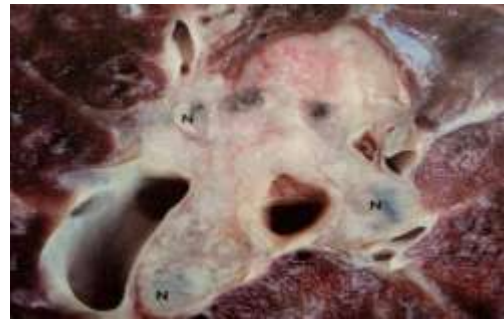
Εικόνα 6.11. Πλακώδες Καρκίνωμα



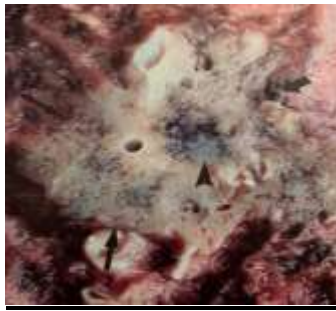
Εικόνα 6.12. Αδενοπλακώδες Καρκίνωμα



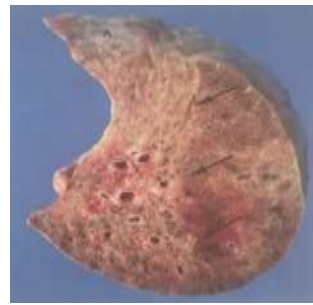
Εικόνα 6.13. Μεγαλοκυτταρικό Καρκίνωμα



Εικόνα 6.14. Μικροκυτταρικό Καρκίνωμα



Εικόνα 6.15. Αδενοκαρκίνωμα

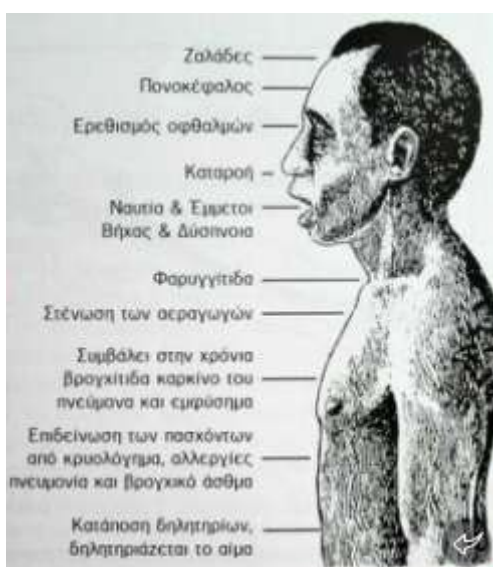


Εικόνα 6.16. Πνευμονίτιδα από Ακτινοβολία

7. Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Νοσήματα Αναπνευστικού Συστήματος

Υπάρχουν δύο κατηγορίες αποτελεσμάτων από την έκθεση σε αέριους ρύπους οι άμεσες ή οξείες (short-term effects) που προκύπτουν μετά από ώρες-ημέρες εκθέσεως σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης (Λονδίνο 1952) και οι απώτερες ή χρόνιες (long-term effects) που προκύπτουν από μακράς διάρκειας έκθεση σε σχετικά χαμηλά επίπεδα ρύπανσης με καθυστέρηση εμφάνισης αλλά βαρύτερη από έτος σε έτος (Τριχοπούλου και Τριχόπουλος, 1986).

Η βραχυπρόθεσμη έκθεση σε ατμοσφαιρικούς ρύπους υψηλών συγκεντρώσεων δύναται να επηρεάσει λειτουργικά το αναπνευστικό σύστημα, αλλά και η μακροχρόνια έκθεση χαμηλών συγκεντρώσεων ρύπων να προκαλέσει βλάβη αναστρέψιμη ή μη. Ο βαθμός της βλάβης εξαρτάται από το μέγεθος των σωματιδίων (PM), τη βλαπτικότητα του εισπνεόμενου υλικού, τη δόση και τη διάρκεια της έκθεσης στο βλαπτικό παράγοντα. Δεδομένου ότι το αναπνευστικό σύστημα έρχεται σε επαφή με την ατμόσφαιρα, οι συνέπειες της άμεσης έκθεσης σε διαφορετικές ατμοσφαιρικές ενώσεις προκαλούν μεγάλη ανησυχία. Η εισπνοή οργανικών-ανόργανων ουσιών, τοξικών ουσιών και βαρέων μετάλλων σε συνδυασμό με το κάπνισμα αυξάνουν τις πιθανότητες εμφάνισης μιας πνευμονικής νόσου (Braun-Fahrländer *et al.*, 2002 & Dagouassat *et al.*, 2012).



Εικόνα 7.1. Επιδράσεις τοξικών ουσιών στο Αναπνευστικό Σύστημα

Οι επιδράσεις που οφείλονται στην έκθεση του αναπνευστικού συστήματος σε αέριους ρύπους αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο. Στην εξωτερική (outdoor) ατμοσφαιρική ρύπανση αποδίδονται 4,2εκ. θάνατοι ανά έτος εκ των οποίων τα 3,8εκ. οφείλονται στην έκθεση εσωτερικής ρύπανσης (indoor) σε καπνό (εστίες νοικοκυριών) και καύσιμα (κηροζίνη, άνθρακας) ενώ το 91% του πληθυσμού παγκοσμίως ζει σε περιβάλλον που υπερβαίνει τα όρια που έχει θέσει ο ΠΟΥ (ΕΟΠ, 2017 & WHO, 2016).

Οι συγκεντρώσεις οξειδίων του θείου, όζοντος, οξειδίων του αζώτου κυρίως στις βιομηχανικές περιοχές αυξάνονται διαρκώς. Αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το άζωτο και το μεθάνιο προκαλούν ασφυξία και κυτταρικές ή μεταβολικές διαταραχές λόγω εκτόπισης του οξυγόνου από τις κυψελίδες. Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι επηρεάζουν επίσης, το επιθήλιο του αναπνευστικού συστήματος με μείωση της δραστηριότητας του και αύξηση της διαπερατότητας του προκαλώντας φλεγμονώδεις καταστάσεις. (Kia and Tushar, 2019 & Chan *et al.*, 2018).

Η φύση του ρύπου υπαγορεύει τη θέση εναπόθεσης του στους αεραγωγούς. Τα σωματίδια μεγάλης διαμέτρου φθάνουν έως τους εγγύς αεραγωγούς και τα μικρότερης διαμέτρου - με δυνατότητα διαπέρασης του τριχοειδικού δικτύου - εισέρχονται μέχρι και το πνευμονικό παρέγχυμα. Κάτοικοι των αστικών περιοχών εμφανίζουν αυξημένα συμπτώματα άσματος, ρινίτιδας και εκπνοή νιτρικών οξειδίων (NO_x) σε σύγκριση με τους κατοίκους των αγροτικών περιοχών (Dagouassat *et al.*, 2012 & Yang *et al.*, 2017).

Το μονοξείδιο του άνθρακα → εκτοπίζει το οξυγόνο από την αιμοσφαιρίνη και συνδέεται μεταξύ της με θέση 250 φορές μεγαλύτερη από ότι το οξυγόνο (σύμπλεγμα καρβοξυ-αιμοσφαιρίνης) οδηγώντας σε μείωση της μεταφοράς οξυγόνου και κυτταρική υποξία. Είναι υπεύθυνο για το 50% των θανάτων από δηλητηρίαση (θύματα πυρκαγιάς) στις ΗΠΑ. Επίσης δημιουργεί νευροψυχώσεις (έντονος πονοκέφαλος, κόπωση, μειωμένη οπτική αντίληψη, μείωση συγκέντρωσης), καρδιαγγειακές παθήσεις (αύξηση λιπιδίων στο πλάσμα, ΑΠ, αρρυθμίες) και νευρολογικές διαταραχές (πάρκινσον) (Hanley and Patel, 2019 & Téllez *et al.*, 2006).

Ακόμα και αν τα άτομα έχουν εκτεθεί σε χαμηλές συγκεντρώσεις προκαλείτε βλάβη στο πνευμονικό παρέγχυμα και συνίσταται έναρξη θεραπείας με χορήγηση υπερβαρικού οξυγόνου (100%). Θετική πρόγνωση παρουσιάζουν άτομα που ξεκίνησαν τη θεραπεία εντός έξι ωρών από την έκθεση. (Chan *et al.*, 2018) Η έντονη δεσμευτική του φύση, του επιτρέπει να συνδέεται με άτομα σιδήρου των κυτοχρωμάτων, κυρίως όσων εμπλέκονται στη μιτοχονδριακή αναπνευστική αλυσίδα επειδεινώνοντας την υποξία των ιστών, προκαλώντας οξειδωτικό στρες με αύξηση απελευθέρωσης ελεύθερων ριζών (Chen *et al.*, 2007 & Bundesgesundheitsbl *et al.*, 2008).

Το διοξείδιο του Άνθρακα → αναγνωρισμένο ως κύριος δείκτης για την ποιότητα του αέρα σε εσωτερικούς χώρους δε συγκαταλέγεται παρόλ' αυτά στη κατηγορία των τοξικών αερίων. Ύστερα από μακροχρόνια έκθεση δύναται να προκαλέσει συμπτώματα ναυτίας, κεφαλαλγίας, απώλειας αισθήσεων με την άμεση όμως επαναφορά τους (Τζανάκης, 1993 & ΕΟΠ, 2017).

Το διοξείδιο του θείου → προκαλεί αλλαγές στη φυσιολογία των αεραγωγών (αυξημένη αντίσταση των αεραγωγών) και συμβάλει στην έναρξη συμπτωμάτων τόσο σε υγιείς όσο και σε άτομα με ήδη υπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα (Άσθμα, επιρρέπεια σε λοιμώξεις). Η οξεία και η μακροχρόνια έκθεση σε SO₂ σχετίζεται με την έναρξη καρδιοπνευμονικών νοσημάτων, καρκίνο του αναπνευστικού και πεπτικού συστήματος (Chen *et al.*, 2007).

Δεν θα πρέπει να ξεπερνάει τα 500μg/m³ με μέση περίοδο έκθεσης τα 10 λεπτά και τα 20μg/m³ το 24ωρο (WHO, 2016).

Επίσης, σε συνδυασμό με υγρασία προσβάλλει και αλλοιώνει μέταλλα, χρώματα, δομικά υλικά και μάρμαρα, δημιουργώντας φθορά στο μνημειακό και πολιτιστικό περιβάλλον. Ιδιαίτερη επίπτωση έχει και στα φυτά με νέκρωση των νεύρων των φύλλων, κιτρίνισμα των πλατύφυλλων, καταστροφή κωνοφόρων μέχρι και την εξάλειψη ορισμένων φυτικών ειδών (Δετοράκης, 2003).



Εικόνα 7.2. Αέριοι Ρύποι και οι Επιπτώσεις στην Ανθρώπινη Υγεία

Το Όζον → είναι τοξικό και δηλητηριώδες, επιδρά στη φωτοσύνθεση με ανάπτυξη ορατών βλαβών στο φύλλωμα των φυτών και των δένδρων (κυτταρικός θάνατος), ενεργοποιεί απαντήσεις φυτικής άμυνας με εκπομπή VOCs (φυτικής προέλευσης και μέσω οζονόλυσης ενισχύεται η παραγωγή δευτερογενών οργανικών αερολυμάτων) και μειώνει την οικονομική αξία των καλλιεργειών (Hewitt *et al.*, 2019).

Το O₃ ερεθίζει τη μύτη, το λαιμό, τα μάτια (0,3ppm) και προκαλεί αίσθημα κόπωσης (1-3ppm). Συμβάλλει συνεργικά στην ανάπτυξη του καρκίνου του πνεύμονα, βλάπτει το ανοσοποιητικό (μακροχρόνια έκθεση), φθείρει το ρουχισμό και τα λάστιχα των αυτοκινήτων και άλλα παράγωγα του καουτσούκ (Δετοράκης, 2003).

Προκαλεί άσθμα, μείωση της πνευμονικής λειτουργίας και ενίσχυση-δημιουργίας πνευμονικών παθήσεων (Chan *et al.*, 2018).

Επιτρεπτό όριο 100μg/m³ σε 8ωρη έκθεση (WHO, 2016).

Τα Οξειδία του Αζώτου → είναι υπεύθυνα για τις περισσότερες περιπτώσεις αδενοκαρκινωμάτων (IARC, 2015). Τα συμπτώματα βρογχίτιδας σε ασθματικά παιδιά αυξάνονται σε μακροχρόνια έκθεση NO_x και μειώνουν την λειτουργία των πνευμόνων σε πόλεις της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής (από πρόσφατες παρατηρήσεις/μετρήσεις NO_x) (Chan *et al.*, 2018).

Τα NO_x δεν πρέπει να ξεπερνούν τα 40μg/m³ ετησίως (WHO, 2016).

Τα Αιωρούμενα Σωματίδια → Είναι κύριος δείκτης εκτίμησης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης σε μια περιοχή. Προκαλούν μείωση της πνευμονικής λειτουργίας, τοπική και συστηματική φλεγμονή. Τα σωματίδια που φθάνουν έως τις κυψελίδες ορίζουν το εύρος των πνευμονοπαθειών και τη σκληρυντική πνευμονοκονίαση και είναι υπεύθυνα για τις ΧΑΠ, για τις μολυσματικές πνευμονοπάθειες αλλά και για τον καρκίνο του πνεύμονα (Arbex *et al.*, 2012). Τα σωματίδια καυσαερίων (Diesel), έχουν επιβλαβή αποτελέσματα στην υγεία καθώς και την επιδείνωση μιας υπάρχουσας πνευμονικής νόσου, επηρεάζοντας αρνητικά ακόμα και την απόκριση του ανοσοποιητικού συστήματος στα παθογόνα. Η έκθεση σε PM επηρεάζει τη λειτουργική ικανότητα των μακροφάγων, μειώνοντας την πνευμονική άμυνα του ξενιστή σε μολυσματικούς παράγοντες (Losacco and Perillo, 2018 & O'Donnell *et al.*, 2011).

Τα PM₁₀ μπορούν να συσσωρευτούν στους ανώτερους αεραγωγούς αλλά αποβάλλονται με τη κάθαρση του βλεννογόνου και τα PM_{2,5} και PM₁ φθάνουν έως το πνευμονικό παρέγχυμα. Μέσω της συστηματικής πνευμονικής κυκλοφορίας μπορούν να μετακινηθούν ακόμη και στον εγκέφαλο (μέσω του οσφρητικού βολβού). Τα περισσότερα εναποτίθενται στη διακλάδωση ή τη γωνία του βρογχικού δένδρου και στους λεμφαδένες (O'Donnell *et al.*, 2011).

UN Region	Concentrations of fine particulate matter (PM _{2.5}) ¹	
	Total	Urban
World	38	59.6
Northern Africa	55	55.2
Sub-Saharan Africa	36	35.5
Northern America and Europe	12	12.0
Northern America	7	7.5
Latin America and the Caribbean	16	16.8
Europe	14	14.2
Central Asia and Southern Asia	60	62.8
Central Asia	22	25.5
Southern Asia	62	64.2
Eastern Asia and South-eastern Asia	38	39.6
South-Eastern Asia	21	21.8
Eastern Asia	45	46.7
Northern Africa and Western Asia	51	51.3
Western Asia	47	47.8
Oceania	8	8.2
Oceania (exc. Australia and New Zealand)	11	11.3
Australia and New Zealand	7	7.1
Caucasus and Central Asia (MDG)	22	24.9
Eastern Asia (MDG)	48	49.7
Northern Africa (exc. Sudan)	57	57.0
Sub-Saharan Africa (inc. Sudan)	37	35.9
Western Asia (exc. Armenia, Azerbaijan, Cyprus, Israel and Georgia)	50	50.7
Developed regions (MDG)	11	11.9
Developing regions (MDG)	44	45.3

Εικόνα 7.3. PM_{2.5} σε Παγκόσμιο Επίπεδο το 2016

Με τη μείωση ρύπανσης PM από 70 σε 20μg/m³ μειώνουμε τους πρόωρους θανάτους κατά 15% με επιτρεπτό όριο για τα PM_{2.5} 10μg/m³ ως ετήσιο μέσο όρο με μέση τιμή 25μg/m³ το 24ωρο (WHO, 2016).

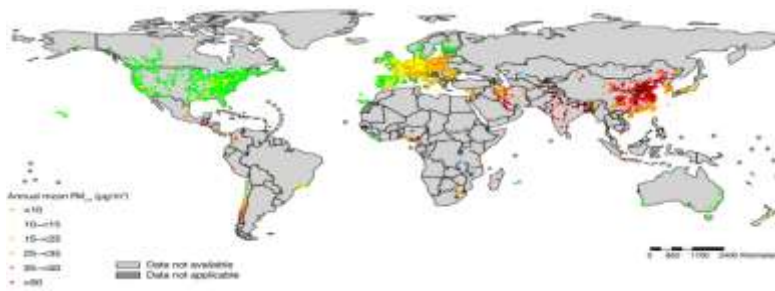
Η αλληλεπίδραση μεταξύ PM_{2.5} και SO₂ επεμβαίνει σε ένα σημαντικό παράγοντα του οξειδωτικού στρες (8-ισοπροσάνιο) από την υπεροξείδωση του αραχιδονικού οξέος που καταλύεται από τις ελεύθερες ρίζες στο σώμα με αποτέλεσμα τη διατάραξη ισορροπίας του PH των επιθηλιακών κυττάρων, των αεραγωγών και έχει ως αποτέλεσμα την έναρξη βρογχοσυστολής, την υπερέκκριση βλέννας και τη δημιουργία βλάβης στους αεραγωγούς (Yang *et al.*, 2017).

Είναι υπεύθυνα για οξείες αλλαγές στη πήξη του αίματος, βλάβες στο DNA, φλεγμονή των ιστών, καρδιαγγειακές παθήσεις όπως αθηροσκλήρωση και αγγειακή δυσλειτουργία και μέσω συστηματικής διάχυσης προσβάλλουν και άλλα όργανα – στόχους όπως το ήπαρ, τη καρδιά, τον σπλήνα και τον εγκέφαλο (Losacco and Perillo, 2018).

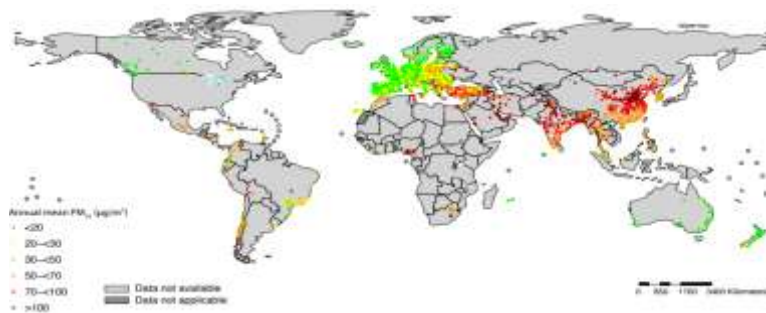
Η μακροχρόνια έκθεση σε PM προκαλεί προοδευτική καταστροφή ακολουθούμενη από ινωτικές διεργασίες αναμόρφωσης ιστού αλλά και από αναδιαμόρφωση – παραμόρφωση της αρχιτεκτονικής του πνεύμονα. Συγκεκριμένα το πολύστιβο κροσσωτό αναπνευστικό επιθήλιο μετατρέπεται σε πλακώδες επιθήλιο (Kia and Tushar, 2018).

Για τα σωματίδια αποδίδεται από τον WHO το 80% πρόωρων θανάτων σχετιζόμενων με εγκεφαλικά επεισόδια, με καρδιακές και πνευμονικές παθήσεις και με καρκίνο του πνεύμονα.

Τα διαμέτρου $PM_{2,5}$ προκάλεσαν 1,2εκ. πρόωρους θανάτους και 25εκ. διατήρηση ζωής με αναπηρία το 2010 στην Κίνα (Kim *et al.*, 2015).

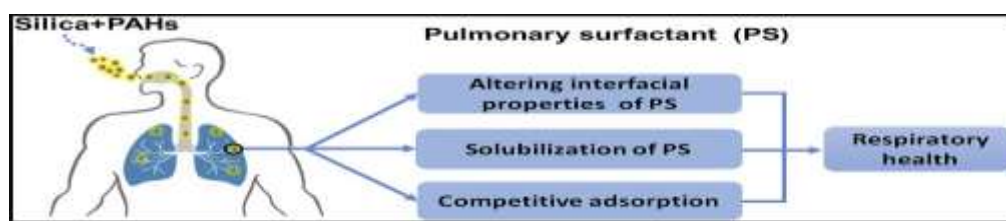


Εικόνα 7.4. Συγκεντρώσεις αέριων Σωματιδίων στις αστικές περιοχές $PM_{2,5}$



Εικόνα 7.5. Συγκεντρώσεις αέριων Σωματιδίων στις αστικές περιοχές PM_{10}

Οι PAHs → όπως το βενζόλιο, πυρένιο και κινόες επιδρούν στα επιθηλιακά κύτταρα των αεραγωγών, δημιουργούν και επιδεινώνουν τις αλλεργίες του αναπνευστικού. Μόνοι τους σπάνια εμφανίζουν κυτταροτοξικές επιδράσεις ενώ σε συνδυασμό με σωματίδια Diesel ενισχύουν τις αλλεργίες όπως το βρογχικό άσθμα (Chowdhury *et al.*, 2017). Επίσης παρεμβάλλουν στη ρευστότητα, διαπερατότητα των κυψελίδων, μειώνουν τη δυναμική ζωτική χωρητικότητα (FVC) και προκαλούν σοβαρή πνευμονική βλάβη και διαταραχή στο ΚΝΣ. Οι PAHs σχετίζονται με την ανάπτυξη καρκίνου του Πνεύμονα (Korchowicz *et al.*, 2019). Η εισπνοή υδρογονανθράκων οδηγεί σε μεταβολική οξέωση, αρρυθμίες («ξαφνικός μυρωδιάς θάνατος»), αλλαγές στη συμπεριφορά αλλά και μετά από μακροχρόνια έκθεση αδυναμία, εγκεφαλοπάθεια, άνοια και διηθήσεις (Tormoehlen *et al.*, 2014 & Kwon *et al.*, 2018).



Εικόνα 7.6. Επίδραση PAHs στο Αναπνευστικό Σύστημα

Οι VOCs → ευθύνονται σε μεγάλο ποσοστό για την εμφάνιση ΧΑΠ, την πνευμονική αγγειακή νόσο, τις πνευμονοκοκκιάσεις, το σύνδρομο αποφρακτικής άπνοιας ύπνου, τη

κυστική ίνωση, τον καρκίνο του πνεύμονα και για την επιδείνωση μιας υπάρχουσας φλεγμονής (Hashoul and Haick, 2019).

PAN → ως δευτερογενείς ενώσεις βρίσκονται στην κατηγορία τοξικών και ερεθιστικών ουσιών λόγω της αυξημένης διαλυτότητας τους στο νερό. Προκαλούν ερεθισμό οφθαλμών (δακρύρροια) ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις με περιορισμένη έκθεση. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις προκαλούν αλλοιώσεις στα φυτά (Singh *et al.*, 1992 & Hewitt *et al.*, 2009).

Βαρέα Μέταλλα → Συσσωρεύονται σε πολλαπλά συστήματα κυρίως διανέμονται στο ήπαρ, στα νεφρά, στον εγκέφαλο και στα οστά και αποθηκεύονται στα οστά και τα δόντια με την πάροδο του χρόνου. Εκτιμώνται μέσω μέτρησης στο αίμα και αθροιστικής συγκέντρωσης στα οστά και τα δόντια κυρίως. Παρόλης της βίο-αθροιστικής κατάστασης τους δεν απορροφώνται, συγκρατούνται από ολόκληρο το σώμα μεν αλλά αποβάλλονται δε μέσω του ουροποιητικού συστήματος (νεφρά-ούρα) (Rehman *et al.*, 2018 & Kim *et al.*, 2019 & Δετοράκης, 2003).

Ο Pb έχει σοβαρές συνέπειες στα παιδιά (ιδίως σε ηλικία < 5ετών) προκαλώντας, σε υψηλά επίπεδα εκθέσεως, βλάβη στο ΚΝΣ, τον εγκέφαλο, δηλητηριάσεις, αναιμίες, κώμα, σπασμούς, διαταραχές-αλλαγές συμπεριφοράς, μειωμένη ανάπτυξη εγκεφάλου ακόμη και θάνατο, αλλά και στους ενήλικες προκαλεί αναιμία, υπέρταση, νεφρική δυσλειτουργία, καταστροφή οπτικού νεύρου (τύφλωση) και τοξικότητα στο αναπαραγωγικό σύστημα (Osman *et al.*, & Santa *et al.*, 2019).

Ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις (5μg/dl) σχετίζεται με την εμφάνιση όλων των παραπάνω καθώς και με την δημιουργία μειωμένης νοημοσύνης (IQ) στα παιδιά και την έναρξη μαθησιακών δυσκολιών. Όσο αυξάνεται η έκθεση, αυξάνεται και η σοβαρότητα των συμπτωμάτων και τον επιπλοκών (WHO, 2019). Σε υψηλό μεταβολισμό, εμπύρετες καταστάσεις με κορτιζονούχες θεραπείες και στη τρίτη ηλικία η συσσώρευση Pb μπορεί να απελευθερωθεί ξαφνικά στο αίμα σε τοξικά επίπεδα (Duzgoren-Aydn and Weiss, 2008 & Rehman *et al.*, 2018).

Πίνακας 9. Ατμοσφαιρικοί Ρύποι και Νοσήματα Αναπνευστικού

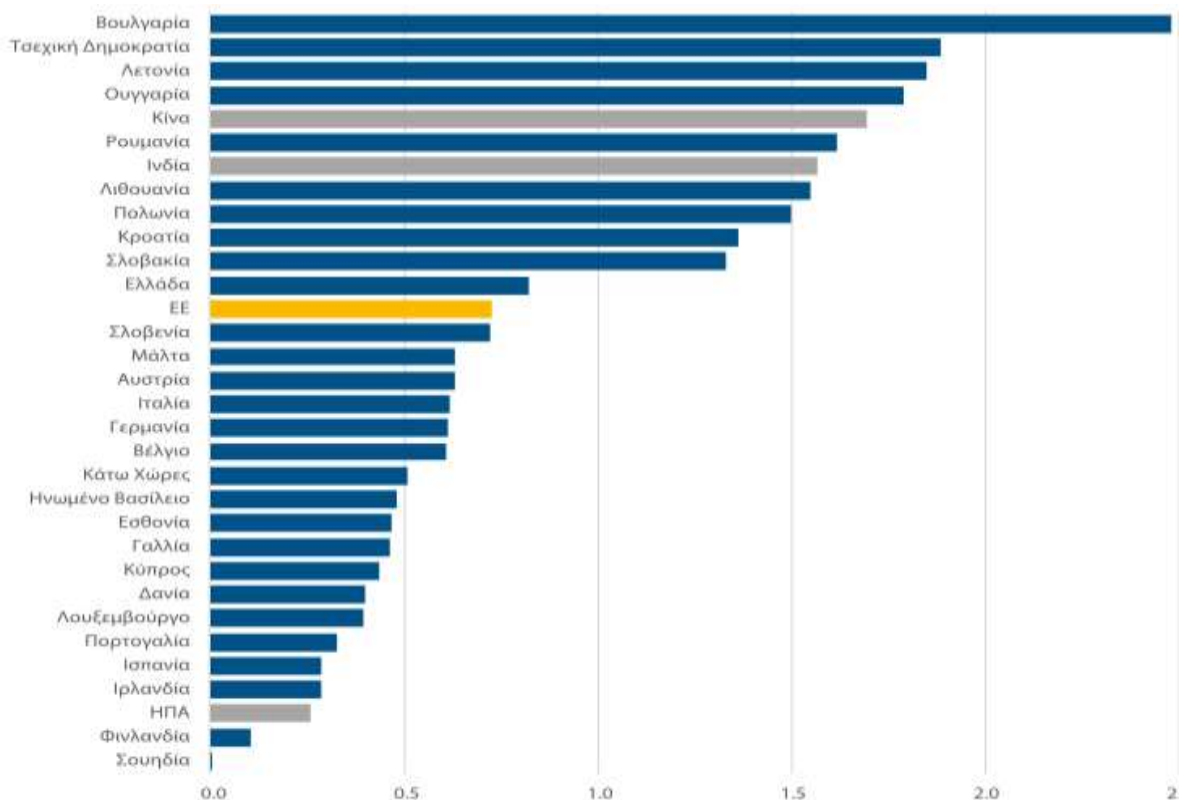
Αέριοι Ρύποι	Παθήσεις Αναπνευστικού Συστήματος
SO ₂ – θειικά άλατα – PM _{2,5} , PM ₁ – Αμίαντος, Χρώμιο	Καρκίνος Αναπνευστικού και Πεπτικού συστήματος, πνευμονοκονίαση, εμφύσημα
PM ₁₀ , PM _{2,5} , PM ₁ – SO ₂ – NO _x – καπνός, καυσαέρια αυτοκινήτων	Ασθένειες αναπνευστικού αυξάνοντας την νοσηρότητα και τη θνησιμότητα, μακροχρόνιες επιπτώσεις
PM – SO ₂ – NO ₂ – καπνός, καυσαέρια	Βρογχίτιδα
SO ₂ , θειικά άλατα, καπνός, πτώση αιθάλης	Πνευμονία
NO _x – ατμοσφαιρική ρύπανση	Εμφύσημα

Ασβέστης	Διάμεση ίνωση, Διάχυτη πάχυνση υπεζωκότων
Μουχλιασμένη Γύρη	Κοκκιωματώδης κυψελίτιδα
NO ₂ – SO ₂	Αποφρακτική Βρογχιολίτιδα, Πνευμονικό οίδημα, Οξεία βρογχίτιδα, Οξύ Πνευμονικό Οίδημα
Αμμωνία, κάδμιο, χλώριο	Εμφύσημα, Οξύ Πνευμονικό Οίδημα
Ακτινοβολία (ιονίζουσα)	Πνευμονικό οίδημα, Διάμεση Ίνωση

Το 2014 αποδίδεται από τον ΕΟΠ:

- Για τα αιωρούμενα σωματίδια (PM) → 400.000 πρόωροι θάνατοι για τους πολίτες
- Για το NO₂ → 75.000 πρόωροι θάνατοι
- Για O₃ → 13.600 πρόωροι θάνατοι

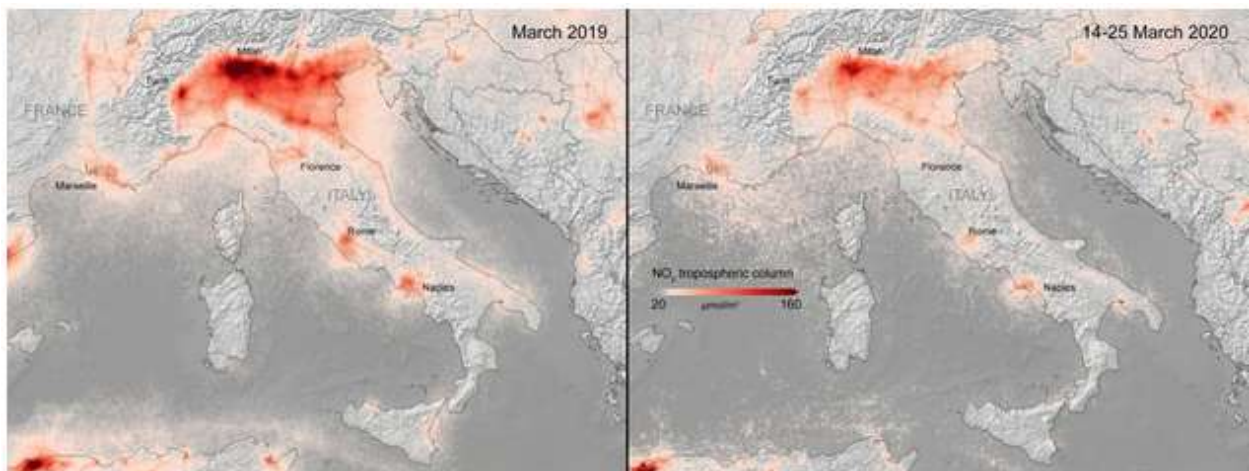
αναγνωρίζοντας ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί μεγάλο κίνδυνο για την ανθρώπινη Υγεία.



Εικόνα 7.7. Χώρες της ΕΕ με μείωση ζωής ανά 100 κατοίκους

Σύμφωνα με τον ΠΟΥ το 21% των θανάτων ανέρχονται από πνευμονίες, το 20% από εγκεφαλικά επεισόδια, το 34% από ισχαιμικά επεισόδια, το 19% από ΧΑΠ και το 7% από καρκίνο του Πνεύμονα (WHO, x.x.).

Αξίζει να αναφερθεί ότι η μείωση της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης σε μεγάλο ποσοστό είναι απόρροια της μείωσης ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Τρανταχτό παράδειγμα αποτελεί η έξαρση της Πανδημίας του κορονοϊού (Covid-19) το 2019 – 2020 όπου σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA) εξαιτίας του lockdown τα επίπεδα του διοξειδίου του αζώτου NO_2 μειώθηκαν κατά 40% σε αρκετές Ευρωπαϊκές Πόλεις (Παρίσι, Μιλάνο, Μαδρίτη, Φρανκφούρτη) αλλά και στην Κίνα και συγκεκριμένα το χρονικό διάστημα 14-25 Μαρτίου. (ESA, 2020)



Εικόνα 7.8. Μείωση Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης – Covid-19

Σύμφωνα με ανακοίνωση της εθνικής Διεύθυνσης Ωκεανών και Ατμόσφαιρας και του Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας Scripps του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Σαν Ντιέγκο τα επίπεδα του CO_2 αυξήθηκαν εν μέσω Πανδημίας Κορονοϊού το μήνα Μάιο, από 414,8ppm σε 417ppm. Επίπεδα ρεκόρ όπως αναφέρει το παρατηρητήριο της Μαούνα Λόα στη Χαβάη, αναγνωρίζοντας τη δυσκολία αντισταθμίσεως των μεγάλων φυσικών διακυμάνσεων σε εκπομπές CO_2 , από πρόκληση του τρόπου με τον οποίο αντιδρούν τα φυτά και τα εδάφη στη θερμοκρασία, την υγρασία και σε άλλους παράγοντες. Γεγονός που έρχεται σε αντίθεση με την εκτίμηση πτώσεως CO_2 κατά 26% σε ορισμένες χώρες κατά την διάρκεια της αιχμής των μέτρων σε Παγκόσμια κλίμακα (north-meteo, xx).

Η ακριβής αναγνώριση των εκπομπών των αέριων ρύπων και τα αποτελέσματα του lockdown βρίσκονται σε συνεχή έλεγχο και μελέτη αναφορικά με την Πανδημία του Covid-19.

**«Η μείωση της Ατμοσφαιρική Ρύπανσης και ο Καθαρός Αέρας είναι στο χέρι όλων
μας!!!»**

Συμπεράσματα

Η τελική επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη δημόσια υγεία είναι να επιφέρει το θάνατο, λαμβάνοντας υπόψιν το μεγάλο αντίκτυπο της στο αναπνευστικό σύστημα αλλά και στα υπόλοιπα συστήματα του ανθρώπου, με μέτρια βελτίωση στα ποσοστά επιβίωσης. Οι στρατηγικές πρόληψης και παρέμβασης σε παγκόσμιο επίπεδο πληθυσμού λειτουργούν ως αρωγοί έγκαιρης ανίχνευσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, των επιδράσεων καπνού (κάπνισμα/παθητικό-ενεργητικό) και των γενικότερων περιβαλλοντικών εκθέσεων (ραδόνιο-ακτινοβολίες) λόγω αυξημένης θνησιμότητας και νοσηρότητας στις αστικοποιημένες και στις αναπτυσσόμενες περιοχές.

Η μείωση εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αέριων ρύπων ως αποτέλεσμα λιγότερης χρήσης άνθρακα αποτελεί τρόπο ζωής με τα 4R (αρχές προστασίας περιβάλλοντος): Μείωση – Επαναχρησιμοποίηση - Ανακύκλωση – Αντικατάσταση.(Pimm et al., 2014) και θα πρέπει να εφαρμόζεται από όλους μας. Κάθε ατομική και συλλογική προσπάθεια θα επιφέρει γιγάντια αποτελέσματα στη μείωση των εκπεμπόμενων ρύπων και στην προστασία της υγείας των ανθρώπων με τη διατήρηση της, τη μείωση της νοσηρότητας και της θνητότητας καθώς και την εξασφάλιση της καθαρότητας του περιβάλλοντος.

Πρώιμα συμπτώματα με ερεθισμό των ματιών, δακρύρροια, ρινόρροια, βήχας, δύσπνοια και αυξημένη παραγωγή βλέννας (απόχρεμψη) αποτελούν εναρκτήριο δύναμη εκθέσεως των ατόμων σε ατμοσφαιρική ρύπανση. Οι επιβαρύνσεις στην υγεία εξαρτώνται από το χρόνο έκθεσης, την ποιότητα του αέρα και το είδος των ρύπων που περιέχονται σε αυτήν με άμεση εντόπιση κυρίως σε άτομα που παρουσιάζουν ήδη κάποια αιτία ή ευπάθεια. Οι παροδικές αλλοιώσεις που εμφανίζονται από οξεία έκθεση μικρής διάρκειας σε CO, SO₂, βαρέα μέταλλα και αμίαντο προκαλούν ρινοφαρυγγίτιδες, λαρυγγίτιδες, έντονη δυσφορία, λοιμώξεις αναπνευστικού και άλλα ενώ οι μόνιμες μέσω μακροπρόθεσμης έκθεσης σε ρύπους όπως τα αιωρούμενα σωματίδια, αερολύματα, PAHs, αμίαντος σε συνδυασμό με το κάπνισμα ή μη, προκαλούν τη ΧΑΠ, καρδιοπάθειες, νευροπάθειες, καρκίνο του πνεύμονα, ακόμη και θάνατο. Η συνεισφορά των ρύπων SO₂ με τη δημιουργία όξινης βροχής, το CO₂ εντείνοντας το φαινόμενο του θερμοκηπίου και τα NO_x στην εμφάνιση φωτοχημικού νέφους επιδρούν αντιστρόφως ανάλογα για την διατήρηση της δημιουργίας και κληρονομιάς των ανθρώπων.

Ο διεθνής οργανισμός έρευνας για τον καρκίνο (IARC) έθεσε την ατμοσφαιρική ρύπανση ως αιτία ανάπτυξης καρκίνου του πνεύμονα, χωρίς όμως να υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για το αντίκτυπο της ατμοσφαιρικής ρύπανσης μετά από διάγνωση του καρκίνου του πνεύμονα (IARC, 2015).

Η ποιότητα του αέρα κυριαρχεί ως πρωτεύοντας λόγος για την εξασφάλιση του επαρκούς – καθαρού - αερισμού και βρίσκεται σε στάδιο συνεχής έρευνας και μελέτης.

Η διατύπωση κριτηρίων και λήψη μέτρων με καθολική ισχύ αποτελεί δύσκολο έργο καθώς ακόμη και σήμερα υπάρχουν αστικές περιοχές (κυρίως υποανάπτυκτες ή με έντονη βιομηχανική παρουσία) που τα επίπεδα των ρύπων στην ατμόσφαιρα ξεπερνούν τα επιτρεπτά όρια που έχουν οροθετηθεί από διάφορες επιτροπές όπως WHO, Εταιρεία Περιβάλλοντος και ΕΟΠ. Σαν όριο ποιότητας ενός ρύπου καθορίζεται η τιμή εκείνη που δεν θα πρέπει να υπερβαίνεται σε μία χρονική περίοδο ή αν υπερβεί να

είναι λιγότερο από μια καθορισμένη συχνότητα υπέρβασης. Τα όρια πρέπει να προκύπτουν από την εισαγωγή ενός συντελεστή εξασφάλισης που αν θεσπιστούν να μπορούν να προφυλαχτούν από τις επιδράσεις την ατμοσφαιρικής ρύπανσης ακόμα και οι πιο ευαίσθητες (χρόνιες παθήσεις αναπνευστικού, άσθμα) και ευάλωτες (εγκυμονούσες, παιδιά) ομάδες του πληθυσμού.

Στην προσπάθεια για την ενοποίηση των ορίων ο ΠΟΥ έχει προτείνει όρια - στόχους για τα κράτη μέλη του ΟΗΕ, ενώ η ΕΕ έχει θεσπίσει υποχρεωτικά όρια σε όλα τα κράτη μέλη της, συνεπώς και στην Ελλάδα.

Η Ελληνική βιομηχανία έχει πετύχει σε σημαντικό βαθμό συμμόρφωση με τη διεθνή ανάπτυξη της τεχνολογίας σχετικά με την πρόληψη της ρύπανσης (Γκάργκουλας, x.x.).



Εικόνα 8.1. Ποσοστό επί % των θανάτων εξαιτίας της Ατμοσφαιρικής Ρύπανσης

Η καταστροφή του περιβάλλοντος τι είναι; Οργή θεού ή ανοησία του ανθρώπου;
“Είναι αποτέλεσμα του εγωισμού του ανθρώπου που ευνοεί να κάνει όχι απλώς χρήση αλλά κατάχρηση των δυνατοτήτων του. Θεωρεί τον εαυτό του εξουσιαστή της φύσεως ενώ είναι απλός διαχειριστής και οικονόμος αυτής. Ο θεός τον έταξε ως κορωνίδα της δημιουργίας, αλλά η καταστροφή της φύσεως εκ μέρους του είναι αμαρτία η οποία αντιστρατεύεται το θέλημα του θεού περί της δημιουργίας”

(Πατριάρχης Βαρθολομαίος) (Δετοράκης, 2003)

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- ❖ Arbex, MA., Santos, P., Martins, LC., Saldiva, PH., Pereira, LA., Braga, AL. (2012). Air pollution and the respiratory system. *J Bras Pneumol*, 38(5):643-655.
- ❖ Ball, M., Hossain, M., Padalia, D. (2019). Anatomy, Airway. *StatPearls*
- ❖ Beard, S. (2014). Rhinitis. *Prim Care*, 41(1):33-46
- ❖ Braman, S. (2006). Chronic cough due to chronic bronchitis: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. *Chest*, 129:104S-115S.
- ❖ Braun-Fahrländer, C., Riedler, J., Herz, U., et al. (2002). Environmental exposure to endotoxin and its relation to asthma in schoolage children. *N Engl J Med*, 347:869-77.
- ❖ Brimblecombe, P. (2011). The Big Smoke: a history of air pollution in London since medieval times. *Routledge*
- ❖ Bui, T., Das, J. (2019). Anatomy, Head and Neck, Pharyngeal Muscles. *StatPearls*
- ❖ Bourke, J.S., Brewis, RAL. (2002). Νόσοι του Αναπνευστικού Συστήματος. 5^η έκδοση. Παρισιανού
- ❖ Bundesgesundheitsbl, Gesundheitsforsch, Gesundheitsschutz. (2008). Health Evaluation of Carbon Dioxide in Indoor Air. (Article in German). *Springer Medizin Verlag*, 51:1358–1369.
- ❖ Carr, J., Udem, J. (2003). Bronchopulmonary Afferent Nerves. *Respirology UCB Research INC*, Cambridge, USA, 8(3), 291-301.
- ❖ Cassia, R., Nocioni, M., Correa-Aragunde, N., Lamattina, L. (2018). Climate Change and the Impact of Greenhouse Gasses: CO₂ and NO, Friends and Foes of Plant Oxidative Stress. *Front Plant Sci*, 9:273.
- ❖ Cecil. (2003). *Παθολογία. Λίτσας*
- ❖ Chan, W., Hon, L., Leung, F., Ho M., Duque, S., Lee, H. (2018). The effects of global warming on allergic diseases. *Med J Hong Kong*, 24(3):277-284
- ❖ Chen, M., Gokhale, J., Shofer, S., Kuschner, G. (2007). Outdoor air pollution: nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide health effects. *Am J Med Sci*, 333(4):249-256.
- ❖ Chowdhury, PH., Kitamura, G., Honda, A., et al. (2017). Synergistic effect of carbon nuclei and polyaromatic hydrocarbons on respiratory and immune responses. *Environ Toxicol*, 32(9):2172-2181.
- ❖ Cohen, B., Hering S. (2001). *Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants*. 8th end. AGGIH. Cincinnati, OH
- ❖ Cookfair, J. (1991). Nursing process and practice in the Community. *Mosby Co. St Louis*
- ❖ Council Directive 96/92/EC. (1996). On ambient air quality assessment and management. *Official Journal of the European Communities*, L296, pp 55-63
- ❖ Dagouassat, S., Lanone, J., Boczkowski, (2012). Interaction of matrix metalloproteinases with pulmonary pollutants. *European Respiratory Journal*, 39: 1021-1032
- ❖ Despopoulos, A., Silbernagl, S. (1989). *Εγχειρίδιο Φυσιολογίας με έγχρωμο άτλαντα*. Λίτσας

- ❖ Duzgoren-Aydn, S., Weiss, A. (2008). Use and abuse of Pb-isotope fingerprinting technique and GIS mapping data to assess lead in environmental studies. *Environ Geochem Health*, 30(6):577-588.
- ❖ Eifan, A., Durham, R. (2016). Pathogenesis of rhinitis. *Clin Exp Allergy*, 46(9):1139-1151.
- ❖ EPA. (1988). Environmental Progress and Challenges EPAs Update by environmental Protection Agency, *Washington DC*
- ❖ Fraser, R., Colman, N., Muller, N., Pare, P. (2009). Διαγνωστική Πνευμονολογία, Σύνοψη των Νοσημάτων του Θώρακα. Πασχαλίδης
- ❖ Freeman, C., Kahwaji, C. (2018). Physiology, Nasal. *StatPearls*
- ❖ Flynn, W., Vicherton, P., (2020). *Anatomy, Head and Neck, Larynx Cartilage. StatPearls*. Review. PMID 31985978. Free Books and Documents
- ❖ Gardiner, K., Harrington, M. (2009). Υγιεινή της Εργασίας. Παρισιανός
- ❖ Goddard, L., Williams, K., Robins, C., Butterfield, D., Brown, R. (2019) Concentration trends of Metals in Ambient Air in the UK: A Review. *Environ Monit Assess*, 191(11):683.
- ❖ Georgakopoulos, B., Patrick, L. (2019). Anatomy, Head and Neck, Nose Interior Nasal Concha. *UNC School of Medicine*
- ❖ Guyton, A., Hall, J. (2001). Φυσιολογία του Ανθρώπου και Μηχανισμοί των Νόσων. Παρισιανός
- ❖ Hanley, M., Patel, H. (2019). Carbon Monoxide Toxicity. *StatPearls*
- ❖ Harlon, J., Pickett, E. (1979). *Public Health administration and Practice*. 7th edition. Mosby C. St. Louis
- ❖ Hashoul, D., Haick, H. (2019). Sensors for detecting pulmonary diseases from exhaled breath. *Eur Respir Rev*, 28(152):190011
- ❖ Hatipoğlu, U., Aboussouan LS. (2014). Chronic obstructive pulmonary disease: an update for the primary physician. *Cleve Clin J Med*, 81(6):373-383.
- ❖ Hewitt, CN., Mackenzie, AR., Di Carlo, P., et al. (2019). Nitrogen management is essential to prevent tropical oil palm plantations from causing ground-level ozone pollution. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106(44):18447-18451.
- ❖ IARC. (2015). International Agency for Research on Cancer. *Outdoor air pollution. IARC monographs*. France: World Health Organization International Agency for Research on Cancer, 1–449
- ❖ Khaled, S., Waheed, A. (2019). Anatomy, Head and Neck, Pharynx. *StatPearls*
- ❖ Kim, H., Kabir, E., Kabir, S. (2015). A Review on the Human Health Impact of Airborne Particulate Matter. *Environ Int*, Department of Civil and Environmental Engineering, Hanyang University, Seoul, 133-791,74,136-143
- ❖ Kim, J., Kim,S., Kumar, V. (2019). Heavy metal toxicity: An update of chelating therapeutic strategies. *J Trace Elem Med Biol*, 54:226-231.
- ❖ Korchowiec, B., Stachowicz-Kuśnierz, A., Korchowiec, J. (2019). The role of DPPG in lung surfactant exposed to benzo[a]pyrene. *Environ Sci Process Impacts*, 21(3):438-445.
- ❖ Kwon, JW., Park, HW., Kim, WJ., Kim, MG., Lee, SJ. (2018). Exposure to volatile organic compounds and airway inflammation. *Environ Health*, 17(1):65.
- ❖ Lippert, H. (1993). Ανατομική. Κείμενο και Ατλαντας. Παρισιανός
- ❖ Losacco. C., Perillo, A. (2018). Particulate matter air pollution and respiratory impact on humans and animals. *Environ Sci Pollut Res Int*, 25(34):33901-33910

- ❖ Maki, R., Miyajima, M., Ogura, K., Tada, M., Takahashi, Y., Arai, W., Adachi, H. and Watanabe, A. (2020). Pulmonary vessels and bronchial anatomy of the left lower lobe. *The Surg Today*.
- ❖ Meesa, R., Srinivasan, A. (2015). Imaging of the Oral Cavity. *Radiol Clin North Am.*, 53(1):99-114.
- ❖ Mengert, T., Eisenberg, M., Copass, M. (2000). *Εγχειρίδιο Επείγουσας Θεραπευτικής*. 2^η Ανατύπωση. Πασχαλίδης
- ❖ Moore, K. (1998). *Κλινική Ανατομία Ι*. Πασχαλίδης
- ❖ Morris, R. (1988). Functional Anatomy of the Upper Airway. *Emerg Med Clin North Am*, 6(4), 639-69
- ❖ Nair, M., Peate, I. (2012). *Παθοφυσιολογία, Βασικές Αρχές Εφαρμοσμένης Παθολογικής Φυσιολογίας*. Πασχαλίδης
- ❖ Nakisa, K., Tushar, B. (2019). Histology, Respiratory Epithelium. *Kern Medical*
- ❖ Netter, F. (2009). *Παθολογία, Βασικές Αρχές*. Πασχαλίδης
- ❖ O'Donnell, MJ., Fang, J., Mittleman, MA., Kapral, MK., Wellenius, GA. (2011) Investigators of the Registry of Canadian Stroke Network. Fine particulate air pollution (PM2.5) and the risk of acute ischemic stroke. *Epidemiology*, 22:422–431
- ❖ Oneal, M., Beil, J., Schlesinger, J. (1999). Surgical anatomy of the nose, Otolaryngol. *Clin. North Am*, 32(1), 145-81.
- ❖ Osman, A., Yang, F., Massey, I. (2019). Exposure routes and health effects of heavy metals on children. *Biometals*, 32(4):563-573.
- ❖ Platzer, W., Leonhardt, H., Kahle, W. (1985). *Εγχειρίδιο Ανατομικής του Ανθρώπου με έγχρωμο Άτλαντα*. 1^{ος} Τόμος, Μυοσκελετικό Σύστημα. Λίτσας
- ❖ Pimm, SL., Jenkins, CN., Abell, R., et al. (2014). The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. *Science*, 344:1246752.
- ❖ Pinto, D., Blande, D., Souza, R., Holopainen, K. (2010). Plant Volatile Organic Compounds (VOCs) in Ozone (O3) Polluted Atmospheres: The Ecological Effects. *Journal of Chem Ecol*, 36(1): 22-34
- ❖ Rehman, K., Fatima, F., Waheed, I., Akash H. (2018). Prevalence of exposure of heavy metals and their impact on health consequences. *J Cell Biochem*, 119(1):157-184
- ❖ Reza, M. (2018). Fundamental and Practical Aspects of Airway Anatomy: From Glottis to Segmental Bronchus. *Department of Thoracic Surgery, University of Texas MD Anderson Cancer Center*, 117-125
- ❖ Rogers, K. (2011). *The Respiratory System*. Britannica (e-book)
- ❖ Santa, M., Hill, D., Kline, J., (2019). Lead (Pb) neurotoxicology and cognition. *Appl Neuropsychol Child*, 8(3):272-293.
- ❖ Segal, N., Martinez, J. (2018). Chronic obstructive pulmonary disease subpopulations and phenotyping. *J Allergy Clin Immunol*, 141(6):1961-1971.
- ❖ Singh, H., Salas, L., Viezee W. (1986). Global Distribution of Peroxyacetyl Nitrate. *Nature*, 321 (6070), 588-91
- ❖ Singh, H., Herlth, D., O'Hara, D., Zahnle K., et al. (1992). Relationship of Peroxyacetyl Nitrate to Active and Total Odd Nitrogen at Northern High Latitudes: Influence of Reservoir Species on NOx and O3. *J Geophys Res*, 97(D15): 16523-16530.
- ❖ Sobiesk, J.L., Munakomi, S. (2019). Anatomy, Head, and Neck, Nasal Cavity. *StatPearls*. Review. PMID 31334952. FreeBooksandDocuments

- ❖ Sobotta. (2006). *Atlas of Human Anatomy*. Urban & Fisher
- ❖ Tang, X., Madronich, S., Wallington, T., Calamari, D. (1998). Changes in Tropospheric Composition and Air Quality. *Center of Environmental Sciences*, 46(1-3):83-95
- ❖ Téllez, J., Rodríguez, A., Fajardo, A. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental [Carbon monoxide contamination: an environmental health problem]. *Rev Salud Publica*. Bogota, 8(1):108-117.
- ❖ Tormoehlen, LM., Tekulve, KJ., Nañagas, KA. (2014). Hydrocarbon toxicity: A review. *Clin Toxicol (Phila)*, 52(5):479-489.
- ❖ Turk, J., Turk, A. (1988). Environmental Science. *Saunders Co*. Philadelphia
- ❖ Brimblecombe, P. (2011). *The Big Smoke: a history of air pollution in London since medieval times*. Routledge
- ❖ Turner JS. (1990). *Clinical Methods: The History, Physical and Laboratory Examinations*. 3rd edition. Butterworths. Review. PMID 12250077. Free Books and Documents
- ❖ Walker, HK., Hall, WD., Hurst, WJ. (1990). *Clinical Methods, The History, Physical and Laboratory Examinations*. 3rd Edition. Boston. Butterworths
- ❖ Weber, R. (2014) Pharyngitis. *Prim Care*, 41(1):91-98.
- ❖ Witt, R., Chen, H., Mielens, D., et al. (2014). Detection of chronic laryngitis due to laryngopharyngeal reflux using color and texture analysis of laryngoscopic images. *J Voice*, 28(1):98-105.
- ❖ Yang, D., Yang, X., Deng, F., Guo, X. (2017). Ambient Air Pollution and Biomarkers of Health Effect. *Adv Exp Med Biol*, 1017:59-102.
- ❖ Zhang, J., Lin, X.F., Bai CX., (2014). Comparison of Clinical Features Between Non-Smokers with COPD and Smokers with COPD: A retrospective Observational Study. *Fudan University*
- ❖ Zhao, Q., Li, Y., Chai, X., et al. (2019). Interaction of pulmonary surfactant with silica and polycyclic aromatic hydrocarbons: Implications for respiratory health. *Chemosphere*, 222:603-610

Ελληνική

- ❖ Αθανάτου, ΕΚ. (2007). *Παθολογική και Χειρουργική Κλινική Νοσηλευτική*
- ❖ Αθανάτου, ΕΚ. (2004). *Κλινική Νοσηλευτική. Βασικές και Ειδικές Νοσηλείες*
- ❖ Γαρδίκας, Κ.Δ. (2005). *Ειδική Νοσολογία*. Παρισσιανού
- ❖ Δετοράκης, Ι. (2003). *Βασικές Αρχές Υγιεινής*. Παρισσιανού
- ❖ Δημητρακόπουλος, Ο.Γ. (1993). *Ιατρική Βακτηριολογία*. Πασχαλίδης
- ❖ Δουγένης, Δ. (2002). Τραυματικές Κακώσεις Τραχειοβρογχικού Δένδρου. Καρδιοθωρακοχειρουργική Κλινική – Ιατρικό τμήμα. Πάτρα. *Αρχεία Ελληνικής Ιατρικής*, 19(3), 258-269
- ❖ Γρηγοριάδης, Α. (2016). Αποτίμηση Προσωπικής Έκθεσης σε Πτητικές Οργανικές Ενώσεις στην Ανατολική Θεσσαλονίκη. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- ❖ Δρίβας, Σ. (2007). Ασθένειες από Αμιάντο. *Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας*
- ❖ Θεοφανίδης, Μ. (2008). Ατμοσφαιρική Χημεία, Επίδραση των Ακτινοβολιών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
- ❖ Καμμά, Α. (2006). *Μαθήματα Ανατομικής*. Εκτύπωση: Ζαχαρόπουλος, Μ.

- ❖ Κατσαφάδος, Π., Μαυροματίδης, Η. (2015). Εισαγωγή στη φυσική της ατμόσφαιρας και την κλιματική αλλαγή. (e-book)
- ❖ Κανέλλος, Ε., Λυμπέρη, Μ. (1996). *Φυσιολογία II*. 2^η εκδ. Λυχνός
- ❖ Κρέπια – Σαπουντζή, Δ. (2004). *Χρόνια Ασθένεια και Νοσηλευτική Φροντίδα. Μια ολιστική προσέγγιση*. 2^η εκδ. Ελλην
- ❖ Κυριακίδου, Ε. (2004). *Κοινωνική Νοσηλευτική*. 5^η εκδ. Η Ταβιθά
- ❖ Μαλγαρινού, Μ.Α., Κωνσταντινίδου, Σ.Φ. (2002). *Νοσηλευτική Παθολογική Χειρουργική*. 20^η Έκδοση. Η Ταβιθά
- ❖ Μουτσόπουλος, Χ.Μ., Εμμανουήλ, Δ.Σ. (χ.χ.). *Βασικές αρχές Παθοφυσιολογίας*. Λίτσας
- ❖ Μπουροδήμος, Ε.Λ. (1998). *Η Βόμβα του Κλίματος*. Οικονομικός Ταχυδρόμος
- ❖ Πάνου Μ., Σαχίνη - Καρδάση Α. (2006). Παθολογική και Χειρουργική Νοσηλευτική – Νοσηλευτικές Διαδικασίες. 1^{ος} τόμος
- ❖ Πολυμενέας Π. (2004). Η Ατμοσφαιρική Ρύπανση στο Λεκανοπέδιο της Αττικής. Διπλωματική εργασία. Πανεπιστήμιο Αιγαίου – τμήμα Περιβάλλοντος
- ❖ Πλέσσας Σ., Κανέλλος Ε. (1997). *Φυσιολογία του ανθρώπου 1*. 2^η εκδ. Φάρμακον - Τύπος
- ❖ Τσιτομενέας, Θ.Σ. (2018). *Ακτινοβολίες – Επιδράσεις, Αρχές διαχείρισης, Μέτρα προφύλαξης*. 4^η έκδοση. Ένωση Ελλήνων Φυσικών
- ❖ Τριχόπουλου, Α., Τριχόπουλος, Δ. (1986). *Προληπτική Ιατρική. Αγωγή Υγείας, Κοινωνική Ιατρική, Δημόσια Υγιεινή*. Παρισιανού
- ❖ Χαντζημηνάς, ΙΣ. (1972). *Επίτομος Φυσιολογία*. Παρισιανός

Websites:

Ξενόγλωσση

- ❖ Delgermaa, V., Takahashi, K., Park, EK., Vinh, Le G., Hara, T., Sorahan, T. (2011). Global mesothelioma deaths reported to the World Health Organization between 1994 and 2008. (WHO). Retrieved on 20-05-2020 from: <https://www.who.int/bulletin/volumes/89/10/11-086678/en/>
- ❖ EPA 1. (2017). Nitrogen Dioxide (NO₂) Pollution. Retrieved on 19-1-2017 from: <https://www.epa.gov/no2-pollution/basic-information-about-no2#What%20is%20NO2>
- ❖ EPA 2. (2017). National Air Quality Status and Trends of Key Air Pollutants. Retrieved on 19-1-2017 from: <https://www.epa.gov/air-trends> and Air Quality Data Collected at Outdoor Monitors Across the US Retrieved on 19-1-2017 from: <https://www.epa.gov/outdoor-air-quality-data>
- ❖ EPA. (2003). Οδηγία 2003/18/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 27^{ης} Μαρτίου 2003 για την τροποποίηση της οδηγίας 83/477/ΕΟΚ του Συμβουλίου για την προστασία των εργαζομένων από τους κινδύνους που οφείλονται στην έκθεση τους στον αμίαντο κατά την διάρκεια της εργασίας. Αναρτήθηκε στις 15-4-2003 από: <https://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:097:0048:0052:EL:PDF>
- ❖ ESA. (2020). Coronavirus lockdown leading to drop in pollution across Europe. Retrieved on 27-03-2020 from: https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Coronavirus_lockdown_leading_to_drop_in_pollution_across_Europe

- ❖ WHO. (2003). Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, ozone and Nitrogen Dioxide: report on a WHO working group. Germany. Retrieved on 13-1-2003 from:
[Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide \(PDF\). World Health Organization.](#)
- ❖ WHO. (2016). Ambient (outdoor) air pollution. Retrieved on 2-5-2016 from:
<https://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/>
- ❖ WHO. (2019). Lead poisoning and health. Retrieved on 23-8-2019 from:
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- ❖ WHO. (x.x.). Air Pollution. Εύρεση στις 21-05-2020 from:
https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- ❖ NASA. (2012). Watching the Ozone Before and After the Montreal Protocol. Retrieved on 18-9-2012 from:
<https://earthobservatory.nasa.gov/images/79198/watching-the-ozone-hole-before-and-after-the-montreal-protocol>
- ❖ North-meteo. (x.x.). Κλιματολογία. Θλιβερό ρεκόρ για την παγκόσμια μέτρηση διοξειδίου του άνθρακα τον Μάιο παρά την Πανδημία. Εύρεση στις 11-6-2020 from: <http://northmeteo.gr/thlivero-rekor-gia-tin-pagkosmia-metrisi-dioxeidiou-toy-anthraka-ton-maio-para-tin-pandimia/>

Ελληνική

- ❖ Αθανασίου, Α. (2018). Χημικοί Παράγοντες και Επιπτώσεις στην Υγεία. Εύρεση στις 30-06-2020 από:
[http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/All/395D62B750A8578CC225831C0022CA4F/\\$file/Epiptosis_sthn_ymia_apo_toys%20ximikous_paragontes_AA.pdf](http://www.mlsi.gov.cy/mlsi/dli/dliup.nsf/All/395D62B750A8578CC225831C0022CA4F/$file/Epiptosis_sthn_ymia_apo_toys%20ximikous_paragontes_AA.pdf)
- ❖ Γιάνναρου, Μ. (2016). Ατμόσφαιρα. Εύρεση στις 2-3-2020 από:
<https://www.ecoweather.gr/atmosfaira>
- ❖ Γκάργκουλας, Ν. (Χ.Χ.). Παρουσίαση της Οδηγίας 96/61/ΕΕ (IPCC). Εύρεση στις 10-05-2020 από: http://library.tee.gr/digital/m1869/m1869_gargoulas.pdf
- ❖ ΕΕ. (1996). Οδηγία 96/61/ΕΚ του Συμβουλίου της 24^{ης} Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο ρύπανσης. Αναρτήθηκε στις 10-10-1996 από:
<https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:31996L0061&from=EN>
- ❖ ΕΕΣ. (2018). Ειδική έκθεση 23/2018. Ατμοσφαιρική Ρύπανση: Η προστασία της υγείας μας παραμένει ανεπαρκής. Ευρωπαϊκό Ελεγκτικό Συνέδριο. Εύρεση στις 4-5-2020 από: <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/air-quality-23-2018/el/>
- ❖ ESA. (2020). Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Αναρτήθηκε στις 10-10-1996 από:
https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_Global_GR/SEM3T4SZLG_0.html
- ❖ ΕΟΚ. (1988). Απόφαση 58/540/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 14ης Οκτωβρίου 1988 για τη σύναψη της σύμβασης της Βιέννης για την προστασία της στιβάδας του όζοντος και του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ για τις ουσίες που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος. Αναρτήθηκε στις 31-10-1988 από: <https://eurlex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/HTML/?uri=CELEX:31988D0540&from=EL>
- ❖ ΕΟΠ. (2017). Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Αναρτήθηκε στις 9-10-2017 από:
<https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>

- ❖ ΟΗΕ. (2019). Διάσκεψη του ΟΗΕ για την κλιματική αλλαγή (COP 25), 2 Δεκεμβρίου 2019. *Εύρεση στις 3-4-2020 από: <https://www.consilium.europa.eu/el/meetings/international-summit/2019/12/02/>*
- ❖ Μελάς, Δ., Αλεξανδροπούλου, Α., Αμοιρίδης, Β., Κακαρίδου, Μ., Σουλακέλης, Ν. (2020). Ατμοσφαιρική Ρύπανση (Οδηγός Εκπαιδευτικών). Υπόεργο ΕΠΑΕΚ. *Εύρεση στις 22-5-2020 από: <http://dide.koz.sch.gr/tmsdr/wp-content/uploads/atmosfairiki-ripansi.pdf>*
- ❖ Φωτιάδη, Α. (χ.κ.). Θερμοκρασία. Ενότητα 4^η. Ανοιχτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα Πανεπιστήμιο Πατρών. *Εύρεση στις: 10-5-2020 από: <https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/ENV109/%CE%91%CE%BD%CE%BF%CE%B9%CE%BA%CF%84%CE%AC%20%CE%9C%CE%B1%CE%B8%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1/4.%20%CE%98%CE%B5%CF%81%CE%BC%CE%BF%CE%BA%CF%81%CE%B1%CF%83%CE%AF%CE%B1.pdf>*