



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΜΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΥΓΕΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Σκλήρυνση Κατά Πλάκας
στο Γυναικείο Πληθυσμό**

Συγγραφέας

ΛΕΩΝΙΑ ΕΛΕΩΝΟΡΑ ΣΤΑΥΡΑΚΗ

ΑΜ: 2143

Επιβλέπουσα:

ΒΕΝΕΤΙΑ ΝΟΤΑΡΑ
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Αθήνα, Μάιος 2023



UNIVERSITY OF WEST ATTICA

SCHOOL OF PUBLIC HEALTH

DEPARTMENT OF PUBLIC AND COMMUNITY HEALTH

ENVIRONMENTAL COMMUNICATION AND HEALTH PROMOTION

Postgraduate Diploma Thesis

**Air Pollution and Multiple Sclerosis in the
Female Population**

Author

LEONIA ELEONORA STAVRAKI

RN: 2143

Supervisor:

**VENETIA NOTARA
Associate Professor**

Athens, May 2023



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΑΤΤΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΥΓΕΙΑΣ

Τίτλος εργασίας

«Ατμοσφαιρική Ρύπανση και Σκλήρυνση Κατά Πλάκας στο Γυναικείο Πληθυσμό»

Μέλη Εξεταστικής Επιτροπής συμπεριλαμβανομένου και του Εισηγητή

Η μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία εξετάστηκε επιτυχώς από την κάτωθι Εξεταστική Επιτροπή:

A/α	ΟΝΟΜΑ ΕΠΩΝΥΜΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ/ΙΔΙΟΤΗΤΑ	ΨΗΦΙΑΚΗ ΥΠΟΓΡΑΦΗ
	Νοταρά Βενετία	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Επιβλέπουσα	
	Σκαναβή Κωνσταντίνα	Καθηγήτρια Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής	
	Σακελλάρη Ευανθία	Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Μέλος Τριμελούς Εξεταστικής Επιτροπής	

ΔΗΛΩΣΗ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Ο/η κάτωθι υπογεγραμμένος/η **ΛΕΩΝΙΑ ΕΛΕΩΝΟΡΑ ΣΤΑΥΡΑΚΗ** του **ΓΕΩΡΓΙΟΥ**, με αριθμό μητρώου **2143** φοιτητής/τρια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών **ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΥΓΕΙΑΣ** του Τμήματος **ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΟΤΙΚΗΣ ΥΓΕΙΑΣ** της Σχολής **ΔΗΜΟΣΙΑΣ ΥΓΕΙΑΣ** του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος.

Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

**Επιθυμώ την απαγόρευση πρόσβασης στο πλήρες κείμενο της εργασίας μου μέχρι 12 μήνες και έπειτα από αίτηση μου στη Βιβλιοθήκη και έγκριση του επιβλέποντα καθηγητή.*

Ο/Η Δηλών/ούσα

*** Ονοματεπώνυμο /Ιδιότητα**



Ψηφιακή Υπογραφή Επιβλέποντα

(Υπογραφή)

**** Εάν κάποιος επιθυμεί απαγόρευση πρόσβασης στην εργασία για χρονικό διάστημα 6-12 μηνών (embargo), θα πρέπει να υπογράψει ψηφιακά ο/η επιβλέπων/ουσα καθηγητής/τρια, για να γνωστοποιεί ότι είναι ενημερωμένος/η και συναινεί. Οι λόγοι χρονικού αποκλεισμού πρόσβασης περιγράφονται αναλυτικά στις πολιτικές του Ι.Α. (σελ. 6):***

https://www.uniwa.gr/wp-content/uploads/2021/01/%CE%A0%CE%BF%CE%BB%CE%B9%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B5%CC%81%CF%82_%CE%99%CE%B4%CF%81%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%BF%CF%85%CC%81_%CE%91%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CF%84%CE%B7%CF%81%CE%B9%CC%81%CE%BF%CF%85_final.pdf

«Η ρύπανση του περιβάλλοντος είναι μια ανίατη ασθένεια. Μπορεί μόνο να προληφθεί».

Μπάρι Κόμονερ

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια, οι ανθρώπινες δραστηριότητες επιβαρύνουν το περιβάλλον και δημιουργούν διαφορετικές μορφές ρύπανσης (ατμοσφαιρική, υδάτων, εδαφική, ηχορύπανση κτλ.). Ως εκ τούτου, η ατμοσφαιρική ρύπανση επιβαρύνει το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία με άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις. Η Σκλήρυνση κατά Πλάκας (ΣκΠ) είναι μια χρόνια νευροεκφυλιστική νόσος με αυτοάνοση φυσιοπαθολογία του κεντρικού νευρικού συστήματος. Επιστημονικές μελέτες υποστηρίζουν ότι όσο περνάνε τα χρόνια, οι ασθενείς που νοσούν με ΣκΠ αυξάνονται. Ωστόσο, δεν υπάρχει μια ακριβής αιτία που να είναι επιστημονικά αποδεκτή ότι δημιουργεί ή αναπτύσσει τη ΣκΠ ή που να δημιουργεί εκφυλισμό στους ασθενείς με προϋπάρχουσα ΣκΠ. Παρόλο που δεν είναι μία η γενεσιουργός αιτία, διαφορετικά αίτια έχουν συσχετιστεί με την επιδείνωση των συμπτωμάτων της ΣκΠ, όπως για παράδειγμα το κάπνισμα, η παχυσαρκία, η έλλειψη βιταμίνης D, ως αποτέλεσμα της μειωμένης ηλιοφάνειας. Επιπλέον, έρευνες υποδεικνύουν το φύλο ως παράγοντα κινδύνου. Συγκεκριμένα, οι γυναίκες έχουν πάνω από διπλάσιο ποσοστό νόσησης. Στη βιβλιογραφία, υπάρχουν μελέτες που βρίσκουν θετική, ουδέτερη ή αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ΣκΠ και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Παρατηρείται διάσταση επιστημονικών δεδομένων αναφορικά με τη σχέση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ΣκΠ. Επιπλέον, τα δεδομένα είναι ελάχιστα και χρειάζεται περαιτέρω μελέτη για την ενίσχυση και την επιστημονική εξέλιξη της έρευνας που αφορά την ΣκΠ.

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία έχει ως σκοπό, την ανασκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για τη σχέση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης τόσο στην εμφάνιση, όσο και στην πρόγνωση της ΣκΠ στο γυναικείο πληθυσμό, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

Λέξεις – κλειδιά: Σκλήρυνση κατά Πλάκας, ατμοσφαιρική ρύπανση, γυναίκες, ρύποι.

Ευχαριστίες

Η παρούσα μελέτη έγινε στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας για το μεταπτυχιακό πρόγραμμα «Περιβαλλοντική Επικοινωνία και Προαγωγή Υγείας», του τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας, της Σχολής Δημόσιας Υγείας του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής.

Με την ολοκλήρωση αυτής της διατριβής, θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου σε όλους εκείνους που συνέβαλλαν άμεσα ή έμμεσα στην εκπόνησή της. Αρχικά ευχαριστώ θερμά όλους τους διδάσκοντες καθηγητές του μεταπτυχιακού προγράμματος, τα μέλη της τριμελούς επιτροπής και ιδιαίτερα την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου κα Βενετία Νοταρά, αναπληρώτρια καθηγήτρια του τμήματος Δημόσιας και Κοινωνικής Υγείας, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ' αρχής με την επιλογή από μέρος μου του συγκεκριμένου θέματος, την επιστημονική και συμβουλευτική καθοδήγηση που μου προσέφερε σε όλα τα στάδια της συγγραφής της με τις πολύτιμες, εύστοχες και εποικοδομητικές παρατηρήσεις της. Ένα μεγάλο ευχαριστώ επίσης στην κα Κωνσταντίνα Σκαναβή, καθηγήτρια και υπεύθυνη του μεταπτυχιακού προγράμματος, η οποία μου έδωσε την ευκαιρία να συμμετάσχω σε αυτό, διευρύνοντας τις γνώσεις μου και τις εμπειρίες μου στα θεματικά πεδία που διδάχθηκαν.

Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την ηθική συμπαράσταση που μου προσέφεραν, το σύζυγό μου Γιώργο που από την πρώτη στιγμή με ενθάρρυνε και με βοήθησε ουσιαστικά σε αυτή μου την προσπάθεια και βεβαίως ένα μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στην κόρη μου Εμμέλεια για τον πολύτιμο μεταξύ μας χρόνο που της στέρησα.

Πίνακας Περιεχομένων

1. Εισαγωγή.....	5
1.1.Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	5
1.2.Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία και στο περιβάλλον	12
1.2.1.Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα.....	17
2. Σκλήρυνση κατά Πλάκας (ΣκΠ)	19
3. Σκλήρυνση κατά Πλάκας και ατμοσφαιρική ρύπανση.....	30
3.1. Σκλήρυνση κατά Πλάκας στην Ελλάδα	33
4. Συμπεράσματα.....	36
Βιβλιογραφία	37

Πίνακας Εικόνων

Εικόνα 1. Πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι (Πηγή: Scottish Government, https://www.gov.scot/publications/cleaner-air-scotland-road-healthier-future/pages/6/).....	6
Εικόνα 2. Επιπτώσεις των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Πηγή: Tree hugger, https://www.treehugger.com/co-why-is-carbon-dioxide-bad-4864246).....	8
Εικόνα 3. Σύγκριση του μεγέθους των αιωρούμενων σωματιδίων με τις διαμέτρους της ανθρώπινης τρίχας και των κόκκων της άμμου (Πηγή: Environmental Protection Agency, https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics).....	9
Εικόνα 4. Τροποσφαιρικό και στρατοσφαιρικό όζον (Πηγή: University of Rochester, https://www.rochester.edu/newscenter/new-ice-core-data-tropospheric-ozone-levels-386572/) ..	10
Εικόνα 5. Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρική ρύπανσης στην υγεία (Πηγή: Air pollution, http://air-pollution.in/health-environmental-effects-air-pollution/).....	14
Εικόνα 6. Νέφος στην πόλη της Αθήνας (Πηγή: Huffington Post, https://www.huffingtonpost.gr/entry/ti-semvainei-me-ten-atmosfairike-repanse-sten-ellada-e-krise-to-skoteino-sennefo-toe-liynite-kai-e-mache-για-ten-prostasia-ton-archaion-mnemeion_gr_5a670c14e4b002283006274d)	18
Εικόνα 7. Νέφος στην πόλη της Αθήνας (Πηγή: Huffington Post, https://www.huffingtonpost.gr/entry/ti-semvainei-me-ten-atmosfairike-repanse-sten-ellada-e-krise-to-skoteino-sennefo-toe-liynite-kai-e-mache-για-ten-prostasia-ton-archaion-mnemeion_gr_5a670c14e4b002283006274d)	18
Εικόνα 8. Παρουσίαση ενός κανονικού νεύρου και ενός νεύρου με ΣκΠ (Πηγή: National MS Society, https://www.nationalmssociety.org/What-is-MS/Definition-of-MS)	20
Εικόνα 9. Παρουσίαση στον ανθρώπινο οργανισμό ενός κανονικού νεύρου και ενός νεύρου με ΣκΠ (Πηγή: Mayo Clinic, https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/multiple-sclerosis/symptoms-causes/syc-20350269#dialogId19631027)	21
Εικόνα 10. Μορφές ΣκΠ (Πηγή: Μουστρής, 2020, https://neyrologos.gr/sklirinsi-kata-plakas-ti-einai-morfes-ilikia-emfanisis/)	24
Εικόνα 11. Χάρτης που παρουσιάζει την κατανομή της ΣκΠ παγκοσμίως (Πηγή: MS International Federation, https://www.atlasofms.org/map/global/epidemiology/number-of-people-with-ms)	26
Εικόνα 12. Περιοχές στον ανθρώπινο οργανισμό που επηρεάζονται από ΣκΠ (Πηγή https://theconversation.com/what-causes-multiple-sclerosis-what-we-know-dont-know-and-suspect-105491).....	29

Πίνακας Πινάκων

Πίνακας 1. Ατμοσφαιρική ρύπανση.....	14
Πίνακας 2. Αέριοι ρύποι και επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον (Πηγή: Ρεμουντάκη, 2010) .	16

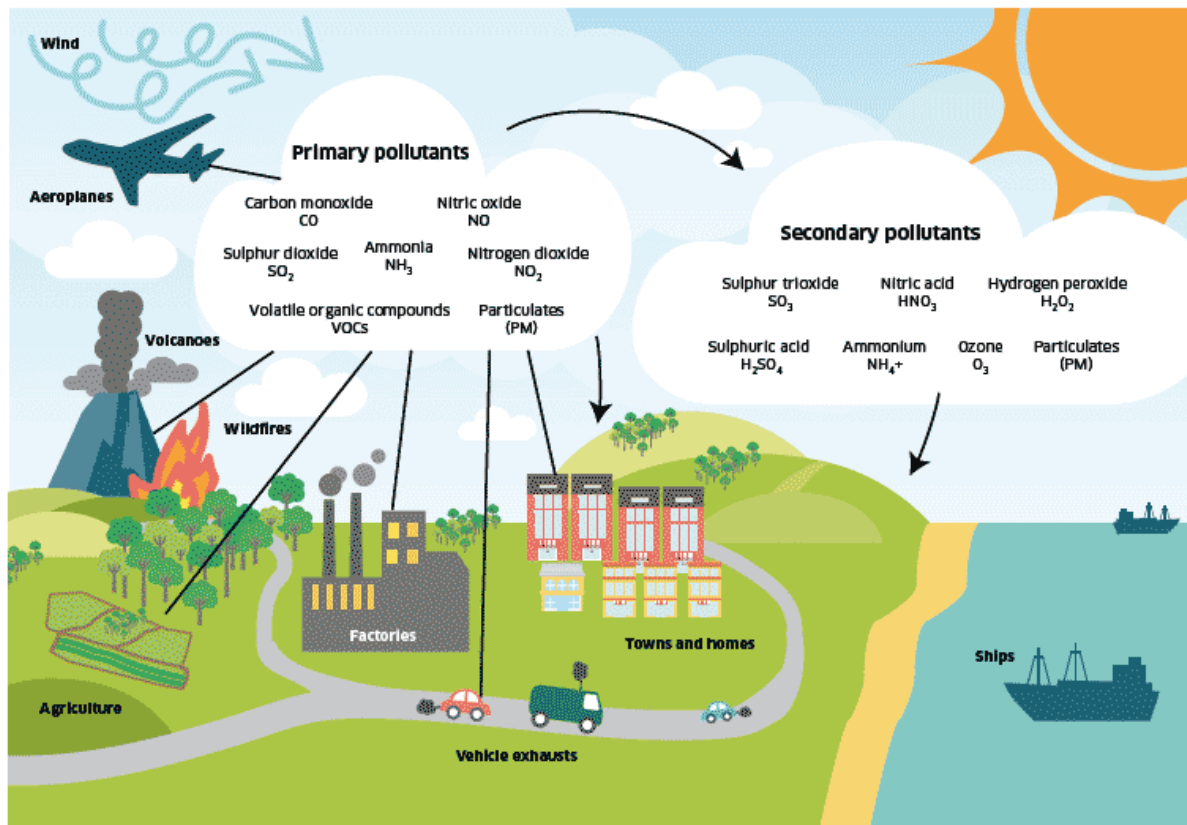
1. Εισαγωγή

1.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ποιότητα του αέρα είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με το κλίμα, το περιβάλλον και τα οικοσυστήματα της γης (χερσαία και υδάτινα) παγκοσμίως. Η ατμόσφαιρα αποτελεί το προστατευτικό στρώμα γύρω από τον πλανήτη μας, το οποίο είναι υπεύθυνο για την ύπαρξη και τη συντήρηση της ζωής (Böhme, 2021). Λόγω των εκτεταμένων ανθρώπινων δραστηριοτήτων με στόχο την κάλυψη των σύγχρονων αναγκών, η ατμόσφαιρα της Γης επιβαρύνεται από ρύπους (Jacobson, 2002). Η ατμοσφαιρική ρύπανση ως έννοια είναι στο επίκεντρο της προσοχής στις σύγχρονες κοινωνίες και στην παγκόσμια πολιτική ατζέντα, τόσο για τις κοινωνικές απόρροιες που προκύπτουν λόγω της ρύπανσης όσο και για τις πολιτικές μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης που πρέπει να ακολουθηθούν από όλα τα κράτη ανά τον κόσμο (West *et al.*, 2016; Manisalidis *et al.*, 2020). Ένας από τους κυριότερους λόγους, είναι το γεγονός ότι οι προκλήσεις που προκύπτουν από τη ρύπανση της ατμόσφαιρας είναι επιβλαβείς για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία, παρόλο που δεν είναι ορατές με γυμνό μάτι (West *et al.*, 2016). Επιπλέον, το γεγονός ότι πλέον και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές που δεν είναι εύκολα προσβάσιμες από τους ανθρώπους υπάρχει υποβάθμιση της ποιότητας του περιβάλλοντος (Horton and Barnes, 2020), δείχνει ότι τόσο η ατμοσφαιρική ρύπανση όσο και τα περιβαλλοντικά προβλήματα είναι εν γένει διασυνοριακά.

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO) (2022) ως ατμοσφαιρική ρύπανση ορίζεται «η μόλυνση του εσωτερικού ή εξωτερικού περιβάλλοντος από οποιονδήποτε χημικό, φυσικό ή βιολογικό παράγοντα που τροποποιεί τα φυσικά χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας». Επιπλέον, ρύπο με βάση την υπάρχουσα νομοθεσία αποτελεί «οιαδήποτε ουσία εμφανίζεται στον ατμοσφαιρικό αέρα και ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και/ή στο περιβάλλον στο σύνολό του» (Οδηγία 2008/50/ΕΚ). Είναι σημαντικό να τονιστεί ότι τα επεισόδια ρύπανσης δεν προκαλούνται συνήθως από ξαφνική αύξηση της εκπομπής των ρύπων αλλά οφείλονται σε «δυσμενείς» μετεωρολογικές συνθήκες οι οποίες περιορίζουν σημαντικά την ικανότητα της ατμόσφαιρας να αραιώσει τους ρύπους. Οι ρύποι διακρίνονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Οι πρωτογενείς ρύποι εκπέμπονται απευθείας στην ατμόσφαιρα από μια

πηγή (για παράδειγμα από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων) και επιβαρύνουν ή ρυπαίνουν την ποιότητα του αέρα (Vallero, 2019). Οι δευτερογενείς ρύποι είναι οι ρύποι που ενώ εκλύονται στην ατμόσφαιρα ως πρωτογενείς στη συνέχεια υπόκεινται σε χημική ή φωτοχημική αντίδραση (Sitaras and Siskos, 2008; Henneman *et al.*, 2015). Ως αποτέλεσμα, οι δευτερογενείς ρύποι είναι πιο επιβλαβείς για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία (Ρεμουντάκη, 2010). Η εικόνα 1 παρουσιάζει διαγραμματικά τους πρωτογενείς και τους δευτερογενείς ρύπους.



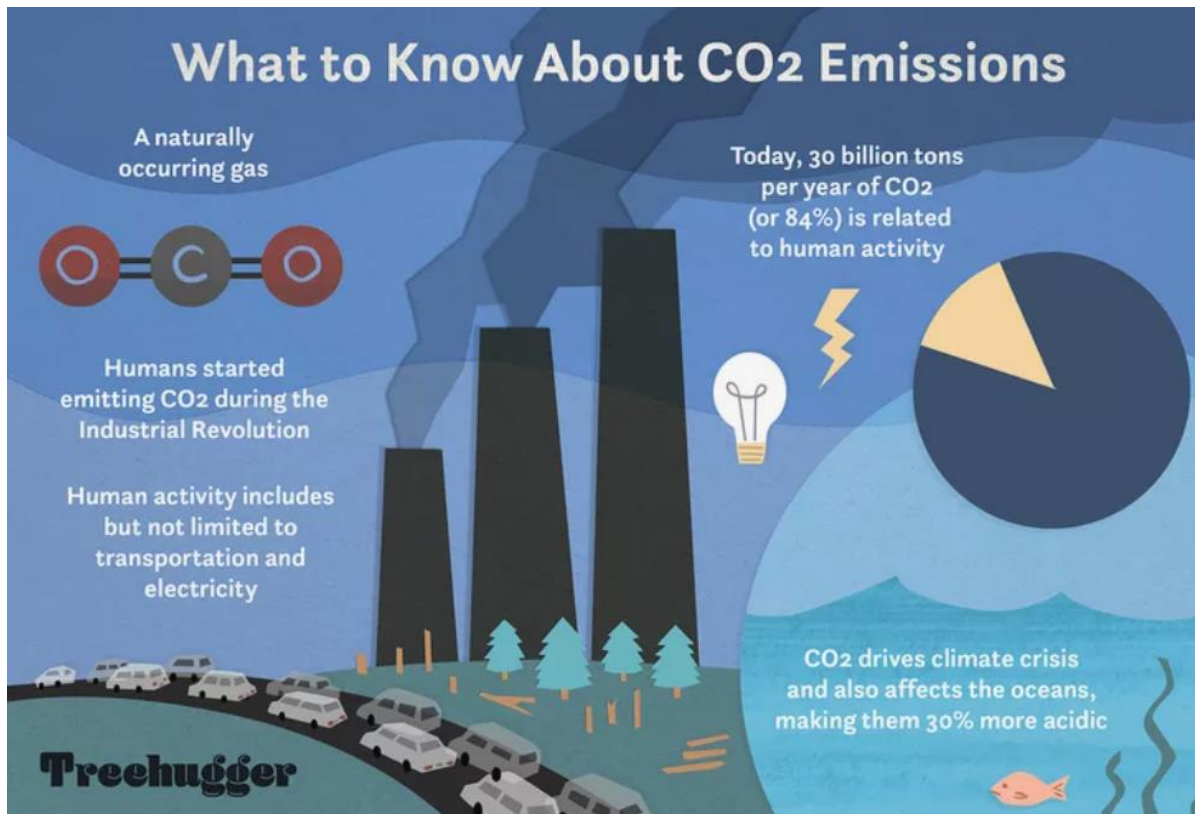
Εικόνα 1. Πρωτογενείς και δευτερογενείς ρύποι (Πηγή: Scottish Government, <https://www.gov.scot/publications/cleaner-air-scotland-road-healthier-future/pages/6/>)

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας κάνει διαχωρισμό του νέφους σε φωτοχημικό νέφος και νέφος καπνομίχλης (ΥΠΕΝ, 2020). Συγκεκριμένα, το φωτοχημικό νέφος εμφανίζεται όταν έχουμε «υψηλές θερμοκρασίες, μεγάλη ηλιοφάνεια σε ένταση και διάρκεια, μικρή σχετική υγρασία και υψηλή συγκέντρωση οξειδίων του αζώτου, υδρογονανθράκων, και δευτερογενών προϊόντων τους» (ΥΠΕΝ, 2020). Αντιθέτως το νέφος καπνομίχλης εμφανίζεται «όταν έχουμε υψηλή συγκέντρωση ρύπων, όπως μονοξειδίου του άνθρακα, διοξείδιο του θείου και αιωρούμενα σωματίδια, σε συνδυασμό με σχετικά χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη σχετική υγρασία» (ΥΠΕΝ, 2020). Τέτοιου είδους ρύπανση

παρατηρείται και στα μάρμαρα του Παρθενώνα (Sitaras and Siskos, 2008; Ρεμουντάκη, 2010; Athanassakis, 2015).

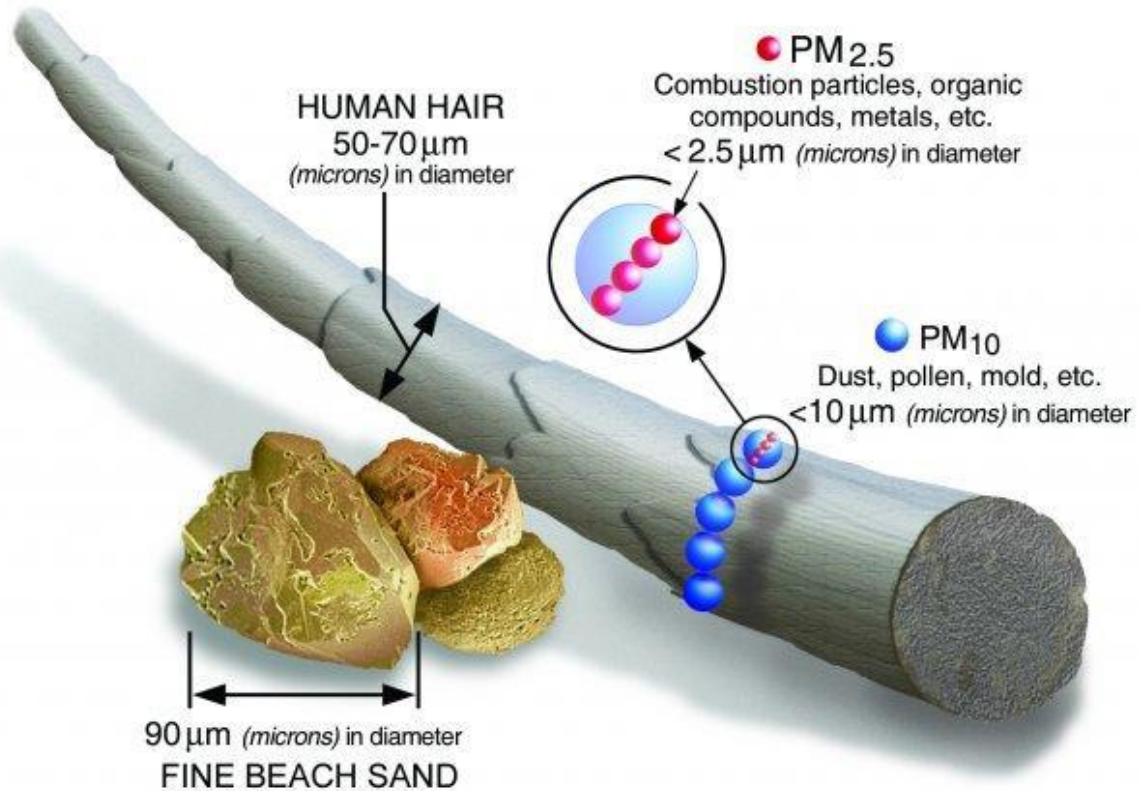
Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως για παράδειγμα η υπεραλίευση, η υπερβόσκηση, η καύση των ορυκτών καυσίμων (δηλαδή του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου), οι δασικές πυρκαγιές, η αποψίλωση των δασών κτλ. επιδεινώνουν την ποιότητα του περιβάλλοντος (Barkemeyer and Liesen, 2015). Ως αποτέλεσμα αυτών, η ατμόσφαιρα επιβαρύνεται με επιπλέον ρύπους που προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η μέση θερμοκρασία της Γης. Υπάρχει σαφής τάση αύξησης των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα (Goel and Agarwal, 2014). Σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (Environmental Protection Agency – EPA, 2022a), οι κυριότεροι αέριοι ρύποι είναι το διοξείδιο του άνθρακα, τα αιωρούμενα σωματίδια, τα οξείδια του αζώτου, το μονοξείδιο του άνθρακα και το όζον. Η ατμοσφαιρική ρύπανση εσωτερικών και εξωτερικών χώρων προξενεί αναπνευστικές και άλλες ασθένειες και αποτελεί σημαντική πηγή νοσηρότητας και θνησιμότητας.

Το διοξείδιο του άνθρακα (Carbon Dioxide, CO₂) είναι ένα άχρωμο και άοσμο, σημαντικό αέριο του θερμοκηπίου που προέρχεται από την εξόρυξη και την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) με σκοπό την παραγωγή ενέργειας και προέρχεται και από πυρκαγιές και φυσικές διεργασίες (για παράδειγμα ηφαιστειακές εκρήξεις) (Sakakura *et al.*, 2007). Είναι πολύ σημαντικό αέριο για την επιβίωση των έμβιων όντων και για την ανάπτυξη της ζωής στον πλανήτη Γη (Goel and Agarwal, 2014; Preiner and Martin, 2021). Μεταφέρεται σε μεγάλες αποστάσεις σε όλη την υδρόγειο στον αέρα από τους ανέμους και στο νερό μέσω των ωκεάνιων ρευμάτων, μολύνοντας το περιβάλλον σε μέρη μακρινά σε σχέση με την πηγή προέλευσής του (Goel and Agarwal, 2014; Florides and Christodoulides, 2009). Σύμφωνα με την Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (NOAA, 2022), προσθέτοντας περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, οι άνθρωποι επιβαρύνουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, με επακόλουθο την αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας. Ως εκ τούτου θεωρείται ένα από τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου. Ωστόσο, δεν θεωρείται ατμοσφαιρικός ρύπος διότι δεν έχει άμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Ρεμουντάκη, 2010). Η Εικόνα 2 παρουσιάζει τις επιπτώσεις του διοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 2. Επιπτώσεις των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (Πηγή: Tree hugger, <https://www.treehugger.com/co-why-is-carbon-dioxide-bad-4864246>)

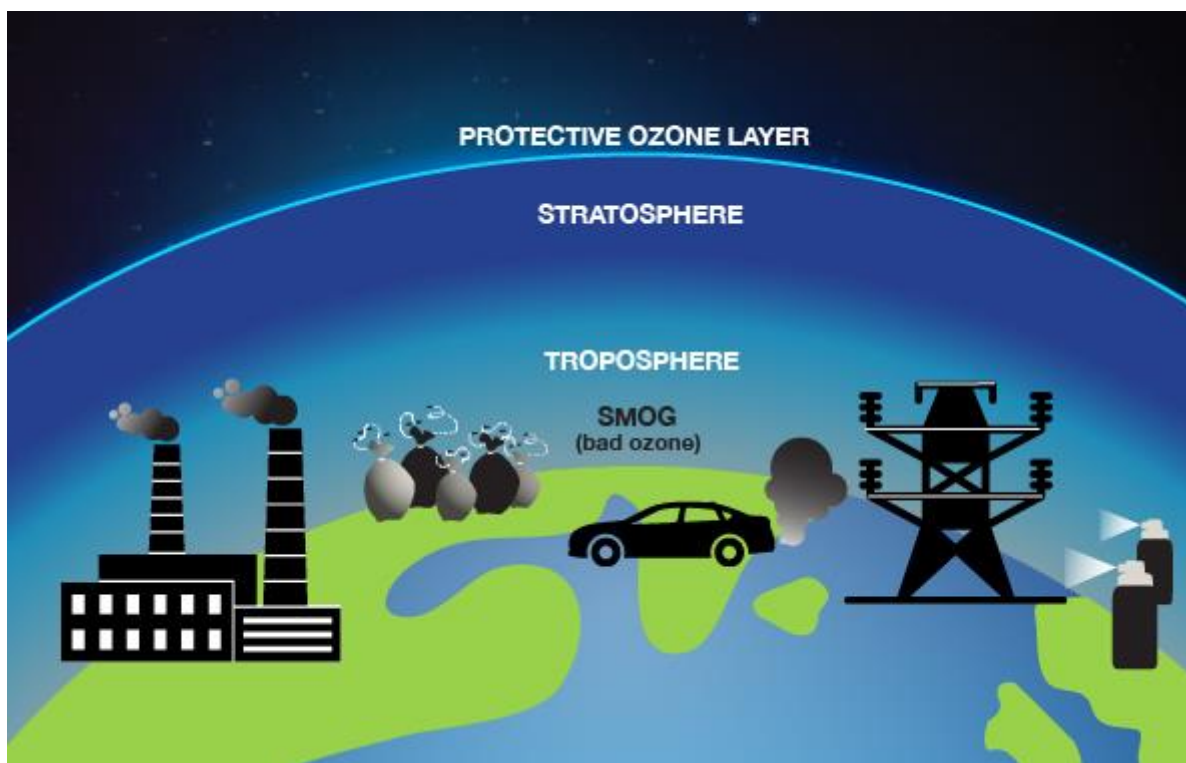
Τα αιωρούμενα σωματίδια (Particulate Matter (PM)) ορίζονται, σύμφωνα με την Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών (EPA, 2022b), «ένα μείγμα στερεών σωματιδίων και υγρών σταγονιδίων που βρίσκονται διασκορπισμένα στην ατμόσφαιρα». Παρόλο που ορισμένα σωματίδια είναι ορατά με γυμνό μάτι, όπως η σκόνη, η βρωμιά και ο καπνός, άλλα είναι τόσο μικρά που η ανίχνευσή τους επιτυγχάνεται μόνο με ηλεκτρονικό μικροσκόπιο (Klimont *et al.*, 2017). Τα αιωρούμενα σωματίδια χωρίζονται με βάση το μέγεθος και το σχήμα τους σε αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο 1μm (ΑΣ₁), αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο 2,5μm (ΑΣ_{2,5}) και αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο 10 μm (ΑΣ₁₀) (Karagulian *et al.*, 2015). Η πηγή προέλευσής τους είναι είτε φυσικές πηγές όπως για παράδειγμα οι ωκεανοί, οι ηφαιστειακές εκρήξεις, η μεταφορά σκόνης μέσω του αέρα κτλ., είτε ανθρωπογενείς πηγές όπως για παράδειγμα μέσω της καύσης ορυκτών καυσίμων (Ρεμουντάκη, 2010; Klimont *et al.*, 2017). Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται τα αιωρούμενα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο 2,5 μm και 10 μm σε σχέση με το μέγεθος μιας ανθρώπινης τρίχας.



Εικόνα 3. Σύγκριση του μεγέθους των αιωρούμενων σωματιδίων με τις διαμέτρους της ανθρώπινης τρίχας και των κόκκων της άμμου (Πηγή: Environmental Protection Agency, <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>)

Τα οξειδία του αζώτου (Nitrogen Oxides, NO_x) αποτελούν μια κατηγορία ρύπων που συμπεριλαμβάνει τα υποοξειδία του αζώτου (N_2O), το μονοοξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και τα νιτρικά (NO_3). Από αυτά, το μονοοξείδιο του αζώτου και το διοξείδιο του αζώτου έχουν τις μεγαλύτερες επιπτώσεις στην ατμοσφαιρική ρύπανση (Boningari and Smirniotis, 2016). Η κυριότερη πηγή από την οποία εκλύονται τα οξειδία του αζώτου στην ατμόσφαιρα είναι η καύση ορυκτών καυσίμων (δηλαδή του κάρβουνου, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου) (Ρεμουντάκη, 2010). Τα εκπεμπόμενα οξειδία του αζώτου έχουν πολλές αρνητικές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον και τα οικοσυστήματα, συμβάλλουν στην καταστροφή του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος και στη δημιουργία όξινης βροχής (Boningari and Smirniotis, 2016). Τα υποοξειδία του αζώτου (N_2O) συμβάλλουν σε δύο ξεχωριστά παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα: την κλιματική αλλαγή και την καταστροφή της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος (Kanter *et al.*, 2013).

Το όζον (Ozone, O₃) διακρίνεται σε στρατοσφαιρικό (δηλαδή το όζον που βρίσκεται στην στρατόσφαιρα και σε τροποσφαιρικό (δηλαδή το όζον που βρίσκεται στην τροπόσφαιρα) (Chipperfield *et al.*, 2017). Το στρατοσφαιρικό όζον αποτρέπει τη βιολογικά επιβλαβή ηλιακή υπεριώδη ακτινοβολία (UV) από την είσοδο στην επιφάνεια της γης και αποτέλεσε βασικό παράγοντα για την εξέλιξη της ζωής στη γη (Wayne, 1985; Hossaini *et al.*, 2017). Η μείωση του στρώματος του όζοντος της στρατόσφαιρας αποτέλεσε ένα από τα κυριότερα περιβαλλοντικά προβλήματα των τελευταίων 40 ετών (Chipperfield *et al.*, 2017). Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ αποτελεί μια παγκόσμια συμφωνία-ορόσημο που αποσκοπεί στην προστασία της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος μέσω της κατάργησης της παραγωγής και της κατανάλωσης των χημικών ουσιών που την καταστρέφουν (Velders *et al.*, 2007). Από την εφαρμογή του έχουν μειωθεί κατά 98% η παραγωγή και η κατανάλωση των τοξικών ουσιών (Kanter *et al.*, 2013). Το τροποσφαιρικό όζον αποτελεί αέριο του θερμοκηπίου και είναι επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία και την ανάπτυξη των φυτών (Monks *et al.*, 2015) και η παρουσία του στην τροπόσφαιρα συμβάλλει στην ταχεία φθορά υλικών (Ρεμουντάκη, 2010). Στην Εικόνα 4 παρουσιάζονται τα διαφορετικά επίπεδα της ατμόσφαιρας που διαχωρίζουν το στρατοσφαιρικό και το τροποσφαιρικό όζον.



Εικόνα 4. Τροποσφαιρικό και στρατοσφαιρικό όζον (Πηγή: University of Rochester, <https://www.rochester.edu/newscenter/new-ice-core-data-tropospheric-ozone-levels-386572/>)

Όπως φαίνεται από την παραπάνω ανάλυση, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα κρίσιμο και πολυπαραγοντικό ζήτημα που επηρεάζει όλους τους ανθρώπους ανεξαρτήτως. Επιπλέον, οι χώρες που δημιουργούν τη ρύπανση δεν είναι απαραίτητως οι ίδιες χώρες που επιβαρύνονται με τις επιπτώσεις της. Επιπλέον, λόγω του γεγονότος ότι κυρίως οι αναπτυγμένες χώρες δημιουργούν ατμοσφαιρική ρύπανση ενώ οι αναπτυσσόμενες επωμίζονται τις συνέπειες, η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα θέμα περιβαλλοντικής δικαιοσύνης (Zhang *et al.*, 2017).

1.2. Επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία και στο περιβάλλον

Η επιστημονική κοινότητα βρίσκεται σε συμφωνία ως προς τις δυσμενείς επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία και στο περιβάλλον. Η ατμοσφαιρική ρύπανση περιλαμβάνει τα αιωρούμενα σωματίδια (ΑΣ), διάφορα αέρια (όπως το άζωτο και τα οξείδια του αζώτου, το θείο και τα οξείδια του θείου, το όζον και το μονοξείδιο του άνθρακα), μέταλλα που μεταφέρονται στον αέρα (π.χ. μόλυβδος, χαλκός, μαγγάνιο, σίδηρος) και οργανικές ενώσεις (βακτηριακές ενδοτοξίνες, βιοαερολύματα και πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες) και θόρυβο από την κυκλοφορία (ηχορύπανση) (Palacios *et al.*, 2017; Noorimotlagh *et al.*, 2021). Ωστόσο, λόγω της περιπλοκότητας του φαινομένου καθώς και των παραγόντων που δεν έχουν διασαφηνιστεί, ο μηχανισμός επίδρασης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους ανθρώπους είναι επί του παρόντος ασαφής.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση αποτελεί ένα σημαντικό περιβαλλοντικό πρόβλημα που επηρεάζει όλες τις χώρες ανεξαρτήτου εισοδήματος. Επιπλέον το πρόβλημα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης είναι διασυνοριακό που σημαίνει ότι η χώρα που εκλύει τους ατμοσφαιρικούς ρύπους δεν είναι απαραίτητα η χώρα που επωμίζεται τις επιπτώσεις στην υγεία ή/και το περιβάλλον (Zhang *et al.*, 2017). Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι οι επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία είναι ένα ζήτημα πολυπαραγοντικό, καθώς ορισμένες από αυτές μπορούν να αποδοθούν σε περισσότερους από έναν παράγοντα κινδύνου. Επιπροσθέτως, άτομα με χρόνιες καρδιακές ή πνευμονικές παθήσεις, τα παιδιά, οι έγκυες γυναίκες και οι ηλικιωμένοι καθώς και πληθυσμοί που ζουν σε χώρες με χαμηλό εισόδημα είναι πιο πιθανό να επηρεαστούν από έκθεση σε ατμοσφαιρική ρύπανση (Makri and Stilianakis, 2008; Al-Kindi *et al.*, 2020).

Το μεγαλύτερο περιστατικό ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ιστορία είναι γνωστό και ως το μεγάλο νέφος του Λονδίνου (The Great Smog ή Big Smoke). Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες συντήρησαν ένα «νέφος» καπνού πάνω από την πόλη του Λονδίνου για 5 συνεχόμενες μέρες από το οποίο προέκυψαν 4.000 πρόωροι θάνατοι (από άλλες εκτιμήσεις οι θάνατοι έφθαναν τους 12.000) και 100.000 περιστατικά αναπνευστικών προβλημάτων (National Geographic, 2013; Polivka, 2018). Το φαινόμενο ονομάστηκε smog (smoke = καπνός και fog = ομίχλη). Οι επιπτώσεις του νέφους ήταν άμεσες αλλά και μακράς διάρκειας.

Οι επιστήμονες κρούουν τον κώδωνα του κινδύνου και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ), η Υπηρεσία Προστασίας του Περιβάλλοντος των Ηνωμένων Πολιτειών καθώς και η Ευρωπαϊκή Ένωση έχουν ορίσει τιμές – κατώφλια, τα οποία αν ξεπεραστούν δημιουργούν επιπτώσεις τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Το 2016, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκάλεσε σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (2021), 4,2 εκατομμύρια πρόωρους θανάτους παγκοσμίως, οι οποίοι προξενήθηκαν κυρίως από αιωρούμενα σωματίδια με διάμετρο 2,5 μm (ΑΣ_{2,5}). Ωστόσο, οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης επιβαρύνουν κυρίως τις τριτοκοσμικές χώρες.

Τα μέρη του σώματος τα οποία αποθηκεύουν ουσίες που εισέρχονται στον οργανισμό είναι το αίμα, το δέρμα, τα δόντια, οι μαλακοί ιστοί, η ουρία, τα οστά και τα μαλλιά (Ρεμουντάκη, 2010). Η κυριότερη λειτουργία του αναπνευστικού συστήματος είναι να τροφοδοτεί το αίμα με οξυγόνο και να αποβάλλει το διοξείδιο του άνθρακα από τον οργανισμό (Santacroce *et al.*, 2020). Οι αέριοι ρύποι εισέρχονται στον ανθρώπινο οργανισμό κυρίως μέσω της αναπνευστικής οδού (Grzywa-Celinska *et al.*, 2020). Ως αποτέλεσμα, οι αέριοι ρύποι μεταφέρονται στους πνεύμονες και από εκεί στο αίμα. Η διαλυτότητα των μορίων των αέριων ρύπων στις διάφορες περιοχές του αναπνευστικού είναι ο σημαντικότερος παράγοντας (Loaiza-Ceballos *et al.*, 2022). Η Εικόνα 5 παρουσιάζει κάποιες από τις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία. Επειδή η ατμοσφαιρική ρύπανση δεν είναι εμφανής με «γυμνό» μάτι, δεν είναι εύκολα ανιχνεύσιμη από το ευρύ κοινό και έχει τόσο άμεσες όσο και έμμεσες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία, συχνά αποκαλείται ο «σιωπηλός δολοφόνος» (Urrutia-Pereira *et al.*, 2021; Bililign, 2023).



Εικόνα 5. Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία (Πηγή: Air pollution, <http://air-pollution.in/health-environmental-effects-air-pollution/>)

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα όρια των ατμοσφαιρικών ρύπων όπως έχουν οριστεί από τις προαναφερθείσες υπηρεσίες/τους προαναφερθέντες οργανισμούς. Λόγω των στρατηγικών μείωσης της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, καθώς και της επιβολής συγκεκριμένων ορίων σε ατμοσφαιρικούς ρύπους που έχουν ακολουθηθεί, τόσο σε τοπικό όσο και σε διεθνές επίπεδο έχουν μειωθεί τα επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Ωστόσο, η ρύπανση του αέρα παραμένει ένα σημαντικό θέμα.

Πίνακας 1. Ατμοσφαιρική ρύπανση

Ρύπος	Κατευθυντήρια γραμμή ΠΟΥ	Πρότυπα ΕΡΑ	ΕΕ Οδηγία	Μέση περίοδος
ΑΣ_{2,5}	10 µg/m ³	35 µg/m ³	10 µg/m ³	Μέσος όρος 24 ωρών
ΑΣ_{2,5}	10 µg/m ³	12 µg/m ³	25 µg/m ³	Ετήσιος μέσος όρος
ΑΣ₁₀	20 µg/m ³	150 µg/m ³	50 µg/m ³	Μέσος όρος 24 ωρών
ΑΣ₁₀	20 µg/m ³	-	40 µg/m ³	Ετήσιος μέσος όρος
Όζον	100 µg/m ³	0.070 ppm	120 µg/m ³	Μέγιστος ημερήσιος μέσος όρος 8ώρου

Σύμφωνα με τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Περιβάλλοντος (2020), οι τρεις κυριότεροι ρύποι από την άποψη των επιπτώσεων στην ανθρώπινη υγεία είναι τα αιωρούμενα σωματίδια, το διοξείδιο του αζώτου και το τροποσφαιρικό όζον.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι ένα μίγμα υγρών και στερεών ουσιών. Υπάρχουν τέσσερις βασικές κατηγορίες αιωρούμενων σωματιδίων με βάση την αεροδυναμική διάμετρο: χονδρόκοκκα σωματίδια (PM₁₀), λεπτόκοκκα (PM_{2,5}), πολύ λεπτά σωματίδια (PM₁)

και εξαιρετικά λεπτά σωματίδια (UFPs) ($PM_{0,1}$) (Noorimotlagh *et al.*, 2021). Εξετάζονται ξεχωριστά με μεγαλύτερη έμφαση στα $AS_{2,5}$ και στα AS_{10} λόγω της έλλειψης δεδομένων (Harrison and Yin, 2000). Το μέγεθος των αιωρούμενων σωματιδίων συνδέεται άμεσα με τη δυνατότητά τους να προκαλούν προβλήματα υγείας. Συγκεκριμένα, λόγω του μικρού τους μεγέθους, τα σωματίδια μπορούν να εισπνευστούν και να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες και προβλήματα υγείας (Nezis *et al.*, 2019). Επιπροσθέτως, τα αιωρούμενα σωματίδια πιστεύεται ότι είναι ένα από τα πιο επιβλαβή συστατικά της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και είναι ιδιαίτερα σημαντικό για τη βλάβη του νευρικού συστήματος επειδή ορισμένα μικρότερα συστατικά των αιωρούμενων σωματιδίων μπορούν να φτάσουν στον εγκέφαλο και σχετίζονται με νευροεκφυλισμό (Block and Calderon-Garciduenas, 2009).

Για παράδειγμα, τα σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο η οποία είναι μικρότερη των 10 μm , δημιουργούν τα μείζονα θέματα στην ανθρώπινη υγεία επειδή μπορούν ευκολότερα λόγω μεγέθους να εισχωρήσουν βαθιά στους πνεύμονες ακόμα και να εισχωρήσουν στην κυκλοφορία του αίματος (EPA, 2022b). Ωστόσο, το μέγεθος τους, η ικανότητα διείσδυσης τους και η σύσταση τους καθορίζουν τις επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Ρεμουντάκη, 2010). Πολυάριθμες επιστημονικές έρευνες συνδέουν την έκθεση στη σωματιδιακή ρύπανση με πρόωρο θάνατο σε άτομα με πρότερες καρδιακές ασθένειες ή πνευμονοπάθεια, μη θανατηφόρα καρδιακά επεισόδια, επιδεινούμενο άσθμα και περιορισμένη πνευμονική λειτουργία (EPA, 2022b). Αιωρούμενα σωματίδια που εκλύονται στην ατμόσφαιρα πλησίον στις πηγές εκπομπής τους, όπως για παράδειγμα σε μεγάλα αστικά κέντρα και στις αντίστοιχες βιομηχανικές τους ζώνες, συνεισφέρουν σε μεγάλο βαθμό στην υποβάθμιση της ατμόσφαιρας και του περιβάλλοντος και η εισπνοή τους κοντά στις προαναφερθείσες πηγές έχει σοβαρές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία (Ρεμουντάκη, 2010; Deng *et al.*, 2019)

Το διοξείδιο του αζώτου παίζει σημαντικό ρόλο στο άσθμα και τα βρογχικά συμπτώματα αλλά επίσης προκαλεί μειωμένη πνευμονική λειτουργία και ερεθισμούς στο αναπνευστικό σύστημα (Meng *et al.*, 2021; Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2021). Το όζον είναι ένας σημαντικός παράγοντας νοσηρότητας και θνησιμότητας αλλά και άσθματος, μειώνει τη λειτουργία των πνευμόνων και μπορεί να προκαλέσει αναπνευστικά προβλήματα (Li *et al.*, 2019; Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας, 2021).

Οι πιο εμφανείς επιπτώσεις του ατμοσφαιρικού όζοντος στο περιβάλλον και τα οικοσυστήματα αφορούν τις καλλιέργειες των φυτικών ειδών (Ρεμουντάκη, 2010). Όσον

αφορά το περιβάλλον, η ατμοσφαιρική ρύπανση προκαλεί ευτροφισμό στα οικοσυστήματα, δηλαδή αύξηση της συγκέντρωσης θρεπτικών στοιχείων (Khan and Mohammad, 2014), περιορισμό της ανάπτυξης των φυτών (Mudd, 2012; Rai 2016), διάβρωση και καταστροφή των υλικών (Vallero, 2014) και κατ' επέκταση των μνημείων πολιτιστικής κληρονομιάς (Comite and Fermo, 2018), καταστροφή των δασών (Smith, 2012), της άγριας ζωής (Gardner και Gardner, 2019) και της γεωργίας (Savci, 2012). Η μείωση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης δεν αφορά τόσο την πρόληψη σε ατομικό επίπεδο αλλά και σε συλλογικό επίπεδο και απαιτεί συντονισμένη δράση από τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικών τόσο σε τοπικό όσο και διεθνές επίπεδο.

Πίνακας 2. Αέριοι ρύποι και επιπτώσεις στην υγεία και το περιβάλλον (Πηγή: Ρεμουντάκη, 2010)

Ρύπος	Χημικός τύπος	Επιπτώσεις στην υγεία
Αιωρούμενα Σωματίδια	ΑΣ _{2,5} - ΑΣ ₁₀	Φλεγμονή στο αναπνευστικό, αναπνευστικά νοσήματα, αύξηση ευαισθησίας πνευμόνων, επιδείνωση χρόνιων καρδιακών νοσημάτων
Διοξείδιο του αζώτου	NO ₂	Μείωση της ορατότητας της ατμόσφαιρας, ερεθισμοί του αναπνευστικού συστήματος, αύξηση ευπάθειας σε αναπνευστικές λοιμώξεις
Όζον	O ₃	Ελάττωση της πνευμονικής λειτουργίας, βήχας, αυξημένες κρίσεις άσθματος

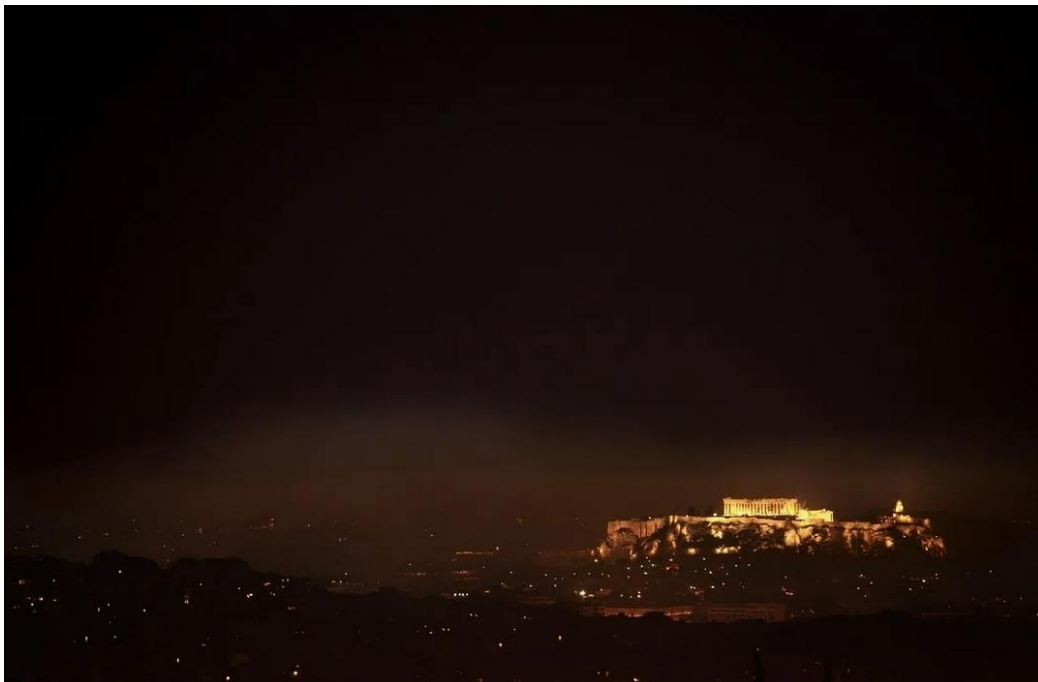
1.2.1. Ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ελλάδα

Όπως προαναφέρθηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, στην Ελλάδα παρατηρείται έντονο το φωτοχημικό νέφος. Αυτό συμβαίνει για δύο λόγους (Moussiopoulos *et al.*, 1995; Ρεμουντάκη, 2010; Grivas *et al.*, 2012): (i) λόγω των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στον Ελλαδικό χώρο, συγκεκριμένα μεγάλες περιόδους καλοκαιρίας και ανομβρίας με παρατεταμένη ηλιοφάνεια και (ii) λόγω της ραγδαίας ανάπτυξης των ελληνικών μεγαλουπόλεων και της εκτεταμένης αστικοποίησης περισσότερος από το μισό πληθυσμό της χώρας συγκεντρώθηκε στο λεκανοπέδιο Αττικής με αποτέλεσμα οι μέγιστες τιμές ατμοσφαιρικών ρύπων να συγκεντρώνονται εκεί.

Κατά κύριο λόγο, το φωτοχημικό νέφος στην Ελλάδα δημιουργείται λόγω των πετρελαιοκίνητων οχημάτων και στην παραγωγή ενέργειας για θέρμανση (Fourtziou *et al.*, 2017). Ωστόσο, σε μια γενικότερη κατηγοριοποίηση οι ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης κατατάσσονται σε πέντε κατηγορίες: στα μέσα μεταφοράς, στην παραγωγή ενέργειας, στη βιομηχανική δραστηριότητα, στα επεισόδια εκπομπών και μεταφοράς σωματιδίων από ερημικές περιοχές της Αφρικής (Σαχάρα) και στα επεισόδια εκπομπών και μεταφοράς σωματιδίων από πυρκαγιές (Sandstrom and Forsberg, 2008; Diarouli *et al.*, 2017). Οι Εικόνες 6 και 7 παρουσιάζουν το φωτοχημικό νέφος στην Αθήνα με επίκεντρο τον Παρθενώνα.



Εικόνα 6. Νέφος στην πόλη της Αθήνας (Πηγή: Huffington Post, <https://www.huffingtonpost.gr/entry/ti-semvainei-me-ten-atmosfairike-repanse-sten-ellada-e-krise-to-skoteino-sennefo-toe-liynite-kai-e-mache-yia-ten-prostasia-ton-archaion-mnemeion-gr-5a670c14e4b002283006274d>)



Εικόνα 7. Νέφος στην πόλη της Αθήνας (Πηγή: Huffington Post, <https://www.huffingtonpost.gr/entry/ti-semvainei-me-ten-atmosfairike-repanse-sten-ellada-e-krise-to-skoteino-sennefo-toe-liynite-kai-e-mache-yia-ten-prostasia-ton-archaion-mnemeion-gr-5a670c14e4b002283006274d>)

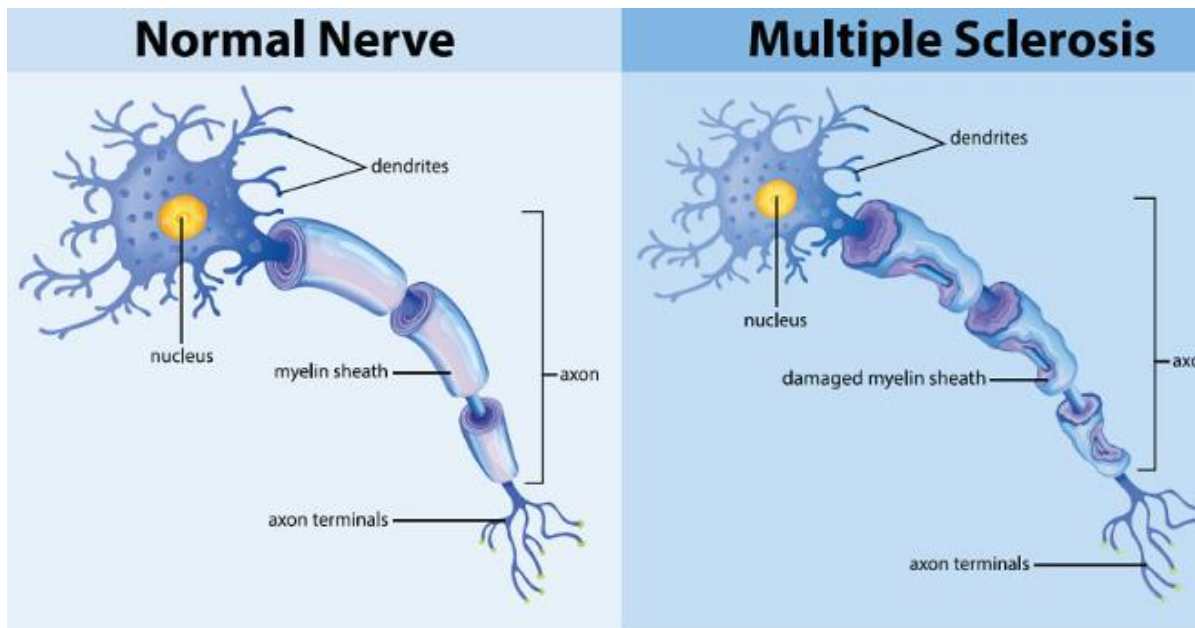
2. Σκλήρυνση κατά Πλάκας (ΣκΠ)

Η Σκλήρυνση κατά Πλάκας (ΣκΠ) είναι μια χρόνια νευροεκφυλιστική νόσος με αυτοάνοση φυσιοπαθολογία του κεντρικού νευρικού συστήματος που χαρακτηρίζεται από απομυελίνωση από αυτοαντιδραστικά κύτταρα T (Farez *et al.*, 2015; Corona-Vázquez *et al.*, 2019). Μπορεί να οδηγήσει σε ένα ευρύ φάσμα νευρολογικών συμπτωμάτων και να καταλήξει σε συσσωρευμένη αναπηρία (Leary *et al.*, 2005), σε προοδευτικές λειτουργικές βλάβες (Abbaszadeh *et al.*, 2021) και ανάπτυξη νευρολογικής δυσλειτουργίας (Ashtari *et al.*, 2018). Πιο συγκεκριμένα, η ΣκΠ οδηγεί σε καταστροφή του περιβλήματος των νευρικών ινών (μυελίνη) με συνέπεια να διαταράσσεται η μετάδοση των μηνυμάτων από τον ανθρώπινο εγκέφαλο προς το σώμα αλλά και προς την αντίστροφη κατεύθυνση (από το σώμα προς τον ανθρώπινο εγκέφαλο) (Podbielska *et al.*, 2013).

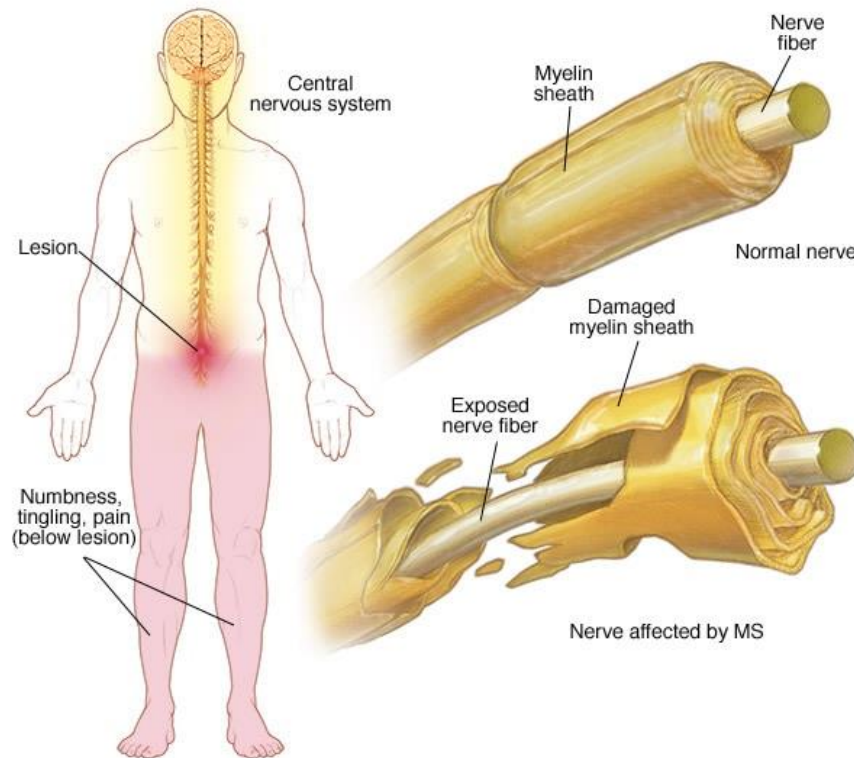
Άλλοι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι η ΣκΠ φαίνεται να ξεκινά από μια χρόνια απορρύθμιση της ομοιόστασης του ανοσοποιητικού συστήματος που προκύπτει από πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ γενετικών προδιαθέσεων, μολυσματικών εκθέσεων και παραγόντων που οδηγούν σε προφλεγμονώδεις καταστάσεις (Waubant *et al.*, 2019). Η αιτιολογία της ΣκΠ παραμένει ασαφής, ωστόσο γενετικοί, εξωγενείς παράγοντες όπως λοιμώδεις, περιβαλλοντικοί ή συμπεριφορικοί παράγοντες έχουν σημαντικό ρόλο, τόσο ανεξάρτητα όσο και αλληλεπιδραστικά στην ευαισθησία της νόσου (Dehghani *et al.*, 2015).

Η συχνότητα εμφάνισης της ΣκΠ είναι χαμηλή κατά τη διάρκεια της παιδικής ηλικίας, ενώ αυξάνεται μετά την ενηλικίωση (18 ετών) (Mayr *et al.*, 2003). Η νόσος φτάνει στο μέγιστο στις ηλικίες μεταξύ 25 και 35 έτη στους άντρες και μεταξύ 23 και 33 στις γυναίκες (Mayr *et al.*, 2003). Στη συνέχεια η συχνότητα εμφάνισης μειώνεται αργά και είναι πλέον σπάνια από την ηλικία των 50 και μετά (Gilmour *et al.*, 2018). Οι γυναίκες είναι πιο ευάλωτες στη νόσο από τους άνδρες με παράγοντα που πλησιάζει το 3:1 (Onmed, 2022), ενώ άλλες μελέτες υποστηρίζουν ότι οι γυναίκες είναι πιθανότερο να νοσήσουν από 1,5 μέχρι 2,5 φορές, με μια τάση προς τις μεγαλύτερες τιμές στις πιο πρόσφατες μελέτες (Orton *et al.*, 2006; Noorimotlagh *et al.*, 2021). Επιπλέον, στους πληθυσμούς υψηλού κινδύνου, ο κίνδυνος εμφάνισης ΣκΠ είναι 1 στις 200 για τις γυναίκες και λίγο χαμηλότερος για τους άντρες (Hernán *et al.*, 1999).

Η φυλή και η γεωγραφική θέση των ατόμων επηρεάζουν την ευαισθησία στη νόσο (Leary *et al.*, 2005). Το πιο εντυπωσιακό επιδημιολογικό χαρακτηριστικό είναι η φαινομενική άνιση κατανομή της νόσου σε όλο τον κόσμο (Koch-Henriksen and Sørensen, 2010). Στις περιοχές με εύκρατο κλίμα, η συχνότητα εμφάνισης ΣκΠ αυξάνεται ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, τόσο βόρεια όσο και νότια του ισημερινού (Kurtzke, 1995). Σύμφωνα με τους Parathanasopoulos *et al.*, (2008) παρόλο που υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι η γενετική ευαισθησία μπορεί να επηρεάσει την απόκτηση της ΣκΠ, οι περιβαλλοντικοί παράγοντες που εκφράζονται με όρους γεωγραφικού πλάτους δεν μπορούν να αγνοηθούν. Οι γεωγραφικές αποκλίσεις εμφάνισης ΣκΠ στις διαφορετικές περιοχές έχουν αποδοθεί στα διαφορετικά επίπεδα έκθεσης στον ήλιο. Η έκθεση στον ήλιο οδηγεί στην απελευθέρωση ενός αριθμού δευτερογενών μεσολαβητών ικανών να καταστέλλουν την κυτταρική ανοσία και η έκθεση στον ήλιο ρυθμίζει επίσης τις ανοσολογικές αποκρίσεις διεγείροντας την ενδογενή παραγωγή βιταμίνης D (Kazemi Moghadam *et al.*, 2021). Οι Εικόνες 8 και 9 παρουσιάζουν ένα κανονικό ανθρώπινο νεύρο και ένα νεύρο που πάσχει από ΣκΠ.



Εικόνα 8. Παρουσίαση ενός κανονικού νεύρου και ενός νεύρου με ΣκΠ (Πηγή: National MS Society, <https://www.nationalmssociety.org/What-is-MS/Definition-of-MS>)



© MAYO FOUNDATION FOR MEDICAL EDUCATION AND RESEARCH. ALL RIGHTS RESERVED.

Εικόνα 9. Παρουσίαση στον ανθρώπινο οργανισμό ενός κανονικού νεύρου και ενός νεύρου με ΣκΠ (Πηγή: Mayo Clinic, <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/multiple-sclerosis/symptoms-causes/syc-20350269#dialogId19631027>)

Η φυσική πορεία της ΣκΠ ποικίλλει εξαιρετικά με συμπτώματα που μπορεί να εμφανιστούν, να εξαφανιστούν και να επανεμφανιστούν ή να επιδεινωθούν σταδιακά με το πέρασμα των ετών (Leary *et al.*, 2005; Leigh, 2018). Επιπλέον, η δραστηριότητα της νόσου στη ΣκΠ είναι εξαιρετικά μεταβλητή και κυμαίνεται από κλινικά ασυμπτωματική, με μόνο παθολογικές ενδείξεις νόσου να ανιχνεύονται τυχαία κατά τη μεταθανάτια εξέταση έως μια επιθετική πορεία με ταχέως συσσωρευόμενη αναπηρία (Leary *et al.*, 2005). Μια επιθετική ή κακοήθης πορεία της ασθένειας, είναι δυνατόν να προκύψει από αλλεπάλληλες υποτροπές με μικρή ή καθόλου νευρολογική ανάκαμψη ή από ταχεία εξέλιξη της νόσου (Koriem, 2016). Ωστόσο, υπάρχουν 4 ευρείες κατηγορίες της ΣκΠ σύμφωνα με τις οποίες ταξινομούνται οι πάσχοντες, με βάση του πως προχωράει η νόσος τους (Leary *et al.*, 2005). Συγκεκριμένα, η ΣκΠ διακρίνεται στις εξής κατηγορίες (Sand, 2015; Gajofatto, 2017):

1. Υποτροπιάζουσα ή διαλείπουσα μορφή (Relapsing remitting multiple sclerosis, RRMS)

2. Δευτεροπαθώς προϊούσα μορφή (Secondary progressive multiple sclerosis, SPMS)
3. Πρωτοπαθώς προϊούσα μορφή (Primary progressive multiple sclerosis, PPMS)
4. Προϊούσα υποτροπιάζουσα μορφή (Progressive Relapsing multiple sclerosis, PRMS)

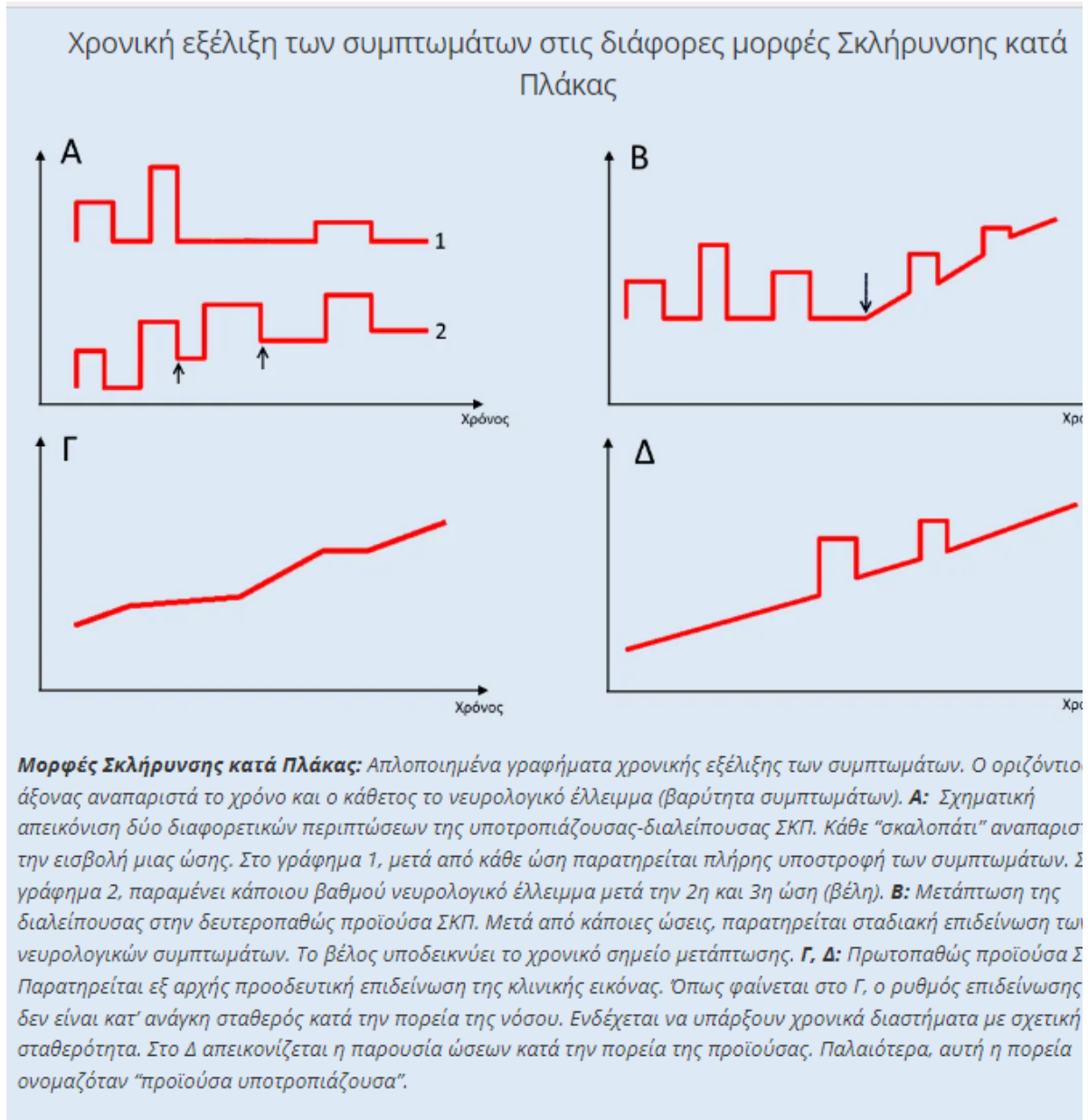
Η υποτροπιάζουσα ή διαλείπουσα μορφή ΣκΠ είναι ο πιο συνηθισμένος τύπος ΣκΠ με ποσοστό περίπου 85% των ασθενών να την εμφανίζουν (Leary *et al.*, 2005; Zurita *et al.*, 2018). Η μορφή αυτή εμφανίζεται με οξεία ή υποοξεία έναρξη νευρολογικών συμπτωμάτων από τα οποία οι πάσχοντες μπορεί να αναρρώσουν είτε πλήρως είτε μερικώς (Zurita *et al.*, 2018). Περαιτέρω υποτροπές μπορεί στη συνέχεια να εμφανιστούν σε ακανόνιστα διαστήματα (Motl *et al.*, 2013). Στην περίπτωση που η ανάρρωση από τις υποτροπές είναι ελλιπής, μπορεί να προκληθεί νευρολογικό έλλειμμα και αναπηρία στους ασθενείς (Leigh, 2018). Με την πάροδο του χρόνου, η υποτροπιάζουσα ή διαλείπουσα μορφή μπορεί να μετατραπεί σε ένα πρότυπο ασθένειας σταδιακής εξέλιξης με συσσώρευση μη αναστρέψιμων νευρολογικών ελλείψεων και αναπηρίας (Leary *et al.*, 2005). Το ποσοστό εκείνων που αναπτύσσουν προοδευτική νόσο αυξάνεται με τη διάρκεια της παρακολούθησης (Leary *et al.*, 2005).

Η δευτεροπαθώς προϊούσα μορφή ΣκΠ είναι ένας κλινικός υποτύπος της νόσου που χαρακτηρίζεται από συνεχή επιδείνωση της νευρολογικής αναπηρίας που ξεκινά ύπουλα σε ασθενείς με προηγούμενη πορεία υποτροπιάζουσας - διαλείπουσας μορφής (Gajofatto, 2017). Οι περιπτώσεις συνήθως έχουν σταδιακή – αν και όχι απαραίτητα σταθερή – συσσώρευση νευρολογικής αναπηρίας, που συνήθως επηρεάζει το περπάτημα, τον έλεγχο του σφιγκτήρα, τη λειτουργία των χεριών, την ομιλία, την κατάποση και τη γνωστική λειτουργία (Gross and Watson, 2017). Μελέτες δείχνουν ότι 10–15 χρόνια μετά τη διάγνωση της υποτροπιάζουσας ή διαλείπουσας μορφής ΣκΠ, έως και το 80% των ανθρώπων αναπτύσσουν δευτεροπαθώς προϊούσα ΣκΠ (Doshi and Chataway, 2017).

Η πρωτοπαθώς προϊούσα μορφή ΣκΠ χαρακτηρίζεται από προοδευτική νόσο από την αρχή, με σταδιακή συσσώρευση νευρολογικού ελλείμματος ή αναπηρίας, χωρίς υποτροπή ή ύφεση και αποτελεί περίπου το 10%-15% των ασθενών της ΣκΠ (Leary *et al.*, 2005). Ωστόσο, είναι μια ελάχιστα κατανοητή νόσος χωρίς συγκεκριμένους προγνωστικούς βιοδείκτες και σπάνιες θεραπευτικές επιλογές (Malhotra *et al.*, 2020). Η διάγνωση της συγκεκριμένης

μορφής παραμένει ακόμα θέμα κλινικής κρίσης (Correale *et al.*, 2017). Η λέξη «προϊούσα» υποδηλώνει συνεχή επιδείνωση της νευρολογικής φθοράς για τουλάχιστον 6-12 μήνες (Correale *et al.*, 2017). Η ακριβής ημερομηνία έναρξης της εξέλιξης είναι δύσκολο να καθοριστεί και συνήθως εκτιμάται αναδρομικά, εφόσον μπορεί να υπολογιστεί η διάρκεια της συνεχούς νευρολογικής επιδείνωσης (Rovaris *et al.*, 2006).

Η προϊούσα υποτροπιάζουσα μορφή ΣκΠ ορίζεται ως προοδευτική ασθένεια από την έναρξη με πολλαπλές υποτροπές (Leary *et al.*, 2005). Είναι η λιγότερο συχνή μορφή ΣκΠ και χαρακτηρίζεται από προοδευτική νευρολογική δυσλειτουργία από την έναρξη, με επακόλουθες επάλληλες ευδιάκριτες υποτροπές (Tullman *et al.*, 2004). Η συγκεκριμένη μορφή επηρεάζει λιγότερο από το 5% των ασθενών. Επιπλέον, είναι προοδευτική από την αρχή, με διαλείπουσες εξάρσεις επιδεινούμενων συμπτωμάτων στην πορεία και δεν υπάρχουν περίοδοι ύφεσης (Goldenberg, 2012). Η Εικόνα 10 παρουσιάζει διαγραμματικά την χρονική εξέλιξη των συμπτωμάτων στις διάφορες μορφές ΣκΠ.

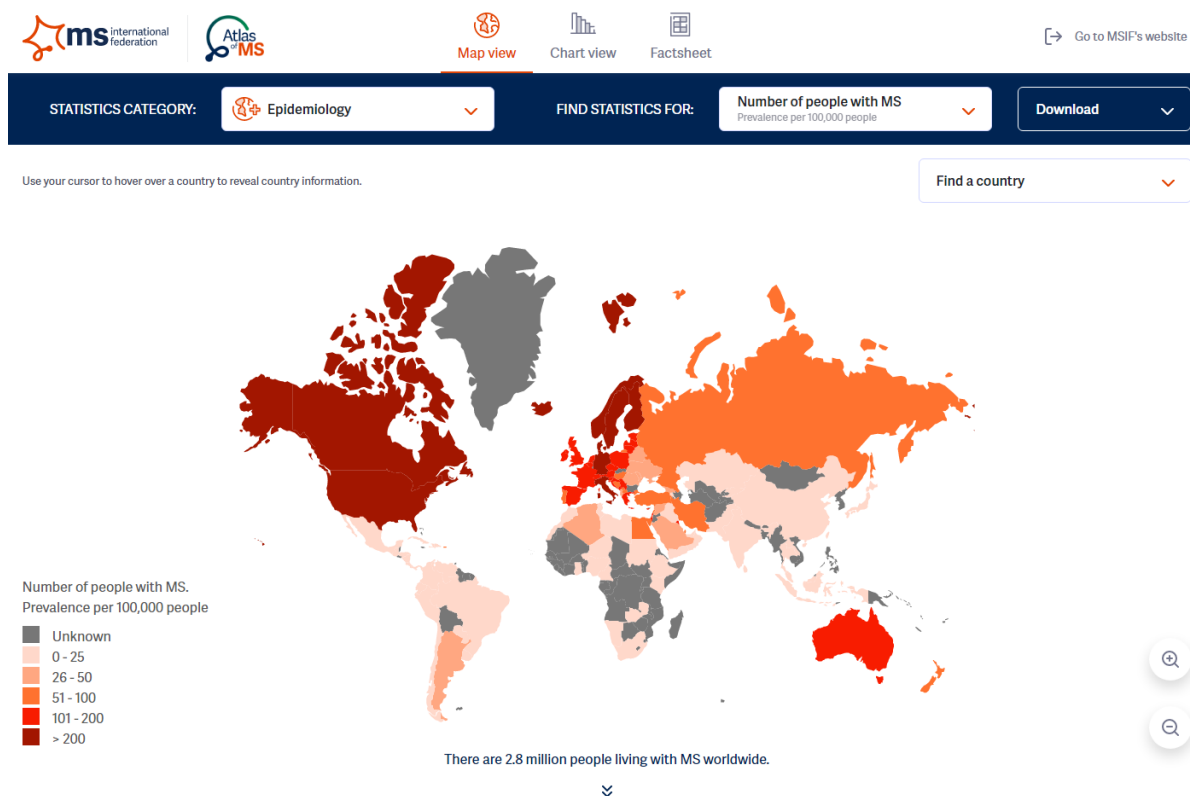


Εικόνα 10. Μορφές ΣκΠ (Πηγή: Μουστρής, 2020, <https://nevrologos.gr/sklirinsi-kata-plakas-ti-einai-morfes-ilikia-emfanisis/>)

Η ΣκΠ θεωρείται η πιο κοινή αιτία νευρολογικής αναπηρίας μεταξύ ενηλίκων στο δυτικό κόσμο (Leary *et al.*, 2005), ενώ ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει υπολογίσει ότι παγκοσμίως πάσχουν από ΣκΠ 2.8 εκατομμύρια άνθρωποι (Walton *et al.*, 2020). Οι χώρες που παρουσιάζουν έξαρση της ΣκΠ είναι η Ευρώπη, η Βόρεια Αμερική και χαμηλότερη συχνότητα εμφάνισης εμφανίζει η Ανατολική Ασία και η υποσαχάριος Αφρική (Belbasis *et al.*, 2015). Στην Εικόνα 11 παρουσιάζεται η κατανομή της ΣκΠ παγκοσμίως. Επιπλέον, ο Kurtzke (1975a, 1975b) κατατάσσει περιοχές υψηλού (≥ 30 ανά 100.000 κατοίκους),

μεσαίου (5-25 ανά 100.000 κατοίκους) και χαμηλού (1-4 ανά 100.000 κατοίκους) γεωγραφικού κινδύνου για ΣκΠ.

Επιπροσθέτως, η εμφάνιση της ΣκΠ είναι ιδιαίτερα διαδεδομένη σε χώρες όπου ζουν άνθρωποι λευκού χρώματος, σε εύκρατες ζώνες και σε χώρες με υψηλό εισόδημα (Koch-Henriksen and Sørensen, 2010). Αντιθέτως, η νόσος είναι ασυνήθιστη σε χώρες όπου ζουν μη λευκοί, σε χώρες με χαμηλό εισόδημα και σε τροπικές ζώνες (Koch-Henriksen and Sørensen, 2010). Ως εκ τούτου, σύμφωνα με κάποιους συγγραφείς τρεις παράγοντες καθορίζουν την κατανομή της ΣκΠ: η πληθυσμιακή γενετική, η αλληλεπίδραση μεταξύ γονιδίων και γεωγραφικά καθορισμένου φυσικού περιβάλλοντος και η κοινωνικοοικονομική δομή (Koch-Henriksen and Sørensen, 2010). Ωστόσο, οι επιδημιολογικές παρατηρήσεις σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες δεν ταιριάζουν στη θεωρία γεωγραφικού πλάτους, αλλά μάλλον υποδηλώνουν ότι η μεταβλητότητα του κινδύνου ΣΚΠ είναι ένα πιο περίπλοκο φαινόμενο, που χαρακτηρίζεται από σημαντικές, συχνά απροσδόκητες, ενδοπεριφερειακές διακυμάνσεις (Hosseinzadeh *et al.*, 2019).



Εικόνα 11. Χάρτης που παρουσιάζει την κατανομή της ΣκΠ παγκοσμίως (Πηγή: MS International Federation, <https://www.atlasofms.org/map/global/epidemiology/number-of-people-with-ms>)

Το νευρικό σύστημα και συγκεκριμένα το κεντρικό νευρικό σύστημα, είναι ιδιαίτερα ευάλωτο στο οξειδωτικό στρες επειδή το διακατέχουν υψηλές μεταβολικές απαιτήσεις, υψηλή χρήση ενέργειας λόγω των αξονικών και των δενδριτικών δικτύων, υψηλή κυτταρική περιεκτικότητα σε λιπίδια και πρωτεΐνες και χαμηλά επίπεδα ενδογενών σαρωτών (Xu *et al.*, 2016). Η ΣκΠ χαρακτηρίζεται στην πρώιμη φάση της από περιόδους έξαρσης και ύφεσης μαζί με προοδευτική νευρολογική αναπηρία (Cortese *et al.*, 2020). Λίγα είναι γνωστά για τα αίτια των υποτροπών σε ασθενείς που πάσχουν από υποτροπιάζουσα ΣκΠ (Roux *et al.*, 2017). Ωστόσο, η παθογένεση της νόσου είναι περίπλοκη και ο εκφυλισμός της νόσου συνδέεται τόσο με γενετικά όσο και με περιβαλλοντικά στοιχεία (Zhukovsky *et al.*, 2020).

Η εμφάνιση υποτροπής της ΣκΠ ποικίλλει κατά τη διάρκεια του έτους (Cortese *et al.*, 2020). Διαφορετικές μελέτες αναφέρουν αυξημένο ποσοστό υποτροπής κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου/χειμώνα ή της άνοιξης/καλοκαίρι (Cortese *et al.*, 2020). Κατά τους Farez *et al.* (2015), οι υποτροπές παρουσιάζονται κατά βάση κατά την περίοδο του φθινοπώρου και του χειμώνα, κατά τη διάρκεια των οποίων υπάρχει μειωμένη ηλιακή ακτινοβολία. Επιπλέον,

οι υποτροπές της ΣΚΠ είναι γνωστό ότι βασίζονται σε διεργασίες φλεγμονής, οι οποίες καθιστούν την ΣΚΠ ένα καλό μοντέλο νευρολογικής νόσου για τη μελέτη του ρόλου της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Roux *et al.*, 2017). Δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός παράγοντας που να ευθύνεται για την εμφάνιση της ΣΚΠ (Kurtzke, 1993) ούτε μια ακριβής αιτιολογία της νόσου (Abbaszadeh *et al.*, 2021).

Αρκετοί περιβαλλοντικοί και γενετικοί παράγοντες μπορούν να αυξήσουν τον κίνδυνο ανάπτυξης ΣΚΠ, όπως ο ιός Epstein Barr, το κάπνισμα (ενεργητικό ή παθητικό), τα χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D/έκθεσης στον ήλιο και η παχυσαρκία (Jeanjean *et al.*, 2018; Zhukovsky *et al.*, 2020), η κατανάλωση νατρίου (Farez *et al.*, 2014), οι διατροφικές συνθήκες (ιδιαίτερα φαγητά υψηλά σε λίπη) (Adamczyk-Sowa *et al.*, 2017), οι λοιμώξεις, οι κλιματικές συνθήκες, η ποιότητα του αέρα, οι εποχιακές αλλαγές (Abbaszadeh *et al.*, 2021), η έκθεση σε χημικές ουσίες και διάφοροι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες (Türk Börü *et al.*, 2020). Συγκεκριμένα, στη σχετική βιβλιογραφία χαμηλά επίπεδα βιταμίνης D στον οργανισμό, συνδέονται με υψηλότερα ποσοστά υποτροπής (Runia *et al.*, 2012). Επίσης, εκτός από την ηλιοφάνεια και τη βιταμίνη D, μελέτες υποστηρίζουν ότι η ηλιακή ακτινοβολία (UVB) έχει ισχυρή αντίστροφη συσχέτιση με την κατανομή της ΣΚΠ (Kazemi Moghadam *et al.*, 2021). Το κάπνισμα παρουσίασε μεγαλύτερη συσχέτιση στην αύξηση υποτροπών σε γυναίκες με ΣΚΠ σε σχέση με το αντίστοιχο δείγμα αντρών σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε για το Ιράν (Alonso *et al.*, 2011).

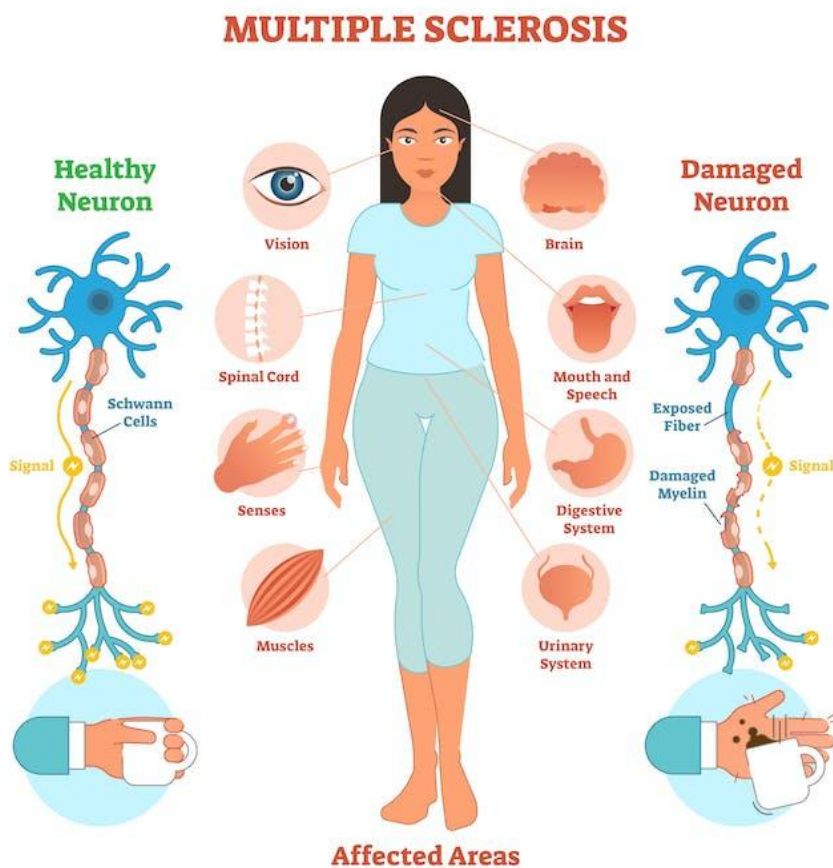
Έχουν αναπτυχθεί διαγνωστικά κριτήρια για τη βελτίωση της διάγνωσης της ΣΚΠ. Το 1965 οι Schumacher *et al.* θεώρησαν έξι κριτήρια απαραίτητα για τη διάγνωση της σκλήρυνσης κατά πλάκας. Συγκεκριμένα, τα κριτήρια είναι τα εξής (Schumacher *et al.*, 1965):

- η ηλικία έναρξης της ΣΚΠ είναι μεταξύ 10 και 50 ετών,
- υπάρχουν αντικειμενικές νευρολογικές ενδείξεις κατά τη διάρκεια της εξέτασης,
- υπάρχουν νευρολογικά συμπτώματα και ενδεικτικά σημεία του κεντρικού νευρικού συστήματος,
- εμπλέκονται/πάσχουν δύο ή περισσότερες μη συνεχόμενες ανατομικές περιοχές,
- δύο ή περισσότερα επεισόδια επιδείνωσης που διαρκούν 24 ώρες και χωρίζονται μεταξύ τους χρονικά από έναν ή περισσότερους μήνες ή σε διάστημα έξι μηνών,
- δεν υπάρχει κάποια άλλη εξήγηση από αρμόδιο γιατρό (νευρολόγο).

Από τότε τα διαγνωστικά κριτήρια έχουν αναθεωρηθεί επιπλέον από τους Poser *et al.*, (1983), Poser and Brinar (2001) και πιο πρόσφατα από τους McDonald *et al.* (2001). Συγκεκριμένα, κατά τους McDonald *et al.* (2001), τα κριτήρια δίνουν έμφαση στη διάδοση των βλαβών στον χρόνο και στο χώρο και συμπεριλαμβάνουν κλινικά και παρακλινικά στοιχεία, ιδίως μαγνητική τομογραφία (MRI), η οποία αναγνωρίζεται ως η πιο ευαίσθητη και ειδική παρακλινική εξέταση.

Σε συστηματική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε από τους Torkildsen *et al.* (2012) βρέθηκαν 15 μελέτες εκ των οποίων οι 12 συνδέουν τον μήνα γέννησης με τον κίνδυνο εμφάνισης ΣκΠ. Η έρευνα καταλήγει στο συμπέρασμα ότι οι μελέτες που αφορούν το βόρειο ημισφαίριο αναφέρουν ότι υπάρχει αύξηση των περιστατικών που πάσχουν από ΣκΠ κατά τους μήνες Απρίλιο και Μάιο με λιγότερα περιστατικά τον Νοέμβριο και τον Δεκέμβριο, ενώ το αντίθετο παρουσιάστηκε στο νότιο ημισφαίριο με τις περισσότερες περιπτώσεις τον Νοέμβριο και τις λιγότερες τον Μάιο (Torkildsen *et al.*, 2012). Μεταγενέστερα, έρευνα που πραγματοποιήθηκε για 26.994 ασθενείς με ΣκΠ στην Αγγλία και τη Σκωτία, κατέγραψε ότι οι ασθενείς με ΣκΠ είχαν σε μεγαλύτερο ποσοστό γενέθλιο μήνα τον Απρίλιο και τον Μάιο και σε μικρότερο ποσοστό τον Οκτώβριο και τον Νοέμβριο (Disanto *et al.*, 2012).

Ως αποτέλεσμα της ΣκΠ υπάρχουν βλάβες στον ανθρώπινο οργανισμό όπως απώλεια αίσθησης, μυϊκή αδυναμία, απώλεια όρασης, μη ελεγχόμενες κινήσεις ματιών, μούδιασμα ή πόνος σε διάφορα σημεία του σώματος, έλλειψη συντονισμού κινήσεων, γνωστική εξασθένηση, κακή άρθρωση, μειωμένη όρεξη για σεξουαλική δραστηριότητα, κατάθλιψη, ζάλη, απώλεια ακοής, κόπωση, αυτοκτονικές τάσεις, πόνος και διαταραχές της ουροδόχου κύστης και του εντέρου (συχνουρία, δυσκοιλιότητα, διάρροια) (Leary *et al.*, 2005; Hickman *et al.*, 2014; Noorimotlagh *et al.*, 2021). Η πορεία της σκλήρυνσης κατά πλάκας είναι απρόβλεπτη με αποτέλεσμα ένα μεταβαλλόμενο πρότυπο ανάγκης με την πάροδο του χρόνου (Leary *et al.*, 2005). Έχει σχετικά μικρή επίδραση στο προσδόκιμο ζωής και ως εκ τούτου συνήθως πρέπει να αντιμετωπιστεί για πολλές δεκαετίες (Sanai *et al.*, 2016). Η Εικόνα 12 παρουσιάζει τις περιοχές στον ανθρώπινο οργανισμό που επηρεάζονται από ΣκΠ.



Εικόνα 12. Περιοχές στον ανθρώπινο οργανισμό που επηρεάζονται από ΣκΠ (Πηγή <https://theconversation.com/what-causes-multiple-sclerosis-what-we-know-dont-know-and-suspect-105491>)

3. Σκλήρυνση κατά Πλάκας και ατμοσφαιρική ρύπανση

Η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι ένα σύνθετο μίγμα ουσιών που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα και σε εσωτερικούς χώρους. Έχει συσχετιστεί με επιπτώσεις σε καρδιαγγειακές και αναπνευστικές παθήσεις λόγω του οξειδωτικού στρες και των φλεγμονών που δημιουργεί (Xu *et al.*, 2016). Ως εκ τούτου, είναι λογικό να αναρωτηθούμε αν η ατμοσφαιρική ρύπανση θα μπορούσε να προκαλέσει βλάβη στο νευρικό σύστημα μέσω του οξειδωτικού στρες (Genc *et al.*, 2012). Πρόσφατα, οι επιπτώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων στο κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ) έχουν χαρακτηριστεί ως παγκόσμιο πρόβλημα υγείας (Mousavi *et al.*, 2017). Παρόλα αυτά οι μηχανισμοί μέσω των οποίων η ατμοσφαιρική ρύπανση επηρεάζει το κεντρικό νευρικό σύστημα δεν είναι πλήρως κατανοητοί ακόμα (Abbaszadeh *et al.*, 2021). Επιπροσθέτως, η χρόνια έκθεση σε ατμοσφαιρική ρύπανση φαίνεται να αυξάνει το επίπεδο προφλεγμονωδών δεικτών στον ανθρώπινο εγκέφαλο, που μπορεί να οδηγήσει σε νευροφλεγμονή και νευροεκφυλισμό και μπορεί να συνδέονται επίσης με τον κίνδυνο ανάπτυξης και υποτροπής της ΣκΠ (Abbaszadeh *et al.*, 2021).

Επιστημονικές μελέτες έχουν συνδέσει την έκθεση σε Αιωρούμενα Σωματίδια (ΑΣ) με την ανάπτυξη ενός ευρέος φάσματος ασθενειών, μη εξαιρώντας τις νευροκεφυλιστικές ασθένειες. Συγκεκριμένα, η Σκλήρυνση κατά Πλάκας (ΣκΠ) έχει συνδεθεί με μακροχρόνια έκθεση στην ατμοσφαιρική ρύπανση και συγκεκριμένα σε έκθεση σε αιωρούμενα σωματίδια (Corona-Vázquez *et al.*, 2019). Σύμφωνα με μελέτη βιβλιογραφικής ανασκόπησης, οι τοξικοί ατμοσφαιρικοί ρύποι συμπεριλαμβανομένων των πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων, των βαρέων μετάλλων, των πτητικών οργανικών ενώσεων των σωματιδίων και των αερίων είναι οι κύριοι παράγοντες που προκαλούν την ανάπτυξη και εξάπλωση της ΣκΠ (Mohammadi *et al.*, 2022). Εντούτοις δεν υπάρχει κοινή επιστημονική ομοφωνία που να αποδεικνύει χωρίς αμφιβολία την άμεση σύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη ΣκΠ (Zhukovsky *et al.*, 2020). Πιθανοί λόγοι για τα αντιφατικά αποτελέσματα της επιστημονικής κοινότητας μπορεί εν μέρει να εξηγηθούν με βάση τη διαφορετική μεθοδολογία, τα διαφορετικά πρωτόκολλα και τους επιμέρους περιορισμούς της κάθε μελέτης (Zhukovsky *et al.*, 2020).

Τα επίπεδα ρύπανσης αυξάνονται όσο η θερμοκρασία μειώνεται και η εποχική ρύπανση εξαρτάται από συγκεκριμένο ρύπο (Corona-Vázquez *et al.*, 2019). Για παράδειγμα,

τα αιωρούμενα σωματίδια έχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις κατά τη διάρκεια του χειμώνα, ενώ το όζον κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Corona-Vázquez *et al.*, 2019). Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Τεχεράνη (Ιράν) μεταξύ του 2003 – 2013, για 2.188 ασθενείς με ΣκΠ παρατηρήθηκε η θετική συσχέτιση της ΣκΠ με ατμοσφαιρικούς ρύπους και συγκριμένα τα Αιωρούμενα Σωματίδια 10 (AS_{10}), το διοξείδιο του θείου (SO_2), το οξείδιο του αζώτου (NO), το διοξείδιο του αζώτου (NO_2) και τα οξείδια του αζώτου (NO_x) (Heydarpour *et al.*, 2014). Σε άλλη μελέτη που πραγματοποιήθηκε και πάλι στο Ιράν, στην πόλη Ισφαχάν, από το 2008 ως το 2016, φάνηκε ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση θα μπορούσε να παίξει ρόλο στη σοβαρότητα και την ύφεση της ΣκΠ (Ashtari *et al.*, 2018). Ωστόσο, όπως τονίζουν οι συγγραφείς, επειδή διαφορετικοί παράγοντες, όπως για παράδειγμα η ηλιακή ακτινοβολία, η διατροφή, η κατάθλιψη και η βιταμίνη D επηρεάζουν την πρόγνωση της ΣκΠ χρειάζονται πιο λεπτομερείς έρευνες (Ashtari *et al.*, 2018).

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στη Σερβία (Vojinović *et al.*, 2015), υψηλός δείκτης ατμοσφαιρικής ρύπανσης κατά τη διάρκεια των μηνών Ιανουαρίου – Απριλίου συσχετίστηκε με αύξηση του αριθμού υποτροπών ασθενών με ΣκΠ. Αντίστοιχα στην Ιταλία (Angelici *et al.*, 2016), για την περίοδο 2001-2009 με 8.287 συμμετέχοντες παρατηρήθηκε αύξηση κατά 42% στις εισαγωγές στα νοσοκομεία ατόμων που έπασχαν από ΣκΠ μία εβδομάδα μετά από αυξημένο επίπεδο αιωρούμενων σωματιδίων 10 (AS_{10}).

Στο Στρασβούργο (Γαλλία) παρατηρήθηκε ισχυρή συσχέτιση της ΣκΠ με Αιωρούμενα Σωματίδια 10 (AS_{10}) για 536 υποτροπιάζοντες ασθενείς κατά την περίοδο 2000-2009 (συνολικά 2.052 υποτροπές) (Roux *et al.*, 2017). Για την ίδια περιοχή (Στρασβούργο, Γαλλία) και την ίδια χρονική περίοδο (2000-2009) έρευνα συσχέτισε θετικά την ΣκΠ με Αιωρούμενα Σωματίδια 10 (AS_{10}), διοξείδιο του αζώτου και όζον (Jeanjean *et al.*, 2018). Επιπλέον, μελέτη στην Πάντοβα της Ιταλίας (Tateo *et al.*, 2019), μια από τις πιο ρυπασμένες περιοχές στην Ιταλία, που περιλάμβανε 1.435 ασθενείς με ΣκΠ παρατηρεί ότι κατά για την χρονική περίοδο 1998-2015, η ΣκΠ στους ασθενείς ήταν αυξημένη σε σχέση με τις αντίστοιχες αγροτικές περιοχές και συνδέει την ΣκΠ με τις ετήσιες συγκεντρώσεις Αιωρούμενων Σωματιδίων 2,5 ($AS_{2,5}$). Σε πιο πρόσφατη μελέτη στην επαρχία της Πάντοβα της Ιταλίας, με 470 ασθενείς, αποδείχθηκε η θετική συσχέτιση της υποτροπής της ΣκΠ με την έκθεση σε Αιωρούμενα Σωματίδια 2,5 ($AS_{2,5}$) (Scartezzini *et al.*, 2021), ενώ στην Παβία της Ιταλίας μελέτη που ερεύνησε τον συσχετισμό μεταξύ της ΣκΠ και των αιωρούμενων σωματιδίων 2,5 ($AS_{2,5}$) από

το 2010 ως το 2016, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο συνολικός επιπολασμός, δηλαδή η συχνότητα εμφάνισης της ΣκΠ, στη συγκεκριμένη περιοχή είναι 169,4 ανά 100.000 κατοίκους (Bergamaschi *et al.*, 2021).

Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στην Τουρκία το 2018, δύο πόλεις εξετάστηκαν: η πόλη Ereğli, η οποία διαθέτει ένα εργοστάσιο σιδήρου και χάλυβα, καθώς και αποδεδειγμένη ατμοσφαιρική ρύπανση και η πόλη Devrek, μια πόλη χωρίς καμία ατμοσφαιρική ρύπανση (Türk Börü *et al.*, 2020). Οι ερευνητές εξέτασαν τη συσχέτιση της ΣκΠ με Αιωρούμενα Σωματίδια 10 (ΑΣ₁₀) και διοξείδιο του θείου (SO₂) (Türk Börü *et al.*, 2020). Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης υποδεικνύουν υπερδιπλάσιο ποσοστό επικράτησης της ΣκΠ στην περιοχή όπου βρίσκεται το εργοστάσιο σιδήρου και χάλυβα σε σύγκριση με την αγροτική πόλη, ενισχύοντας την υπόθεση ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να είναι ένας πιθανός αιτιολογικός παράγοντας στη ΣκΠ (Türk Börü *et al.*, 2020).

Στον Καναδά, η εγγύτητα των ασθενών στο δρόμο συσχετίστηκε θετικά με την εμφάνιση ΣκΠ (Yuchi *et al.*, 2020). Οι συγγραφείς υποστηρίζουν ότι αυτή η συσχέτιση μπορεί να οφείλεται εν μέρει στην ατμοσφαιρική ρύπανση (Yuchi *et al.*, 2020). Εντούτοις, η έρευνα δεν βρήκε συσχέτιση μεταξύ των ασθενών που έπασχαν από ΣκΠ με την ηχορύπανση από το δρόμο (Yuchi *et al.*, 2020). Μια από τις πιο πρόσφατες μελέτες στην έρημο Νεγκέβ στο Νότιο Ισραήλ κατά την περίοδο 2000-2017, επιβεβαιώνει τη θετική συσχέτιση των Αιωρούμενων Σωματιδίων 2,5 (ΑΣ_{2,5}) και Αιωρούμενων Σωματιδίων 10 (ΑΣ₁₀) και του διοξειδίου του αζώτου (Elgabsi *et al.*, 2021). Εντούτοις, οι συγγραφείς υπογραμμίζουν ότι δεν είναι σαφές πως η ατμοσφαιρική ρύπανση γενικά και ειδικότερα τα αιωρούμενα σωματίδια συμβάλλουν στην ανάπτυξη υποτροπών της ΣκΠ (Elgabsi *et al.*, 2021).

Αντιθέτως, αρκετές μελέτες έχουν καταλήξει σε αντίθετα συμπεράσματα. Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, δεν παρατηρήθηκε ουσιαστική συσχέτιση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και του κινδύνου ΣκΠ (Palacios *et al.*, 2017). Σε μελέτη που πραγματοποιήθηκε στο Οντάριο του Καναδά (Chen *et al.*, 2017), μελετήθηκαν 9.247 ασθενείς με ΣκΠ και η εγγύτητα τους σε δρόμους με έντονη κυκλοφοριακή συμφόρηση. Ωστόσο, τα ευρήματα των προαναφερθέντων συγγραφέων δεν παρουσιάζουν ούτε θετική ούτε αρνητική συσχέτιση των υπό εξέταση μεταβλητών (Chen *et al.*, 2017). Μια ακόμα μελέτη στο Οντάριο του Καναδά (Bai *et al.*, 2018) μεταξύ του 2001 και του 2013 εξέτασε αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ 6.203 ασθενών με ΣκΠ, της θερμοκρασίας

και των Αιωρούμενων Σωματιδίων 2,5 (ΑΣ_{2,5}), διοξείδιο του Αζώτου (NO) και όζον (O₃). Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέληξαν ότι δεν υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των υπό εξέταση μεταβλητών (Bai *et al.*, 2018). Όσον αφορά τη Μαδρίτη (Ισπανία), για το διάστημα 2001 ως 2009, δεν υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ των ατμοσφαιρικών ρύπων (Αιωρούμενα Σωματίδια 2,5 και Αιωρούμενα Σωματίδια 10, τροποσφαιρικό όζον, διοξείδιο του αζώτου) με την εισαγωγή ασθενών με ΣκΠ σε νοσοκομεία. Ωστόσο, η αύξηση των εισαγωγών στα νοσοκομεία συσχετίστηκε θετικά με την ηχορύπανση (Carmona *et al.*, 2018). Σε πιο πρόσφατη έρευνα, η συσχέτιση μεταξύ ατμοσφαιρικής ρύπανσης (συγκεκριμένα οι ρύποι αιωρούμενα σωματίδια και τροποσφαιρικό όζον) και ΣκΠ ήταν αρνητική (Kazemi Moghadam *et al.*, 2021).

Ωστόσο, παρόλο που υπάρχουν ενδείξεις συσχέτισης μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ΣκΠ, είναι σημαντικό τα αποτελέσματα να ερμηνεύονται διεξοδικά και προσεκτικά δεδομένου ότι υπάρχουν επιπλέον κίνδυνοι ιογενών λοιμώξεων κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

3.1. Σκλήρυνση κατά Πλάκας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα η ΣκΠ έχει εμφανιστεί σε 13.000 ανθρώπους σύμφωνα με τη Διεθνή Ομοσπονδία Σκλήρυνσης κατά Πλάκας (MS International Federation, n.d.). Ωστόσο, μελέτες υποστηρίζουν ότι οι αριθμοί είναι εικονικοί καθώς σε πολλά μέρη τα στοιχεία εξακολουθούν να είναι ελλιπή. Από τις πρώτες μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην Ελλάδα και συγκεκριμένα στη βόρεια Ελλάδα (Μακεδονία και Θράκη) ήταν αυτή των Milonas *et al.*, (1990) από το 1970 ως το 1984. Όπως παρατηρήθηκε η μέση τιμή επιπολασμού, δηλαδή της συχνότητας εμφάνισης ήταν 1,79 ανά 100.000 κατοίκους με συνεχώς αυξανόμενη τιμή μέσα στα χρόνια (Milonas *et al.*, 1990).

Σε μελέτη 23 ετών που πραγματοποιήθηκε για τη Δυτική Μακεδονία, αναδεικνύουν τη συγκεκριμένη περιοχή σε περιοχή υψηλού κινδύνου διότι μέσα στα χρόνια αυξήθηκαν τα περιστατικά εμφάνισης ΣκΠ (Parathanasopoulos *et al.*, 2008). Πιο συγκεκριμένα, από 10,1 ανά 100.000 κατοίκους στη βορειοανατολική Ελλάδα το 1984 (Piperidou *et al.*, 2003), έφτασε στα 119,61 ανά 100.000 κατοίκους το 2006 (Parathanasopoulos *et al.*, 2008). Ωστόσο, όπως παραδέχονται οι συγγραφείς η συχνότητα καθώς και ο λόγος εμφάνισης της Σκλήρυνσης

κατά Πλάκας (ΣκΠ) στην Ελλάδα παραμένει στο επίπεδο των υποθέσεων (Parathanasopoulos *et al.*, 2008). Δηλαδή, δεν έχουν εξαχθεί σαφή επιστημονικά συμπεράσματα λόγω έλλειψης δεδομένων. Για τον πληθυσμό με ΣκΠ στην Ελλάδα, δεν υπάρχουν από το 2008 και έπειτα νέα επιδημιολογικά δεδομένα (Kotzamani, *et al.*, 2012; Bakirtzis *et al.*, 2020).

Όσον αφορά την Αθήνα, 1.304 ασθενείς με ΣκΠ παρακολουθήθηκαν για 5 έτη (2004-2008) στο Αιγινήτειο Νοσοκομείο με αποτέλεσμα να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι η εμφάνιση της ΣκΠ στην Ελλάδα είναι παρόμοια με τους δυτικούς πληθυσμούς (Koutsis *et al.*, 2010). Μια άλλη μελέτη έδειξε την ενίσχυση των ποσοστών επίδρασης στις αστικές περιοχές της Κρήτης, από 2,1 ανά 100.000 κατοίκους το 1984, σε 7 ανά 100.000 κατοίκους το 2008, με τις γυναίκες οι οποίες ζουν σε πόλεις ή έχουν μετεγκατασταθεί σε νεαρή ηλικία από την ύπαιθρο στα αστικά κέντρα, να επηρεάζονται κυρίως και εμπλέκοντας έτσι πιθανώς περιβαλλοντικούς παράγοντες, που εισήχθησαν με τη μετάβαση από την αγροτική στην αστική διαβίωση (Kotzamani, *et al.*, 2012). Λίγο αργότερα οι Koutsouraki *et al.* (2013) ανέλυσαν αναδρομικά τα αρχεία 1.180 ασθενών με ΣκΠ από το 1979 ως το 2008. Η αναλογία γυναικών προς άντρες ήταν 1,6:1 (Koutsouraki *et al.*, 2013). Το σημαντικό εύρημα ήταν ότι ο επιπολασμός στην πόλη της Θεσσαλονίκης ήταν 57 ανά 100.000 κατοίκους στις 31 Δεκεμβρίου του 2008, τοποθετώντας την περιοχή σε ζώνη υψηλού κινδύνου ενώ στις 31 Δεκεμβρίου του 1981 ο επιπολασμός ήταν 6,8 ανά 100.000 κατοίκους τοποθετώντας την περιοχή σε ζώνη μεσαίου κινδύνου (Koutsouraki *et al.*, 2013).

Διετής έρευνα που πραγματοποιήθηκε στην Ελλάδα από τους Bakirtzis *et al.* (2020) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι ο επιπολασμός της ΣκΠ, ήταν 138,7 ανά 100.000 κατοίκους στους άνδρες και 253,6 ανά 100.000 κατοίκους στις γυναίκες. Συνολικά καταγράφηκαν 21.218 ασθενείς στους οποίους το 65,8% ήταν γυναίκες (Bakirtzis *et al.*, 2020). Τέλος, σύμφωνα με τους συγγραφείς, υψηλότερα ποσοστά ασθενών παρουσιάστηκαν στην περιοχή της Αττικής και τη Δυτική Ελλάδα ενώ χαμηλότερος στη Βόρεια Ελλάδα (Bakirtzis *et al.*, 2020). Ωστόσο, τα αίτια για την υψηλότερη εμφάνιση ΣκΠ στις γυναίκες καθώς και τα γενικότερα αίτια για την αύξηση της ΣκΠ δεν καταγράφηκαν. Πιο πρόσφατη μελέτη εξέτασε τη γεωγραφική κατανομή των εισαγωγών στα νοσοκομεία στην Ελλάδα από το 1999 ως το 2012 (Dadouli *et al.*, 2021). Τα αποτελέσματα της έρευνας σημειώνουν αύξηση του ποσοστού των νοσηλειών στις γυναίκες σε σύγκριση με τους άνδρες, με ιδιαίτερη έμφαση στην περιοχή του Έβρου, τη Χίο και τη Λάρισα, ενώ η περιοχή της Αρκαδίας εμφανίζεται να

είναι αυτή που επηρεάζεται πιο λίγο (Dadouli *et al.*, 2021). Οι συγγραφείς αναφέρουν ότι μέσα στις αιτίες αύξησης των εισαγωγών είναι πιθανώς και η αύξηση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης (Dadouli *et al.*, 2021). Ωστόσο, περαιτέρω έρευνα επί του θέματος δεν πραγματοποιήθηκε (Dadouli *et al.*, 2021).

Παρόλο που όπως φαίνεται στο παρόν κεφάλαιο υπάρχει έρευνα στο θέμα της ΣκΠ στην Ελλάδα, υπάρχει όμως επιστημονικό κενό στην έρευνα όσον αφορά την πιθανή σύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με τη ΣκΠ στο γενικό πληθυσμό και ειδικότερα στις γυναίκες για την Ελλάδα.

4. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με τα ευρήματα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης, υπάρχουν μελέτες οι οποίες βρίσκουν θετική, ουδέτερη ή αρνητική συσχέτιση μεταξύ της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και της ΣκΠ. Το συμπέρασμα που βγαίνει ως απόρροια αυτού, είναι ότι δεν υπάρχει επιστημονική συμφωνία ως προς το κατά πόσο τελικά η ατμοσφαιρική ρύπανση συμβάλει στην εξέλιξη και επιδείνωση της ΣκΠ.

Ωστόσο, δεδομένου ότι δεν υπάρχει ένας κοινά αποδεκτός παράγοντας που να ευθύνεται για την εμφάνιση της ΣκΠ και τα αίτια της εξέλιξης της νόσου εξακολουθούν να είναι συζητήσιμα, είναι σημαντικό οι επαγγελματίες του τομέα της υγείας να μην βλέπουν μόνο την ασθένεια και την αναπηρία, εστιάζοντας τις θεραπείες, τη φαρμακευτική αγωγή και την εκπαίδευση των ασθενών στη διαχείριση των συμπτωμάτων, αλλά να αναλάβουν και πρωτοβουλίες κοιτάζοντας πέρα από τις απλές θεραπευτικές επιλογές, προωθώντας την ενίσχυση τόσο της έναρξης όσο και της διατήρησης συμπεριφορών προαγωγής της υγείας και αυτοφροντίδας, βελτιώνοντας τη σωματική δραστηριότητα, τη διατροφή, τη διαχείριση του στρες, την αυτοεκτίμηση, την πνευματική ανάπτυξη και την ποιότητα ζωής γενικότερα, ώστε να βελτιώσουν εντός λογικών ορίων, τη συνολική σωματική, συναισθηματική και κοινωνική υγεία των ατόμων με ΣκΠ.

Τέλος, είναι επιτακτική η ανάγκη περαιτέρω έρευνας, παγκοσμίως και στην Ελλάδα, στο γενικό αλλά και ειδικότερα στο γυναικείο πληθυσμό για τα αίτια της ΣκΠ, τους λόγους αύξησης των ασθενών με ΣκΠ τα τελευταία χρόνια, καθώς και για την αποσαφήνιση των επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην εξέλιξη και υποτροπή της ΣκΠ, ώστε να αναπτυχθούν νέα μοντέλα πρόληψης της νόσου.

Βιβλιογραφία

- Abbaszadeh, S., Tabary, M., Aryannejad, A., Abolhasani, R., Araghi, F., Khareshi, I., και Azimi, A. (2021). Air pollution and multiple sclerosis: A comprehensive review. *Neurological Sciences, 42*(10), 4063-4072.
- Adamczyk-Sowa, M., Medrek, A., Madej, P., Michlicka, W., και Dobrakowski, P. (2017). Does the gut microbiota influence immunity and inflammation in multiple sclerosis pathophysiology?. *Journal of immunology research, 2017*.
- Al-Kindi, S. G., Brook, R. D., Biswal, S., & Rajagopalan, S. (2020). Environmental determinants of cardiovascular disease: lessons learned from air pollution. *Nature Reviews Cardiology, 17*(10), 656-672.
- Alonso, A., Cook, S. D., Maghzi, A. H., και Divani, A. A. (2011). A case–control study of risk factors for multiple sclerosis in Iran. *Multiple Sclerosis Journal, 17*(5), 550-555.
- Angelici, L., Piola, M., Cavalleri, T., Randi, G., Cortini, F., Bergamaschi, R., ... και Bollati, V. (2016). Effects of particulate matter exposure on multiple sclerosis hospital admission in Lombardy region, Italy. *Environmental research, 145*, 68-73.
- Ashtari, F., Esmail, N., Mansourian, M., Poursafa, P., Mirmosayyeb, O., Barzegar, M., και Pourghesari, H. (2018). An 8-year study of people with multiple sclerosis in Isfahan, Iran: association between environmental air pollutants and severity of disease. *Journal of neuroimmunology, 319*, 106-111.
- Athanassakis, Y. (2015). “This Marble Head in My Hands”: Green Greeks and the Question of the Parthenon. *Resilience: A Journal of the Environmental Humanities, 2*(3), 1-22.
- Bai, L., Burnett, R. T., Kwong, J. C., Hystad, P., van Donkelaar, A., Brook, J. R., ... και Chen, H. (2018). Long-term exposure to air pollution and the incidence of multiple sclerosis: a population-based cohort study. *Environmental research, 166*, 437-443.
- Bakirtzis, C., Grigoriadou, E., Boziki, M. K., Kesidou, E., Siafis, S., Moysiadis, T., ... και Grigoriadis, N. (2020). The administrative prevalence of multiple sclerosis in greece on the basis of a nationwide prescription database. *Frontiers in Neurology, 11*, 1012.

- Barkemeyer, R., και Liesen, A. (2015). The natural environment. In *The Routledge Handbook of Responsible Investment* (pp. 567-576). Routledge.
- Belbasis, L., Bellou, V., Evangelou, E., Ioannidis, J. P., και Tzoulaki, I. (2015). Environmental risk factors and multiple sclerosis: an umbrella review of systematic reviews and meta-analyses. *The Lancet Neurology*, *14*(3), 263-273.
- Bergamaschi, R., Monti, M. C., Trivelli, L., Mallucci, G., Gerosa, L., Pisoni, E., και Montomoli, C. (2021). PM_{2.5} exposure as a risk factor for multiple sclerosis. An ecological study with a Bayesian mapping approach. *Environmental Science and Pollution Research*, *28*(3), 2804-2809.
- Bililign, S. (2023). Inseparable Link between Air pollution and Climate Change. *Bulletin of the American Physical Society*.
- Block, M. L., και Calderón-Garcidueñas, L. (2009). Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease. *Trends in neurosciences*, *32*(9), 506-516.
- Böhme, G. (2021). Atmosphere. *Online Encyclopedia Philosophy of Nature*, (1).
- Bombardier, H. C., Wadhwani, R., LaRotonda, C. (2005). Health Promotion in People with Multiple Sclerosis. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, Volume 16, Issue 2, Pages 557-570.
- Boningari, T., και Smirniotis, P. G. (2016). Impact of nitrogen oxides on the environment and human health: Mn-based materials for the NO_x abatement. *Current Opinion in Chemical Engineering*, *13*, 133-141.
- Carmona, R., Linares, C., Recio, A., Ortiz, C., και Díaz, J. (2018). Emergency multiple sclerosis hospital admissions attributable to chemical and acoustic pollution: Madrid (Spain), 2001–2009. *Science of the total environment*, *612*, 111-118.
- Chen, H., Kwong, J. C., Copes, R., Tu, K., Villeneuve, P. J., Van Donkelaar, A., ... και Burnett, R. T. (2017). Living near major roads and the incidence of dementia, Parkinson's disease, and multiple sclerosis: a population-based cohort study. *The Lancet*, *389*(10070), 718-726.

- Chipperfield, M. P., Bekki, S., Dhomse, S., Harris, N. R., Hassler, B., Hossaini, R., ... και Weber, M. (2017). Detecting recovery of the stratospheric ozone layer. *Nature*, *549*(7671), 211-218.
- Comite, V., and Fermo, P. (2018). The effects of air pollution on cultural heritage: The case study of Santa Maria delle Grazie al Naviglio Grande (Milan). *The European Physical Journal Plus*, *133*(12), 1-10.
- Corona-Vázquez, T., Rivera, J. D. J. F., RodríguezViolante, M., και Cervantes-Arriaga, A. (2019). Air pollution, multiple sclerosis and its relevance to Mexico City. *Archives of Medical Research*, *50*(3), 111-112.
- Correale, J., Gaitán, M. I., Ysraelit, M. C., & Fiol, M. P. (2017). Progressive multiple sclerosis: from pathogenic mechanisms to treatment. *Brain*, *140*(3), 527-546.
- Cortese, A., Lova, L., Comoli, P., Volpe, E., Villa, S., Mallucci, G., ... και Bergamaschi, R. (2020). Air pollution as a contributor to the inflammatory activity of multiple sclerosis. *Journal of Neuroinflammation*, *17*(1), 1-7.
- Dadouli, K., Ntellas, P., Anagnostopoulos, L., Bonotis, K., Dardiotis, E., και Hadjichristodoulou, C. (2021). Geography of hospital admissions for multiple sclerosis in Greece. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, *49*, 102735.
- Dehghani, R., Yunesian, M., Sahraian, M. A., Gilasi, H. R., και Moghaddam, V. K. (2015). The evaluation of multiple sclerosis dispersal in Iran and its association with urbanization, life style and industry. *Iranian journal of public health*, *44*(6), 830.
- Deng, Q., Deng, L., Miao, Y., Guo, X., & Li, Y. (2019). Particle deposition in the human lung: Health implications of particulate matter from different sources. *Environmental research*, *169*, 237-245.
- Diapouli, E., Manousakas, M., Vratolis, S., Vasilatou, V., Maggos, T., Saraga, D., ... & Eleftheriadis, K. (2017). Evolution of air pollution source contributions over one decade, derived by PM10 and PM2.5 source apportionment in two metropolitan urban areas in Greece. *Atmospheric environment*, *164*, 416-430.

- Disanto, G., Chaplin, G., Morahan, J. M., Giovannoni, G., Hypponen, E., Ebers, G. C., και Ramagopalan, S. V. (2012). Month of birth, vitamin D and risk of immune-mediated disease: a case control study. *BMC medicine*, *10*(1), 1-7.
- Doshi, A., & Chataway, J. (2017). Multiple sclerosis, a treatable disease. *Clinical Medicine*, *17*(6), 530.
- Elgabsi, M., Novack, L., Yarza, S., Elgabsi, M., Shtein, A., και Ifergane, G. (2021). An impact of air pollution on moderate to severe relapses among multiple sclerosis patients. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, *53*, 103043.
- Eman J. Abdullah, & Hanan E. Badr. (2018). Assessing the quality of life in patients with multiple sclerosis in Kuwait: a cross sectional study. *Psychology, Health & Medicine*, *23*:4, 391-399.
- Farez, M. F., Fiol, M. P., Gaitán, M. I., Quintana, F. J., και Correale, J. (2014). Sodium intake is associated with increased disease activity in multiple sclerosis. *Journal of Neurology, Neurosurgery και Psychiatry*, *86*(1), 26-31.
- Farez, M. F., Mascanfroni, I. D., Méndez-Huergo, S. P., Yeste, A., Murugaiyan, G., Garo, L. P., ... και Correale, J. (2015). Melatonin contributes to the seasonality of multiple sclerosis relapses. *Cell*, *162*(6), 1338-1352.
- Florides, G. A., & Christodoulides, P. (2009). Global warming and carbon dioxide through sciences. *Environment international*, *35*(2), 390-401.
- Fourtziou, L., Liakakou, E., Stavroulas, I., Theodosi, C., Zarmpas, P., Psiloglou, B., ... & Mihalopoulos, N. (2017). Multi-tracer approach to characterize domestic wood burning in Athens (Greece) during wintertime. *Atmospheric Environment*, *148*, 89-101.
- Gajofatto, A. (2017). Spotlight on siponimod and its potential in the treatment of secondary progressive multiple sclerosis: the evidence to date. *Drug design, development and therapy*, *11*, 3153.
- Gardner, D. E., και Gardner, S. C. (2019). Toxicology of air pollution. In *Basic Environmental Toxicology* (pp. 287-319). CRC Press.

- Genc, S., Zadeoglulari, Z., Fuss, S. H., & Genc, K. (2012). The adverse effects of air pollution on the nervous system. *Journal of toxicology*, 2012.
- Gilmour, H., Ramage-Morin, P. L., & Wong, S. L. (2018). Multiple sclerosis: prevalence and impact. *Health reports*, 29(1), 3-8.
- Goel, S., και Agarwal, D. (2014). Carbon dioxide.
- Goldenberg, M. M. (2012). Multiple sclerosis review. *Pharmacy and therapeutics*, 37(3), 175.
- Grivas, G., Cheristanidis, S., & Chaloulakou, A. (2012). Elemental and organic carbon in the urban environment of Athens. Seasonal and diurnal variations and estimates of secondary organic carbon. *Science of the Total Environment*, 414, 535-545.
- Gross, H. J., & Watson, C. (2017). Characteristics, burden of illness, and physical functioning of patients with relapsing-remitting and secondary progressive multiple sclerosis: a cross-sectional US survey. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 13, 1349.
- Grzywa-Celinska, A., Krusinski, A., & Milanowski, J. (2020). 'Smoging kills'-effects of air pollution on human respiratory system. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 27(1).
- Harrison, R. M., και Yin, J. (2000). Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?. *Science of the total environment*, 249(1-3), 85-101.
- Henneman, L. R., Holmes, H. A., Mulholland, J. A., & Russell, A. G. (2015). Meteorological detrending of primary and secondary pollutant concentrations: Method application and evaluation using long-term (2000–2012) data in Atlanta. *Atmospheric Environment*, 119, 201-210.
- Hernán, M. A., Olek, M. J., και Ascherio, A. (1999). Geographic variation of MS incidence in two prospective studies of US women. *Neurology*, 53(8), 1711-1711.
- Heydarpour, P., Amini, H., Khoshkish, S., Seidkhani, H., Sahraian, M. A., και Yunesian, M. (2014). Potential impact of air pollution on multiple sclerosis in Tehran, Iran. *Neuroepidemiology*, 43(3-4), 233-238.

- Hickman, S. J., Raoof, N., McLean, R. J., & Gottlob, I. (2014). Vision and multiple sclerosis. *Multiple sclerosis and related disorders*, 3(1), 3-16.
- Horton, A. A., & Barnes, D. K. (2020). Microplastic pollution in a rapidly changing world: implications for remote and vulnerable marine ecosystems. *Science of The Total Environment*, 738, 140349.
- Hossaini, R., Chipperfield, M. P., Montzka, S. A., Leeson, A. A., Dhomse, S. S., & Pyle, J. A. (2017). The increasing threat to stratospheric ozone from dichloromethane. *Nature Communications*, 8(1), 1-9.
- Hosseinzadeh, A., Baneshi, M. R., Sedighi, B., Kermanchi, J., & Haghdoost, A. A. (2019). Geographic variations of multiple sclerosis in Iran: a population based study. *Multiple sclerosis and related disorders*, 28, 244-249.
- Jacobson, M. Z. (2002). *Atmospheric pollution: history, science, and regulation*. Cambridge University Press.
- Jeanjean, M., Bind, M. A., Roux, J., Ongagna, J. C., De Sèze, J., Bard, D., και Leray, E. (2018). Ozone, NO₂ and PM₁₀ are associated with the occurrence of multiple sclerosis relapses. Evidence from seasonal multi-pollutant analyses. *Environmental research*, 163, 43-52.
- Kanter, D., Mauzerall, D. L., Ravishankara, A. R., Daniel, J. S., Portmann, R. W., Grabel, P. M., ... και Galloway, J. N. (2013). A post-Kyoto partner: Considering the stratospheric ozone regime as a tool to manage nitrous oxide. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(12), 4451-4457.
- Karagulian, F., Belis, C. A., Dora, C. F. C., Prüss-Ustün, A. M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H., & Amann, M. (2015). Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric environment*, 120, 475-483.
- Kazemi Moghadam, V., Dickerson, A. S., Shahedi, F., Bazrafshan, E., Seyedhasani, S. N., και Sarmadi, M. (2021). Association of the global distribution of multiple sclerosis with ultraviolet radiation and air pollution: an ecological study based on GBD data. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(14), 17802-17811.

- Khan, M. N., και Mohammad, F. (2014). Eutrophication: challenges and solutions. In *Eutrophication: causes, consequences and control* (pp. 1-15). Springer, Dordrecht.
- Klimont, Z., Kupiainen, K., Heyes, C., Purohit, P., Cofala, J., Rafaj, P., ... & Schöpp, W. (2017). Global anthropogenic emissions of particulate matter including black carbon. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 17(14), 8681-8723.
- Koch-Henriksen, N., και Sørensen, P. S. (2010). The changing demographic pattern of multiple sclerosis epidemiology. *The Lancet Neurology*, 9(5), 520-532.
- Koriem, K. M. M. (2016). Multiple sclerosis: New insights and trends. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(5), 429-440.
- Kotzamani D, Panou T, Mastorodemos V, Tzagournissakis M, Nikolakaki H, Spanaki C, et al. Rising incidence of multiple sclerosis in females associated with urbanization. *Neurology*. (2012) 78:1728–35.
- Koutsis, G., Evangelopoulos, M. E., Andreadou, E., Mandellos, D., Karachalios, G., Potagas, C., ... και Sfagos, C. (2010). The onset of multiple sclerosis in Greece: a single-center study of 1,034 consecutive patients. *European neurology*, 63(6), 350-356.
- Koutsouraki, E., Fotakidou, A., Kalatha, T., και Baloyannis, S. (2013). Epidemiologic data of multiple sclerosis in northern greece during the last thirty years (1979-2008). *American Journal of Epidemiology*, 1(1), 1-7.
- Kurtzke, J. F. (1975a). A reassessment of the distribution of multiple sclerosis: part one. *Acta Neurologica Scandinavica*, 51(2), 110-136.
- Kurtzke, J. F. (1975b). A reassessment of the distribution of multiple sclerosis: Part Two. *Acta Neurologica Scandinavica*, 51(2), 137-157.
- Kurtzke, J. F. (1993). Epidemiologic evidence for multiple sclerosis as an infection. *Clinical microbiology reviews*, 6(4), 382-427.
- Kurtzke, J. F. (1995). MS epidemiology world wide. One view of current status. *Acta Neurologica Scandinavica*, 91(S161), 23-33.
- Leary, S. M., Porter, B., και Thompson, A. J. (2005). Multiple sclerosis: diagnosis and the management of acute relapses. *Postgraduate Medical Journal*, 81(955), 302-308.

- Leigh, R. M. (2018). *Multiple sclerosis*. Rumi Michael Leigh.
- Li, X., Chen, Q., Zheng, X., Li, Y., Han, M., Liu, T., ... & Ma, W. (2019). Effects of ambient ozone concentrations with different averaging times on asthma exacerbations: A meta-analysis. *Science of the Total Environment*, *691*, 549-561.
- Loaiza-Ceballos, M. C., Marin-Palma, D., Zapata, W., & Hernandez, J. C. (2022). Viral respiratory infections and air pollutants. *Air Quality, Atmosphere & Health*, *15*(1), 105-114.
- Makri, A., & Stilianakis, N. I. (2008). Vulnerability to air pollution health effects. *International journal of hygiene and environmental health*, *211*(3-4), 326-336.
- Malhotra, S., Costa, C., Eixarch, H., Keller, C. W., Amman, L., Martínez-Banaclocha, H., ... & Comabella, M. (2020). NLRP3 inflammasome as prognostic factor and therapeutic target in primary progressive multiple sclerosis patients. *Brain*, *143*(5), 1414-1430.
- Manisalidis, I., Stavropoulou, E., Stavropoulos, A., & Bezirtzoglou, E. (2020). Environmental and health impacts of air pollution: a review. *Frontiers in public health*, *14*.
- Mayr, W. T., Pittock, S. J., McClelland, R. L., Jorgensen, N. W., Noseworthy, J. H., και Rodriguez, M. (2003). Incidence and prevalence of multiple sclerosis in Olmsted County, Minnesota, 1985–2000. *Neurology*, *61*(10), 1373-1377.
- McDonald, W. I., Compston, A., Edan, G., Goodkin, D., Hartung, H. P., Lublin, F. D., ... και Wolinsky, J. S. (2001). Recommended diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines from the International Panel on the diagnosis of multiple sclerosis. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, *50*(1), 121-127.
- Meng, X., Liu, C., Chen, R., Sera, F., Vicedo-Cabrera, A. M., Milojevic, A., ... & Kan, H. (2021). Short term associations of ambient nitrogen dioxide with daily total, cardiovascular, and respiratory mortality: multilocation analysis in 398 cities. *bmj*, *372*.
- Milonas, I., Tsounis, S., και Logothetis, I. (1990). Epidemiology of multiple sclerosis in northern Greece. *Acta neurologica scandinavica*, *81*(1), 43-47.

- Mohammadi, M. J., Zarea, K., Hatamzadeh, N., Salahshouri, A., και Sharhani, A. (2022). Toxic Air Pollutants and Their Effect on Multiple Sclerosis: A Review Study. *Frontiers in Public Health, 10*.
- Momenabadi V., Kaveh, M. H., Nakhaee Nouzar, Shirazi Kambiz Karimzadeh, Sedighi Behnaz, and Tabatabaei Seyyed Hamid Reza. (2020). Health Promoting Self-care Behaviors in Patients With Multiple Sclerosis in the Southeast of Iran: Developing a Model for Practice. *Basic Clin Neurosci. 11(5): 687–699*
- Monks, P. S., Archibald, A. T., Colette, A., Cooper, O., Coyle, M., Derwent, R., ... και Williams, M. L. (2015). Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmospheric Chemistry and Physics, 15(15), 8889-8973*.
- Motl, R. W., McAuley, E., & Sandroff, B. M. (2013). Longitudinal change in physical activity and its correlates in relapsing-remitting multiple sclerosis. *Physical therapy, 93(8), 1037-1048*.
- Motl, R.W., Sandroff, B.M. (2015). Benefits of Exercise Training in Multiple Sclerosis. *Curr Neurol Neurosci Rep 15, 62*.
- Mousavi, S. E., Heydarpour, P., Reis, J., Amiri, M., και Sahraian, M. A. (2017). Multiple sclerosis and air pollution exposure: mechanisms toward brain autoimmunity. *Medical hypotheses, 100, 23-30*.
- Moussiopoulos, N., Sahm, P., & Kessler, C. (1995). Numerical simulation of photochemical smog formation in Athens, Greece—a case study. *Atmospheric Environment, 29(24), 3619-3632*.
- Mudd, J. B. (Ed.). (2012). *Responses of plants to air pollution*. Elsevier.
- National Geographic (2013). Εγκυκλοπαίδεια του περιβάλλοντος για νέους – Τόμος 5: Ρύπανση. Διαθέσιμο: <https://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-5-ripansi.pdf>
- Nezis, I., Biskos, G., Eleftheriadis, K., & Kalantzi, O. I. (2019). Particulate matter and health effects in offices-A review. *Building and Environment, 156, 62-73*.

- Noorimotlagh, Z., Azizi, M., Pan, H. F., Mami, S., και Mirzaee, S. A. (2021). Association between air pollution and Multiple Sclerosis: A systematic review. *Environmental research*, 196, 110386.
- Onmed (2022). Τι είναι η σκλήρυνση κατά πλάκας; Οι παράγοντες κινδύνου, τα συμπτώματα και η θεραπεία. Διαθέσιμο: <https://www.onmed.gr/yegeia/story/396481/ti-einai-i-skliiryinsi-kata-plakas-symptomata-kai-therapeia>
- Orton, S. M., Herrera, B. M., Yee, I. M., Valdar, W., Ramagopalan, S. V., Sadovnick, A. D., ... και Canadian Collaborative Study Group. (2006). Sex ratio of multiple sclerosis in Canada: a longitudinal study. *The Lancet Neurology*, 5(11), 932-936.
- Palacios, N., Munger, K. L., Fitzgerald, K. C., Hart, J. E., Chitnis, T., Ascherio, A., και Laden, F. (2017). Exposure to particulate matter air pollution and risk of multiple sclerosis in two large cohorts of US nurses. *Environment international*, 109, 64-72.
- Papathanasopoulos, P., Gourzoulidou, E., Messinis, L., Georgiou, V., και Leotsinidis, M. (2008). Prevalence and incidence of multiple sclerosis in western Greece: a 23-year survey. *Neuroepidemiology*, 30(3), 167-173.
- Piperidou, H. N., Heliopoulos, I. N., Maltezos, E. S., και Milonas, I. A. (2003). Epidemiological Data of Multiple Sclerosis in the Province of Evros, Greece. *European neurology*, 49(1), 8-12.
- Podbielska, M., Banik, N. L., Kurowska, E., & Hogan, E. L. (2013). Myelin recovery in multiple sclerosis: the challenge of remyelination. *Brain sciences*, 3(3), 1282-1324.
- Polivka, B. J. (2018). The great London smog of 1952. *AJN The American Journal of Nursing*, 118(4), 57-61.
- Poser, C. M., Paty, D. W., Scheinberg, L., McDonald, W. I., Davis, F. A., Ebers, G. C., ... και Tourtellotte, W. W. (1983). New diagnostic criteria for multiple sclerosis: guidelines for research protocols. *Annals of Neurology: Official Journal of the American Neurological Association and the Child Neurology Society*, 13(3), 227-231.
- Poser, C. M., και Brinar, V. V. (2001). Diagnostic criteria for multiple sclerosis. *Clinical neurology and neurosurgery*, 103(1), 1-11.

- Preiner, M., & Martin, W. F. (2021). Life in a carbon dioxide world.
- Rai, P. K. (2016). Impacts of particulate matter pollution on plants: Implications for environmental biomonitoring. *Ecotoxicology and environmental safety*, 129, 120-136.
- Roux, J., Bard, D., Le Pabic, E., Segala, C., Reis, J., Ongagna, J. C., ... και Leray, E. (2017). Air pollution by particulate matter PM10 may trigger multiple sclerosis relapses. *Environmental research*, 156, 404-410.
- Rovaris, M., Confavreux, C., Furlan, R., Kappos, L., Comi, G., & Filippi, M. (2006). Secondary progressive multiple sclerosis: current knowledge and future challenges. *The Lancet Neurology*, 5(4), 343-354.
- Runia, T. F., Hop, W. C., de Rijke, Y. B., Buljevac, D., και Hintzen, R. Q. (2012). Lower serum vitamin D levels are associated with a higher relapse risk in multiple sclerosis. *Neurology*, 79(3), 261-266.
- Sakakura, T., Choi, J. C., & Yasuda, H. (2007). Transformation of carbon dioxide. *Chemical reviews*, 107(6), 2365-2387.
- Sanai, S. A., Saini, V., Benedict, R. H., Zivadinov, R., Teter, B. E., Ramanathan, M., & Weinstock-Guttman, B. (2016). Aging and multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 22(6), 717-725.
- Sand, I. K. (2015). Classification, diagnosis, and differential diagnosis of multiple sclerosis. *Current opinion in neurology*, 28(3), 193-205.
- Sandstrom, T., & Forsberg, B. (2008). Desert dust: an unrecognized source of dangerous air pollution?. *Epidemiology*, 19(6), 808-809.
- Santacroce, L., Charitos, I. A., Ballini, A., Inchingolo, F., Luperto, P., De Nitto, E., & Topi, S. (2020). The human respiratory system and its microbiome at a glimpse. *Biology*, 9(10), 318.
- Savci, S. (2012). An agricultural pollutant: chemical fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, 3(1), 73.
- Scartezzini, A., Tateo, F., Perini, P., Benacchio, L., Ermani, M., Ferro, A., ... και Puthenparampil, M. (2021). Association of multiple sclerosis with PM 2.5 levels. Further evidence from

the highly polluted area of Padua Province, Italy. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*, 48, 102677.

Schumacher, G. A., Beebe, G., Kibler, R. F., Kurland, L. T., Kurtzke, J. F., McDowell, F., ... και Willmon, T. L. (1965). Problems of experimental trials of therapy in multiple sclerosis: report by the panel on the evaluation of experimental trials of therapy in multiple sclerosis. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 122(1), 552-568.

Sitaras, I. E., & Siskos, P. A. (2008). The role of primary and secondary air pollutants in atmospheric pollution: Athens urban area as a case study. *Environmental Chemistry Letters*, 6(2), 59-69.

Smith, W. H. (2012). *Air pollution and forests: interactions between air contaminants and forest ecosystems*. Springer Science και Business Media.

Stuifbergen K. Alexa, Roberts J. Greg. (1997). Health promotion practices of women with multiple sclerosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Volume 78, Issue 12, Supplement 5. Pages S3-S9.

Tateo, F., Grassivaro, F., Ermani, M., Puthenparampil, M., και Gallo, P. (2019). PM2.5 levels strongly associate with multiple sclerosis prevalence in the Province of Padua, Veneto Region, North-East Italy. *Multiple Sclerosis Journal*, 25(13), 1719-1727.

Torkildsen, Ø., Grytten, N., Aarseth, J., Myhr, K. M., και Kampman, M. T. (2012). Month of birth as a risk factor for multiple sclerosis: an update. *Acta Neurologica Scandinavica*, 126, 58-62.

Trinh L.T. Huynh, Stephanie L. Silveira, Robert W. Motl. (2023). Physical Activity and Quality of Life in Persons Newly Diagnosed with Multiple Sclerosis: A cross-sectional study. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*.

Tullman, M. J., Oshinsky, R. J., Lublin, F. D., & Cutter, G. R. (2004). Clinical characteristics of progressive relapsing multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis Journal*, 10(4), 451-454.

Türk Börü, Ü., Bölük, C., Taşdemir, M., Gezer, T., και Serim, V. A. (2020). Air pollution, a possible risk factor for multiple sclerosis. *Acta Neurologica Scandinavica*, 141(5), 431-437.

- Urrutia-Pereira, M., Chong-Neto, H., Avila, J., Vivas, N. L., Martinez, V. R., Rondón, W. L., ... & Solé, D. (2021). Exposure to indoor air pollution/outdoor air pollution: the silent killers— A pilot study.
- Vallero, D. A. (2014). *Fundamentals of air pollution*. Academic press.
- Vallero, D. A. (2019). *Air pollution calculations: Quantifying pollutant formation, transport, transformation, fate and risks*. Elsevier.
- Velders, G. J., Andersen, S. O., Daniel, J. S., Fahey, D. W., και McFarland, M. (2007). The importance of the Montreal Protocol in protecting climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(12), 4814-4819.
- Vojinović, S., Savić, D., Lukić, S., Savić, L., και Vojinović, J. (2015). Disease relapses in multiple sclerosis can be influenced by air pollution and climate seasonal conditions. *Vojnosanitetski pregled*, 72(1).
- Walton, C., King, R., Rechtman, L., Kaye, W., Leray, E., Marrie, R. A., ... και Baneke, P. (2020). Rising prevalence of multiple sclerosis worldwide: Insights from the Atlas of MS. *Multiple Sclerosis Journal*, 26(14), 1816-1821.
- Waubant, E., Lucas, R., Mowry, E., Graves, J., Olsson, T., Alfredsson, L., και Langer-Gould, A. (2019). Environmental and genetic risk factors for MS: an integrated review. *Annals of clinical and translational neurology*, 6(9), 1905-1922.
- Wayne, R. P. (1985). *Chemistry of atmospheres*.
- West, J. J., Cohen, A., Dentener, F., Brunekreef, B., Zhu, T., Armstrong, B., ... και Wiedinmyer, C. (2016). What we breathe impacts our health: improving understanding of the link between air pollution and health.
- World Health Organization [WHO] (2021). Ambient (outdoor) air pollution. Διαθέσιμο: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Xu, X., Ha, S. U., και Basnet, R. (2016). A review of epidemiological research on adverse neurological effects of exposure to ambient air pollution. *Frontiers in public health*, 4, 157.

- Yuchi, W., Sbihi, H., Davies, H., Tamburic, L., και Brauer, M. (2020). Road proximity, air pollution, noise, green space and neurologic disease incidence: a population-based cohort study. *Environmental Health*, 19(1), 1-15.
- Zhang, Q., Jiang, X., Tong, D., Davis, S. J., Zhao, H., Geng, G., ... & Guan, D. (2017). Transboundary health impacts of transported global air pollution and international trade. *Nature*, 543(7647), 705-709.
- Zhukovsky, C., Bind, M. A., Boström, I., και Landtblom, A. M. (2020). Air pollution as a contributing risk factor of relapses and cases of multiple sclerosis. *Health Risk Analysis*, (3), 168-173.
- Zurita, M., Montalba, C., Labbé, T., Cruz, J. P., da Rocha, J. D., Tejos, C., ... & Uribe, S. (2018). Characterization of relapsing-remitting multiple sclerosis patients using support vector machine classifications of functional and diffusion MRI data. *NeuroImage: Clinical*, 20, 724-730.
- Εθνική Υπηρεσία Ωκεανών και Ατμόσφαιρας (National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA) (2022). Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. Διαθέσιμο: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>
- Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος (2020). Ατμοσφαιρική ρύπανση. Διαθέσιμο: <https://www.eea.europa.eu/el/themes/air/intro>
- Ομοσπονδία Σκλήρυνσης κατά Πλάκας (MS International Federation). Διαθέσιμο: <https://www.atlasofms.org/map/greece/epidemiology/number-of-people-with-ms#about>
- Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (World Health Organization, WHO). (2022). Air pollution. Διαθέσιμο: https://www.who.int/health-topics/air-pollution#tab=tab_1
- Ρεμουντάκη Ε. (2010). Αέρας και ατμοσφαιρική ρύπανση. WWF Ελλάς. Διαθέσιμο: <https://www.contentarchive.wwf.gr/images/pdfs/WWF%20Ellas%20Odigos%20gia%20to%20perivallon%20Aeras.pdf>

Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος ((United States Environmental Protection Agency, EPA). (2022b). Particulate Matter (PM) Basics. Διαθέσιμο: <https://www.epa.gov/pm-pollution/particulate-matter-pm-basics>

Υπηρεσία Προστασίας Περιβάλλοντος (United States Environmental Protection Agency, EPA). (2022a). Air Pollution: Current and Future Challenges. Διαθέσιμο: <https://www.epa.gov/clean-air-act-overview/air-pollution-current-and-future-challenges>

Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας [ΥΠΕΝ] (2020). Ποιότητα της Ατμόσφαιρας. Διαθέσιμο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/poiotita-tis-atmosfairas/#:~:text=%CE%91%CF%84%CE%BC%CE%BF%CF%83%CF%86%CE%B1%CE%B9%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1%CE%BD%CF%83%CE%B7%20%CE%BA%CE%B1%CE%BB%CE%B5%CE%AF%CF%84%CE%B1%CE%B9%2C%20%CE%B7%20%CF%80%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%AF%CE%B1,%CE%B3%CE%B9%CE%B1%20%CF%84%CE%B9%CF%82%20%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%B8%CF%85%CE%BC%CE%B7%CF%84%CE%AD%CF%82%20%CF%87%CF%81%CE%AE%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82%20%CF%84%CE%BF%CF%85>