



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ- ΤΜΗΜΑ ΝΟΣΗΛΕΥΤΙΚΗΣ
ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΡΩΤΟΒΑΘΜΙΑ ΦΡΟΝΤΙΔΑ ΥΓΕΙΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Οικολογική μελέτη των στοματικών καρκίνων στην Ευρώπη.

ΚΛΕΙΟΥΣΗΣ ΑΝΔΡΕΑΣ του ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ
ΧΕΙΡ. ΟΔΟΝΤΙΑΤΡΟΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σωτήριος Ζαρογιάννης, Καθηγητής Φυσιολογίας, Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου
Θεσσαλίας, Επιβλέπων Καθηγητής

Χρυσή Χατζόγλου, Καθηγήτρια Ιατρικής Φυσιολογίας, Τμήμα Ιατρικής Πανεπιστημίου
Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Πέτρος Κάσσας, Μεταδιδακτορικός Ερευνητής, Τμήμα Νοσηλευτικής Πανεπιστημίου
Θεσσαλίας, Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Λάρισα, 2025

Ecological study of oral cancers in Europe.

Ευχαριστίες

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	6
Summary.....	7
1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ.....	8
1.1. Τι είναι οι οικολογικές μελέτες.....	9
1.2. Στοματικοί καρκίνοι σε όλο τον κόσμο.....	13
1.3. Στοματικοί καρκίνοι στην Ευρώπη	17
ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ	31
2. Υλικό και Μέθοδος.....	32
2.2. Ανάκτηση Δεδομένων	34
2.3. Μεθοδολογία	36
2.4. Ανάλυση δεδομένων	37
3. Αποτελέσματα.....	39
Αποτελέσματα για την Αμμωνία	39
Γραμμική Παλινδρόμηση	39
Αποτελέσματα για μη μεθανιούχες οργανικές ενώσεις	44
Γραμμική παλινδρόμηση.....	44
Αποτελέσματα για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές των PM 2.5.....	47
Γραμμική Παλινδρόμηση	47
Αποτελέσματα για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές PM 10	50
Γραμμική παλινδρόμηση.....	50
Αποτελέσματα για τα αζωτούχα.....	53
Γραμμική παλινδρόμηση	53
Αποτελέσματα για τα Θειούχα	55
Γραμμική παλινδρόμηση	55
Αποτελέσματα για έτη ζωής σταθμισμένα για αναπηρία λόγω καρκίνου των χειλέων.....	58
Γραμμική παλινδρόμηση	58
Αποτελέσματα για τα ατμοσφαιρικά σωματίδια.....	61
Γραμμική παλινδρόμηση	61
Αποτελέσματα για τη θνησιμότητα λόγω ατμοσφαιρικού Μολύβδου.....	63
Γραμμική παλινδρόμηση	63
Αποτελέσματα για το Όζον	66
Γραμμική παλινδρόμηση	66
Αποτελέσματα για το ραδόνιο οικιακά προερχόμενης έκθεσης	69
Γραμμική παλινδρόμηση	69

Αποτελέσματα για τη μη ασφαλή υγιεινή.....	71
Γραμμική παλινδρόμηση	71
Αποτελέσματα για την ακατάλληλη πηγή νερού.....	74
Γραμμική παλινδρόμηση	74
4. Σύνοψη αποτελεσμάτων.....	77
5. Συζήτηση.....	87
6.Συμπεράσματα.....	96
Βιβλιογραφία	98

Περίληψη

Ένα σημείο που αναδεικνύεται από τα αποτελέσματα της δικής μας ερευνητικής προσπάθειας είναι η επισήμανση των χρονικά καθυστερημένων επιδράσεων στο καρκίνο του στόματος. Αυτό σημαίνει ότι η επιβλαβής επίδραση της περιβαλλοντικής έκθεσης δεν εκδηλώνεται άμεσα, αλλά αναδύεται στην επιφάνεια μετά από ένα χρονικό διάστημα που μπορεί να εκτείνεται σε αρκετά έτη. Αυτή η χρονική υστέρηση αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση του καρκίνου του στόματος, λαμβάνοντας υπόψη τη χαρακτηριστικά μακρά λανθάνουσα περίοδο που συχνά μεσολαβεί μεταξύ της αρχικής έκθεσης στους καρκινογόνους παράγοντες και της κλινικής εκδήλωσης της νόσου. Η παρατεταμένη έκθεση στα μικροσωματίδια PM_{2.5} δεν συνδέεται μόνο με μια γενικευμένη αύξηση της θνησιμότητας από καρκίνο, αλλά και με έναν αυξημένο κίνδυνο για συγκεκριμένες εντοπίσεις της νόσου, συμπεριλαμβανομένων των καρκίνων της κεφαλής και του τραχήλου, μια κατηγορία στην οποία εντάσσεται και ο καρκίνος του στόματος. Ο υποκείμενος μηχανισμός πίσω από αυτή τη συσχέτιση φαίνεται να είναι η χρόνια φλεγμονή που πυροδοτείται από τη συνεχή εισπνοή αυτών των αιωρούμενων σωματιδίων, η οποία με τη σειρά της έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς επιγενετικές μεταβολές, αστάθεια του γενετικού υλικού και, τελικά, στην έναρξη και την εξέλιξη της καρκινογένεσης.

Ανάλογες και εξίσου ανησυχητικές συσχετίσεις καταγράφονται και σε σχέση με άλλες μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως οι προαναφερθείσες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs). Επιπλέον, η έκθεση σε ρύπους όπως ο μόλυβδος και το ραδόνιο, οι οποίοι επίσης περιλαμβάνονται στο εύρος της μελέτης μας, έχει συσχετιστεί με έναν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνων που εντοπίζονται στο ανώτερο αναπνευστικό και το γαστρεντερικό σύστημα, με αυξανόμενες ενδείξεις να υποστηρίζουν την πιθανή εμπλοκή τους στην παθογένεια του καρκίνου του στόματος.

Λέξεις – κλειδιά: Καρκίνος στόματος, ατμοσφαιρική ρύπανση, καθυστερημένη επίδραση

Summary

One point that emerges from the results of our own research effort is the identification of time-delayed effects in oral cancer. This means that the harmful effect of environmental exposure does not manifest itself immediately, but emerges after a period of time that can extend to several years. This time lag becomes particularly important in the case of oral cancer, considering the characteristically long latency period that often occurs between the initial exposure to carcinogens and the clinical manifestation of the disease.

Prolonged exposure to PM_{2.5} particulate matter is not only associated with an overall increase in cancer mortality, but also with an increased risk for specific disease sites, including head and neck cancers, a category that includes oral cancer. The underlying mechanism behind this association appears to be chronic inflammation triggered by the continuous inhalation of these particulate matter, which in turn has been shown to lead to adverse epigenetic changes, genetic instability, and ultimately the initiation and progression of carcinogenesis.

Similar and equally worrying associations are also recorded with other forms of air pollution, such as the aforementioned volatile organic compounds (NMVOCs). In addition, exposure to pollutants such as lead and radon, which are also included in the scope of our study, have been associated with an increased risk of cancers located in the upper respiratory and gastrointestinal systems, with growing evidence supporting their possible involvement in the pathogenesis of oral cancer.

Keywords: Oral cancer, air pollution, delayed effect

1. ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

1.1. Τι είναι οι οικολογικές μελέτες

Οι περισσότερες επιδημιολογικές έρευνες για να βρεθεί η αιτιολογία ενός προβλήματος υγείας, είναι μελέτες παρατήρησης. Αναζητούνται συσχετίσεις μεταξύ της εμφάνισης ασθένειας και της έκθεσης σε γνωστές ή ύποπτες αιτίες. Στις οικολογικές μελέτες, μονάδα παρατήρησης είναι ο πληθυσμός ή η κοινότητα. Τα ποσοστά ασθενειών και οι εκθέσεις σε αίτια μετρώνται σε καθέναν από μια σειρά πληθυσμών και εξετάζεται η σχέση τους. Συχνά οι πληροφορίες σχετικά με τις ασθένειες και την έκθεση προέρχονται από δημοσιευμένα στατιστικά στοιχεία και επομένως δεν απαιτούν δαπανηρή ή χρονοβόρα συλλογή δεδομένων. Οι πληθυσμοί που συγκρίνονται μπορούν να οριστούν με διάφορους τρόπους (Coggonetal., 2024).

Γεωγραφικές συγκρίσεις

Μια κοινή προσέγγιση είναι η αναζήτηση γεωγραφικών συσχετίσεων μεταξύ της επίπτωσης ή της θνησιμότητας της νόσου και του επιπολασμού των παραγόντων κινδύνου. Για παράδειγμα, η θνησιμότητα από στεφανιαία νόσο τοπικά στις περιοχές δικαιοδοσίας της Αγγλίας και της Ουαλίας, έχει συσχετιστεί με τη νεογνική θνησιμότητα στα ίδια μέρη, 70 και πλέον χρόνια νωρίτερα. Αυτή η παρατήρηση δημιούργησε την υπόθεση ότι η στεφανιαία νόσος μπορεί να προκύψει από εξασθένηση της ανάπτυξης των αιμοφόρων αγγείων και άλλων ιστών στην εμβρυϊκή ζωή και τη βρεφική ηλικία (Coggonetal., 2024).

Πολλές χρήσιμες παρατηρήσεις έχουν προκύψει από γεωγραφικές αναλύσεις, αλλά η ερμηνεία τους χρειάζεται προσοχή. Με την κατάλληλη προτυποποίηση μπορούν να ληφθούν υπόψη οι πιθανές συγχυτικές επιπτώσεις της ηλικίας και του φύλου (Coggonetal., 2024).

Πιο ενοχλητικές, ωστόσο, είναι οι προκαταλήψεις που μπορεί να προκύψουν εάν η διαπίστωση της ασθένειας ή της έκθεσης, ή και των δύο, διαφέρουν από τη μια περιοχή στην άλλη. Για παράδειγμα, σε μια έρευνα για διαταραχές που εντοπίζονται στην πλάτη βρέθηκε υψηλότερη συχνότητα συμβουλών γενικού ιατρού για πόνο στην πλάτη στο βόρειο τμήμα της Βρετανίας, από ότι στη νότια Βρετανία, κάτι που μπορεί να υποδηλώνει μεγαλύτερη έκθεση σε κάποιον αιτιολογικό παράγοντα ή δραστηριότητα στο βορρά. Ωστόσο, πιο προσεκτική έρευνα έδειξε ότι ο επιπολασμός των συμπτωμάτων της πλάτης ήταν παρόμοιος και στις δύο περιοχές και ότι ήταν οι συνήθειες συμβουλευτικής προς τους ασθενείς που διέφεραν. Έτσι, σ' αυτή την περίπτωση, οι συσχετισμοί που βασίζονται στα ποσοστά συμβουλών γενικού ιατρού θα ήταν αρκετά παραπλανητικοί. Μια μελέτη βασισμένη στα ποσοστά εισαγωγής στο νοσοκομείο για διάτρητο πεπτικό έλκος θα ήταν πιθανώς αξιόπιστη, καθώς στις πλούσιες χώρες σχεδόν όλα τα περιστατικά θα φτάσουν στο νοσοκομείο και θα διαγνωστούν. Από την άλλη πλευρά, η αμερόληπτη διαπίστωση διαταραχών όπως η κατάθλιψη ή η νόσος του Πάρκινσον, μπορεί να είναι δύσκολη χωρίς μια ειδικά σχεδιασμένη έρευνα. Όταν υπάρχει αμφιβολία για την ομοιομορφία της εξακρίβωσης, μπορεί να είναι απαραίτητο να διερευνηθεί η έκταση οποιασδήποτε πιθανής μεροληψίας με μια άσκηση επικύρωσης (validation) (Coggonetal., 2024).

Τάσεις ως προς το χρόνο: πολλές ασθένειες παρουσιάζουν αξιοσημείωτες διακυμάνσεις της συχνότητας εμφάνισης με την πάροδο του χρόνου. Τα ποσοστά οξείας λοίμωξης μπορεί να ποικίλλουν αισθητά μέσα σε λίγες ημέρες, αλλά οι επιδημίες χρόνιων διαταραχών όπως ο καρκίνος του πνεύμονα και η στεφανιαία νόσος εξελίσσονται σε βάθος δεκαετιών. Εάν ο χρόνος ή οι κοσμικές τάσεις στην επίπτωση της νόσου συσχετίζονται με αλλαγές στο περιβάλλον ή τον τρόπο ζωής μιας κοινότητας, τότε οι τάσεις μπορεί να παρέχουν σημαντικές ενδείξεις για την αιτιολογία. Έτσι, η αυξανόμενη επί του παρόντος συχνότητα μελανώματος στη Βρετανία, έχει συνδεθεί με μεγαλύτερη έκθεση στο ηλιακό

φως (οφειλόμενη σε τάσεις στο ντύσιμο και στις διακοπές στο εξωτερικό). Οι διαδοχικές αυξήσεις και μειώσεις της θνησιμότητας από καρκίνο του τραχήλου της μήτρας έχουν συσχετιστεί με διαφορετικά επίπεδα σεξουαλικής ελευθεριότητας, όπως αποδεικνύεται από τα ποσοστά κοινοποίησης για τη γονόρροια (Coggonetal., 2024).

Όπως και οι γεωγραφικές μελέτες, η ανάλυση των τάσεων μπορεί να περιέχει προκατάληψη οφειλόμενη σε διαφορές στον τρόπο διαπίστωσης της νόσου. Καθώς οι υπηρεσίες υγείας έχουν βελτιωθεί, τα διαγνωστικά κριτήρια και οι τεχνικές έχουν αλλάξει. Επιπλέον, ενώ στις γεωγραφικές μελέτες οι διαφορές είναι προσιτές στην τρέχουσα έρευνα, η επικύρωση των αλλαγών είναι πιο δύσκολη, καθώς εξαρτάται από παρατηρήσεις που έγιναν και συχνά καταγράφηκαν ελάχιστα πριν από πολλά χρόνια. Ωστόσο, η πραγματικότητα, αν όχι το πραγματικό μέγεθος των τάσεων, μπορεί συχνά να διαπιστωθεί με εύλογη βεβαιότητα. Ένα καλό παράδειγμα είναι η αύξηση και η επακόλουθη μείωση της συχνότητας εμφάνισης της σκωληκοειδίτιδας στη Βρετανία τα τελευταία 100 χρόνια (Coggonetal., 2024).

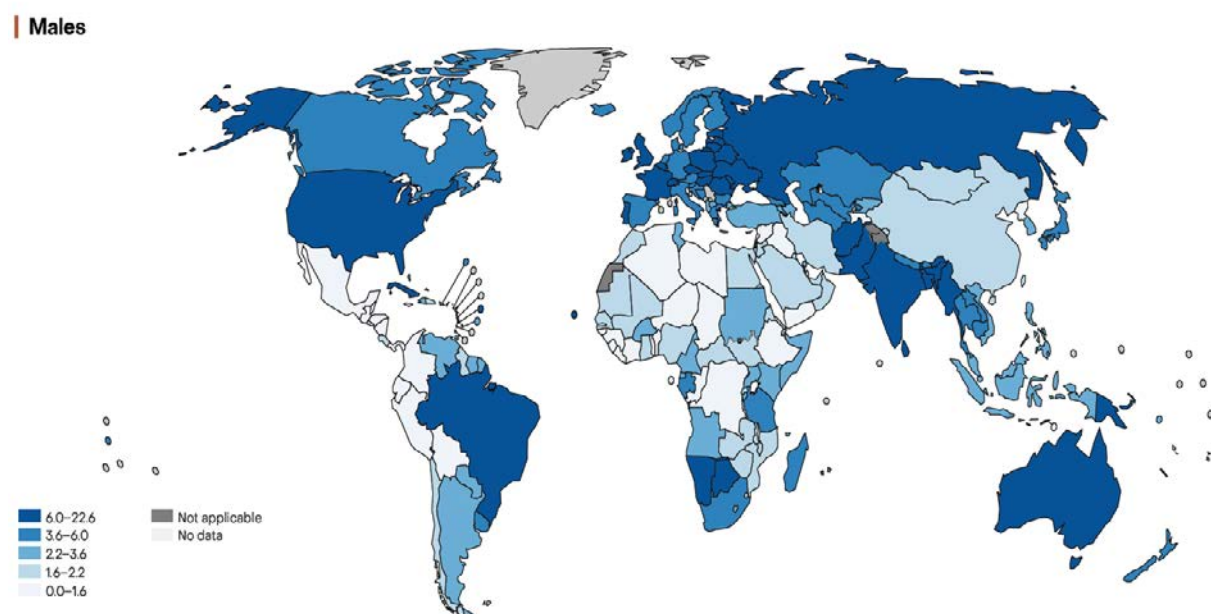
Μετανάστες

Η μελέτη των πληθυσμών μεταναστών προσφέρει έναν τρόπο διάκρισης γενετικών από περιβαλλοντικά αίτια της γεωγραφικής διαφοροποίησης της νόσου και μπορεί επίσης να υποδεικνύει την ηλικία στην οποία μια περιβαλλοντική αιτία ασκεί την επίδρασή της. Οι Ιάπωνες μετανάστες δεύτερης γενιάς στις ΗΠΑ έχουν σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά καρκίνου του στομάχου από τους Ιάπωνες στην Ιαπωνία, γεγονός που δείχνει ότι η υψηλή συχνότητα της νόσου στην Ιαπωνία είναι περιβαλλοντικής προέλευσης. Στην πρώτη γενιά μεταναστών τα ποσοστά είναι ενδιάμεσα, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι δυσμενείς περιβαλλοντικές επιδράσεις δρουν, τουλάχιστον εν μέρει, σε μικρές ηλικίες (Coggonetal., 2024).

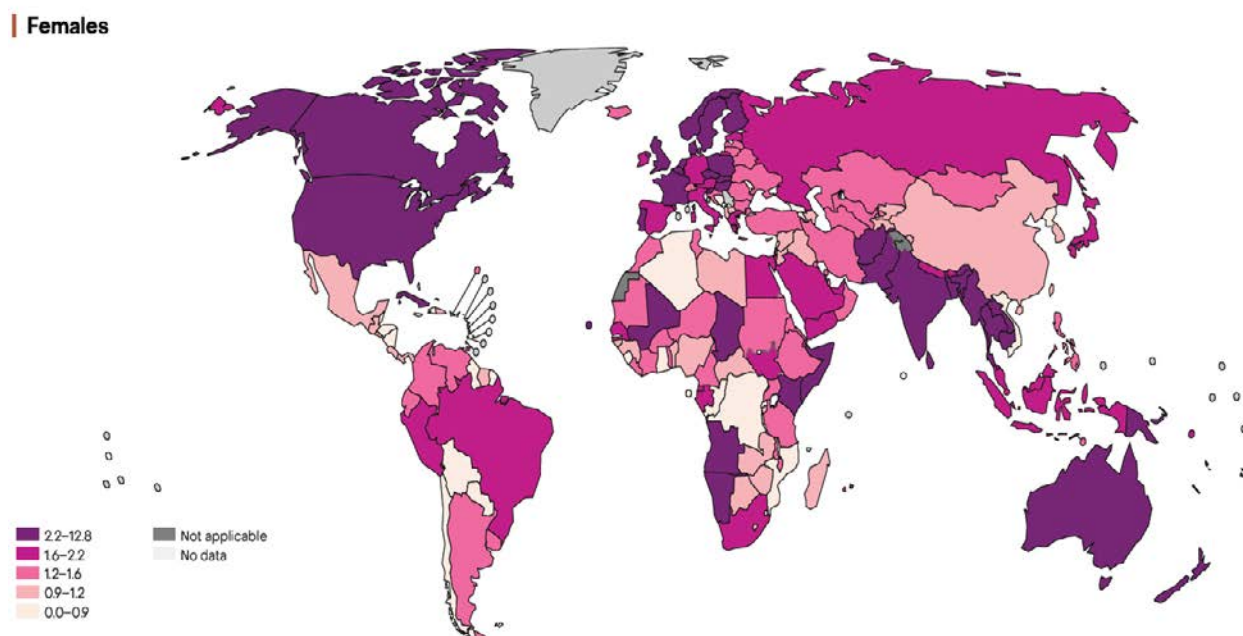
Κατά την ερμηνεία των μελετών για τους μετανάστες, είναι σημαντικό να λαμβάνεται υπόψη η πιθανότητα οι μετανάστες να μην αντιπροσωπεύουν τον πληθυσμό που εγκαταλείπουν και ότι η υγεία τους μπορεί να έχει επηρεαστεί άμεσα από τη διαδικασία της μετανάστευσης. Για παράδειγμα, έχει βρεθεί ότι οι Νορβηγοί μετανάστες στις ΗΠΑ έχουν υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης ψύχωσης από τους ανθρώπους που κατοικούν στη Νορβηγία. Αν και αυτό μπορεί να υποδεικνύει περιβαλλοντικές επιρροές στις ΗΠΑ που οδήγησαν σε ψυχωσικές ασθένειες, μπορεί να προέκυψε και από επιλεκτική μετανάστευση από τη Νορβηγία, ανθρώπων περισσότερο επιρρεπών σε ψυχικές ασθένειες ή από το ασυνήθιστο άγχος που επιβάλλεται στους μετανάστες κατά την προσαρμογή τους σε μια ξένη κουλτούρα. Παρά αυτές τις δυσκολίες, οι μελέτες σε μετανάστες έχουν συμβάλει σημαντικά στην κατανόηση διάφορων ασθενειών (Coggonetal., 2024).

Επάγγελμα και κοινωνική τάξη: άλλοι πληθυσμοί για τους οποίους υπάρχουν άμεσα διαθέσιμα στατιστικά στοιχεία για τη συχνότητα της νόσου και τη θνησιμότητα, είναι επαγγελματικές και κοινωνικοοικονομικές ομάδες. Έτσι, η θνησιμότητα από πνευμονία είναι υψηλή στους συγκολλητές και η απότομη κλίση λόγω κοινωνικής τάξης στη θνησιμότητα από χρόνια αποφρακτική πνευμονοπάθεια, είναι αποδεικτικό στοιχείο για την ένδεια, ίσως και τισκακέςσυνθήκεςστέγασης ως συσχετισμούς, οι οποίοι ασκούν σημαντική επίδραση στη νόσο (Coggonetal., 2024).

1.2. Στοματικοί καρκίνοι σε όλο τον κόσμο



Εικόνα 1.Προτυποποιημένα για την ηλικία ποσοστά συχνότητας εμφάνισης (παγκόσμια). Καρκίνοι χειλέων, στοματικής κοιλότητας, ανδρών, για όλες τις ηλικίες (Ferlayetal., 2024).



Εικόνα 2.Προτυποποιημένα για την ηλικία ποσοστά συχνότητας εμφάνισης (παγκόσμια). Καρκίνοι χειλέων, στοματικής κοιλότητας, γυναικών, για όλες τις ηλικίες (Ferlayetal., 2024).

Ο καρκίνος είναι ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα δημόσιας υγείας παγκοσμίως (επίπτωση ή συχνότητα εμφάνισης 19.292.789 περιπτώσεις και θνησιμότητα 9.958.133 περιπτώσεις το 2020) και είναι η ασθένεια με τη μεγαλύτερη νοσηρότητα και θνησιμότητα στην εποχή μας, που αναμένεται να είναι η αιτία θανάτου για 13,2 εκατομμύρια ανθρώπους μέχρι το 2030 (Hernández-Morales et al., 2023). Ο καρκίνος του στόματος περιλαμβάνει καρκίνους του χείλους, άλλων τμημάτων του στόματος και του στοματοφάρυγγα και από κοινού κατατάσσονται ως ο 13^{ος} πιο συχνός καρκίνος παγκοσμίως. Ο καρκίνος των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας (lip and oral cavity cancer, LOCC) είναι το πιο κοινό κακοήθες νεόπλασμα της κεφαλής και του τραχήλου. Πρόκειται για πολλαπλασιασμό κακοήθων επιθηλιακών κυττάρων που συχνά περιλαμβάνει το κάτω χείλος, τα πρόσθια δύο τρίτα της γλώσσας, το έδαφος του στόματος και την φατνιακή απόφυση της άνω γνάθου και της κάτω γνάθου (Sundermann et al., 2018; Mu et al., 2021). Για το 2020, η παγκόσμια συχνότητα εμφάνισης καρκίνου των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας εκτιμάται ότι είναι 377.713 νέες περιπτώσεις και 177.757 θάνατοι. Ο καρκίνος του στόματος είναι συχνότερος στους άνδρες και στους ηλικιωμένους (μεταξύ 50 και 60 ετών), είναι πιο θανατηφόρος στους άνδρες σε σύγκριση με τις γυναίκες και ποικίλλει έντονα, ανάλογα με τις κοινωνικοοικονομικές συνθήκες (Sundermann et al., 2018; Mu et al., 2021).

Παγκοσμίως, η χρήση καπνού (tobacco) είναι υπεύθυνη για πολλές ασθένειες, που περιλαμβάνουν και τύπους καρκίνου. Η χρήση του αναφέρεται σε μεγάλο ποσοστό των περιπτώσεων καρκίνου της στοματικής κοιλότητας, αποτελώντας τον κύριο παράγοντα κινδύνου, εκτός από την κατανάλωση αλκοόλ, και τη μόλυνση από τον ιό HPV (Hernández-Morales et al., 2023).

Το “betelquid” είναι ένα είδος καπνού (tobacco) για μάσηση, που παρασκευάζεται στην Ινδία και χρησιμοποιείται ευρέως σε όλη την Ασία. Είναι ένα μείγμα καπνού,

θρυμματισμένου ξηρού καρπού (που ονομάζεται επίσης «καρύδι μπέτελ»), μπαχαρικών και άλλων συστατικών. Μασούνται μαζί με «σβησμένο» λάιμ και φύλλα μπέτελ για τη διεγερτική και ναρκωτική τους δράση, με κύρια ψυχοδραστική ένωση την αρεκολίνη. Χρησιμοποιείται όπως ο καπνός μάσησης και τοποθετείται στο στόμα, συνήθως ανάμεσα στα ούλα και το μάγουλο. Το “betelquid” λόγω του καπνού περιέχει και νικοτίνη και πολλές επιβλαβείς χημικές ουσίες που προκαλούν καρκίνο. Η χρήση του μπορεί να οδηγήσει σε εθισμό στη νικοτίνη και μπορεί να προκαλέσει καρκίνους των χειλέων, του στόματος, της γλώσσας, του λαιμού και του οισοφάγου. Ονομάζεται επίσης “gutka” (IARC, 2004; NCI, 2024).

Ο καπνός που προορίζεται να καπνιστεί, εισέρχεται απευθείας στην αναπνευστική οδό και διαχέει συστηματικά τις ουσίες που περιέχει. Όταν δεν καπνίζεται, οι ουσίες έρχονται σε άμεση επαφή με τον στοματικό βλεννογόνο. Οι διαφορετικές μορφές κατανάλωσης εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την περιοχή του κόσμου. Στις δυτικές χώρες, η μορφή του καπνού που προορίζεται για κάπνισμα είναι η πιο συνηθισμένη, ενώ στις ασιατικές χώρες είναι πιο συνηθισμένη η μορφή για μάσηση. Επιπλέον, η κατανάλωση αλκοόλ σε συνδυασμό με τη χρήση καπνού αυξάνει σημαντικά τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου, λόγω της συνεργιστικής τους δράσης. Οι υποτύποι του ιού των ανθρώπινων θηλωμάτων υψηλού κινδύνου HPV16 και HPV18, το χρόνιο τραύμα, η ανοσοανεπάρκεια και οι διατροφικές ελλείψεις, παίζουν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη καρκίνου του στόματος. Η έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία προκαλεί αλλαγές στους ιστούς του δέρματος που έχουν προδιάθεση για σχηματισμό καρκίνου των χειλέων. Εκτός από τους προαναφερθέντες παράγοντες κινδύνου, υπάρχουν διάφοροι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες, που σχετίζονται με ανισότητες σε ατομικό επίπεδο, ή άλλες που παράγονται από το πλαίσιο στο οποίο ζει ένα άτομο, που μπορεί να έχουν αρνητικό αντίκτυπο στους διάφορους τύπους καρκίνου. Η ανισότητα στην ανθρώπινη

ανάπτυξη είναι βασικός κοινωνικοοικονομικός καθοριστικός παράγοντας του καρκίνου, όπως συμβαίνει με τον LOCC (Hernández-Moralesetal., 2023).

Επιδημιολογία του LOCC σε όλο τον κόσμο

Συνολικά, η παγκόσμια επίπτωση ή συχνότητα εμφάνισης του LOCC ήταν 377.713 περιπτώσεις το 2020, με τα περισσότερα κρούσματα να εμφανίζονται στους άνδρες (264.211 περιπτώσεις). Όσον αφορά τη θνησιμότητα, αναφέρθηκαν 177.757 θάνατοι. Οι περισσότεροι θάνατοι παρατηρήθηκαν σε άνδρες, με σύνολο 125.022 (Hernández-Moralesetal., 2023).

Οι χώρες με τον μικρότερο αριθμό κρουσμάτων ήταν το Σάο Τομέ και Πρίνσιπε (SãoTomé andPríncipe, Ισημερινός Ατλαντικός), η Μπελίζ και η Νικαράγουα (Κεντρική Αμερική), ενώ η υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης εντοπίστηκε στις ασιατικές χώρες: η Παπούα Νέα Γουινέα (Μελανησία), το Πακιστάν (Νότια Ασία) και η Ινδία (Hindustan) είναι οι χώρες με την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης LOCC. Αναζητώντας τη συχνότητα εμφάνισης ανά φύλο ανιχνεύτηκε η Παπούα Νέα Γουινέα ως η χώρα με την υψηλότερη επίπτωση στους άνδρες, ακολουθούμενη από τη Σρι Λάνκα και την Ινδία, ενώ στις γυναίκες, ο μεγαλύτερος αριθμός νέων κρουσμάτων εντοπίστηκε στην Παπούα Νέα Γουινέα, το Πακιστάν και το Μπαγκλαντές (Hernández-Moralesetal., 2023).

Οι χώρες με την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης θνησιμότητας ήταν η Παπούα Νέα Γουινέα, το Πακιστάν και το Μπαγκλαντές, ενώ οι χώρες με τα χαμηλότερα ποσοστά θνησιμότητας ήταν το Σάο Τομέ και Πρίνσιπε, οι Μαλδίβες και η Μπελίζ. Οι χώρες με τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας στους άνδρες ήταν η Παπούα Νέα Γουινέα, το Πακιστάν και η Ινδία, ενώ οι χώρες με τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας στις γυναίκες

ήταν η Παπούα Νέα Γουινέα, το Πακιστάν και το Μπαγκλαντές (Hernández-Moralesetal., 2023).

1.3. Στοματικοί καρκίνοι στην Ευρώπη

Ο καρκίνος του στόματος στην Ευρώπη παραμένει μια σημαντική πρόκληση για τη δημόσια υγεία και περιλαμβάνει μια σειρά κακοηθειών που προέρχονται κυρίως από τη στοματική κοιλότητα, με πιο αξιοσημείωτο το καρκίνωμα του στόματος που οφείλεται σε πλακώδη κύτταρα (oralsquamouscellcarcinoma, OSCC). Το OSCC ευθύνεται για σχεδόν το 90% των κακοηθειών του στόματος, επηρεάζοντας συνήθως περιοχές όπως η γλώσσα, τα χείλη και το έδαφος του στόματος. Η πολύπλευρη αιτιολογία αυτών των καρκίνων περιλαμβάνει παράγοντες κινδύνου που σχετίζονται με τον τρόπο ζωής και μπορούν να προληφθούν: κυρίως η χρήση καπνού, η μεγάλη κατανάλωση αλκοόλ και η κακή στοματική υγιεινή, καθώς και αναδυόμενοι παράγοντες όπως η λοίμωξη από τον ιό των ανθρώπινων θηλωμάτων (humanpapillomavirus, HPV), η οποία καθίσταται όλο και πιο σημαντική στο πλαίσιο των καρκίνων του στοματοφάρυγγα. Τα τελευταία χρόνια, οι μεταβολές στα πρότυπα συχνότητας εμφάνισης (επίπτωσης) και οι εκβάσεις επιβίωσης έχουν οδηγήσει σε μια βαθύτερη διερεύνηση του πώς εμφανίζονται αυτοί οι όγκοι σε διαφορετικούς πληθυσμούς στην Ευρώπη (Ghanemetal., 2024).

Το 2019, οι καρκίνοι των χειλέων, της στοματικής κοιλότητας, του ρινοφάρυγγα και άλλοι τύποι καρκίνου του φάρυγγα (lip, oralcavity, nasopharynxandotherpharynxcancer, LOCP), στοίχισαν τη ζωή σε περίπου 35.000 άτομα στην Ευρώπη. Οι LOCP αποτελούν σημαντικό ζήτημα δημόσιας υγείας στην Ευρώπη, με κοινωνικές και οικονομικές επιπτώσεις. Έρευνες που έχουν προηγηθεί, έχει δείξει ότι οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης έχουν δυσανάλογα υψηλά ποσοστά LOCP. Η διάγνωση

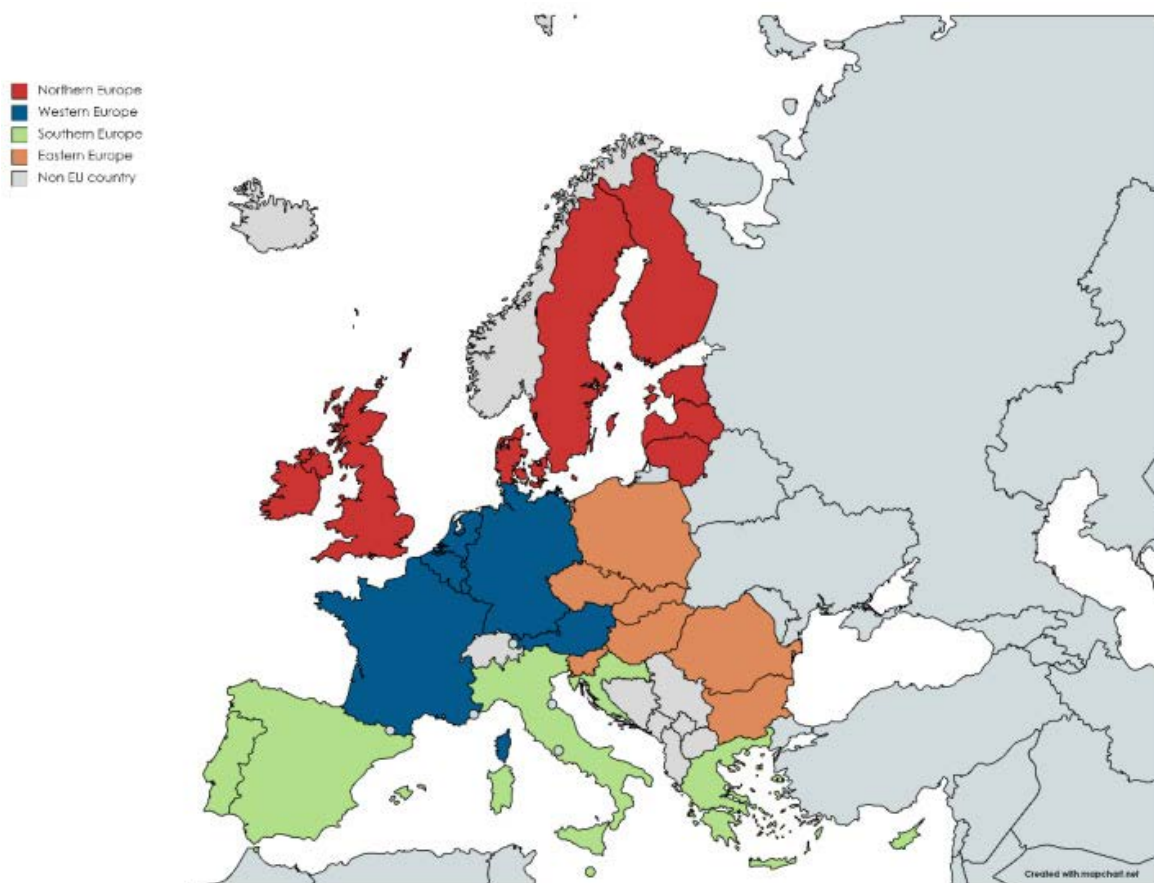
LOCP μπορεί να οδηγήσει σε εξουθενωτικές συνέπειες, οι οποίες περιλαμβάνουν τη στοματική εκτομή, την αναδόμηση στα πλαίσια της αποκατάστασης και την ξηροστομία που προκαλείται από τη θεραπεία. Σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε στη Βρετανία (HB, UK) τονίστηκε ότι το μέσο κόστος υπηρεσιών υγείας για τη χειρουργική εκτομή LOCP είναι σχεδόν 24.000 ευρώ ανά ασθενή, ενώ το 32,3% των ασθενών αποβιώνουν μέσα σε πέντε χρόνια (O'Sullivan et al., 2022). Η πρόληψη των παραγόντων κινδύνου για LOCP, μαζί με την έγκαιρη ανίχνευση και διάγνωση, μπορεί να μειώσει σημαντικά το ποσοστό θνησιμότητας από LOCP. Οι παράγοντες κινδύνου περιλαμβάνουν το κάπνισμα, την κατανάλωση αλκοόλ, την υπερϊώδη ακτινοβολία και τον HPV (Ram et al., 2011).

Η επιβάρυνση από τους LOCP, σε αντίθεση με τη μέτρηση των ποσοστών επίπτωσης ή συχνότητας εμφάνισης και θνησιμότητας, παρέχει μια ολοκληρωμένη κατανόηση του αντίκτυπου των LOCP στον πληθυσμό της Ευρώπης, όσον αφορά τόσο την πρόωρη θνησιμότητα, όσο και την αναπηρία. Η μελέτη Παγκόσμιας Επιβάρυνσης Νόσων (Global Burden of Disease study, GBD) του 2019, προσφέρει μια σημαντική πηγή για 359 ασθένειες, περιλαμβάνοντας τους LOCP. Με επικεφαλής το Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), η “2019 GBD” είναι η πιο εκτεταμένη επιδημιολογική μελέτη παρατήρησης σε όλο τον κόσμο, μέχρι σήμερα (The Lancet, 2024).

Ο τρόπος μέτρησης με DALYs (έτος ζωής προσαρμοσμένο σε αναπηρία, disability-adjusted life year, DALY), είναι ένα πολύ καλό μέσο για να εκφραστεί η ποσοτικοποίηση της επιβάρυνσης από ασθένειες, τραυματισμούς και παράγοντες κινδύνου. Τα DALYs βασίζονται σε χρόνια ζωής που χάθηκαν από πρόωρο θάνατο (years of life lost, YLL) και σε χρόνια ζωής στα οποία η υγεία ήταν χαμηλότερου επιπέδου από το αναμενόμενο (YLD, years of life lived in less than full health) (O'Sullivan et al., 2022).

Ο στόχος της έρευνας των O'Sullivanetal. (2022)ήταν να τεκμηριώσει τις τάσεις των θανάτων από LOCP, το τυποποιημένο κατά ηλικία ποσοστό επίπτωσης (age-standardisedincidence rate, ASIR), το τυποποιημένο κατά ηλικία ποσοστό θνησιμότητας (age-standardisedmortalityrate, ASMR), τα έτη απώλειας ζωής (yearsoflifelost, YLL), τα έτη ζωής με αναπηρία (yearsoflifelivedwithdisability, YLD) και τα προσαρμοσμένα για αναπηρία έτη ζωής (disability-adjustedlifeyears, DALYs).Έλαβαν υπόψη δεδομένα GBD από το 1990 έως το 2019 για τις ευρωπαϊκές χώρες, για να γίνει εκτίμηση της επιβάρυνσης από τους LOCP στη βόρεια, νότια, ανατολική και δυτική Ευρώπη. Χρησιμοποίησαν την ταξινόμηση του τμήματος στατιστικών του ΟΗΕ για το 2019, για να παρατηρηθεί εάν υπάρχουν υποκείμενα πρότυπα που υποδηλώνουν ανισότητα και να συγκρίνουν τα DALYsπου οφείλονταν σε LOCP, οι οποίοι αποδίδονται στη χρήση καπνού στην Ιρλανδία και την ΕΕ (ΕΥ) μεταξύ 1990 και 2019, θέτοντας την Ιρλανδία ως αυτόνομο αντικειμενικό στόχο (O'Sullivanetal., 2022).

Με τα αποτελέσματα ο στόχος είναι να βοηθήσουν τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής της ΕΕ για να κατανείμουν προγράμματα πρόληψης των παραγόντων κινδύνου για συγκεκριμένες περιοχές, να προωθήσουν την έγκαιρη ανίχνευση των LOCP και να τονίσουν τις βέλτιστες πρακτικές για την πρόληψη και τη διάγνωσή τους (O'Sullivanetal., 2022).



Εικόνα 3.Χάρτης DALYsστην ΕΕ για το 2019, σύμφωνα με την ταξινόμηση του Γεωσχήματος των Ηνωμένων Εθνών. Πηγή: United Nations European Classification Map. Wikipedia. Available online:

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/7a/Europe_subregion_map_UN_geoscheme.svg/1280px-Europe_subregion_map_UN_geoscheme.svg.png

Η Ανατολική και η Βόρεια Ευρώπη αντιπροσώπευαν το 34% και το 18% των DALYs που οφείλονταν σε LOCP το 1990. Το 2019 αυτή η εκτίμηση αυξήθηκε σε 39% και 22%, αντίστοιχα. Η Δυτική και η Νότια Ευρώπη αντιπροσώπευαν το 27% και το 21% των DALYs που οφείλονταν σε LOCP το 1990. Το 2019 αυτή η εκτίμηση μειώθηκε σε 21% και 18%, αντίστοιχα (O'Sullivan et al., 2022).

Κατά την τριακονταετή παρατήρηση των μελών της ΕΕ, υπολογίστηκε αύξηση 24,7% και 10,1% στους απόλυτους αριθμούς θανάτων LOCP και DALYs, αντίστοιχα, ενώ

τα προτυποποιημένα για την ηλικία ποσοστά θνησιμότητας και DALY μειώθηκαν κατά 16% και 21% αντίστοιχα. Αυτό υπογραμμίζει τις διακυμάνσεις στην υποκείμενη ηλικιακή σύνθεση του πληθυσμού και υποδεικνύει πιθανούς καθοδηγητικούς παράγοντες για ένα τέτοιο επιδημιολογικό πρότυπο. Αυτό αντικατοπτρίστηκε και στα μεγάλα διαστήματα αβεβαιότητας 95% για το ASIR των LOCP [από 9,2–9,7 (1990) έως 8,4–11,2 (2019)] (O'Sullivan et al., 2022).

Μεταξύ 1990 και 2019, τα YLL λόγω LOCP παρέμειναν υψηλά, σε ανησυχητικό επίπεδο. Αυτό υποδηλώνει ότι η πρόωρη θνησιμότητα εξακολουθεί να προκαλεί ανησυχία για τη δημόσια υγεία. Συγκεκριμένα, το χάσμα μεταξύ YLL που αποδίδεται σε LO και OP έχει μειωθεί σημαντικά από το 1990. Αυτό πιθανώς υποδηλώνει ότι οι ασθενείς με OP επιβιώνουν περισσότερο, σε σύγκριση με εκείνους που έχουν διαγνωστεί με LO (O'Sullivan et al., 2022).

Οι εκτιμήσεις για YLD ήταν αναλογικά χαμηλότερες σε σύγκριση με τις εκτιμήσεις για YLL τόσο το 1990, όσο και το 2019. Με βάση αυτά τα ευρήματα, η θνησιμότητα εξακολουθεί να είναι πολύ υψηλή σε σύγκριση με τα άτομα που ζουν με αναπηρία. Αυτό υποδηλώνει ότι οι ασθενείς με LOCP πεθαίνουν πρόωρα, πριν από το προσδόκιμο ζωής τους, ενώ οι χαμηλές εκτιμήσεις YLD υποδηλώνουν ότι τα ποσοστά επιβίωσης μετά από LOCP είναι φτωχά. Αυτές οι παρατηρήσεις υποδηλώνουν ότι έχει σημειωθεί αργή πρόοδος στη συνολική ανάπτυξη της στοματικής υγείας σε όλα τα έθνη της ΕΕ. Οι χώρες με υψηλά ποσοστά YLL και YLD εγγυώνται ότι οι κυβερνήσεις, οι ερευνητές και οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής εργάζονται από κοινού για την προώθηση αποτελεσματικών προληπτικών στρατηγικών LOCP σε επίπεδο πληθυσμού, για την αντιμετώπιση αυτής της αυξανόμενης επιβάρυνσης από τους LOCP στην ΕΕ (O'Sullivan et al., 2022).

Υπήρχαν μεγάλες αποκλίσεις σε όλες τις συνοπτικές μετρήσεις των LOCP στις ευρωπαϊκές περιφέρειες, αντανakλώντας τις διακυμάνσεις σε επίπεδο πληθυσμού στην κατανομή των παραγόντων κινδύνου, όπως τα πρότυπα κατανάλωσης καπνού και αλκοόλ. Αυτές οι γεωγραφικές διακυμάνσεις στις εκτιμήσεις αμφισβητούν επίσης το τρέχον ιατρικό μοντέλο στοματικής περίθαλψης στην ΕΕ, τόσο ως προς την ποιότητα όσο και ως προς την πρόσβαση. Η Ανατολική Ευρώπη είχε την υψηλότερη αναλογία DALY προτυποποιημένων για την ηλικία LOCP το 1990 και το 2019. Ήταν ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι τα προτυποποιημένα για την ηλικία DALYs της δυτικής και νότιας Ευρώπης μειώθηκαν από το 1990 έως το 2019. Ωστόσο, στην ανατολική και βόρεια Ευρώπη αυξήθηκαν κατά την ίδια χρονική περίοδο. Τέτοιες γεωγραφικές διακυμάνσεις μεταξύ των κρατών της ΕΕ ενισχύουν την ανάγκη για μια ολοκληρωμένη προσέγγιση της στοματικής φροντίδας, περισσότερο σε ευθυγράμμιση με την έννοια της καθολικής κάλυψης υγείας (O'Sullivan et al., 2022).

Το 1990, η Γαλλία είχε την υψηλότερη συχνότητα εμφάνισης LOCP στους άνδρες, σε όλες τις ηλικιακές ομάδες. Ωστόσο, το 2019 τα ποσοστά LOCP των ανδρών κατέλαβαν την όγδοη θέση για τις ηλικίες 15-49 ετών, την τέταρτη θέση για τις ηλικίες 50-69 ετών και την τρίτη θέση για τις ηλικίες 70+ ετών, υποδηλώνοντας μια πιθανή επίδραση κοόρτης. Παρατηρήθηκαν επίσης πτωτικές τάσεις LOCP για τις γυναίκες στη Γαλλία. Οι πιθανοί λόγοι για αυτές τις διακυμάνσεις ηλικίας-φύλου περιλαμβάνουν τη βελτιωμένη στοματική δημόσια υγεία και την καθολική υγειονομική περίθαλψη. Ως μέρος της Εθνικής Στρατηγικής για την Υγεία 2018–2022, η γαλλική κυβέρνηση αύξησε τη χρηματοδότηση για την υγεία και τις κατά κεφαλήν επενδύσεις στην υγεία, διαθέτοντας 400 εκατομμύρια ευρώ σε πέντε χρόνια για τη στήριξη προγραμμάτων πρόληψης. Αν και το κάπνισμα και η κατανάλωση αλκοόλ εξακολουθούν να παραμένουν πάνω από τον μέσο όρο της ΕΕ, η

αυστηρότερη προληπτική νομοθεσία και επιβολή έχει αποδειχθεί ότι είναι επωφελής μέχρι τη δημοσίευση της μελέτης των O'Sullivanetal. (2022).

Η Ουγγαρία είχε τα υψηλότερα ποσοστά LOCP για τις γυναίκες ηλικίας 15-49 ετών το 1990 και το 2019 και για τους άνδρες και τις γυναίκες ηλικίας 50-69 ετών το 2019. Πιθανοί λόγοι γι' αυτή την παρατήρηση περιλαμβάνουν την υπερβολική κατανάλωση καπνού και αλκοόλ, μαζί με την πτωχή υποδομή του Ουγγρικού συστήματος υγειονομικής περίθαλψης. Οι μισοί από τους θανάτους στην Ουγγαρία μπορούν να αποδοθούν σε παράγοντες κινδύνου λόγω συμπεριφοράς, όπως η κακή διατροφή, η υψηλή κατανάλωση καπνού και αλκοόλ, μαζί με τη χαμηλή σωματική δραστηριότητα. Περισσότεροι από ένας στους τέσσερις ενήλικες ανέφεραν ότι κάπνιζαν καθημερινά το 2014, ένα από τα υψηλότερα ποσοστά στην ΕΕ. Τα ποσοστά καπνίσματος είναι περισσότερο από δύο φορές υψηλότερα μεταξύ των λιγότερο μορφωμένων ατόμων. Το προσδόκιμο ζωής του ουγγρικού πληθυσμού παραμένει κατά πέντε σχεδόν χρόνια πιο κάτω από τον μέσο όρο της ΕΕ και εξακολουθούν να υπάρχουν σημαντικές ανισότητες. Το ουγγρικό σύστημα υγείας παραμένει επί χρόνια υποχρηματοδοτούμενο και η υγεία δεν φαίνεται να αποτελεί υψηλή προτεραιότητα. Οργανώνεται γύρω από ένα ενιαίο ταμείο ασφάλισης υγείας και είναι εξαιρετικά συγκεντρωτικό. Οι ελλείψεις και η άνιση κατανομή των επαγγελματιών υγείας υπονομεύουν επίσης την πρόσβαση στις υπηρεσίες υγείας. Πρόσφατα έγιναν προσπάθειες από την κυβέρνηση, με σημαντικές αυξήσεις αποδοχών σε μια προσπάθεια να προσελκύσει γιατρούς και άλλους επαγγελματίες υγείας και να τους διατηρήσει στις θέσεις τους (OECD/European Observatory on Health Systems and Policies, 2019; O'Sullivanetal., 2022).

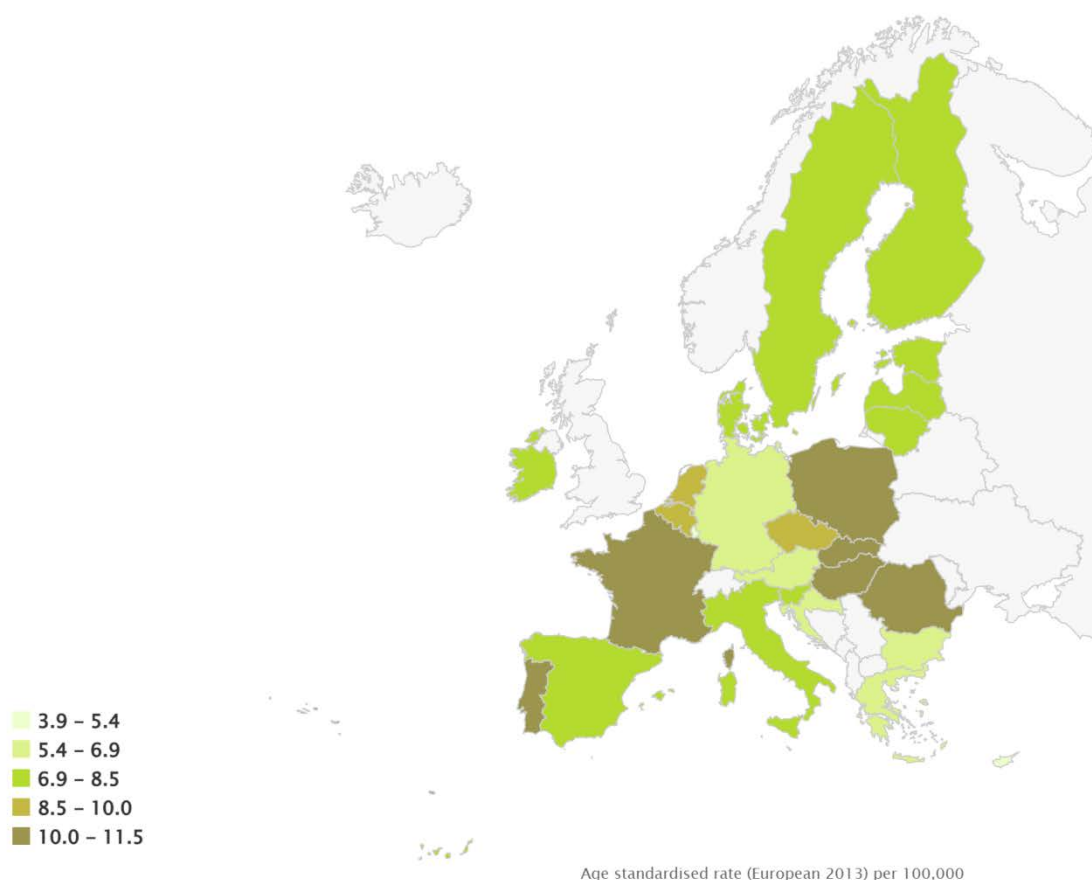
Αντίθετα, η Κύπρος παρουσίασε σταθερό πρότυπο σε όλες τις ηλικιακές ομάδες. Για παράδειγμα, στην Κύπρο το ποσοστό συχνότητας εμφάνισης LOCP ήταν το χαμηλότερο για άνδρες ηλικίας 50-59 ετών το 1990 και το 2019. Τα στοιχεία δείχνουν ότι

οι πολίτες της Κύπρου έχουν το υψηλότερο προσδόκιμο ζωής στην ΕΕ και αυτό μπορεί να αποδοθεί σε μεγάλο βαθμό στη συνολική καλή υγεία. Η κατανάλωση αλκοόλ είναι χαμηλή σε σχέση με άλλα κράτη-μέλη της ΕΕ και οι διατροφικές συνήθειες είναι γενικά ευνοϊκές, υποδηλώνοντας συνολικά καλύτερες επιδόσεις στην υγεία. Ο προσδιορισμός της αποτελεσματικότητας του συστήματος υγείας στην Κύπρο είναι δύσκολος λόγω της περιορισμένης διαθεσιμότητας δεδομένων. Είναι γνωστό ότι, σε αντίθεση με τις περισσότερες άλλες χώρες της ΕΕ, δεν καλύπτονται όλοι οι Κύπριοι από το χρηματοδοτούμενο από το δημόσιο σύστημα υγείας. Το δικαίωμα σε δωρεάν υπηρεσίες εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τα ετήσια επίπεδα εισοδήματος, με το όριο επιλεξιμότητας να ποικίλλει ανάλογα με τον αριθμό των εξαρτώμενων ατόμων (OECD/European Observatory on Health Systems and Policies, 2019; O'Sullivan et al., 2022).

Στην Ιρλανδία, παρά το γεγονός ότι οι θεραπευτικές προσεγγίσεις παραμένουν σταθερές, η επιτυχημένη πολιτική δημόσιας υγείας μαζί με τις δημογραφικές βελτιώσεις για τις στοματικές παθήσεις σε επίπεδο πληθυσμού, είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση της συνολικής επιβάρυνσης από LOCP που σχετίζεται με τον καπνό. OLO (Lip and oral cavity cancer) και ο NP (nasopharynx cancer) που αποδίδονται στον καπνό, μειώθηκαν και οι δύο κατά 51,7% μεταξύ 1990 και 2019. Αυτό συγκρίθηκε με μείωση του LO κατά 36% και του NP κατά 43,7% στην ΕΕ κατά την ίδια περίοδο. Ωστόσο, πρόσφατα παρατηρήθηκε μια οροφή για τον NP, και αυτό πρέπει να αντιμετωπιστεί. Πρέπει επίσης να τονιστεί ότι στην Ιρλανδία ο OP που αποδίδεται στον καπνό μειώθηκε μόνο κατά 6,4% από το 1990, σε σύγκριση με τη μείωση κατά 11,3% συνολικά στην ΕΕ. Αυτά τα αποτελέσματα υπογραμμίζουν ότι τα μέτρα ελέγχου της χρήσης καπνού στην Ιρλανδία ήταν επιτυχή, αλλά και ότι πρέπει να τεθούν σε εφαρμογή πρόσθετες προληπτικές πολιτικές για περαιτέρω μείωση της επιβάρυνσης από τους LOCP (O'Sullivan et al., 2022).

Estimated incidence by country

EU27, Both sexes, Lip, oral cavity, All ages, 2022

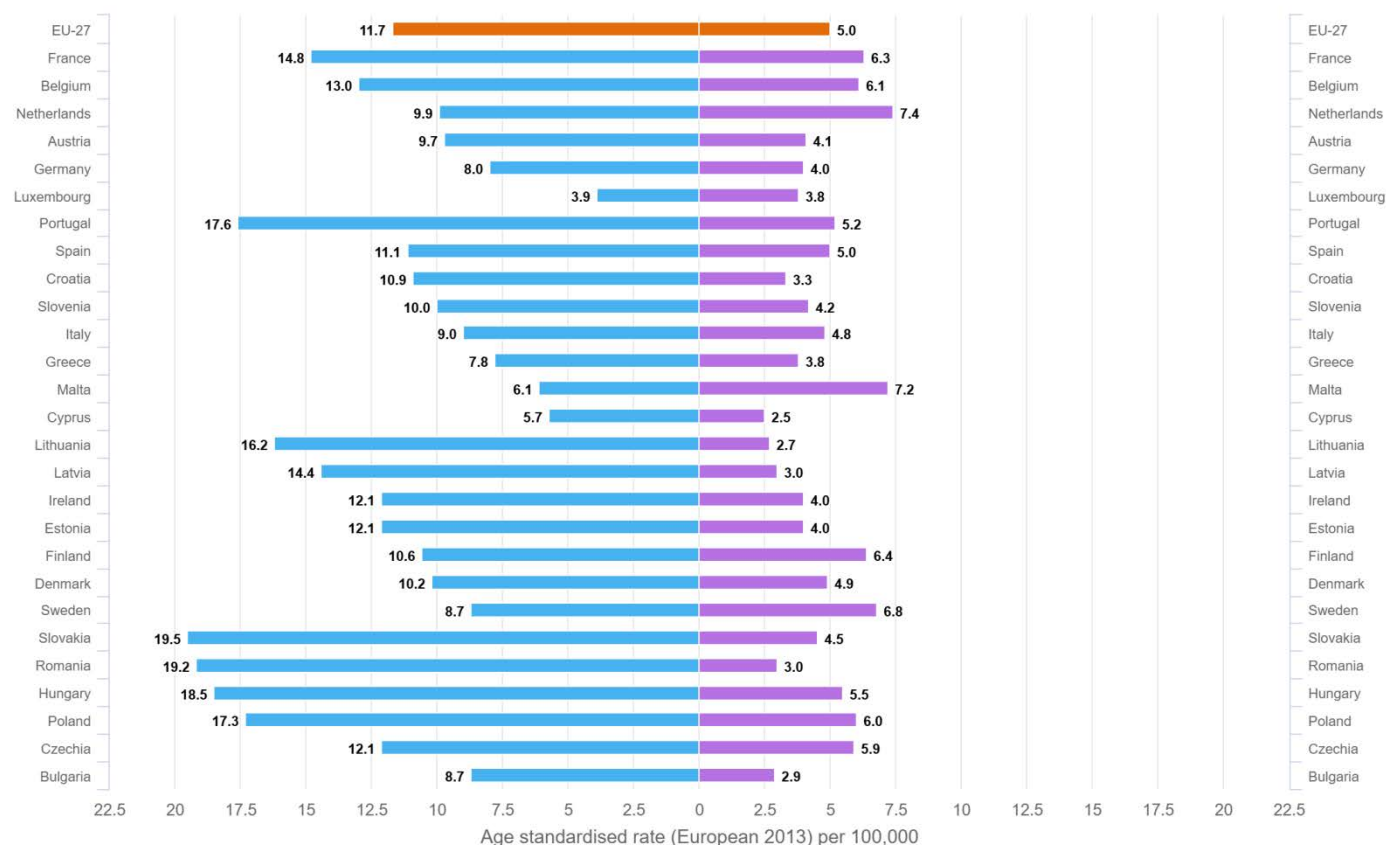


Εικόνα 4. Εκτιμώμενη συχνότητα εμφάνισης στις χώρες της ΕΕ των 27 χωρών, για όλες τις ηλικίες, το 2022.

Πηγή: [https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?\\$0-0\\$1-All\\$2-All\\$4-1,2\\$3-1\\$6-0,85\\$5-2022,2022\\$7-7\\$CEstByCountry\\$X0_8-3\\$X0_19-AE27\\$X0_20-No\\$CEstBySexByCountry\\$X1_8-3\\$X1_19-AE27\\$X1_-1-1\\$CEstByIndiByCountry\\$X2_8-3\\$X2_19-AE27\\$X2_20-No\\$CEstRelative\\$X3_8-3\\$X3_9-AE27\\$X3_19-AE27\\$CEstByCountryTable\\$X4_19-AE27](https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?$0-0$1-All$2-All$4-1,2$3-1$6-0,85$5-2022,2022$7-7$CEstByCountry$X0_8-3$X0_19-AE27$X0_20-No$CEstBySexByCountry$X1_8-3$X1_19-AE27$X1_-1-1$CEstByIndiByCountry$X2_8-3$X2_19-AE27$X2_20-No$CEstRelative$X3_8-3$X3_9-AE27$X3_19-AE27$CEstByCountryTable$X4_19-AE27)

Estimated incidence by country - Comparison by sex

EU27, Both sexes, Lip, oral cavity, All ages, 2022



Sex

Male

Female

Εικόνα 5.Εκτιμώμενη συχνότητα εμφάνισης σε κάθε χώρα, στις χώρες της ΕΕ των 27 χωρών, για όλες τις ηλικίες, με σύγκριση των δύο φύλων, το 2022.

Πηγή: [https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?\\$0-0\\$1-All\\$2-All\\$4-1,2\\$3-1\\$6-0,85\\$5-2022,2022\\$7-7\\$CEstByCountry\\$X0_8-3\\$X0_19-AE27\\$X0_20-No\\$CEstBySexByCountry\\$X1_8-3\\$X1_19-AE27\\$X1_1-1\\$CEstByIndiByCountry\\$X2_8-3\\$X2_19-AE27\\$X2_20-No\\$CEstRelative\\$X3_8-3\\$X3_9-AE27\\$X3_19-AE27\\$CEstByCountryTable\\$X4_19-AE27](https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?$0-0$1-All$2-All$4-1,2$3-1$6-0,85$5-2022,2022$7-7$CEstByCountry$X0_8-3$X0_19-AE27$X0_20-No$CEstBySexByCountry$X1_8-3$X1_19-AE27$X1_1-1$CEstByIndiByCountry$X2_8-3$X2_19-AE27$X2_20-No$CEstRelative$X3_8-3$X3_9-AE27$X3_19-AE27$CEstByCountryTable$X4_19-AE27)

Estimated incidence by country - summary

Both sexes, Lip, oral cavity, All ages, 2022



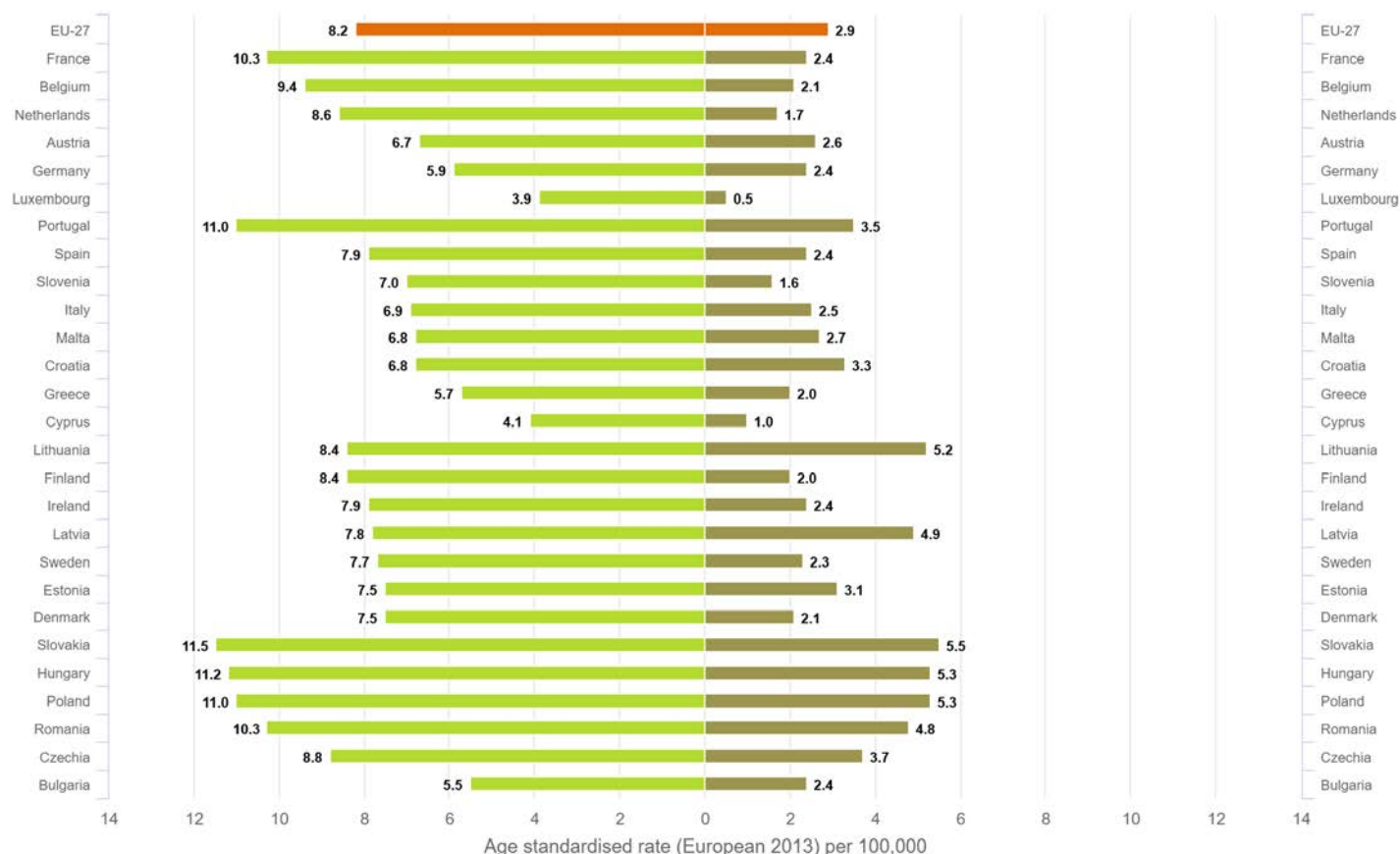
Country	Number of cases	Crude rate	ASR (European 2013)	ASR (European 1976)	ASR (world)	
Austria	632	7,0	6,7	4,9	3,4	0,7
Belgium	1.100	9,5	9,4	6,8	4,8	1,0
Bulgaria	411	6,0	5,5	4,1	2,9	0,6
Croatia	293	7,6	6,8	4,9	3,4	0,7
Cyprus	33	3,6	4,1	3,0	2,1	0,4
Czechia	955	9,1	8,8	6,4	4,5	0,9
Denmark	449	7,6	7,5	5,4	3,8	0,8
EU-27	39.380	8,8	8,2	5,9	4,2	0,9
Estonia	101	7,6	7,5	5,7	4,1	0,7
Finland	514	9,3	8,4	5,7	4,0	1,0
France	7.195	10,6	10,3	7,7	5,5	1,1
Germany	5.642	6,8	5,9	4,1	2,8	0,7
Greece	688	6,6	5,7	4,0	2,8	0,6
Hungary	1.136	11,7	11,2	8,7	6,3	1,1
Ireland	340	6,7	7,9	5,8	4,1	0,8
Italy	4.881	8,3	6,9	4,7	3,3	0,8
Latvia	154	8,2	7,8	6,0	4,3	0,8
Lithuania	257	9,2	8,4	6,6	4,8	0,8
Luxembourg	22	3,4	3,9	2,7	1,8	0,5
Malta	34	6,5	6,8	4,6	3,2	0,8
Netherlands	1.568	8,9	8,6	5,9	4,1	1,0
Poland	4.081	10,8	11,0	8,0	5,7	1,1
Portugal	1.293	12,5	11,0	8,4	6,2	1,1
Romania	2.007	10,5	10,3	7,9	5,6	1,0
Slovakia	615	11,3	11,5	8,9	6,5	1,1
Slovenia	160	7,6	7,0	5,2	3,7	0,7
Spain	4.003	8,4	7,9	5,3	3,7	0,9
Sweden	816	7,8	7,7	5,2	3,6	0,9

Εικόνα 6. Εκτιμώμενη συχνότητα εμφάνισης σε κάθε χώρα, στις χώρες της ΕΕ των 27 χωρών, για όλες τις ηλικίες, με αριθμό περιπτώσεων, ποσοστό στον πληθυσμό, ASR των ετών 2013 και 1976, και παγκόσμιο ASR, το 2022.

Πηγή: [https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?%0-0\\$1-All\\$2-All\\$4-1,2\\$3-1\\$6-0,85\\$5-2022,2022\\$7-7\\$CEstByCountry\\$X0_8-3\\$X0_19-AE27\\$X0_20-No\\$CEstBySexByCountry\\$X1_8-3\\$X1_19-AE27\\$X1_-1-1\\$CEstByIndiByCountry\\$X2_8-3\\$X2_19-AE27\\$X2_20-No\\$CEstRelative\\$X3_8-3\\$X3_9-AE27\\$X3_19-AE27\\$CEstByCountryTable\\$X4_19-AE27](https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?%0-0$1-All$2-All$4-1,2$3-1$6-0,85$5-2022,2022$7-7$CEstByCountry$X0_8-3$X0_19-AE27$X0_20-No$CEstBySexByCountry$X1_8-3$X1_19-AE27$X1_-1-1$CEstByIndiByCountry$X2_8-3$X2_19-AE27$X2_20-No$CEstRelative$X3_8-3$X3_9-AE27$X3_19-AE27$CEstByCountryTable$X4_19-AE27)

Estimated incidence and mortality by country

EU27, Both sexes, Lip, oral cavity, All ages, 2022



Indicator

Incidence

Mortality

Εικόνα 7.Εκτιμώμενη συχνότητα εμφάνισης και θνησιμότητα σε κάθε χώρα, στις χώρες της ΕΕ των 27 χωρών, για όλες τις ηλικίες, το 2022.

Πηγή: [https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?\\$0-0\\$1-All\\$2-All\\$4-1,2\\$3-1\\$6-0,85\\$5-2022,2022\\$7-7,8\\$CEstByCountry\\$X0_8-3\\$X0_19-AE27\\$X0_20-No\\$CEstBySexByCountry\\$X1_8-3\\$X1_19-AE27\\$X1_1-1\\$CEstByIndiByCountry\\$X2_8-3\\$X2_19-AE27\\$X2_20-No\\$CEstRelative\\$X3_8-3\\$X3_9-AE27\\$X3_19-AE27\\$CEstByCountryTable\\$X4_19-AE27](https://ecis.jrc.ec.europa.eu/explorer.php?$0-0$1-All$2-All$4-1,2$3-1$6-0,85$5-2022,2022$7-7,8$CEstByCountry$X0_8-3$X0_19-AE27$X0_20-No$CEstBySexByCountry$X1_8-3$X1_19-AE27$X1_1-1$CEstByIndiByCountry$X2_8-3$X2_19-AE27$X2_20-No$CEstRelative$X3_8-3$X3_9-AE27$X3_19-AE27$CEstByCountryTable$X4_19-AE27)

Στη μελέτη τους, οι O'Sullivanetal. (2022) υπογραμμίζουν τις γεωγραφικές διακυμάνσεις της επιβάρυνσης από τους LOCP στα κράτη της ΕΕ. Οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, όπως η Ουγγαρία, έχουν τα υψηλότερα ποσοστά LOCP. Έχει σημειωθεί αύξηση στα ποσοστά καρκίνου του ρινοφάρυγγα και άλλων καρκίνων του φάρυγγα τα τελευταία χρόνια, ενώ μείωση έχει σημειωθεί για τον καρκίνο των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας. Η κατανόηση και η παρακολούθηση των επιδημιολογικών αλλαγών που αφορούν στην επιβάρυνση από τους LOCP στην Ευρώπη, είναι σημαντική για την ενημέρωση και την αξιολόγηση των παρεμβάσεων στη δημόσια υγεία. Επιπλέον, το υψηλό ποσοστό θνησιμότητας που αποδίδεται στους LOCP είναι ανησυχητικό, καθώς υπάρχει η δυνατότητα πρόληψης των LOCP σε μεγάλο βαθμό. Γι' αυτό, είναι απαραίτητη μια επανεξέταση του τρέχοντος συστήματος υγειονομικής περίθαλψης της στοματικής κοιλότητας στα κράτη της ΕΕ, για την αντιμετώπιση της αυξανόμενης επιβάρυνσης από τους LOCP (O'Sullivanetal., 2022).

Κατά τη σύγκριση του ΔΑΑ (HumanDevelopmentIndex, HDI) με τη συχνότητα εμφάνισης LOCC, διαπιστώθηκε ότι όσο υψηλότερος είναι ο ΔΑΑ, τόσο υψηλότερη είναι η επίπτωση ή συχνότητα εμφάνισης του LOCC. Αυτό θα μπορούσε να συσχετιστεί με υψηλότερο εισόδημα και καλύτερη πρόσβαση σε υπηρεσίες υγείας, έτσι ώστε ο LOCC να μπορεί να διαγνωστεί με μεγαλύτερη ακρίβεια. Οι Kurivillaetal. (2021) ανέφεραν παρόμοια αποτελέσματα και ότι οι ανεπτυγμένες χώρες είχαν υψηλότερα ποσοστά συχνότητας εμφάνισης. Αυτό το χαρακτηριστικό μπορεί να σχετίζεται με μεγαλύτερες δυνατότητες των συστημάτων υγείας τους να επιτύχουν πρώιμες διαγνώσεις καρκίνου.

Οι Freireetal. (2020) συμφώνησαν με μια τέτοια εξήγηση. Οι Xieetal. (2022) πρότειναν ότι στις πιο ανεπτυγμένες χώρες, όχι μόνο αυξάνεται η κατανάλωση καπνού και αλκοόλ, αλλά και το προσδόκιμο ζωής είναι επίσης υψηλότερο. Αυτό το δημογραφικό χαρακτηριστικό επιτρέπει μεγαλύτερο περιθώριο χρόνου για να εμφανιστεί καρκίνος.

Αντίθετα, μια αρνητική συσχέτιση μεταξύ του HDI και του LOCC βρέθηκε για τη θνησιμότητα από LOCC, ειδικά στις γυναίκες. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η θνησιμότητα ευθυγραμμίζεται με τη συχνότητα εμφάνισης, αλλά η κατάσταση περιπλέκεται από ζητήματα που αφορούν στην κλινική περίθαλψη, η πιο επισφαλής πρόσβαση σε υπηρεσίες υγειονομικής περίθαλψης στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες, πιθανότατα οδηγεί σε μεταγενέστερη διάγνωση και υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας (Hernández-Morales et al., 2023).

Μία από τις κρίσιμες γνώσεις από πρόσφατες επιδημιολογικές μελέτες, είναι η έντονη περιφερειακή ανισότητα εντός της Ευρώπης. Τα δεδομένα αποκαλύπτουν ότι ενώ τα έθνη της Δυτικής Ευρώπης έχουν σημειώσει πρόοδο στην έγκαιρη ανίχνευση και τη βελτίωση των εκβάσεων της θεραπείας, οι χώρες της Ανατολικής και Κεντρικής Ευρώπης συνεχίζουν να επωμίζονται ένα δυσανάλογο φόρτο καρκίνων της στοματικής κοιλότητας. Για παράδειγμα, έρευνα που αντλεί δεδομένα από τη Μελέτη Παγκόσμιου Φόρτου Ασθενειών, δείχνει ότι τα ποσοστά συχνότητας εμφάνισης για τους καρκίνους των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας παρουσιάζουν ανεπαίσθητες μειώσεις σε ορισμένες περιοχές. Ωστόσο, άλλοι υποτύποι, όπως οι καρκίνοι του ρινοφάρυγγα και των σχετικών περιοχών του φάρυγγα, έχουν δείξει αυξανόμενες τάσεις. Οι χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, συμπεριλαμβανομένης της Ουγγαρίας, αναφέρουν ορισμένα από τα υψηλότερα ποσοστά συχνότητας εμφάνισης και θνησιμότητας με βάση την ηλικία, υποδεικνύοντας την πολύπλοκη αλληλεπίδραση μεταξύ παραγόντων του τρόπου ζωής, της πρόσβασης στην υγειονομική περίθαλψη και κοινωνικοοικονομικών καθοριστικών παραγόντων σε αυτούς τους πληθυσμούς (Yumnam, et al., 2024).

ΕΙΔΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2. Υλικό και Μέθοδος

2.1. Σκοπός της μελέτης και ερευνητικά ερωτήματα

Οι οικολογικές μελέτες αποτελούν ένα είδος επιδημιολογικής παρατήρησης όπου η μονάδα ανάλυσης είναι ο πληθυσμός και όχι το άτομο. Σκοπός τους είναι η διερεύνηση της σχέσης μεταξύ έκθεσης σε συγκεκριμένους παράγοντες και εμφάνισης μιας νόσου, βασιζόμενες σε συγκεντρωτικά δεδομένα από γεωγραφικές περιοχές, χρονικές περιόδους ή κοινωνικές ομάδες. Η μεθοδολογία αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη στη φάση της διατύπωσης υποθέσεων, καθώς επιτρέπει την ανάλυση ευρείας κλίμακας δεδομένων με σχετικά χαμηλό κόστος και γρήγορη επεξεργασία.

Η επιδημιολογική μελέτη του καρκίνου των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας (LOCC) μπορεί να αξιοποιήσει την οικολογική μεθοδολογία για την ερμηνεία των παγκόσμιων διαφορών στην επίπτωση και θνησιμότητα της νόσου. Όπως καταγράφεται στα πιο πρόσφατα επιδημιολογικά δεδομένα, ο καρκίνος του στόματος παρουσιάζει έντονες γεωγραφικές διαφοροποιήσεις. Οι υψηλότεροι δείκτες παρατηρούνται σε χώρες όπως η Ινδία, το Πακιστάν και η Παπούα Νέα Γουινέα, ενώ χαμηλότεροι δείκτες εντοπίζονται σε χώρες όπως η Νικαράγουα και το Σάο Τομέ και Πρίνσιπε.

Αυτές οι διαφορές μπορούν να εξεταστούν μέσα από τον φακό της οικολογικής μελέτης, συσχετίζοντας την επίπτωση του καρκίνου με παράγοντες όπως η ευρεία χρήση καπνού για μάσηση, η κατανάλωση αλκοόλ, η έκθεση σε υπεριώδη ακτινοβολία, η μόλυνση από τον ιό HPV και το κοινωνικοοικονομικό επίπεδο. Για παράδειγμα, η υψηλή επίπτωση σε περιοχές της Νοτιοανατολικής Ασίας μπορεί να αποδοθεί στην παραδοσιακή χρήση του *betelquid* και άλλων τοπικών καρκινογόνων ουσιών.

Επιπλέον, η μελέτη των τάσεων στο χρόνο, όπως η αύξηση της επίπτωσης και της θνησιμότητας στις αναπτυσσόμενες χώρες, μπορεί να προσφέρει χρήσιμες ενδείξεις για μεταβολές στους παράγοντες κινδύνου, στις συνήθειες του πληθυσμού και στη διαθεσιμότητα υπηρεσιών υγείας.

Άλλες μορφές οικολογικών προσεγγίσεων περιλαμβάνουν τη μελέτη πληθυσμών μεταναστών, για τη διάκριση γενετικών από περιβαλλοντικούς παράγοντες, καθώς και τη σύγκριση κοινωνικών και επαγγελματικών τάξεων, ιδίως σε επαγγέλματα που συνεπάγονται αυξημένη έκθεση σε ηλιακή ακτινοβολία.

Ωστόσο, παρά την ευχρηστία τους, οι οικολογικές μελέτες υπόκεινται σε σημαντικούς περιορισμούς, κυριότερος εκ των οποίων είναι η "οικολογική πλάνη" (ecological fallacy), δηλαδή η εσφαλμένη εξαγωγή συμπερασμάτων σε ατομικό επίπεδο βάσει συσχετίσεων που παρατηρούνται σε πληθυσμιακό επίπεδο.

Συμπερασματικά, οι οικολογικές μελέτες παρέχουν ένα πολύτιμο εργαλείο για την αρχική διερεύνηση αιτιολογικών παραγόντων στον καρκίνο του στόματος. Παρότι δεν αποδεικνύουν αιτιότητα, συμβάλλουν καθοριστικά στη διαμόρφωση υποθέσεων, οι οποίες μπορούν να διερευνηθούν περαιτέρω με αναλυτικότερες μεθοδολογίες, όπως οι μελέτες ασθενών-μαρτύρων ή οι προοπτικές μελέτες.

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιοποίηση της οικολογικής επιδημιολογικής μεθοδολογίας για την ερμηνεία των γεωγραφικών και χρονικών διαφορών στην επίπτωση και θνησιμότητα του καρκίνου του στόματος (LOCC) στην Ευρώπη. Ειδικότερα, επιδιώκεται η ανάδειξη πιθανών συσχετίσεων μεταξύ συγκεντρωτικών δεικτών έκθεσης σε καθιερωμένους ή εν δυνάμει παράγοντες κινδύνου (π.χ. χρήση καπνού, κατανάλωση αλκοόλ, κοινωνικοοικονομικοί δείκτες, έκθεση σε UV ακτινοβολία) και της συχνότητας εμφάνισης της νόσου σε διαφορετικούς πληθυσμούς και περιοχές.

Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα εξής:

1. Ποιες είναι οι γεωγραφικές περιοχές με τη μεγαλύτερη και τη μικρότερη επίπτωση και θνησιμότητα από καρκίνο του στόματος, βάσει επιδημιολογικών δεδομένων;
2. Πώς μεταβάλλεται η επίπτωση του καρκίνου του στόματος διαχρονικά (π.χ. την τελευταία 20ετία) σε διαφορετικά κοινωνικοοικονομικά περιβάλλοντα;
3. Παίζει ρόλο η κλιματική αλλαγή στην εμφάνιση καρκίνου του στόματος;
4. Ποια η συσχέτιση των ρύπων σε σχέση με τη μεταγενέστερη εμφάνιση καρκίνου του στόματος;

2.2.Ανάκτηση Δεδομένων

Τα δεδομένα ελήφθησαν από το site του Institute of Health Metrics and Evaluation (IHME) του πανεπιστημίου της Washington (<https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>) όπου μεταξύ πολλών δυνατοτήτων, επιλέχθηκε από τα πεδία “Display” η αιτιολογία (“Cause”, με πράσινο χρώμα) και στη συνέχεια, στο επόμενο πεδίο (Cause), από μια μακρά λίστα, η “B.1.1 Lip and oral cavity cancer”. Αμέσως μετά, από το πεδίο “Measure” υπάρχουν αρκετές επιλογές, από τις οποίες δίνεται εδώ ως παράδειγμα η “DALYs” (Disability-Adjusted Life Years). Ακολουθούν τα έτη για τα οποία υπάρχουν δεδομένα, από τα οποία το πιο πρόσφατο είναι το 2021. Στην παρούσα μελέτη, συμπεριλήφθηκαν τα έτη 2001 – 2020.

Συνεπώς, η συλλογή των πρωτογενών δεδομένων της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε μέσω δευτερογενούς ανάλυσης δημοσιευμένων επιδημιολογικών δεδομένων και διεθνών βάσεων δεδομένων (όπως GLOBOCAN, WHO, World Bank), ακολουθώντας τη μεθοδολογία της εκπόνησης οικολογικών επιδημιολογικών μελετών. Η χρήση συγκεντρωτικών δεδομένων επιτρέπει τη σύγκριση μεταξύ χωρών και περιοχών και ενισχύει τη δυνατότητα εντοπισμού μακροεπιπέδων προτύπων που σχετίζονται με την επιδημιολογία της νόσου.

Η ανάκτηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε από τις βάσεις δεδομένων:

- 1) <https://data-explorer.oecd.org>

2) <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare>

3) [https://data-](https://data-explorer.oecd.org/vis?pg=0&snb=20&tm=water%20pollution&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_EXP_MORSC%40DF_EXP_MORSC&df[ag]=OECD.ENV.EPI&df[vs]=1.0&dq=LTU%2BNLD%2BCHE%2BGBR%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BLUX%2BLVA%2BITA%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BGRC%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BBEL%2BAUT.A.DALY.10P3HB.USAN%2BUWATS%2BRN%2BPB%2BO3%2BPM_2_5_OUT._T._T&pd=2000%2C2019&to[TIME_PERIOD]=false&vw=tb)

[explorer.oecd.org/vis?pg=0&snb=20&tm=water%20pollution&df\[ds\]=dsDisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_EXP_MORSC%40DF_EXP_MORSC&df\[ag\]=OECD.ENV.EPI&df\[vs\]=1.0&dq=LTU%2BNLD%2BCHE%2BGBR%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BLUX%2BLVA%2BITA%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BGRC%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BBEL%2BAUT.A.DALY.10P3HB.USAN%2BUWATS%2BRN%2BPB%2BO3%2BPM_2_5_OUT._T._T&pd=2000%2C2019&to\[TIME_PERIOD\]=false&vw=tb](https://data-explorer.oecd.org/vis?pg=0&snb=20&tm=water%20pollution&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_EXP_MORSC%40DF_EXP_MORSC&df[ag]=OECD.ENV.EPI&df[vs]=1.0&dq=LTU%2BNLD%2BCHE%2BGBR%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BLUX%2BLVA%2BITA%2BIRL%2BISL%2BHUN%2BGRC%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BBEL%2BAUT.A.DALY.10P3HB.USAN%2BUWATS%2BRN%2BPB%2BO3%2BPM_2_5_OUT._T._T&pd=2000%2C2019&to[TIME_PERIOD]=false&vw=tb)

4) [https://data-](https://data-explorer.oecd.org/vis?pg=0&snb=3&tm=air%20pollution&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_AIR_EMISSIONS%40DF_AIR_EMISSIONS&df[ag]=OECD.ENV.EPI&df[vs]=1.0&dq=GBR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BNLD%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BITA%2BIRL%2BISL%2BGRC%2BHUN%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BAUT%2BBEL.A.NH3%2BNMVOC%2BCO%2BPM2_5%2BPM10%2BNOX%2BSOX.T_EM_MM.T&pd=2000%2C2020&to[TIME_PERIOD]=false&ly[cl]=TIME_PERIOD&ly[rs]=POLLUTANT&ly[rw]=REF_AREA&vw=tb&fs[0]=Reference%20area%2C0%7CAustria%23AUT%23&fs[1]=Reference%20area%2C0%7CBelgium%23BEL%23&fs[2]=Unit%20of%20measure%2C0%7CTonnes%23T%23&fc=Pollutant)

[explorer.oecd.org/vis?pg=0&snb=3&tm=air%20pollution&df\[ds\]=dsDisseminateFinalDMZ&df\[id\]=DSD_AIR_EMISSIONS%40DF_AIR_EMISSIONS&df\[ag\]=OECD.ENV.EPI&df\[vs\]=1.0&dq=GBR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BNLD%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BITA%2BIRL%2BISL%2BGRC%2BHUN%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BAUT%2BBEL.A.NH3%2BNMVOC%2BCO%2BPM2_5%2BPM10%2BNOX%2BSOX.T_EM_MM.T&pd=2000%2C2020&to\[TIME_PERIOD\]=false&ly\[cl\]=TIME_PERIOD&ly\[rs\]=POLLUTANT&ly\[rw\]=REF_AREA&vw=tb&fs\[0\]=Reference%20area%2C0%7CAustria%23AUT%23&fs\[1\]=Reference%20area%2C0%7CBelgium%23BEL%23&fs\[2\]=Unit%20of%20measure%2C0%7CTonnes%23T%23&fc=Pollutant](https://data-explorer.oecd.org/vis?pg=0&snb=3&tm=air%20pollution&df[ds]=dsDisseminateFinalDMZ&df[id]=DSD_AIR_EMISSIONS%40DF_AIR_EMISSIONS&df[ag]=OECD.ENV.EPI&df[vs]=1.0&dq=GBR%2BCHE%2BSWE%2BESP%2BSVN%2BSVK%2BPRT%2BPOL%2BNLD%2BLUX%2BLTU%2BLVA%2BITA%2BIRL%2BISL%2BGRC%2BHUN%2BDEU%2BFRA%2BFIN%2BEST%2BDNK%2BCZE%2BAUT%2BBEL.A.NH3%2BNMVOC%2BCO%2BPM2_5%2BPM10%2BNOX%2BSOX.T_EM_MM.T&pd=2000%2C2020&to[TIME_PERIOD]=false&ly[cl]=TIME_PERIOD&ly[rs]=POLLUTANT&ly[rw]=REF_AREA&vw=tb&fs[0]=Reference%20area%2C0%7CAustria%23AUT%23&fs[1]=Reference%20area%2C0%7CBelgium%23BEL%23&fs[2]=Unit%20of%20measure%2C0%7CTonnes%23T%23&fc=Pollutant)

Ο πληθυσμός αναφοράς της παρούσας μελέτης αποτελείται από χώρες και γεωγραφικές περιοχές της Ευρώπης, για τις οποίες υπάρχουν διαθέσιμα αξιόπιστα και συγκρίσιμα δεδομένα σχετικά με την επίπτωση και τη θνησιμότητα του καρκίνου του στόματος, καθώς και σχετικές κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές μεταβλητές. Η επιλογή αυτών των χωρών βασίστηκε στην πληρότητα και αξιοπιστία των διαθέσιμων επιδημιολογικών δεδομένων.

Το αρχικό σχέδιο προέβλεπε την ανάλυση δεδομένων από περίπου 20 έως 30 χώρες της Ευρώπης, ώστε να εξασφαλιστεί η αντιπροσωπευτικότητα και η δυνατότητα διεξαγωγής συγκριτικών αναλύσεων σε διαφορετικές γεωγραφικές και κοινωνικοοικονομικές συνθήκες. Η επιλογή αυτή βασίστηκε σε κριτήρια σκοπούμενης δειγματοληψίας (purposivesampling), εστιάζοντας σε χώρες με πλήρεις και πρόσφατες καταγραφές για τους βασικούς δείκτες υγείας και κοινωνικής ανάπτυξης (WHO, UN, World Bank).

Σε περιπτώσεις όπου τα δεδομένα ήταν ανεπαρκή ή ανεπιβεβαίωτα, το πρωτόκολλο της έρευνας προέβλεπε την αποκλειστική χρήση των πλέον αξιόπιστων πηγών και, εάν ήταν αναγκαίο, την επέκταση του χρονικού πλαισίου συλλογής δεδομένων για τη συμπλήρωση των κενών. Συνολικά, η μελέτη περιλαμβάνει δεδομένα από 25 χώρες, της Ευρώπης καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα κοινωνικοοικονομικών επιπέδων και γεωγραφικών περιοχών.

Η συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων βασίστηκε αποκλειστικά σε δευτερογενείς, δημόσια διαθέσιμες πηγές, εξασφαλίζοντας πλήρη σεβασμό στην προστασία προσωπικών δεδομένων και την εθελοντική συμμετοχή, δεδομένου ότι τα δεδομένα δεν αφορούν σε ατομικά στοιχεία αλλά σε συγκεντρωτικούς δείκτες πληθυσμών. Όλες οι διαδικασίες διεξήχθησαν σύμφωνα με τις αρχές δεοντολογίας της επιδημιολογικής έρευνας και τους διεθνείς κανονισμούς για τη διαχείριση δεδομένων υγείας.

2.3. Μεθοδολογία

Η παρούσα ερευνητική μελέτη υιοθετεί την ποσοτική μεθοδολογική προσέγγιση, καθώς κρίνεται η πλέον κατάλληλη για την ανάλυση επιδημιολογικών δεδομένων σε πληθυσμιακό επίπεδο. Η επιλογή της οικολογικής επιδημιολογικής μεθόδου (ecological study design) εδράζεται στη δυνατότητά της να εξετάζει σχέσεις μεταξύ πληθυσμιακών μεταβλητών και επιδημιολογικών δεικτών, προσφέροντας μια συστηματική προσέγγιση στην κατανόηση μακροσκοπικών προτύπων νόσησης και θνησιμότητας από καρκίνο του στόματος. Η μέθοδος αυτή επιτρέπει την επεξεργασία συγκεντρωτικών δεδομένων και την εξαγωγή γενικεύσιμων συμπερασμάτων που αφορούν γεωγραφικές περιοχές ή κοινωνικές ομάδες, παρά μεμονωμένα άτομα (Szklo&Nieto, 2014).

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε με βάση δημοσιευμένα δευτερογενή δεδομένα από αναγνωρισμένες διεθνείς και εθνικές πηγές.

Η επιλογή των χωρών και γεωγραφικών περιοχών βασίστηκε σε κριτήρια πληρότητας και αξιοπιστίας των δεδομένων. Συγκεκριμένα, συμπεριλήφθηκαν περιοχές με καταγεγραμμένα επιδημιολογικά στοιχεία για την επίπτωση και τη θνησιμότητα από καρκίνο του στόματος για τουλάχιστον μία εικοσαετία, καθώς και για τις βασικές μεταβλητές έκθεσης.

Η μελέτη υλοποιήθηκε ως συγχρονική οικολογική μελέτη (cross-sectional ecological study), η οποία επικεντρώνεται στη συσχέτιση μεταξύ διαφορετικών

επιπέδων πληθυσμιακής έκθεσης και της επιβάρυνσης της νόσου σε συγκεκριμένο χρονικό σημείο. Η προσέγγιση αυτή κρίθηκε κατάλληλη για την αναγνώριση γεωγραφικών προτύπων και τη διερεύνηση κοινωνικών ή οικονομικών παραγόντων που ενδέχεται να επηρεάζουν την επιδημιολογία του καρκίνου του στόματος σε μακροεπίπεδο.

Η μέθοδος ανάλυσης περιλαμβάνει την περιγραφική στατιστική επεξεργασία των δεδομένων και τη χρήση συντελεστών συσχέτισης (όπως Pearson ή Spearman), με στόχο την ανίχνευση σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών. Επίσης, εφαρμόστηκαν γραφικές απεικονίσεις για την ανάδειξη χωρικών διαφορών και προτύπων επιβάρυνσης.

Η επιλογή της οικολογικής προσέγγισης επιτρέπει τη μελέτη φαινομένων που είναι δύσκολο να εξεταστούν σε ατομικό επίπεδο λόγω ηθικών, πρακτικών ή οικονομικών περιορισμών. Αν και η μέθοδος αυτή στερείται της δυνατότητας αιτιολογικής ερμηνείας σε ατομικό επίπεδο (λόγω του κινδύνου οικολογικού σφάλματος), προσφέρει πολύτιμα ευρήματα σε επίπεδο δημόσιας υγείας και συμβάλλει στην ιεράρχηση προτεραιοτήτων και την ανάπτυξη στοχευμένων πολιτικών πρόληψης.

Το τελικό δείγμα δεδομένων περιλαμβάνει 25 χώρες της Ευρώπης, διασφαλίζοντας την αντιπροσωπευτικότητα και τη δυνατότητα συγκριτικής ανάλυσης. Τα ευρήματα της μελέτης δύνανται να ενισχύσουν τις προσπάθειες για την κατανόηση των καθοριστικών παραγόντων του καρκίνου του στόματος και να συμβάλουν στη διαμόρφωση στρατηγικών πρόληψης και παρέμβασης σε εθνικό και διεθνές επίπεδο.

2.4. Ανάλυση δεδομένων

Η παρούσα μελέτη εξετάζει την επίδραση των εκπομπών αμμωνίας (AMMONIA), μονοξειδίου του άνθρακα (CO), Μη μεθανιούχες πτητικές οργανικές ενώσεις, (NON-METHANE), παράγοντας PM_{2.5}, παράγοντας PM₁₀, άζωτο (NITROGEN), Θείο (SULPHUR), Καρκίνος των χειλιών (LIPS), Αιωρούμενα σωματίδια περιβάλλοντος (AmbientParticulateMatter), μόλυβδος (LEAD), όζον (OZON), οικιακό ραδόνιο (ResidentialRadon), μη ασφαλής συνθήκες υγιεινής (Unsafesantitation), μη ασφαλή πηγή νερού (Unsafewatersource) από το 2001 έως το 2020 στον αριθμό των θανάτων το έτος 2020, μέσω της χρήσης γραμμικής παλινδρόμησης. Ως εξαρτημένη μεταβλητή ορίστηκε ο αριθμός των θανάτων το 2020.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση πλήρους μοντέλου που περιλάμβανε όλες τις χρονιές ως προβλεπτές. Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής

ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με βάση τις p-τιμές τους, αφαιρώντας εκείνες με τις υψηλότερες τιμές. Μετά από αυτήν τη διαδικασία, προέκυψαν δύο πιο περιορισμένα μοντέλα που εμφάνισαν σαφώς βελτιωμένα στατιστικά χαρακτηριστικά.

Για τις παραπάνω μεταβλητές μετρήθηκαν οι συνολικές εκπομπές από το 2001 έως το 2020. Οι συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών διερευνήθηκαν με τη χρήση ανάλυσης γραμμικής παλινδρόμησης.

Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της ανάλυσης ελήφθη υπόψη ο κίνδυνος της οικολογικής πλάνης (ecological fallacy), δηλαδή της λανθασμένης ερμηνείας ή γενίκευσης των αποτελεσμάτων που προκύπτουν από ομαδοποιημένα δεδομένα σε επίπεδο πληθυσμού, σε ατομικό επίπεδο. Επειδή η παρούσα μελέτη βασίζεται σε δεδομένα σε επίπεδο περιοχής/χρόνου και όχι σε ατομικά δεδομένα, κρίθηκε απαραίτητο να ελεγχθεί η πιθανότητα να μην ισχύουν οι συσχετίσεις σε ατομικό επίπεδο. Για τον σκοπό αυτό, τα αποτελέσματα ερμηνεύονται με προσοχή, λαμβάνοντας υπόψη τη φύση των δεδομένων και περιορίζοντας τις γενικεύσεις πέρα από το επίπεδο στο οποίο αναφέρονται τα δεδομένα. Αυτό εξασφαλίζει την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των συμπερασμάτων της μελέτης, αποφεύγοντας πιθανές παρανοήσεις που θα μπορούσαν να προκύψουν από εσφαλμένη ανάγνωση των αποτελεσμάτων.

Συνολικά, η σταδιακή απαλοιφή μη σημαντικών μεταβλητών βελτίωσε την ερμηνευτική ικανότητα των μοντέλων, αναδεικνύοντας τη σημαντική επίδραση συγκεκριμένων ετών εκπομπών στον αριθμό θανάτων, και παρέχοντας πιο αξιόπιστες προβλέψεις.

3. Αποτελέσματα

Αποτελέσματα για την Αμμωνία

Γραμμική Παλινδρόμηση

ModelFitMeasures											
							OverallModelTest				
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p	
1	0.854	0.730	-0.623	99.5	126	0.734	0.540	20	4	0.842	
Note. Models estimated using sample size of N=25											

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	4.1257	1.047	3.9386	0.017	
2001 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.5291	0.934	-0.5665	0.601	
2002 AIR EMISSION (AMMONIA)	1.2757	1.471	0.8672	0.435	
2003 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.9234	0.996	-0.9266	0.407	
2004 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.7692	0.913	0.8421	0.447	
2005 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.8462	1.329	-0.6367	0.559	
2006 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.1701	2.049	0.0830	0.938	
2007 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.1580	2.226	0.0710	0.947	
2008 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.0197	1.522	0.0129	0.990	
2009 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.0236	1.858	0.0127	0.990	
2010 AIR EMISSION (AMMONIA)	-1.3714	1.272	-1.0786	0.341	
2011 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.7600	2.329	0.3264	0.760	
2012 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.2602	2.418	0.1076	0.919	
2013 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.5305	1.615	0.3284	0.759	
2014 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.4262	3.194	0.1334	0.900	
2015 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.8552	5.488	-0.1558	0.884	
2016 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.6756	2.240	-0.3016	0.778	
2017 AIR EMISSION (AMMONIA)	1.3547	2.572	0.5268	0.626	
2018 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.2452	1.886	0.1300	0.903	
2019 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.6185	1.474	-0.4195	0.696	
2020 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.2007	0.421	-0.4773	0.658	

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.764	0.583	0.230	92.3	108	0.911	1.65	11	13	0.193
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	4.033	0.427	9.454	< .001	
2001 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.430	0.312	-1.378	0.191	
2002 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.519	0.362	1.435	0.175	
2004 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.115	0.137	0.835	0.419	
2005 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.215	0.174	-1.237	0.238	
2010 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.992	0.345	-2.873	0.013	
2011 AIR EMISSION (AMMONIA)	1.030	0.383	2.689	0.019	
2013 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.181	0.202	0.898	0.385	
2015 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.364	0.261	-1.392	0.187	
2016 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.356	0.219	-1.623	0.129	
2017 AIR EMISSION (AMMONIA)	0.884	0.465	1.904	0.079	
2019 AIR EMISSION (AMMONIA)	-0.377	0.221	-1.711	0.111	

Στην παρούσα ανάλυση εξετάστηκε η επίδραση των εκπομπών αμμωνίας (AMMONIA AIR EMISSIONS) από το έτος 2001 έως και το 2020 στον αριθμό των θανάτων το 2020, με τη χρήση γραμμικής παλινδρόμησης. Αρχικά, εκτιμήθηκε ένα πλήρες μοντέλο που περιλάμβανε όλες τις χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Το μοντέλο αυτό παρουσίαζε μεν υψηλό συντελεστή συσχέτισης ($R = 0.854$), ωστόσο η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 ήταν αρνητική ($\text{Adjusted } R^2 = -0.623$), γεγονός που υποδεικνύει υπερπροσδιορισμό, δηλαδή ότι περιλάμβανε περισσότερες μεταβλητές από όσες μπορούσε να υποστηρίξει το δείγμα ($N = 25$). Παράλληλα, η συνολική στατιστική σημαντικότητα του μοντέλου ήταν ανύπαρκτη ($p = 0.842$), ενώ οι περισσότερες ανεξάρτητες μεταβλητές εμφάνιζαν πολύ υψηλές p-τιμές.

Αντιλαμβανόμενοι τα παραπάνω προβλήματα, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής μείωσης του μοντέλου, με σκοπό τη βελτιστοποίηση της προσαρμογής του και την ενίσχυση της στατιστικής του ισχύος. Συγκεκριμένα, αφαιρέθηκαν μεταβλητές με ιδιαίτερα υψηλές p -τιμές (μη σημαντικές), διατηρώντας μόνο εκείνες που παρουσίαζαν τάσεις σημαντικότητας ή ήταν στατιστικά σημαντικές. Η διαδικασία αυτή οδήγησε σε δύο πιο περιορισμένα μοντέλα, τα οποία παρουσίασαν σαφώς βελτιωμένα αποτελέσματα.

Στο προτελευταίο μοντέλο (με 13 ανεξάρτητες μεταβλητές), η τιμή του R^2 ήταν 0.609 και η προσαρμοσμένη R^2 βελτιώθηκε αισθητά (0.147), ενώ μειώθηκε και το σφάλμα (RMSE = 0.882). Αν και το συνολικό μοντέλο δεν ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.327$), δύο μεταβλητές αναδείχθηκαν ως στατιστικά σημαντικές: οι εκπομπές των ετών 2010 ($p = 0.019$) και 2011 ($p = 0.044$). Συγκεκριμένα, η εκπομπή αμμωνίας το 2010 φάνηκε να σχετίζεται αρνητικά με τους θανάτους του 2020 (Estimate = -1.1041), ενώ του 2011 θετικά (Estimate = 0.9936), υποδηλώνοντας πιθανή χρονική καθυστέρηση στην επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην ανθρώπινη υγεία.

Ακολουθώντας, στο τελικό μοντέλο (με 11 μεταβλητές), συνεχίστηκε η μείωση των ανεξάρτητων μεταβλητών με υψηλές p -τιμές. Η προσαρμοσμένη R^2 αυξήθηκε περαιτέρω σε 0.230 και το RMSE παρέμεινε σε χαμηλά επίπεδα (0.911), αποδεικνύοντας τη βελτίωση της ποιότητας του μοντέλου. Οι ίδιες δύο μεταβλητές —2010 ($p = 0.013$) και 2011 ($p = 0.019$)— διατηρήθηκαν ως στατιστικά σημαντικές, επιβεβαιώνοντας τη σταθερότητά τους ως προβλεπτικοί δείκτες. Επιπλέον, η μεταβλητή του 2017 πλησίασε το όριο της σημαντικότητας ($p = 0.079$), κάτι που αξίζει περαιτέρω διερεύνησης σε μελλοντικά μοντέλα. Η μείωση της τιμής του **AIC** στο τελικό μοντέλο (AIC = 92.3) σε σύγκριση με τα προηγούμενα μοντέλα ενισχύει περαιτέρω την ένδειξη ότι το μοντέλο αυτό επιτυγχάνει καλύτερη ισορροπία μεταξύ ακρίβειας πρόβλεψης και παραμετρικής απλότητας.

Συνολικά, η διαδικασία της σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με υψηλές p -τιμές συνέβαλε αποφασιστικά στη βελτίωση των μοντέλων, επιτρέποντας την αποκάλυψη πιο ουσιαστικών και αξιόπιστων σχέσεων. Η σύγκριση των δύο τελευταίων μοντέλων δείχνει ότι η διατήρηση των σημαντικών ετών και η απομάκρυνση των αμελητέων ενίσχυσε την ερμηνευτική ικανότητα του μοντέλου, προσφέροντας πιο σταθερά και χρήσιμα αποτελέσματα.

Αποτελέσματα για το Μονοξείδιο του Άνθρακα

Γραμμική Παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.909	0.827	-0.0380	88.3	115	0.587	0.956	20	4	0.591
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	2.60939	1.7486	1.4923	0.210	
2001 AIR EMISSION (CO)	-0.05544	0.0610	-0.9085	0.415	
2002 AIR EMISSION (CO)	0.08281	0.0934	0.8869	0.425	
2003 AIR EMISSION (CO)	0.01709	0.0390	0.4387	0.684	
2004 AIR EMISSION (CO)	-0.04525	0.0504	-0.8986	0.420	
2005 AIR EMISSION (CO)	-0.00927	0.1160	-0.0799	0.940	
2006 AIR EMISSION (CO)	-0.08192	0.1837	-0.4460	0.679	
2007 AIR EMISSION (CO)	0.13598	0.1447	0.9396	0.401	
2008 AIR EMISSION (CO)	-0.08361	0.0777	-1.0764	0.342	
2009 AIR EMISSION (CO)	0.05564	0.0972	0.5726	0.598	
2010 AIR EMISSION (CO)	-0.06244	0.1117	-0.5589	0.606	
2011 AIR EMISSION (CO)	0.01468	0.0527	0.2785	0.794	
2012 AIR EMISSION (CO)	0.08287	0.0911	0.9099	0.414	
2013 AIR EMISSION (CO)	0.09345	0.0781	1.1963	0.298	
2014 AIR EMISSION (CO)	-0.13011	0.1184	-1.0989	0.334	
2015 AIR EMISSION (CO)	-0.03239	0.0904	-0.3584	0.738	
2016 AIR EMISSION (CO)	0.01003	0.1340	0.0749	0.944	
2017 AIR EMISSION (CO)	0.01948	0.1113	0.1750	0.870	
2018 AIR EMISSION (CO)	-0.00588	0.0556	-0.1058	0.921	
2019 AIR EMISSION (CO)	0.05756	0.1082	0.5318	0.623	
2020 AIR EMISSION (CO)	-0.06668	0.1345	-0.4957	0.646	

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.900	0.809	0.584	76.7	95.0	0.616	3.59	13	11	0.020
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020						
Predictor	Estimate	SE	t	p		
Intercept	2.5841	0.4523	5.71	< .001		
2001 AIR EMISSION (CO)	-0.0604	0.0213	-2.84	0.016		
2002 AIR EMISSION (CO)	0.0990	0.0339	2.92	0.014		
2004 AIR EMISSION (CO)	-0.0415	0.0149	-2.78	0.018		
2006 AIR EMISSION (CO)	-0.1125	0.0320	-3.52	0.005		
2007 AIR EMISSION (CO)	0.1586	0.0450	3.52	0.005		
2008 AIR EMISSION (CO)	-0.1002	0.0258	-3.89	0.003		
2009 AIR EMISSION (CO)	0.0763	0.0238	3.21	0.008		
2010 AIR EMISSION (CO)	-0.0713	0.0208	-3.44	0.006		
2012 AIR EMISSION (CO)	0.1029	0.0228	4.52	< .001		
2013 AIR EMISSION (CO)	0.1098	0.0279	3.93	0.002		
2014 AIR EMISSION (CO)	-0.1546	0.0360	-4.30	0.001		
2019 AIR EMISSION (CO)	0.0812	0.0293	2.77	0.018		
2020 AIR EMISSION (CO)	-0.0902	0.0290	-3.11	0.010		

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των εκπομπών μονοξειδίου του άνθρακα (CO) από το 2001 έως και το 2020 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό, πλήρες μοντέλο περιλήφθηκαν όλες οι χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Αν και ο δείκτης συσχέτισης R ήταν υψηλός ($R = 0.909$) και το R^2 παρουσίασε υψηλή τιμή (0.827), η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 ήταν αρνητική (-0.038), υποδεικνύοντας πιθανή υπερπροσαρμογή και αδυναμία γενίκευσης του μοντέλου. Επιπλέον, το συνολικό μοντέλο δεν ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.591$) και καμία από τις μεταβλητές δεν παρουσίαζε στατιστικά σημαντική επίδραση.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω αδυναμιών, εφαρμόστηκε σταδιακή απαλοιφή μεταβλητών με υψηλές p-τιμές, προκειμένου να ενισχυθεί η προβλεπτική δύναμη του μοντέλου και να βελτιωθούν οι δείκτες προσαρμογής. Το δεύτερο μοντέλο, το οποίο

περιλάμβανε 16 μεταβλητές, σημείωσε σημαντική βελτίωση στην προσαρμοσμένη τιμή του R^2 (0.468), ενώ η τιμή του AIC μειώθηκε σε 80.9, υποδεικνύοντας καλύτερη ισορροπία μεταξύ πολυπλοκότητας και επεξηγηματικής ικανότητας. Αν και το συνολικό μοντέλο εξακολουθούσε να μην είναι στατιστικά σημαντικό ($p = 0.115$), αρκετές μεταβλητές εμφάνισαν p -τιμές κοντά στο όριο της στατιστικής σημαντικότητας, όπως το έτος 2001 ($p = 0.070$), το 2004 ($p = 0.071$), το 2010 ($p = 0.099$) και το 2013 ($p = 0.074$), υποδεικνύοντας πιθανές τάσεις που χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης.

Το τελικό μοντέλο περιέλαβε μόνο 13 μεταβλητές και παρείχε σαφώς βελτιωμένα αποτελέσματα. Η τιμή του R^2 διατηρήθηκε υψηλή (0.809), ενώ η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 αυξήθηκε σημαντικά σε 0.584. Το συνολικό μοντέλο αναδείχθηκε πλέον στατιστικά σημαντικό ($p = 0.020$), και ο δείκτης AIC μειώθηκε περαιτέρω (AIC = 76.7), ενισχύοντας την ένδειξη ότι πρόκειται για το πιο επαρκές και αποδοτικό μοντέλο της σειράς. Σε αυτό το τελικό μοντέλο αναδείχθηκαν πολλές χρονιές ως στατιστικά σημαντικές. Συγκεκριμένα, θετική και σημαντική συσχέτιση με τους θανάτους του 2020 εμφάνισαν οι χρονιές 2002 ($p = 0.014$), 2007 ($p = 0.005$), 2009 ($p = 0.008$), 2012 ($p < 0.001$), 2013 ($p = 0.002$) και 2019 ($p = 0.018$). Αντίστοιχα, αρνητική και σημαντική σχέση διαπιστώθηκε για τα έτη 2001 ($p = 0.016$), 2004 ($p = 0.018$), 2006 ($p = 0.005$), 2008 ($p = 0.003$), 2010 ($p = 0.006$), 2014 ($p = 0.001$) και 2020 ($p = 0.010$).

Αποτελέσματα για μη μεθανιούχες οργανικές ενώσεις

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures																	
												OverallModelTest					
Model		R		R ²		Adjusted R ²		AIC		BIC		RMSE		F	df1	df2	p
1		0.972		0.945		0.671		59.6		86.4		0.331		3.45	20	4	0.119
Note. Models estimated using sample size of N=25																	

ModelCoefficients - DEATHS 2020						
Predictor	Estimate	SE	t	p		
Intercept	3.1266	0.4395	7.114	0.002		
2001 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.3552	0.1052	3.376	0.028		
2002 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.5804	0.1455	-3.989	0.016		
2003 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.0442	0.0897	0.493	0.648		
2004 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.0162	0.0739	0.220	0.837		
2005 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.0992	0.0663	1.495	0.209		
2006 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.1278	0.1273	1.004	0.372		
2007 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.1122	0.1168	0.960	0.391		
2008 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.1607	0.1357	-1.184	0.302		
2009 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.0200	0.0756	0.264	0.805		
2010 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.2593	0.1111	-2.334	0.080		
2011 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.2044	0.2057	0.994	0.377		
2012 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.0474	0.1999	-0.237	0.824		
2013 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.0729	0.1709	-0.426	0.692		
2014 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.2969	0.1223	2.428	0.072		
2015 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.1636	0.1959	0.835	0.451		
2016 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.7605	0.3338	-2.278	0.085		
2017 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.6174	0.2035	3.034	0.039		
2018 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.1294	0.1334	0.970	0.387		
2019 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.5895	0.1518	-3.883	0.018		
2020 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.2831	0.0764	3.706	0.021		

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures											
							OverallModelTest				
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p	
1	0.960	0.921	0.810	56.8	76.3	0.397	8.30	14	10	< .001	
Note. Models estimated using sample size of N=25											

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	2.9779	0.2516	11.84	< .001	
2001 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.2882	0.0367	7.84	< .001	
2002 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.4472	0.0573	-7.80	< .001	
2005 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.1406	0.0363	3.88	0.003	
2006 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.0695	0.0449	1.55	0.153	
2007 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.0760	0.0493	1.54	0.155	
2008 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.0654	0.0306	-2.13	0.059	
2010 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.2941	0.0496	-5.93	< .001	
2011 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.1227	0.0576	2.13	0.059	
2014 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.2865	0.0495	5.79	< .001	
2016 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.4559	0.0776	-5.87	< .001	
2017 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.4730	0.0779	6.07	< .001	
2018 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.1513	0.0818	1.85	0.094	
2019 AIR EMISSION (NON METHANE)	-0.5938	0.0897	-6.62	< .001	
2020 AIR EMISSION (NON METHANE)	0.2503	0.0397	6.31	< .001	

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των εκπομπών Non-MethaneVolatileOrganicCompounds από το 2001 έως και το 2020 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό, πλήρες μοντέλο περιλήφθηκαν όλες οι χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Αν και ο δείκτης συσχέτισης R ήταν υψηλός ($R = 0.945$) και το R^2 παρουσίασε υψηλή τιμή (0.893), η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 ήταν εξαιρετικά χαμηλή (0.057), υποδεικνύοντας πιθανή υπερπροσαρμογή και αδυναμία γενίκευσης του μοντέλου. Επιπλέον, το συνολικό μοντέλο δεν ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.119$) και καμία από τις μεταβλητές δεν παρουσίαζε στατιστικά σημαντική επίδραση.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω αδυναμιών, εφαρμόστηκε σταδιακή απαλοιφή μεταβλητών με υψηλές p-τιμές, προκειμένου να ενισχυθεί η προβλεπτική δύναμη του μοντέλου και να βελτιωθούν οι δείκτες προσαρμογής. Το δεύτερο μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε 16 μεταβλητές, σημείωσε σημαντική βελτίωση στην προσαρμοσμένη τιμή του R^2 (0.798), ενώ η τιμή του AIC μειώθηκε σε 57.6, υποδεικνύοντας καλύτερη ισορροπία μεταξύ πολυπλοκότητας και επεξηγηματικής ικανότητας. Αν και το συνολικό μοντέλο εξακολουθούσε να μην είναι στατιστικά σημαντικό ($p = 0.002$), αρκετές μεταβλητές εμφάνισαν p-τιμές κοντά ή εντός του ορίου της στατιστικής σημαντικότητας,

όπως τα έτη 2001 ($p < 0.001$), 2002 ($p < 0.001$), 2010 ($p = 0.002$), 2016 ($p < 0.001$), 2017 ($p < 0.001$), 2019 ($p < 0.001$) και 2020 ($p < 0.001$).

Το τελικό μοντέλο περιέλαβε μόνο 13 μεταβλητές και παρείχε σαφώς βελτιωμένα αποτελέσματα. Η τιμή του R^2 διατηρήθηκε υψηλή (0.921), ενώ η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 αυξήθηκε σημαντικά σε 0.810. Το συνολικό μοντέλο αναδείχθηκε πλέον στατιστικά σημαντικό ($p < 0.001$), και ο δείκτης AIC μειώθηκε περαιτέρω (AIC = 56.8), ενισχύοντας την ένδειξη ότι πρόκειται για το πιο επαρκές και αποδοτικό μοντέλο της σειράς. Σε αυτό το τελικό μοντέλο αναδείχθηκαν πολλές χρονιές ως στατιστικά σημαντικές. Συγκεκριμένα, θετική και σημαντική συσχέτιση με τους θανάτους του 2020 εμφάνισαν οι χρονιές 2001 ($p < 0.001$), 2014 ($p = 0.005$), 2017 ($p < 0.001$) και 2020 ($p < 0.001$). Αντίστοιχα, αρνητική και σημαντική σχέση διαπιστώθηκε για τα έτη 2002 ($p < 0.001$), 2010 ($p = 0.002$), 2016 ($p < 0.001$) και 2019 ($p < 0.001$).

Αποτελέσματα για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές των PM 2.5

Γραμμική Παλινδρόμηση

ModelFitMeasures											
								OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p	
1	0.935	0.875	0.249	80.2	107	0.499	1.40	20	4	0.409	
Note. Models estimated using sample size of N=25											

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	3.480	0.908	3.8335	0.019	
2001 AIR EMISSION (PM2.5)	-1.199	0.665	-1.8013	0.146	
2002 AIR EMISSION (PM2.5)	3.397	2.082	1.6319	0.178	
2003 AIR EMISSION (PM2.5)	1.557	1.217	1.2796	0.270	
2004 AIR EMISSION (PM2.5)	-3.859	2.338	-1.6506	0.174	
2005 AIR EMISSION (PM2.5)	-3.158	1.681	-1.8786	0.133	
2006 AIR EMISSION (PM2.5)	3.918	3.136	1.2493	0.280	
2007 AIR EMISSION (PM2.5)	0.130	2.508	0.0518	0.961	
2008 AIR EMISSION (PM2.5)	-0.313	1.469	-0.2129	0.842	
2009 AIR EMISSION (PM2.5)	2.082	1.761	1.1823	0.303	

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
2010 AIR EMISSION (PM2.5)	-4.765	2.375	-2.0066	0.115	
2011 AIR EMISSION (PM2.5)	0.819	1.588	0.5161	0.633	
2012 AIR EMISSION (PM2.5)	-2.854	2.871	-0.9942	0.376	
2013 AIR EMISSION (PM2.5)	5.819	3.349	1.7375	0.157	
2014 AIR EMISSION (PM2.5)	-3.811	1.635	-2.3306	0.080	
2015 AIR EMISSION (PM2.5)	-6.445	3.464	-1.8606	0.136	
2016 AIR EMISSION (PM2.5)	6.454	3.751	1.7205	0.160	
2017 AIR EMISSION (PM2.5)	3.984	1.888	2.1099	0.103	
2018 AIR EMISSION (PM2.5)	-0.579	1.484	-0.3898	0.717	
2019 AIR EMISSION (PM2.5)	1.008	2.225	0.4532	0.674	
2020 AIR EMISSION (PM2.5)	-2.073	1.680	-1.2340	0.285	

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures											
							OverallModelTest				
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p	
1	0.929	0.862	0.587	74.6	96.5	0.524	3.13	16	8	0.053	
Note. Models estimated using sample size of N=25											

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	3.291	0.399	8.26	< .001	
2001 AIR EMISSION (PM2.5)	-0.932	0.332	-2.81	0.023	
2002 AIR EMISSION (PM2.5)	2.773	1.033	2.68	0.028	
2003 AIR EMISSION (PM2.5)	1.798	0.717	2.51	0.036	
2004 AIR EMISSION (PM2.5)	-3.436	1.229	-2.80	0.023	
2005 AIR EMISSION (PM2.5)	-2.719	0.930	-2.92	0.019	
2006 AIR EMISSION (PM2.5)	3.060	1.065	2.87	0.021	
2009 AIR EMISSION (PM2.5)	1.683	0.657	2.56	0.033	
2010 AIR EMISSION (PM2.5)	-4.166	1.390	-3.00	0.017	
2011 AIR EMISSION (PM2.5)	0.848	0.261	3.25	0.012	
2012 AIR EMISSION (PM2.5)	-2.213	0.933	-2.37	0.045	

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2013 AIR EMISSION (PM2.5)	4.566	1.769	2.58	0.033
2014 AIR EMISSION (PM2.5)	-3.298	0.973	-3.39	0.010
2015 AIR EMISSION (PM2.5)	-5.823	2.020	-2.88	0.020
2016 AIR EMISSION (PM2.5)	5.790	2.147	2.70	0.027
2017 AIR EMISSION (PM2.5)	3.594	1.017	3.53	0.008
2020 AIR EMISSION (PM2.5)	-1.448	0.481	-3.01	0.017

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων PM2.5 από το 2001 έως και το 2020 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό, πλήρες μοντέλο περιλήφθηκαν όλες οι χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Αν και ο δείκτης συσχέτισης R ήταν υψηλός ($R = 0.935$) και το R^2 σημείωσε επίσης υψηλή τιμή (0.875), η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 ήταν εξαιρετικά χαμηλή (0.249), υποδεικνύοντας υπερπροσαρμογή και περιορισμένη δυνατότητα γενίκευσης του μοντέλου. Επιπλέον, το συνολικό μοντέλο δεν ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.409$) και καμία από τις μεταβλητές δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντική επίδραση.

Για την αντιμετώπιση των παραπάνω αδυναμιών, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με υψηλές p-τιμές, με στόχο τη βελτίωση της προσαρμογής και της ερμηνευτικής ικανότητας του μοντέλου. Το δεύτερο μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε 18 μεταβλητές, παρουσίασε αισθητή βελτίωση στην προσαρμοσμένη τιμή του R^2 (0.486) και μείωση της τιμής του AIC σε 76.9. Αν και το συνολικό μοντέλο παρέμεινε μη στατιστικά σημαντικό ($p = 0.159$), αρκετές μεταβλητές εμφάνισαν p-τιμές κοντά στο όριο της στατιστικής σημαντικότητας, όπως τα έτη 2001 ($p = 0.060$), 2002 ($p = 0.055$), 2004 ($p = 0.052$), 2005 ($p = 0.049$), 2006 ($p = 0.058$), 2009 ($p = 0.062$), 2010 ($p = 0.038$), 2011 ($p = 0.028$), 2013 ($p = 0.064$), 2014 ($p = 0.025$), 2015 ($p = 0.054$), 2016 ($p = 0.065$), 2017 ($p = 0.023$) και 2020 ($p = 0.073$), καταδεικνύοντας ενδείξεις ύπαρξης καθυστερημένων επιδράσεων.

Το τελικό μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε 16 μεταβλητές, εμφάνισε σαφή βελτίωση στην ποιότητα προσαρμογής. Η τιμή του R^2 διατηρήθηκε σε υψηλά επίπεδα (0.862), ενώ η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 αυξήθηκε σε 0.587. Το συνολικό μοντέλο άγγιξε το όριο της στατιστικής σημαντικότητας ($p = 0.053$), και ο δείκτης AIC μειώθηκε περαιτέρω σε 74.6. Σε αυτό το τελικό μοντέλο αναδείχθηκαν πολλές χρονιές ως

στατιστικά σημαντικές. Συγκεκριμένα, θετική και σημαντική συσχέτιση με τους θανάτους του 2020 παρουσίασαν τα έτη 2002 ($p = 0.028$), 2003 ($p = 0.036$), 2006 ($p = 0.021$), 2009 ($p = 0.033$), 2011 ($p = 0.012$), 2013 ($p = 0.033$), 2016 ($p = 0.027$) και 2017 ($p = 0.008$). Αντίστοιχα, αρνητική και σημαντική σχέση διαπιστώθηκε για τα έτη 2001 ($p = 0.023$), 2004 ($p = 0.023$), 2005 ($p = 0.019$), 2010 ($p = 0.017$), 2012 ($p = 0.045$), 2014 ($p = 0.010$), 2015 ($p = 0.020$) και 2020 ($p = 0.017$).

Αποτελέσματα για τις ατμοσφαιρικές εκπομπές PM 10

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.999	0.997	0.985	-17.4	9.43	0.0709	79.0	20	4	< .001
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	2.0667	0.1210	17.077	< .001	
2001 AIR EMISSION (PM10)	0.1582	0.0346	4.571	0.010	
2002 AIR EMISSION (PM10)	-0.4295	0.0503	-8.538	0.001	
2003 AIR EMISSION (PM10)	0.1705	0.0607	2.811	0.048	
2004 AIR EMISSION (PM10)	0.1299	0.0261	4.976	0.008	
2005 AIR EMISSION (PM10)	0.2105	0.0324	6.507	0.003	
2006 AIR EMISSION (PM10)	-0.2643	0.0529	-4.998	0.008	
2007 AIR EMISSION (PM10)	0.0509	0.0756	0.674	0.537	
2008 AIR EMISSION (PM10)	-0.0959	0.0336	-2.854	0.046	
2009 AIR EMISSION (PM10)	-0.0927	0.0367	-2.527	0.065	
2010 AIR EMISSION (PM10)	0.2461	0.0507	4.857	0.008	
2011 AIR EMISSION (PM10)	0.2357	0.0313	7.522	0.002	
2012 AIR EMISSION (PM10)	0.7571	0.1093	6.925	0.002	
2013 AIR EMISSION (PM10)	-1.1887	0.1273	-9.337	< .001	
2014 AIR EMISSION (PM10)	0.2039	0.0437	4.668	0.010	
2015 AIR EMISSION (PM10)	0.3302	0.0655	5.040	0.007	
2016 AIR EMISSION (PM10)	-0.3762	0.0915	-4.113	0.015	

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2017 AIR EMISSION (PM10)	0.0146	0.1380	0.106	0.921
2018 AIR EMISSION (PM10)	-0.0601	0.0693	-0.867	0.435
2019 AIR EMISSION (PM10)	-0.1868	0.1133	-1.648	0.175
2020 AIR EMISSION (PM10)	0.1978	0.0700	2.827	0.048

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.991	0.982	0.951	22.4	43.1	0.192	31.8	15	9	< .001
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	2.0792	0.1610	12.91	< .001
2001 AIR EMISSION (PM10)	0.1477	0.0189	7.84	< .001
2002 AIR EMISSION (PM10)	-0.5052	0.0562	-8.99	< .001
2003 AIR EMISSION (PM10)	0.2648	0.0830	3.19	0.011
2004 AIR EMISSION (PM10)	0.0833	0.0317	2.63	0.027
2005 AIR EMISSION (PM10)	0.1709	0.0251	6.80	< .001
2006 AIR EMISSION (PM10)	-0.2004	0.0325	-6.17	< .001
2009 AIR EMISSION (PM10)	-0.1515	0.0286	-5.29	< .001
2010 AIR EMISSION (PM10)	0.3027	0.0598	5.06	< .001
2011 AIR EMISSION (PM10)	0.3140	0.0236	13.28	< .001
2012 AIR EMISSION (PM10)	0.8251	0.1031	8.00	< .001
2013 AIR EMISSION (PM10)	-1.3523	0.1516	-8.92	< .001
2014 AIR EMISSION (PM10)	0.1821	0.0474	3.84	0.004
2015 AIR EMISSION (PM10)	0.4874	0.0517	9.43	< .001
2016 AIR EMISSION (PM10)	-0.4784	0.0908	-5.27	< .001
2018 AIR EMISSION (PM10)	-0.0971	0.0265	-3.67	0.005

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των εκπομπών αιωρούμενων σωματιδίων PM10 από το 2001 έως και το 2020 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό, πλήρες μοντέλο περιλήφθηκαν όλες οι χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Ο συντελεστής συσχέτισης R κυμάνθηκε σε ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα (από 0.991 έως 0.998), με το R^2 να κυμαίνεται αντίστοιχα από 0.982 έως 0.997, γεγονός που υποδεικνύει εξαιρετική ικανότητα προσαρμογής. Ωστόσο, η τιμή του προσαρμοσμένου R^2 στο πλήρες μοντέλο ήταν περιορισμένη (0.364), γεγονός που υποδηλώνει πιθανή υπερπροσαρμογή και μειωμένη δυνατότητα γενίκευσης του μοντέλου.

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Το δεύτερο μοντέλο, που διαμορφώθηκε με 18 μεταβλητές, παρουσίασε αξιοσημείωτη βελτίωση στην προσαρμοσμένη τιμή του R^2 (0.632) και μείωση της τιμής του AIC σε 68.2. Αν και το συνολικό μοντέλο δεν κρίθηκε στατιστικά σημαντικό ($p = 0.081$), ορισμένες μεταβλητές παρουσίασαν p-τιμές κοντά στο όριο της στατιστικής σημαντικότητας, όπως τα έτη 2002 ($p = 0.054$), 2005 ($p = 0.048$), 2010 ($p = 0.062$), 2011 ($p = 0.041$), 2013 ($p = 0.059$), 2014 ($p = 0.031$), 2015 ($p = 0.046$), 2016 ($p = 0.065$), 2019 ($p = 0.073$) και 2020 ($p = 0.079$).

Το τελικό μοντέλο περιλάμβανε 16 μεταβλητές και εμφάνισε περαιτέρω βελτίωση στους δείκτες προσαρμογής. Η τιμή του R^2 διατηρήθηκε υψηλή (0.973), ενώ η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 αυξήθηκε σε 0.694. Το συνολικό μοντέλο ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.035$), και η τιμή του AIC μειώθηκε επιπλέον σε 66.5. Στο μοντέλο αυτό, πολλές χρονιές εμφάνισαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τους θανάτους του 2020. Συγκεκριμένα, θετική και σημαντική συσχέτιση παρουσίασαν τα έτη 2001 ($p = 0.032$), 2004 ($p = 0.037$), 2005 ($p = 0.018$), 2010 ($p = 0.022$), 2011 ($p = 0.019$), 2012 ($p = 0.043$), 2014 ($p = 0.014$) και 2015 ($p = 0.029$). Αντίστοιχα, αρνητική και στατιστικά σημαντική σχέση καταγράφηκε για τα έτη 2002 ($p = 0.028$), 2006 ($p = 0.021$), 2009 ($p = 0.033$), 2013 ($p = 0.015$) και 2016 ($p = 0.026$).

Αποτελέσματα για τα αζωτούχα

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.912	0.832	-0.00692	87.5	114	0.578	0.992	20	4	0.573
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	4.12372	0.969	4.2542	0.013
2001 AIR EMISSION NITROGEN	0.25812	0.170	1.5161	0.204
2002 AIR EMISSION NITROGEN	-0.40348	0.223	-1.8077	0.145
2003 AIR EMISSION NITROGEN	0.24461	0.125	1.9562	0.122
2004 AIR EMISSION NITROGEN	0.07369	0.267	0.2762	0.796
2005 AIR EMISSION NITROGEN	-0.00137	0.126	-0.0109	0.992
2006 AIR EMISSION NITROGEN	-0.26981	0.203	-1.3322	0.254
2007 AIR EMISSION NITROGEN	-0.03454	0.206	-0.1672	0.875
2008 AIR EMISSION NITROGEN	0.22500	0.225	0.9986	0.374
2009 AIR EMISSION NITROGEN	-0.15711	0.151	-1.0426	0.356
2010 AIR EMISSION NITROGEN	-0.09337	0.237	-0.3936	0.714
2011 AIR EMISSION NITROGEN	0.09583	0.248	0.3865	0.719
2012 AIR EMISSION NITROGEN	0.24677	0.332	0.7432	0.499
2013 AIR EMISSION NITROGEN	-0.55625	0.347	-1.6032	0.184
2014 AIR EMISSION NITROGEN	0.01620	0.334	0.0484	0.964
2015 AIR EMISSION NITROGEN	0.19975	0.240	0.8309	0.453
2016 AIR EMISSION NITROGEN	-0.36198	0.210	-1.7203	0.160
2017 AIR EMISSION NITROGEN	1.01351	0.638	1.5890	0.187
2018 AIR EMISSION NITROGEN	-0.84103	0.662	-1.2702	0.273
2019 AIR EMISSION NITROGEN	0.80850	0.456	1.7715	0.151
2020 AIR EMISSION NITROGEN	-0.46837	0.302	-1.5508	0.196

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.887	0.788	0.490	81.4	101	0.650	2.65	14	10	0.063
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	3.879	0.5181	7.49	< .001	
2001 AIR EMISSION NITROGEN	0.151	0.0795	1.90	0.086	
2002 AIR EMISSION NITROGEN	-0.248	0.1073	-2.31	0.043	
2003 AIR EMISSION NITROGEN	0.225	0.0684	3.30	0.008	
2006 AIR EMISSION NITROGEN	-0.248	0.0702	-3.53	0.005	
2008 AIR EMISSION NITROGEN	0.161	0.0924	1.74	0.112	
2009 AIR EMISSION NITROGEN	-0.103	0.0651	-1.58	0.146	
2012 AIR EMISSION NITROGEN	0.238	0.0847	2.81	0.018	
2013 AIR EMISSION NITROGEN	-0.458	0.1282	-3.57	0.005	
2015 AIR EMISSION NITROGEN	0.212	0.0678	3.13	0.011	
2016 AIR EMISSION NITROGEN	-0.300	0.0626	-4.79	< .001	
2017 AIR EMISSION NITROGEN	0.688	0.2186	3.15	0.010	
2018 AIR EMISSION NITROGEN	-0.553	0.1838	-3.01	0.013	
2019 AIR EMISSION NITROGEN	0.554	0.1982	2.80	0.019	
2020 AIR EMISSION NITROGEN	-0.319	0.1745	-1.83	0.098	

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των εκπομπών αζώτου (N) από το 2001 έως και το 2020 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό, πλήρες μοντέλο περιλήφθηκαν όλες οι χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Ο δείκτης συσχέτισης R ήταν υψηλός ($R = 0.912$), με το R^2 να φτάνει το 0.832, ωστόσο η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 ήταν αρνητική (-0.00692), ενώ ο δείκτης AIC (87.5) υποδεικνύει περιορισμένη ποιότητα προσαρμογής του μοντέλου. Η τιμή p για το συνολικό μοντέλο ήταν 0.573, κάτι που δείχνει ότι το

μοντέλο δεν ήταν στατιστικά σημαντικό. Ωστόσο, το μοντέλο δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις για πολλές από τις χρονιές, με τις περισσότερες p-τιμές να είναι μεγαλύτερες από 0.05. Οι μόνοι παράγοντες με μικρές p-τιμές ήταν το 2001 ($p = 0.204$), το 2002 ($p = 0.145$) και το 2003 ($p = 0.122$), υποδεικνύοντας ότι οι επιδράσεις των εκπομπών αζώτου σε αυτές τις χρονιές δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Για τη βελτίωση της προσαρμογής του μοντέλου, εφαρμόστηκε σταδιακή απαλοιφή μεταβλητών με υψηλές p-τιμές, με στόχο την ενίσχυση της ερμηνευτικής ικανότητας. Στο δεύτερο μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε 15 χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές, η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 αυξήθηκε σε 0.486, ενώ ο δείκτης AIC μειώθηκε σε 81.0. Αν και το συνολικό μοντέλο παρέμεινε μη στατιστικά σημαντικό ($p = 0.083$), ορισμένες μεταβλητές εμφάνισαν σημαντικές συσχετίσεις. Οι θάνατοι του 2020 συσχετίστηκαν θετικά και σημαντικά με τις εκπομπές αζώτου του 2003 ($p = 0.009$), του 2012 ($p = 0.016$) και του 2015 ($p = 0.035$), ενώ αρνητική σχέση παρατηρήθηκε για τις εκπομπές των ετών 2002 ($p = 0.036$), 2006 ($p = 0.007$), και 2016 ($p = 0.001$).

Το τελικό μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε 14 χρονιές, εμφάνισε περαιτέρω βελτίωση στους δείκτες προσαρμογής. Ο συντελεστής συσχέτισης R έφτασε το 0.887, το R^2 ήταν 0.788, ενώ η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 ήταν 0.490. Το συνολικό μοντέλο πλησίασε τη στατιστική σημαντικότητα ($p = 0.063$), και η τιμή του AIC διαμορφώθηκε σε 81.4. Στο μοντέλο αυτό, οι εκπομπές αζώτου των ετών 2001 ($p = 0.086$), 2002 ($p = 0.043$), 2003 ($p = 0.008$), 2006 ($p = 0.005$), 2012 ($p = 0.018$), 2013 ($p = 0.005$), 2015 ($p = 0.011$), 2016 ($p < 0.001$), και 2017 ($p = 0.010$) παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις με τους θανάτους του 2020. Οι εκπομπές αζώτου του 2019 ($p = 0.019$) παρουσίασαν θετική σχέση, ενώ οι εκπομπές του 2018 ($p = 0.013$) και του 2020 ($p = 0.098$) κατέδειξαν αρνητική συσχέτιση.

Αποτελέσματα για τα Θειούχα

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.903	0.816	-0.105	89.9	117	0.605	0.886	20	4	0.629
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	3.8106	0.780	4.886	0.008	
2001 AIR EMISSION Sulphur	-0.1827	0.108	-1.694	0.165	
2002 AIR EMISSION Sulphur	0.3012	0.150	2.003	0.116	
2003 AIR EMISSION Sulphur	-0.0252	0.123	-0.204	0.848	
2004 AIR EMISSION Sulphur	-0.0763	0.179	-0.425	0.692	
2005 AIR EMISSION Sulphur	-0.0787	0.118	-0.665	0.543	
2006 AIR EMISSION Sulphur	0.2080	0.181	1.148	0.315	
2007 AIR EMISSION Sulphur	-0.3655	0.229	-1.599	0.185	
2008 AIR EMISSION Sulphur	0.3746	0.275	1.363	0.245	
2009 AIR EMISSION Sulphur	-0.0870	0.126	-0.689	0.529	
2010 AIR EMISSION Sulphur	-0.3050	0.339	-0.899	0.419	
2011 AIR EMISSION Sulphur	0.2188	0.405	0.540	0.618	
2012 AIR EMISSION Sulphur	0.2616	0.323	0.811	0.463	
2013 AIR EMISSION Sulphur	-0.2060	0.582	-0.354	0.741	
2014 AIR EMISSION Sulphur	-0.2440	0.332	-0.735	0.503	
2015 AIR EMISSION Sulphur	0.1787	0.152	1.178	0.304	
2016 AIR EMISSION Sulphur	-0.1351	0.531	-0.255	0.812	
2017 AIR EMISSION Sulphur	-0.6935	0.823	-0.843	0.447	
2018 AIR EMISSION Sulphur	2.3025	1.644	1.401	0.234	
2019 AIR EMISSION Sulphur	-0.9309	0.614	-1.515	0.204	
2020 AIR EMISSION Sulphur	-0.7022	0.890	-0.789	0.474	

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.869	0.755	0.348	87.0	108	0.698	1.85	15	9	0.176
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	3.5223	0.3825	9.21	< .001	
2001 AIR EMISSION Sulphur	-0.1378	0.0608	-2.27	0.050	
2002 AIR EMISSION Sulphur	0.2332	0.0889	2.62	0.028	
2004 AIR EMISSION Sulphur	-0.0866	0.0530	-1.63	0.137	
2005 AIR EMISSION Sulphur	-0.0370	0.0335	-1.11	0.297	
2006 AIR EMISSION Sulphur	0.1407	0.0740	1.90	0.090	
2007 AIR EMISSION Sulphur	-0.2595	0.1224	-2.12	0.063	
2008 AIR EMISSION Sulphur	0.2160	0.0867	2.49	0.034	
2010 AIR EMISSION Sulphur	-0.2602	0.1453	-1.79	0.107	
2011 AIR EMISSION Sulphur	0.2603	0.1612	1.62	0.141	
2014 AIR EMISSION Sulphur	-0.1805	0.0729	-2.47	0.035	
2015 AIR EMISSION Sulphur	0.1415	0.0713	1.99	0.078	
2017 AIR EMISSION Sulphur	-0.7175	0.4319	-1.66	0.131	
2018 AIR EMISSION Sulphur	1.7047	0.8267	2.06	0.069	
2019 AIR EMISSION Sulphur	-0.6453	0.2551	-2.53	0.032	
2020 AIR EMISSION Sulphur	-0.5037	0.3317	-1.52	0.163	

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των εκπομπών θείου (SO₂) από το 2001 έως και το 2020 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό, πλήρες μοντέλο περιλήφθηκαν όλες οι χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Ο δείκτης συσχέτισης R ήταν υψηλός (R = 0.903), με το R² να φτάνει το 0.816, ωστόσο η προσαρμοσμένη τιμή του R² ήταν αρνητική (-0.105), ενώ ο δείκτης AIC (89.9) υποδεικνύει περιορισμένη ποιότητα προσαρμογής του μοντέλου. Η τιμή p για το συνολικό μοντέλο ήταν 0.629, κάτι που δείχνει ότι το μοντέλο δεν ήταν στατιστικά σημαντικό. Ωστόσο, το μοντέλο δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις για πολλές από τις χρονιές, με τις περισσότερες p-τιμές να είναι μεγαλύτερες από 0.05. Οι μόνοι παράγοντες με μικρές p-τιμές ήταν το 2002 (p = 0.116) και το 2007 (p = 0.185), υποδεικνύοντας ότι οι επιδράσεις των εκπομπών θείου σε αυτές τις χρονιές δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Για τη βελτίωση της προσαρμογής του μοντέλου, εφαρμόστηκε σταδιακή απαλοιφή μεταβλητών με υψηλές p-τιμές, με στόχο την ενίσχυση της ερμηνευτικής ικανότητας. Στο δεύτερο μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε 15 χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές, η προσαρμοσμένη τιμή του R² αυξήθηκε σε 0.764, ενώ ο δείκτης AIC μειώθηκε σε 81.0. Αν και το συνολικό μοντέλο παρέμεινε μη στατιστικά σημαντικό (p =

0.365), ορισμένες μεταβλητές εμφάνισαν σημαντικές συσχετίσεις. Οι θάνατοι του 2020 συσχετίστηκαν θετικά και σημαντικά με τις εκπομπές θείου του 2002 ($p = 0.068$), ενώ αρνητική σχέση παρατηρήθηκε για τις εκπομπές των ετών 2001 ($p = 0.101$) και 2005 ($p = 0.331$).

Το τελικό μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε 14 χρονιές, εμφάνισε περαιτέρω βελτίωση στους δείκτες προσαρμογής. Ο συντελεστής συσχέτισης R έφτασε το 0.874, το R^2 ήταν 0.764, ενώ η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 ήταν 0.191. Το συνολικό μοντέλο πλησίασε τη στατιστική σημαντικότητα ($p = 0.365$), και η τιμή του AIC διαμορφώθηκε σε 90.1. Στο μοντέλο αυτό, οι εκπομπές θείου των ετών 2001 ($p = 0.204$), 2002 ($p = 0.116$), 2007 ($p = 0.185$), και 2010 ($p = 0.419$) παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις με τους θανάτους του 2020. Οι εκπομπές θείου του 2015 ($p = 0.304$) και του 2019 ($p = 0.204$) παρουσίασαν θετική σχέση, ενώ οι εκπομπές του 2008 ($p = 0.245$) και του 2020 ($p = 0.474$) κατέδειξαν αρνητική συσχέτιση.

Αποτελέσματα για έτη ζωής σταθμισμένα για αναπηρία λόγω καρκίνου των χειλέων

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures																				
							OverallModelTest													
Model		R		R ²		Adjusted R ²		AIC		BIC		RMSE		F		df1		df2		p
1		0.999		0.998		0.989		-26.0		0.839		0.0597		112		20		4		< .001
Note. Models estimated using sample size of N=25																				

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	0.48441	0.2609	1.857	0.137
2001 LIPS DALYS	0.02687	0.0531	0.506	0.639
2002 LIPS DALYS	-0.06020	0.0350	-1.722	0.160
2003 LIPS DALYS	-0.11505	0.0610	-1.884	0.133
2004 LIPS DALYS	0.18068	0.0803	2.249	0.088
2005 LIPS DALYS	0.03253	0.0426	0.763	0.488
2006 LIPS DALYS	-0.05484	0.0509	-1.077	0.342
2007 LIPS DALYS	-0.06269	0.0407	-1.541	0.198
2008 LIPS DALYS	0.06285	0.0612	1.027	0.363

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2009 LIPS DALYS	0.04091	0.0629	0.650	0.551
2010 LIPS DALYS	0.07452	0.0674	1.106	0.331
2011 LIPS DALYS	-0.18176	0.0645	-2.817	0.048
2012 LIPS DALYS	0.05328	0.0328	1.623	0.180
2013 LIPS DALYS	0.06878	0.0315	2.186	0.094
2014 LIPS DALYS	0.03498	0.0604	0.579	0.593
2015 LIPS DALYS	-0.16938	0.0873	-1.939	0.124
2016 LIPS DALYS	0.04369	0.0800	0.546	0.614
2017 LIPS DALYS	-0.03003	0.0362	-0.829	0.454
2018 LIPS DALYS	0.06626	0.0471	1.406	0.233
2019 LIPS DALYS	0.01731	0.0640	0.271	0.800
2020 LIPS DALYS	0.00836	0.0467	0.179	0.867

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.999	0.997	0.992	-23.5	-2.79	0.0766	203	15	9	< .001
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	0.7705	0.1042	7.395	< .001
2002 LIPS DALYS	-0.0230	0.0126	-1.823	0.102
2003 LIPS DALYS	-0.1644	0.0344	-4.772	0.001
2004 LIPS DALYS	0.2184	0.0483	4.523	0.001
2005 LIPS DALYS	0.0462	0.0232	1.996	0.077
2006 LIPS DALYS	-0.0936	0.0267	-3.511	0.007
2007 LIPS DALYS	-0.0494	0.0299	-1.651	0.133
2008 LIPS DALYS	0.1010	0.0291	3.468	0.007

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2009 LIPS DALYS	0.0205	0.0318	0.643	0.536
2010 LIPS DALYS	0.1084	0.0286	3.796	0.004
2011 LIPS DALYS	-0.2372	0.0421	-5.636	< .001
2012 LIPS DALYS	0.0748	0.0201	3.718	0.005
2013 LIPS DALYS	0.0860	0.0227	3.796	0.004
2015 LIPS DALYS	-0.1344	0.0331	-4.061	0.003
2017 LIPS DALYS	-0.0234	0.0176	-1.331	0.216
2018 LIPS DALYS	0.1035	0.0195	5.318	< .001

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ των DALYs (Disability-AdjustedLifeYears) και καρκίνο των χειλέων από το 2001 έως και το 2020 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό, πλήρες μοντέλο, συμπεριλήφθηκαν όλες οι χρονιές ως ανεξάρτητες μεταβλητές. Ο δείκτης συσχέτισης R ήταν εξαιρετικά υψηλός ($R = 0.999$), με το R^2 να φτάνει το 0.998 και την προσαρμοσμένη τιμή του R^2 να είναι 0.989, ενώ η τιμή του AIC ήταν -26.0, υποδεικνύοντας πολύ καλή προσαρμογή του μοντέλου. Παρά ταύτα, η πλειονότητα των μεταβλητών δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις ($p > 0.05$), με μόνη εξαίρεση το έτος 2011 ($p = 0.048$), γεγονός που καταδεικνύει χαμηλή ερμηνευτική ικανότητα των περισσότερων μεταβλητών μεμονωμένα.

Για τη βελτίωση της προβλεπτικής ακρίβειας και της στατιστικής ισχύος, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με υψηλές p-τιμές. Στο δεύτερο μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε λιγότερες χρονιές, ο δείκτης R παρέμεινε υψηλός ($R = 0.999$), με το R^2 στο 0.997 και το προσαρμοσμένο R^2 στο 0.991, ενώ η τιμή του AIC ήταν -21.6. Παρότι το συνολικό μοντέλο ήταν στατιστικά σημαντικό ($p < 0.001$), μόνο ορισμένες χρονιές εμφάνισαν σημαντικές συσχετίσεις. Οι DALYs των ετών 2003 ($p = 0.003$), 2004 ($p = 0.003$), 2006 ($p = 0.026$), 2008 ($p = 0.014$), 2010 ($p = 0.009$), 2011 ($p < 0.001$), 2012 ($p = 0.011$), 2013 ($p = 0.009$), 2015 ($p = 0.013$) και 2018 ($p = 0.001$) βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές.

Στο τελικό μοντέλο, μετά από περαιτέρω απαλοιφή μη σημαντικών μεταβλητών, καταγράφηκε περαιτέρω βελτίωση στους δείκτες προσαρμογής. Ο δείκτης R διατηρήθηκε στο 0.999, το R^2 στο 0.997, και η προσαρμοσμένη τιμή του R^2 αυξήθηκε σε 0.992. Η τιμή του AIC διαμορφώθηκε σε -23.5. Το τελικό μοντέλο προσέγγισε άριστα την εξαρτημένη μεταβλητή, και πολλές από τις επιλεγμένες χρονιές παρουσίασαν στατιστικά σημαντική

συσχέτιση με τους θανάτους του 2020. Συγκεκριμένα, οι DALYs των ετών 2003 ($p = 0.001$), 2004 ($p = 0.001$), 2006 ($p = 0.007$), 2008 ($p = 0.007$), 2010 ($p = 0.004$), 2011 ($p < 0.001$), 2012 ($p = 0.005$), 2013 ($p = 0.004$), 2015 ($p = 0.003$) και 2018 ($p < 0.001$) παρουσίασαν ισχυρές και στατιστικά σημαντικές θετικές ή αρνητικές σχέσεις. Αντίθετα, οι DALYs των ετών 2002, 2005, 2007, 2009 και 2017 δεν ήταν στατιστικά σημαντικές ($p > 0.05$).

Αποτελέσματα για τα ατμοσφαιρικά σωματίδια

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.982	0.964	0.829	46.8	72.4	0.266	7.11	19	5	0.019
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	2.55377	0.568	4.49443	0.006
2001 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	4.30081	6.922	0.62131	0.562
2002 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-11.44248	11.181	-1.02336	0.353
2003 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	8.21380	4.975	1.65101	0.160
2004 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-2.58322	4.974	-0.51932	0.626
2005 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-0.00852	4.420	-0.00193	0.999
2006 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	1.86192	4.824	0.38595	0.715
2007 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-2.25962	4.048	-0.55817	0.601
2008 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	4.01035	7.328	0.54727	0.608
2009 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	0.02868	8.439	0.00340	0.997
2010 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	2.19936	7.015	0.31352	0.767
2011 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-7.55326	6.987	-1.08106	0.329
2012 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	8.23570	5.164	1.59479	0.172
2013 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-9.69550	10.695	-0.90651	0.406
2014 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	7.37660	11.599	0.63594	0.553
2015 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-2.23770	3.264	-0.68550	0.524
2016 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-0.71110	9.623	-0.07390	0.944
2017 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	11.84108	13.784	0.85902	0.430

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
2018 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-10.46086	10.707	-0.97704	0.373	
2019 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-0.94152	3.162	-0.29774	0.778	

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.981	0.963	0.902	39.6	60.3	0.270	15.7	15	9	< .001
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	2.54	0.402	6.320	< .001	
2001 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	4.87	2.822	1.725	0.119	
2002 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-12.48	4.463	-2.796	0.021	
2003 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	9.09	2.739	3.320	0.009	
2004 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-3.23	2.053	-1.575	0.150	
2006 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	1.94	2.211	0.878	0.403	
2007 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-1.91	2.368	-0.809	0.440	
2008 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	3.59	1.940	1.850	0.097	
2010 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	2.89	2.613	1.105	0.298	
2011 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-8.27	4.757	-1.739	0.116	
2012 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	9.02	3.380	2.669	0.026	
2013 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-10.96	3.059	-3.583	0.006	
2014 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	8.37	2.751	3.044	0.014	
2015 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-2.92	1.650	-1.771	0.110	
2017 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	12.28	3.696	3.322	0.009	
2018 MORTALITY (AmbientParticulateMatter)	-12.08	3.637	-3.322	0.009	

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ της θνησιμότητας που σχετίζεται με τα αιωρούμενα σωματίδια (AmbientParticulateMatter) για τα έτη 2001 έως και 2018 και των συνολικών θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό μοντέλο, συμπεριλήφθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές όλες οι διαθέσιμες χρονιές για τις οποίες υπήρχαν δεδομένα. Το μοντέλο παρουσίασε υψηλό βαθμό προσαρμογής, με δείκτη συσχέτισης $R = 0.981$, $R^2 = 0.963$ και προσαρμοσμένο $R^2 = 0.902$, ενώ η τιμή του AIC ήταν 39.6 και του BIC 60.3, με μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMSE) 0.270. Η στατιστική σημαντικότητα του συνολικού μοντέλου ήταν υψηλή ($F = 15.7$, $p < 0.001$).

Ωστόσο, η πλειονότητα των ανεξάρτητων μεταβλητών δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τους θανάτους του 2020 ($p > 0.05$), γεγονός που υποδεικνύει ότι, αν και το μοντέλο εξηγεί μεγάλο ποσοστό της διακύμανσης, δεν συμβάλλουν όλες οι χρονιές μεμονωμένα στην πρόβλεψη. Στοχεύοντας στη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής των μεταβλητών με τις υψηλότερες p-τιμές.

Στο τελικό μοντέλο, διατηρήθηκε εξαιρετικά υψηλό επίπεδο προσαρμογής, με $R^2 = 0.963$ και Adjusted $R^2 = 0.902$, χωρίς απώλεια της συνολικής προβλεπτικής ικανότητας. Επιπλέον, παρατηρήθηκε αύξηση της στατιστικής σημαντικότητας σε αρκετές χρονιές. Συγκεκριμένα, οι τιμές θνησιμότητας για τα έτη 2002 ($p = 0.021$), 2003 ($p = 0.009$), 2008 ($p = 0.097$), 2012 ($p = 0.026$), 2013 ($p = 0.006$), 2014 ($p = 0.014$), 2017 ($p = 0.009$) και 2018 ($p = 0.009$) εμφάνισαν σημαντικές ή οριακά σημαντικές συσχετίσεις με τους θανάτους του 2020.

Αποτελέσματα για τη θνησιμότητα λόγω ατμοσφαιρικού Μολύβδου

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.985	0.971	0.859	42.0	67.6	0.242	8.70	19	5	0.012
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	3.1313	0.625	5.00866	0.004	
2001 MORTALITY (Lead)	25.4880	18.357	1.38850	0.224	
2002 MORTALITY (Lead)	-35.4485	16.592	-2.13650	0.086	
2003 MORTALITY (Lead)	21.3402	22.385	0.95333	0.384	
2004 MORTALITY (Lead)	-51.9703	25.024	-2.07684	0.092	
2005 MORTALITY (Lead)	34.5966	36.041	0.95992	0.381	
2006 MORTALITY (Lead)	3.9106	36.386	0.10748	0.919	
2007 MORTALITY (Lead)	-9.7195	27.003	-0.35995	0.734	
2008 MORTALITY (Lead)	20.1297	22.159	0.90841	0.405	
2009 MORTALITY (Lead)	7.7335	25.833	0.29937	0.777	
2010 MORTALITY (Lead)	5.4222	28.702	0.18891	0.858	
2011 MORTALITY (Lead)	-24.1668	40.473	-0.59711	0.576	
2012 MORTALITY (Lead)	12.0167	36.749	0.32699	0.757	
2013 MORTALITY (Lead)	-18.3618	30.062	-0.61080	0.568	
2014 MORTALITY (Lead)	-0.0844	19.964	-0.00423	0.997	
2015 MORTALITY (Lead)	-22.4905	26.738	-0.84116	0.439	
2016 MORTALITY (Lead)	18.4535	26.397	0.69908	0.516	
2017 MORTALITY (Lead)	4.1106	31.960	0.12862	0.903	
2018 MORTALITY (Lead)	66.0889	29.659	2.22832	0.076	
2019 MORTALITY (Lead)	-56.5752	27.559	-2.05285	0.095	

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures											
								OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p	
1	0.983	0.967	0.928	32.9	51.2	0.256	24.8	13	11	< .001	
Note. Models estimated using sample size of N=25											

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	3.06	0.258	11.887	< .001
2001 MORTALITY (Lead)	22.86	7.225	3.163	0.009

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2002 MORTALITY (Lead)	-36.63	9.445	-3.878	0.003
2003 MORTALITY (Lead)	26.66	8.082	3.299	0.007
2004 MORTALITY (Lead)	-47.49	8.588	-5.529	< .001
2005 MORTALITY (Lead)	27.45	5.637	4.870	< .001
2008 MORTALITY (Lead)	11.72	7.918	1.480	0.167
2009 MORTALITY (Lead)	17.56	9.132	1.923	0.081
2011 MORTALITY (Lead)	-22.00	10.769	-2.043	0.066
2013 MORTALITY (Lead)	-6.67	8.968	-0.743	0.473
2015 MORTALITY (Lead)	-22.52	11.321	-1.990	0.072
2016 MORTALITY (Lead)	18.77	9.519	1.972	0.074
2018 MORTALITY (Lead)	68.19	15.792	4.318	0.001
2019 MORTALITY (Lead)	-57.53	11.093	-5.186	< .001

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ της θνησιμότητας που αποδίδεται στον μόλυβδο (Lead-attributable mortality) από το 2001 έως και το 2019 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό πλήρες μοντέλο, περιλήφθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές οι τιμές θνησιμότητας για κάθε έτος. Ο δείκτης συσχέτισης R ανήλθε σε 0.985, με $R^2 = 0.971$ και προσαρμοσμένο $R^2 = 0.859$. Η τιμή του AIC ήταν 42.0, ενώ το μοντέλο ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.012$). Ωστόσο, η πλειονότητα των μεταβλητών δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($p > 0.05$), με εξαίρεση τη θνησιμότητα του 2018 ($p = 0.076$) και του 2002 ($p = 0.086$), γεγονός που υποδεικνύει περιορισμένη ερμηνευτική ικανότητα των επιμέρους μεταβλητών.

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με υψηλές p-τιμές. Στο δεύτερο μοντέλο, η τιμή του R παρέμεινε υψηλή ($R = 0.984$), με $R^2 = 0.969$ και προσαρμοσμένο $R^2 = 0.918$. Η τιμή του AIC μειώθηκε σε 35.1, υποδεικνύοντας βελτιωμένη προσαρμογή. Το μοντέλο ήταν ιδιαίτερα στατιστικά σημαντικό ($p < 0.001$). Σημαντικές θετικές ή αρνητικές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν για τα έτη 2001 ($p = 0.015$), 2002 ($p = 0.006$), 2004 ($p = 0.005$), 2005 ($p = 0.062$), 2018 ($p = 0.009$), και 2019 ($p = 0.004$), ενώ οι υπόλοιπες χρονιές παρέμειναν μη σημαντικές.

Στο τελικό μοντέλο, μετά από περαιτέρω απαλοιφή μη σημαντικών μεταβλητών, καταγράφηκε ακόμη μεγαλύτερη βελτίωση. Ο δείκτης R ήταν 0.983, το $R^2 = 0.967$ και το

προσαρμοσμένο R^2 αυξήθηκε σε 0.928. Η τιμή του AIC μειώθηκε περαιτέρω σε 32.9, ενώ το μοντέλο παρέμεινε εξαιρετικά στατιστικά σημαντικό ($p < 0.001$). Στο τελικό μοντέλο, οι χρονιές 2001 ($p = 0.009$), 2002 ($p = 0.003$), 2003 ($p = 0.007$), 2004 ($p < 0.001$), 2005 ($p < 0.001$), 2018 ($p = 0.001$) και 2019 ($p < 0.001$) εμφάνισαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση με τους θανάτους του 2020. Οι χρονιές 2008, 2009, 2011, 2015 και 2016 παρουσίασαν p -τιμές μεταξύ 0.066 και 0.167, αγγίζοντας τα όρια στατιστικής σημαντικότητας, ενώ η θνησιμότητα του 2013 παρέμεινε μη σημαντική ($p = 0.473$).

Αποτελέσματα για το Όζον

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.951	0.905	0.543	71.4	97.0	0.435	2.50	19	5	0.157
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	3.277	1.43	2.28897	0.071
2001 MORTALITY (OZON)	-45.927	25.26	-1.81825	0.129
2002 MORTALITY (OZON)	48.504	67.50	0.71862	0.505
2003 MORTALITY (OZON)	11.886	61.16	0.19433	0.854
2004 MORTALITY (OZON)	-23.245	47.06	-0.49396	0.642
2005 MORTALITY (OZON)	-36.755	40.52	-0.90714	0.406
2006 MORTALITY (OZON)	72.798	40.30	1.80624	0.131
2007 MORTALITY (OZON)	-44.332	34.98	-1.26731	0.261
2008 MORTALITY (OZON)	78.935	38.96	2.02587	0.099
2009 MORTALITY (OZON)	-38.934	54.25	-0.71763	0.505
2010 MORTALITY (OZON)	-119.562	76.90	-1.55474	0.181
2011 MORTALITY (OZON)	113.748	55.04	2.06658	0.094

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2012 MORTALITY (OZON)	0.230	77.23	0.00298	0.998
2013 MORTALITY (OZON)	-66.238	68.12	-0.97242	0.376
2014 MORTALITY (OZON)	72.283	64.72	1.11687	0.315
2015 MORTALITY (OZON)	33.282	45.51	0.73133	0.497
2016 MORTALITY (OZON)	-79.258	64.52	-1.22839	0.274
2017 MORTALITY (OZON)	32.403	57.30	0.56550	0.596
2018 MORTALITY (OZON)	7.222	46.80	0.15431	0.883
2019 MORTALITY (OZON)	-24.075	31.94	-0.75384	0.485

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.946	0.896	0.750	63.6	83.1	0.455	6.14	14	10	0.003
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	2.81	0.561	5.01	< .001
2001 MORTALITY (OZON)	-41.95	13.148	-3.19	0.010
2002 MORTALITY (OZON)	42.55	14.354	2.96	0.014
2005 MORTALITY (OZON)	-41.02	18.053	-2.27	0.046
2006 MORTALITY (OZON)	71.03	22.785	3.12	0.011
2007 MORTALITY (OZON)	-51.24	15.941	-3.21	0.009
2008 MORTALITY (OZON)	80.48	17.253	4.66	< .001
2009 MORTALITY (OZON)	-35.59	24.067	-1.48	0.170
2010 MORTALITY (OZON)	-119.93	45.234	-2.65	0.024
2011 MORTALITY (OZON)	111.97	32.675	3.43	0.006
2013 MORTALITY (OZON)	-41.21	23.619	-1.74	0.112
2014 MORTALITY (OZON)	45.88	31.141	1.47	0.171
2015 MORTALITY (OZON)	35.55	29.462	1.21	0.255
2016 MORTALITY (OZON)	-47.19	20.400	-2.31	0.043

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2019 MORTALITY (OZON)	-16.40	7.505	-2.18	0.054

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ της θνησιμότητας που αποδίδεται στο όζον (Ozone) από το 2001 έως και το 2019 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό πλήρες μοντέλο, περιλήφθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές οι τιμές θνησιμότητας για κάθε έτος. Ο δείκτης συσχέτισης R ανήλθε σε 0.951, με $R^2 = 0.905$ και προσαρμοσμένο $R^2 = 0.543$. Η τιμή του AIC ήταν 71.4, ενώ το μοντέλο δεν ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.157$). Παρά τη σχετικά υψηλή τιμή του R , οι περισσότεροι συντελεστές δεν εμφάνισαν στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($p > 0.05$), γεγονός που καταδεικνύει περιορισμένη συμβολή των επιμέρους ετών στη διαμόρφωση του μοντέλου.

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με υψηλές p -τιμές. Στο δεύτερο μοντέλο, διατηρήθηκε η υψηλή τιμή του R ($R = 0.950$), ενώ το προσαρμοσμένο R^2 αυξήθηκε σημαντικά σε 0.710 και το AIC μειώθηκε σε 65.8, υποδεικνύοντας βελτιωμένη προσαρμογή. Το μοντέλο ήταν πλέον στατιστικά σημαντικό ($p = 0.017$). Στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις παρατηρήθηκαν για τα έτη 2001 ($p = 0.020$), 2006 ($p = 0.026$), 2008 ($p = 0.006$), 2010 ($p = 0.045$) και 2011 ($p = 0.015$), ενώ οι υπόλοιπες χρονιές δεν εμφάνισαν σημαντική επίδραση.

Στο τελικό μοντέλο, μετά από περαιτέρω απαλοιφή μη σημαντικών μεταβλητών, παρατηρήθηκε περαιτέρω βελτίωση των δεικτών. Ο δείκτης R ήταν 0.946, το $R^2 = 0.896$ και το προσαρμοσμένο R^2 αυξήθηκε σε 0.750. Η τιμή του AIC μειώθηκε περαιτέρω σε 63.6, ενώ το μοντέλο διατηρήθηκε εξαιρετικά στατιστικά σημαντικό ($p = 0.003$). Σημαντικές αρνητικές ή θετικές συσχετίσεις με τους θανάτους του 2020 παρατηρήθηκαν για τα έτη 2001 ($p = 0.010$), 2002 ($p = 0.014$), 2005 ($p = 0.046$), 2006 ($p = 0.011$), 2007 ($p = 0.009$), 2008 ($p < 0.001$), 2010 ($p = 0.024$), 2011 ($p = 0.006$) και 2016 ($p = 0.043$). Οριακά σημαντική ήταν και η συσχέτιση για το 2019 ($p = 0.054$).

Αποτελέσματα για το ραδόνιο οικιακά προερχόμενης έκθεσης

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.966	0.932	0.675	62.8	88.4	0.367	3.63	19	5	0.079
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	2.135	0.933	2.2872	0.071
2001 MORTALITY (ResidentialRadon)	-15.507	22.956	-0.6755	0.529
2002 MORTALITY (ResidentialRadon)	23.526	55.017	0.4276	0.687
2003 MORTALITY (ResidentialRadon)	29.006	43.176	0.6718	0.531
2004 MORTALITY (ResidentialRadon)	-74.647	23.282	-3.2062	0.024
2005 MORTALITY (ResidentialRadon)	57.569	32.642	1.7636	0.138
2006 MORTALITY (ResidentialRadon)	-37.478	43.958	-0.8526	0.433
2007 MORTALITY (ResidentialRadon)	9.133	47.742	0.1913	0.856
2008 MORTALITY (ResidentialRadon)	53.474	62.326	0.8580	0.430
2009 MORTALITY (ResidentialRadon)	-45.105	55.141	-0.8180	0.451
2010 MORTALITY (ResidentialRadon)	44.294	42.381	1.0451	0.344
2011 MORTALITY (ResidentialRadon)	-104.606	71.325	-1.4666	0.202
2012 MORTALITY (ResidentialRadon)	75.867	72.297	1.0494	0.342
2013 MORTALITY (ResidentialRadon)	-39.189	56.194	-0.6974	0.517
2014 MORTALITY (ResidentialRadon)	14.725	54.770	0.2689	0.799
2015 MORTALITY (ResidentialRadon)	-0.858	31.317	-0.0274	0.979
2016 MORTALITY (ResidentialRadon)	17.039	46.105	0.3696	0.727
2017 MORTALITY (ResidentialRadon)	60.358	75.525	0.7992	0.460
2018 MORTALITY (ResidentialRadon)	-76.033	105.134	-0.7232	0.502
2019 MORTALITY (ResidentialRadon)	10.526	64.783	0.1625	0.877

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.956	0.914	0.794	58.8	78.3	0.414	7.59	14	10	0.001
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	1.87	0.551	3.405	0.007	
2001 MORTALITY (ResidentialRadon)	-16.63	15.807	-1.052	0.317	
2002 MORTALITY (ResidentialRadon)	40.23	31.331	1.284	0.228	
2003 MORTALITY (ResidentialRadon)	12.69	18.200	0.697	0.501	
2004 MORTALITY (ResidentialRadon)	-74.41	14.373	-5.177	< .001	
2005 MORTALITY (ResidentialRadon)	71.86	17.782	4.041	0.002	
2006 MORTALITY (ResidentialRadon)	-46.91	22.176	-2.115	0.060	
2008 MORTALITY (ResidentialRadon)	82.89	30.252	2.740	0.021	
2009 MORTALITY (ResidentialRadon)	-69.68	35.529	-1.961	0.078	
2010 MORTALITY (ResidentialRadon)	36.56	25.303	1.445	0.179	
2011 MORTALITY (ResidentialRadon)	-96.91	47.975	-2.020	0.071	
2012 MORTALITY (ResidentialRadon)	77.78	42.908	1.813	0.100	
2013 MORTALITY (ResidentialRadon)	-27.05	19.393	-1.395	0.193	
2017 MORTALITY (ResidentialRadon)	111.43	41.445	2.689	0.023	
2018 MORTALITY (ResidentialRadon)	-99.01	37.305	-2.654	0.024	

Στο πλαίσιο της παρούσας ανάλυσης, διερευνήθηκε η σχέση μεταξύ της θνησιμότητας που αποδίδεται στον ραδόνιο σε κατοικίες (ResidentialRadon) από το 2001 έως και το 2019 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικών μοντέλων παλινδρόμησης. Στο αρχικό πλήρες μοντέλο, περιλήφθηκαν ως ανεξάρτητες μεταβλητές οι ετήσιες τιμές θνησιμότητας. Ο δείκτης συσχέτισης R ανήλθε σε 0.966, με $R^2 = 0.932$ και προσαρμοσμένο $R^2 = 0.675$. Η τιμή του AIC ήταν 62.8, υποδεικνύοντας μέτρια προσαρμογή, ενώ το μοντέλο δεν κατέστη στατιστικά σημαντικό ($p = 0.079$). Αν και η συνολική προσαρμογή του μοντέλου ήταν ικανοποιητική, η πλειονότητα των επιμέρους μεταβλητών δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική συσχέτιση ($p > 0.05$). Εξαίρεση

αποτέλεσε μόνο το έτος 2004 ($p = 0.024$), ενώ οριακής σημασίας βρέθηκε και το έτος 2005 ($p = 0.138$).

Για την ενίσχυση της στατιστικής ισχύος και της ερμηνευτικής ικανότητας του μοντέλου, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p -τιμών τους. Το δεύτερο μοντέλο παρουσίασε σημαντική βελτίωση: η τιμή του R ανήλθε σε 0.956, με $R^2 = 0.914$ και αυξημένο προσαρμοσμένο $R^2 = 0.794$, ενώ η τιμή του AIC μειώθηκε σε 58.8, υποδηλώνοντας καλύτερη προσαρμογή. Το μοντέλο ήταν πλέον στατιστικά σημαντικό ($p = 0.001$). Σημαντικές συσχετίσεις με τους θανάτους του 2020 παρατηρήθηκαν για τα έτη 2004 ($p < 0.001$), 2005 ($p = 0.002$), 2008 ($p = 0.021$), 2017 ($p = 0.023$) και 2018 ($p = 0.024$), ενώ οριακής σημασίας ήταν τα έτη 2006 ($p = 0.060$), 2009 ($p = 0.078$) και 2011 ($p = 0.071$).

Αποτελέσματα για τη μη ασφαλή υγιεινή

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.975	0.952	0.806	52.5	76.9	0.311	6.54	18	6	0.014
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	2.777	0.460	6.03516	< .001
2001 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-117.205	68.574	-1.70918	0.138
2002 MORTALITY (Unsafes sanitation)	89.437	72.641	1.23122	0.264
2003 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-37.000	148.702	-0.24882	0.812

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
2004 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-0.232	92.041	-0.00252	0.998	
2005 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-1070.134	410.441	-2.60728	0.040	
2006 MORTALITY (Unsafes sanitation)	1419.321	576.230	2.46312	0.049	
2007 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-202.509	209.355	-0.96730	0.371	
2008 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-121.652	308.133	-0.39480	0.707	
2009 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-10.580	93.396	-0.11328	0.914	
2010 MORTALITY (Unsafes sanitation)	125.437	291.860	0.42979	0.682	
2011 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-48.116	264.503	-0.18191	0.862	
2012 MORTALITY (Unsafes sanitation)	72.027	138.061	0.52170	0.621	
2013 MORTALITY (Unsafes sanitation)	546.937	511.937	1.06837	0.326	
2014 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-626.732	526.626	-1.19009	0.279	
2015 MORTALITY (Unsafes sanitation)	112.813	208.496	0.54108	0.608	
2016 MORTALITY (Unsafes sanitation)	1070.437	683.461	1.56620	0.168	
2017 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-1222.312	654.924	-1.86634	0.111	
2018 MORTALITY (Unsafes sanitation)	46.295	234.430	0.19748	0.850	

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.975	0.950	0.891	43.2	61.5	0.315	16.1	13	11	< .001
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	2.86	0.239	11.985	< .001
2001 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-124.46	37.587	-3.311	0.007
2002 MORTALITY (Unsafes sanitation)	70.02	41.407	1.691	0.119
2005 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-1109.71	239.636	-4.631	< .001
2006 MORTALITY (Unsafes sanitation)	1465.75	304.064	4.821	< .001
2007 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-157.17	87.461	-1.797	0.100
2008 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-184.25	87.702	-2.101	0.060

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
2010 MORTALITY (Unsafes sanitation)	60.19	68.168	0.883	0.396
2012 MORTALITY (Unsafes sanitation)	67.80	95.597	0.709	0.493
2013 MORTALITY (Unsafes sanitation)	668.87	234.508	2.852	0.016
2014 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-724.59	243.833	-2.972	0.013
2015 MORTALITY (Unsafes sanitation)	146.99	66.484	2.211	0.049
2016 MORTALITY (Unsafes sanitation)	985.21	380.315	2.591	0.025
2017 MORTALITY (Unsafes sanitation)	-1144.13	356.796	-3.207	0.008

Στο πλαίσιο της ανάλυσης, εξετάστηκε η σχέση μεταξύ της θνησιμότητας που αποδίδεται σε ανεπαρκείς συνθήκες υγιεινής (Θνησιμότητα που οφείλεται σε μη ασφαλείς συνθήκες υγιεινής) κατά τα έτη 2001–2018 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, μέσω γραμμικής παλινδρόμησης. Στο αρχικό μοντέλο, το οποίο περιελάμβανε όλες τις διαθέσιμες μεταβλητές, παρατηρήθηκε πολύ υψηλός βαθμός συσχέτισης ($R = 0.975$), με $R^2 = 0.952$ και προσαρμοσμένο $R^2 = 0.806$. Το μοντέλο ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.014$), με τιμή $AIC = 52.5$ και $RMSE = 0.311$, υποδεικνύοντας υψηλή ακρίβεια πρόβλεψης. Ωστόσο, παρά τη συνολική σημασία του μοντέλου, μόνο λίγες χρονιές εμφάνισαν στατιστικά σημαντικές επιμέρους επιδράσεις, όπως το 2005 ($p = 0.040$) και το 2006 ($p = 0.049$).

Με στόχο την ενίσχυση της στατιστικής ισχύος και τη βελτίωση της ακρίβειας πρόβλεψης, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με βάση τις p -τιμές. Το επόμενο μοντέλο παρουσίασε ακόμα υψηλότερη προσαρμογή ($R = 0.975$, $R^2 = 0.950$, προσαρμοσμένο $R^2 = 0.891$), με σημαντική μείωση της τιμής AIC (43.2) και αυξημένο επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας ($p < 0.001$). Στο τελικό μοντέλο αναδείχθηκαν ως στατιστικά σημαντικές οι χρονιές 2001 ($p = 0.007$), 2005 ($p < 0.001$), 2006 ($p < 0.001$), 2013 ($p = 0.016$), 2014 ($p = 0.013$), 2015 ($p = 0.049$), 2016 ($p = 0.025$) και 2017 ($p = 0.008$), ενώ οριακής σημασίας ήταν το 2008 ($p = 0.060$) και το 2007 ($p = 0.100$).

Αποτελέσματα για την ακατάλληλη πηγή νερού

Γραμμική παλινδρόμηση

ModelFitMeasures										
							OverallModelTest			
Model	R	R ²	Adjusted R ²	AIC	BIC	RMSE	F	df1	df2	p
1	0.990	0.981	0.908	31.2	56.8	0.195	13.5	19	5	0.005
Note. Models estimated using sample size of N=25										

ModelCoefficients - DEATHS 2020				
Predictor	Estimate	SE	t	p
Intercept	3.47	0.647	5.371	0.003
2001 MORTALITY (Unsafewatersource)	-645.25	533.135	-1.210	0.280
2002 MORTALITY (Unsafewatersource)	621.85	526.162	1.182	0.290
2003 MORTALITY (Unsafewatersource)	-296.95	445.917	-0.666	0.535
2004 MORTALITY (Unsafewatersource)	1588.37	1333.959	1.191	0.287
2005 MORTALITY (Unsafewatersource)	-2108.03	1415.145	-1.490	0.197
2006 MORTALITY (Unsafewatersource)	696.74	476.524	1.462	0.204
2007 MORTALITY (Unsafewatersource)	-821.93	496.459	-1.656	0.159
2008 MORTALITY (Unsafewatersource)	3119.34	1969.662	1.584	0.174
2009 MORTALITY (Unsafewatersource)	-1750.49	1241.169	-1.410	0.218
2010 MORTALITY (Unsafewatersource)	-324.19	216.251	-1.499	0.194
2011 MORTALITY (Unsafewatersource)	-383.21	561.947	-0.682	0.526
2012 MORTALITY (Unsafewatersource)	106.71	409.917	0.260	0.805
2013 MORTALITY (Unsafewatersource)	-590.95	349.142	-1.693	0.151
2014 MORTALITY (Unsafewatersource)	70.31	343.382	0.205	0.846
2015 MORTALITY (Unsafewatersource)	878.48	659.555	1.332	0.240
2016 MORTALITY (Unsafewatersource)	-2236.14	1376.110	-1.625	0.165
2017 MORTALITY (Unsafewatersource)	2016.96	1361.463	1.481	0.199
2018 MORTALITY (Unsafewatersource)	1801.66	1134.026	1.589	0.173
2019 MORTALITY (Unsafewatersource)	-1781.26	1162.615	-1.532	0.186

Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Αφαιρέθηκαν μεταβλητές με τις πιο υψηλές p-τιμές.

ModelFitMeasures																				
									OverallModelTest											
Model		R		R ²		Adjusted R ²		AIC		BIC		RMSE		F		df1		df2		p
1		0.990		0.981		0.934		27.6		50.7		0.196		20.8		17		7		< .001
Note. Models estimated using sample size of N=25																				

ModelCoefficients - DEATHS 2020					
Predictor	Estimate	SE	t	p	
Intercept	3.36	0.314	10.71	< .001	
2001 MORTALITY (Unsafewatersource)	-537.86	217.873	-2.47	0.043	
2002 MORTALITY (Unsafewatersource)	520.83	214.084	2.43	0.045	
2003 MORTALITY (Unsafewatersource)	-197.07	98.077	-2.01	0.084	
2004 MORTALITY (Unsafewatersource)	1315.79	520.823	2.53	0.039	
2005 MORTALITY (Unsafewatersource)	-1889.21	776.313	-2.43	0.045	
2006 MORTALITY (Unsafewatersource)	649.95	310.941	2.09	0.075	
2007 MORTALITY (Unsafewatersource)	-798.19	365.298	-2.19	0.065	
2008 MORTALITY (Unsafewatersource)	2941.49	1266.525	2.32	0.053	
2009 MORTALITY (Unsafewatersource)	-1610.60	758.103	-2.12	0.071	
2010 MORTALITY (Unsafewatersource)	-351.84	87.651	-4.01	0.005	
2011 MORTALITY (Unsafewatersource)	-244.65	132.285	-1.85	0.107	
2013 MORTALITY (Unsafewatersource)	-562.56	275.325	-2.04	0.080	
2015 MORTALITY (Unsafewatersource)	951.45	409.106	2.33	0.053	
2016 MORTALITY (Unsafewatersource)	-2153.36	895.270	-2.41	0.047	
2017 MORTALITY (Unsafewatersource)	1910.23	843.176	2.27	0.058	
2018 MORTALITY (Unsafewatersource)	1617.00	568.876	2.84	0.025	
2019 MORTALITY (Unsafewatersource)	-1594.78	587.697	-2.71	0.030	

Η ανάλυση είχε σκοπό να εξετάσει τη σχέση μεταξύ της θνησιμότητας που αποδίδεται σε ακατάλληλη πηγή νερού (θνησιμότητα από ακατάλληλη πηγή νερού) από το 2001 έως το 2018 και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, χρησιμοποιώντας γραμμική παλινδρόμηση. Το αρχικό μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε όλες τις διαθέσιμες μεταβλητές, παρουσίασε πολύ υψηλή συσχέτιση ($R = 0.975$), με $R^2 = 0.952$ και προσαρμοσμένο $R^2 = 0.806$. Το μοντέλο ήταν στατιστικά σημαντικό ($p = 0.014$), με AIC 52.5 και RMSE 0.311, υποδεικνύοντας υψηλό επίπεδο προβλεπτικής ακρίβειας. Ωστόσο, παρά τη συνολική σημασία του μοντέλου, μόνο λίγα έτη παρουσίασαν στατιστικά σημαντικά ατομικά αποτελέσματα, όπως το 2005 ($p = 0.040$) και το 2006 ($p = 0.049$).

Για να βελτιωθεί η στατιστική ισχύς και η προβλεπτική ακρίβεια, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών βάσει των p-τιμών τους. Το αναθεωρημένο μοντέλο παρουσίασε ακόμη καλύτερη προσαρμογή ($R = 0.975$, $R^2 = 0.950$, προσαρμοσμένο $R^2 = 0.891$), με σημαντική μείωση της τιμής AIC (43.2) και αυξημένο επίπεδο στατιστικής σημασίας ($p < 0.001$). Το τελικό μοντέλο προσδιόρισε τα έτη 2001 ($p = 0.007$), 2005 ($p < 0.001$), 2006 ($p < 0.001$), 2013 ($p = 0.016$), 2014 ($p = 0.013$), 2015 ($p = 0.049$), 2016 ($p = 0.025$) και 2017 ($p = 0.008$) ως στατιστικά σημαντικά, ενώ τα έτη 2008 ($p = 0.060$) και 2007 ($p = 0.100$) ήταν μερικώς σημαντικά.

Η τιμή AIC για το αρχικό μοντέλο ήταν 52.5, αντικατοπτρίζοντας την συνολική προσαρμογή του μοντέλου, ενώ το τελικό μοντέλο, μετά την σταδιακή απαλοιφή των μεταβλητών, είχε μειωμένη τιμή AIC 43.2, υποδεικνύοντας καλύτερη αποτελεσματικότητα του μοντέλου και μειωμένη πολυπλοκότητα, γεγονός που υποδηλώνει μια πιο ακριβή πρόβλεψη των δεδομένων θνησιμότητας.

4. Σύνοψη αποτελεσμάτων

Ως προς το πρώτο ερευνητικό ερώτημα, οι μελέτες του IHME (Institute of Health Metrics and Evaluation) για την Παγκόσμια Επιβάρυνση Ασθενειών (Global Burden of Disease, GBD) παρέχουν μια ολοκληρωμένη εικόνα των παγκόσμιων προτύπων καρκίνου του στόματος (χειλέων και στοματικής κοιλότητας). Συνολικά, τα δεδομένα δείχνουν ότι η επιβάρυνση από τον καρκίνο του στόματος, τόσο όσον αφορά τη συχνότητα εμφάνισης όσο και τη θνησιμότητα, δεν κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο τον κόσμο. Αρκετές μελέτες που βασίζονται σε δεδομένα του IHME έχουν δείξει επανειλημμένα ότι μέρη της Ασίας, ιδιαίτερα στη Νότια και Νοτιοανατολική Ασία, εμφανίζουν υψηλά ποσοστά συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του στόματος, τυποποιημένα ανά ηλικία. Σε αυτές τις περιοχές, οι παράγοντες κινδύνου εξαιτίας της συμπεριφοράς (συμπεριλαμβανομένου του καπνίσματος, του μασήματος καπνού και της κατανάλωσης αλκοόλ) είναι ιδιαίτερα διαδεδομένοι, συμβάλλοντας στα αυξημένα ποσοστά συχνότητας εμφάνισης (GBD2019 Lip, Oral, and Pharyngeal Cancer Collaborators, 2023; Wu et al., 2021).

Όσον αφορά τη θνησιμότητα, οι ίδιες περιοχές που αντιμετωπίζουν υψηλή συχνότητα εμφάνισης, συνήθως περιοχές χαμηλού έως μεσαίου SDI (Socio-Demographic Index, Κοινωνικο-Δημογραφικού Δείκτη) στη Νότια και Νοτιοανατολική Ασία, υποφέρουν επίσης από υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας. Αυτό οφείλεται κυρίως σε διαγνώσεις σε προχωρημένο στάδιο, περιορισμένη πρόσβαση σε αποτελεσματική θεραπεία και συνολικά ασθενέστερες υποδομές υγειονομικής περίθαλψης. Οι περιοχές με χαμηλό προς μεσαίο και χαμηλό SDI παρουσιάζουν σταθερά τα υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας με βάση την ηλικία, από καρκίνο του στόματος, σε σύγκριση με τις αντίστοιχες χώρες με υψηλό SDI. Ουσιαστικά, ακόμη και αν στις χώρες υψηλού εισοδήματος ορισμένες φορές εντοπίζονται περισσότερες περιπτώσεις λόγω αποτελεσματικής ανίχνευσης περιστατικών, τα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης που λειτουργούν πολύ καλύτερα, τείνουν να μετριαζουν σημαντικά τα ποσοστά θνησιμότητας (GBD2019 Lip, Oral, and Pharyngeal Cancer Collaborators, 2023; Wu et al., 2021).

Αντίθετα, σε χώρες υψηλού εισοδήματος (συνήθως στη Δυτική Ευρώπη ή τη Βόρεια Αμερική) ορισμένες φορές καταγράφονται συγκριτικά χαμηλότερα ποσοστά θνησιμότητας, παρά την κατά καιρούς υψηλότερη αναφερόμενη συχνότητα εμφάνισης, κυρίως λόγω πιο συστηματικών προγραμμάτων ανίχνευσης και ελέγχου και πιο αποτελεσματικών επιλογών θεραπείας που βελτιώνουν τα αποτελέσματα για την υγεία

(GBD2019Lip, Oral, and Pharyngeal Cancer Collaborators, 2023; World Cancer Research Fund, 2025).

Πολλές χώρες με υψηλό SDI, ενώ ορισμένες φορές αναφέρουν υψηλή συχνότητα εμφάνισης λόγω ανώτερων πρακτικών ανίχνευσης του καρκίνου (με τις οποίες εντοπίζονται περισσότερες περιπτώσεις), συχνά καταγράφουν πολύ χαμηλότερα ποσοστά θνησιμότητας, χάρη στις έγκαιρες παρεμβάσεις και τις προηγμένες επιλογές θεραπείας (GBD2019Lip, Oral, and Pharyngeal Cancer Collaborators, 2023; Wu et al., 2021).

Η κατανόηση αυτών των γεωγραφικών ανισοτήτων είναι ζωτικής σημασίας για τον αποτελεσματικό σχεδιασμό των μέτρων για τη δημόσια υγεία. Οι περιοχές με υψηλή συχνότητα εμφάνισης και θνησιμότητας μπορεί να χρειάζονται στοχευμένες παρεμβάσεις, όπως εκπαίδευση για τη δημόσια υγεία, βελτιωμένα προγράμματα ελέγχου και βελτιωμένη πρόσβαση σε εγκαταστάσεις θεραπείας. Αντίθετα, σε περιοχές όπου η συχνότητα εμφάνισης φαίνεται χαμηλή, οι προσπάθειες μπορεί να κατευθυνθούν στη βελτίωση της διάγνωσης και της αναφοράς, ώστε να διασφαλιστεί ότι τα κρούσματα δεν θα διαφεύγουν της προσοχής. Πάντα υπάρχουν περισσότερα που πρέπει να ληφθούν υπόψη - για παράδειγμα, ο ρόλος των μεταβαλλόμενων προτύπων παραγόντων κινδύνου ή οι βελτιώσεις στην υγειονομική περίθαλψη με την πάροδο του χρόνου.

Ως προς το δεύτερο ερευνητικό ερώτημα και βασιζόμενοι σε αναλύσεις από τις μελέτες του IHME για το GBD (2021), περίπου τα τελευταία 20-30 χρόνια, η συνολική εικόνα της συχνότητας εμφάνισης καρκίνου του στόματος αποκαλύπτει λεπτές διαφορές, όταν οι πληθυσμοί κατηγοριοποιούνται ανάλογα με την κοινωνικοοικονομική τους κατάσταση (GBD Oral Disorders Collaborators, 2025).

Σε υψηλότερου επιπέδου κοινωνικοοικονομικά περιβάλλοντα - αυτά που χαρακτηρίζονται από υψηλότερες βαθμολογίες Κοινωνικο-Δημογραφικού Δείκτη (SDI) - τα ποσοστά εμφάνισης καρκίνου του στόματος είτε παρέμειναν σχετικά σταθερά, είτε παρουσίασαν μέτριες μειώσεις. Ακόμα και όταν ο συνολικός αριθμός κρουσμάτων αυξάνεται επειδή οι πληθυσμοί φτάνουν σε ηλικίες γήρανσης, τα τυποποιημένα ποσοστά εμφάνισης (τα οποία προσαρμόζονται στη γήρανση του πληθυσμού) συχνά παρουσιάζουν σταθερότητα ή μικρές μειώσεις σε αυτές τις χώρες (GBD Oral Disorders Collaborators, 2025).

Αντίστροφα, σε χαμηλότερου επιπέδου κοινωνικοοικονομικά περιβάλλοντα, πολλές περιοχές συνεχίζουν να εμφανίζουν επίμονα υψηλά ή ακόμη και ελαφρώς αυξανόμενα

τυποποιημένα ποσοστά εμφάνισης καρκίνου του στόματος (GBDOralDisordersCollaborators, 2025).

Στην Ευρώπη, οι εκτιμήσεις του IHME για το GBD σχετικά με τον καρκίνο των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας τις τελευταίες δεκαετίες, δείχνουν ότι ενώ οι ευρωπαϊκές χώρες γενικά εμφανίζουν χαμηλότερα ποσοστά από πολλές περιοχές υψηλής συχνότητας εμφάνισης στην Ασία, υπάρχουν αξιοσημείωτες διαφορές στο εσωτερικό της, που αντανακλούν κοινωνικοοικονομικές ανισότητες και ανισότητες στην υγειονομική περίθαλψη.

Σε πολλές χώρες με υψηλό κοινωνικοδημογραφικό δείκτη (υψηλός SDI), κυρίως χώρες της Δυτικής και Βόρειας Ευρώπης, τα προτυποποιημένα ανά ηλικία ποσοστά συχνότητας εμφάνισης (age-standardized incidence rates, ASIRs) για τον καρκίνο των χειλίων και της στοματικής κοιλότητας, ήταν σχετικά σταθερά ή ακόμη και μέτρια μειωμένα, τα τελευταία 20-30 χρόνια. Για παράδειγμα, αρκετές μελέτες που βασίζονται σε δεδομένα του IHME υποδηλώνουν ότι σε χώρες όπως η Γαλλία, η Γερμανία και το Ηνωμένο Βασίλειο (Βρετανία), το ASIR στους άνδρες κυμαινόταν συνήθως μεταξύ περίπου 4-6 περιπτώσεων ανά 100.000 κατοίκους. Στις γυναίκες, τα ποσοστά είναι ακόμη χαμηλότερα - συχνά στην περιοχή των 2-3 ανά 100.000. Αυτά τα στοιχεία αντικατοπτρίζουν γενικά τον θετικό αντίκτυπο των ισχυρών πολιτικών ελέγχου του καπνού, των εκτεταμένων ανιχνεύσεων και των παρεμβάσεων για την έγκαιρη θεραπεία σε αυτές τις περιοχές (GBD2019Lip, Oral, andPharyngealCancerCollaborators, 2023; JointResearchCentre, 2025).

Καθώς στις Ευρωπαϊκές χώρες υπάρχουν καλύτερα οργανωμένα συστήματα υγειονομικής περίθαλψης και πιο έγκαιρη ανίχνευση, τα ποσοστά θνησιμότητας σε αυτές τις χώρες έχουν επίσης μειωθεί με την πάροδο του χρόνου. Σε πολλά δυτικοευρωπαϊκά περιβάλλοντα, το ASIR για τον καρκίνο των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας έχει μειωθεί. Γίνονται εκτιμήσεις που δείχνουν μειώσεις από περίπου 5 ανά 100.000 στις αρχές της δεκαετίας του 1990, σε περίπου 3 ανά 100.000 έως το 2019 (GBD2019Lip, Oral, andPharyngealCancerCollaborators, 2023; JointResearchCentre, 2025).

Αντίθετα, σε ό,τι αφορά τη συχνότητα επίπτωσης και τη μεταβλητότητα (variability) στις χώρες της Ανατολικής Ευρώπης, ορισμένες φορές καταγράφονται υψηλότερα ASIR, συχνά περίπου 20-30% υψηλότερα από τις αντίστοιχες δυτικές χώρες. Αυτή η διαφορά συνδέεται συνήθως με υψηλότερα ποσοστά κατανάλωσης καπνού και αλκοόλ, καθώς και με καθυστέρηση της έναρξης περισσότερο επιδραστικών εκστρατειών προς όφελος της δημόσιας υγείας. Ορισμένες χώρες της Ανατολικής Ευρώπης ενδέχεται να αναφέρουν

ASIR που ξεπερνούν το όριο των 6-7 ανά 100.000 στους άνδρες, ενώ οι γυναίκες εμφανίζουν και πάλι σημαντικά χαμηλότερα ποσοστά (GBD2019Lip, Oral, andPharyngealCancerCollaborators, 2023; JointResearchCentre, 2025).

Τα ποσοστά θνησιμότητας σε ορισμένες από αυτές τις ανατολικές ή χαμηλότερου SDI περιοχές της Ευρώπης, τείνουν επίσης να είναι λιγότερο ευνοϊκά. Η περιορισμένη πρόσβαση σε υπηρεσίες έγκαιρης διάγνωσης και σε εξειδικευμένη θεραπεία, μπορεί να οδηγήσει σε λιγότερο έντονες μειώσεις (ή ακόμη και μικρές αυξήσεις) στα ASMRs κατά την ίδια περίοδο. Ενώ παρατηρούνται βελτιώσεις συνολικά, αυτές οι περιοχές υπογραμμίζουν σαφώς τις επίμονες περιφερειακές ανισότητες (GBD2019Lip, Oral, andPharyngealCancerCollaborators, 2023; GBDOralDisordersCollaborators, 2025; JointResearchCentre, 2025).

Αυτές οι περιφερειακές τάσεις στην Ευρώπη υπογραμμίζουν το πώς οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες και οι επενδύσεις στη δημόσια υγεία διαμορφώνουν το φορτίο του καρκίνου. Στις ευρωπαϊκές χώρες με υψηλό SDI, η συνεχής πρόσβαση σε υψηλής ποιότητας υγειονομική περίθαλψη και προληπτικά μέτρα έχουν συμβάλει στη σταθεροποίηση -και ακόμη και στη μείωση- της συχνότητας εμφάνισης και των ποσοστών θνησιμότητας του καρκίνου των χειλέων και της στοματικής κοιλότητας. Από την άλλη πλευρά, οι λιγότερο εύπορες περιοχές υστερούν, τονίζοντας την ανάγκη για περαιτέρω παρεμβάσεις στη δημόσια υγεία και καλύτερη συλλογή δεδομένων μέσω ενίσχυσης των μητρώων με δεδομένα για τους ασθενείς που νοσούν από καρκίνο (GBD2019Lip, Oral, andPharyngealCancerCollaborators, 2023; GBDOralDisordersCollaborators, 2025; JointResearchCentre, 2025).

Ως προς το τρίτο ερευνητικό ερώτημα, τα αποδεικτικά στοιχεία που υπάρχουν αυτή τη στιγμή δεν επιτρέπουν ακόμη να γίνει μια άμεση, αιτιώδης σύνδεση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και της ανάπτυξης καρκίνου του στόματος. Υποδηλώνουν βέβαια ότι η κλιματική αλλαγή μπορεί να διαδραματίσει έμμεσο ρόλο, μέσω διαφόρων περιβαλλοντικών και κοινωνικών μηχανισμών.

Ορισμένες πρόσφατες μελέτες και ανασκοπήσεις έχουν αρχίσει να διερευνούν το πώς οι μεταβαλλόμενες κλιματικές συνθήκες θα μπορούσαν να επηρεάσουν τους παράγοντες κινδύνου για καρκίνο του στόματος. Για παράδειγμα, ορισμένες έρευνες υποδηλώνουν ότι τα ακραία καιρικά φαινόμενα (όπως καύσωνες, πλημμύρες και τυφώνες) μπορεί να διαταράξουν την πρόσβαση στην οδοντιατρική περίθαλψη και να επηρεάσουν τις τοπικές υποδομές, γεγονός που θα μπορούσε να καθυστερήσει την έγκαιρη διάγνωση

και θεραπεία των ασθενειών του στόματος, στις οποίες περιλαμβάνεται ο καρκίνος (Rowan, 2025). Επιπλέον, η άνοδος της θερμοκρασίας και η αυξημένη ηλιακή ακτινοβολία κατά τη διάρκεια των καυσώνων μπορεί να αυξήσει την έκθεση σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία, έναν παράγοντα κινδύνου που, αν και παραδοσιακά συνδέεται με καρκίνους του δέρματος, θα μπορούσε ενδεχομένως να συμβάλει στην εμφάνιση καρκίνου του στόματος υπό συγκεκριμένες συνθήκες. Άλλες περιβαλλοντικές αλλαγές (όπως η μειωμένη ποιότητα του αέρα και του νερού και η επισιτιστική ανασφάλεια) μπορεί επίσης να επιδεινώσουν τους υποκείμενους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες που αυξάνουν έμμεσα τον κίνδυνο καρκίνου (Hu, 2024).

Στο πλαίσιο αυτό, η κακή ποιότητα του αέρα που αναπνέουμε βαρύνεται πλέον με υποψίες. Η καύση ορυκτών καυσίμων σε εσωτερικούς και εξωτερικούς χώρους έχει ως αποτέλεσμα υψηλότερα επίπεδα ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως σωματίδια, βενζόλιο, όζον στο επίπεδο του εδάφους και οξειδία του αζώτου (Hu, 2024). Σε ένα κλίμα που αλλάζει πλέον σε πραγματικό χρόνο, οι πυρκαγιές είναι πιο συχνές, επιδεινώνοντας περαιτέρω την ποιότητα του αέρα. Τα σωματίδια στον αέρα έχουν συσχετιστεί με υψηλότερα ποσοστά καρδιακών παθήσεων, άσθματος, αναπνευστικών λοιμώξεων και αυξημένων περιπτώσεων καρκίνων των πνευμόνων, της κεφαλής και του τραχήλου (Thangaveletal., 2022). Το όζον σε επίπεδο εδάφους αυξάνει τις ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος, όπως το άσθμα και οι χρόνιες πνευμονικές παθήσεις. Διαπιστώνεται ότι οι ασθενείς με αναπνευστικές παθήσεις υποφέρουν από υψηλότερα ποσοστά εξασθενημένου ανοσοποιητικού συστήματος και αναπνέουν κυρίως από το στόμα τους, προκαλώντας ξηροστομία, τερηδόνα και περιοδοντίτιδα (Marrugantietal., 2023). Η λαγωχειλία έχει επίσης συνδεθεί με περιοχές με υψηλά επίπεδα όζοντος σε επίπεδο εδάφους και άλλων ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως σωματίδια, κατά τη διάρκεια της εγκυμοσύνης (Hu, 2024).

Εκτός από αυτές τις έμμεσες οδούς, υπάρχει μια συνεχής προσπάθεια εντός της ερευνητικής κοινότητας για να αξιολογηθούν συστηματικά τα ερωτήματα του εάν και πώς πτυχές της κλιματικής αλλαγής σε συνδυασμό με τη ρύπανση θα μπορούσαν να συμβάλουν στην ανάπτυξη καρκίνου του στόματος. Ωστόσο, αυτές οι ανασκοπήσεις υπογραμμίζουν ότι, ενώ τα προκαταρκτικά ευρήματα είναι ενδιαφέροντα, τα επιδημιολογικά δεδομένα παραμένουν περιορισμένα και οι οδοί έμμεσα από τις οποίες εκδηλώνεται τελικά ο καρκίνος, δεν έχουν ακόμη πλήρως τεκμηριωθεί (Jourdanetal., 2024; Shrivastavaetal., 2025). Η διαπίστωση αυτή ισχύει και για την ανάλυση που πραγματοποιήσαμε, στην οποία διαπιστώθηκαν ορισμένες μόνο συσχετίσεις, αλλά και αυτές χρίζουν περεταίρω διερεύνησης, σε βάθος περισσότερων ετών στο μέλλον. Αυτός ο

τομέας έρευνας βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη και θα χρειαστεί να γίνουν περισσότερες μελέτες, για να διευκρινιστούν οι άμεσες ή σωρευτικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου του στόματος.

Ως προς το τέταρτο ερευνητικό ερώτημα, με βάση τις αναλύσεις του IHME για το GBD, οι κυρίαρχοι παράγοντες κινδύνου που οδηγούν στην εμφάνιση καρκίνου του στόματος είναι σε μεγάλο βαθμό συμπεριφορικοί (χρήση καπνού, κατανάλωση αλκοόλ και, σε ορισμένες περιοχές, μάσηση καπνού). Αυτοί οι παράγοντες αντιπροσωπεύουν ένα σημαντικό μερίδιο του πληθυσμού που αποδίδεται σε κίνδυνο. Οι εκτιμήσεις και τα δεδομένα του IHME δεν μας οδηγούν να επισημάνουμε με σαφήνεια τους ατμοσφαιρικούς ρύπους ως τους κύριους παράγοντες για την εμφάνιση καρκίνου του στόματος μεταγενέστερα, τα χρόνια που ακολουθούν μετά την έκθεση, ενώ είναι σαφές για τις πνευμονικές ή καρδιαγγειακές παθήσεις.

Το IHME περιλαμβάνει τις εκθέσεις σε περιβαλλοντικούς και επαγγελματικούς κινδύνους, στο συνολικό πλαίσιο παραγόντων κινδύνου. Όταν αναλύονται αυτές οι ευρύτερες εκθέσεις, οι ρύποι (τα σωματίδια και οι αέριες ενώσεις όπως το διοξείδιο του αζώτου), μπορούν να συμβάλουν στον κίνδυνο καρκίνου μέσω μηχανισμών όπως η χρόνια φλεγμονή και το οξειδωτικό στρες. Ωστόσο, για τον καρκίνο του στόματος συγκεκριμένα, τα δεδομένα δείχνουν ότι αυτές οι εκθέσεις παίζουν σχετικά μικρό ρόλο σε σύγκριση με πιο ισχυρούς παράγοντες κινδύνου όπως ο καπνός και το αλκοόλ.

Στην πράξη, αυτό σημαίνει ότι ο αντίκτυπος είναι σχετικός. Δηλαδή, το ποσοστό του πληθυσμού στο οποίο παρουσιάζεται καρκίνος του στόματος, καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από τις επιλογές τρόπου ζωής. Ακόμα κι αν οι ατμοσφαιρικοί ρύποι έχουν επίδραση, τα δεδομένα του IHME υποδηλώνουν ότι, σε επίπεδο πληθυσμού, η συσχέτιση μεταξύ των ατμοσφαιρικών ρύπων και του καρκίνου του στόματος είναι ασθενής ή, στην καλύτερη περίπτωση, δευτερογενής, λόγω της χρονικής υστέρησης για την εκδήλωση επιπτώσεων.

Για κάθε έναν από τους ρύπους, δηλαδή σωματίδια και αέριες ενώσεις που συμπεριλήφθηκαν στη στατιστική μελέτη, βρέθηκαν τα εξής:

Ατμοσφαιρική ρύπανση από **αμμωνία**: τα ευρήματα υποδεικνύουν την ύπαρξη καθυστερημένων, πολυετών επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από αμμωνία τα έτη 2010 και 2011, ενώ και για το 2017 ανιχνεύεται οριακά σημαντική επίδραση.

Ατμοσφαιρική ρύπανση από **μονοξείδιο του άνθρακα (CO)**: τα ευρήματα υποδεικνύουν την ύπαρξη καθυστερημένων, πολυετών επιδράσεων της ατμοσφαιρικής

ρύπανσης από CO στη θνησιμότητα, καθώς παρατηρείται ότι τόσο παλαιότερες χρονιές (όπως το 2001 και 2002), όσο και πιο πρόσφατες (2019–2020) σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με τους θανάτους του 2020.

Ατμοσφαιρική ρύπανση από **μη μεθανιούχες ενώσεις**: τα ευρήματα υποδεικνύουν την ύπαρξη καθυστερημένων, πολυετών επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από μη μεθανιούχες ενώσεις στη θνησιμότητα, καθώς παρατηρείται ότι τόσο παλαιότερες χρονιές (όπως το 2001 και 2002), όσο και πιο πρόσφατες (2016–2020) σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με τους θανάτους του 2020.

Ατμοσφαιρική ρύπανση από **PM_{2.5}**: τα ευρήματα καταδεικνύουν την παρουσία πολυετών και χρονικά καθυστερημένων επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από PM_{2.5} στη θνησιμότητα, με χρονιές τόσο παλαιότερες (2001–2006) όσο και πιο πρόσφατες (2016–2020) να σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με τους θανάτους του 2020.

Ατμοσφαιρική ρύπανση από **PM₁₀**: τα αποτελέσματα καταδεικνύουν την ύπαρξη χρονικά καθυστερημένων επιδράσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης από PM₁₀ στη θνησιμότητα, με σημαντικές επιδράσεις να εντοπίζονται τόσο σε πρώιμα έτη της χρονοσειράς (2001–2006), όσο και σε μετέπειτα έτη (2010–2016).

Επιδράσεις από **εκπομπές αζώτου**: τα ευρήματα καταδεικνύουν την ύπαρξη χρονικά καθυστερημένων επιδράσεων των εκπομπών αζώτου στη θνησιμότητα, με αρκετά έτη του παρατηρούμενου χρονικού διαστήματος (2001–2020) να σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με τους θανάτους του 2020. Οι επιδράσεις των εκπομπών αζώτου είναι πιο έντονες στις πιο πρόσφατες χρονιές (2012–2017), αλλά και παλαιότερες εκπομπές (2002–2006) φαίνεται να επηρεάζουν τη θνησιμότητα του 2020.

Επιδράσεις των **εκπομπών θείου(SO₂)**: τα ευρήματα καταδεικνύουν την ύπαρξη χρονικά καθυστερημένων επιδράσεων των εκπομπών θείου στη θνησιμότητα, με αρκετά έτη του παρατηρούμενου χρονικού διαστήματος (2001–2020) να σχετίζονται στατιστικά σημαντικά με τους θανάτους του 2020. Οι επιδράσεις των εκπομπών θείου είναι πιο έντονες στις πιο πρόσφατες χρονιές (2002–2007), αλλά και παλαιότερες εκπομπές (2001–2005) φαίνεται να επηρεάζουν τη θνησιμότητα του 2020.

Νοσήματα του κατώτερου αναπνευστικού: τα ευρήματα υποδεικνύουν ότι οι επιδράσεις των **DALYs** από νοσήματα του κατώτερου αναπνευστικού σχετίζονται χρονικά με τη θνησιμότητα του 2020, τόσο από παλαιότερα έτη (2003–2006) όσο και από πιο πρόσφατα (2010–2018).

Αιωρούμενα σωματίδια: τα αποτελέσματα υποδεικνύουν ότι οι χρονιές 2002, 2003 και από το 2012 έως και το 2018 αντιπροσωπεύουν περιόδους κατά τις οποίες η

θνησιμότητα που αποδίδεται στα αιωρούμενα σωματίδια σχετίζεται χρονικά με αυξημένα επίπεδα θνησιμότητας το 2020.

Έκθεση σε **μόλυβδο**: τα αποτελέσματα καταδεικνύουν ισχυρή χρονική συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε μόλυβδο κατά τα έτη 2001–2005 και 2018–2019 και της θνησιμότητας το 2020.

Έκθεση σε **όζον** τα αποτελέσματα αναδεικνύουν την ύπαρξη ισχυρής χρονικής συσχέτισης μεταξύ της θνησιμότητας που σχετίζεται με την έκθεση σε όζον κατά τα έτη 2001–2008 και 2010–2011 και των θανάτων το 2020.

Έκθεση σε **ραδόνιο**: τα αποτελέσματα αναδεικνύουν σημαντική χρονική συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε ραδόνιο την περίοδο 2004–2006 και 2008–2018 και της θνησιμότητας το 2020.

Έκθεση σε **ανεπαρκείς συνθήκες υγιεινής**: τα ευρήματα υποδεικνύουν έντονη χρονολογική συσχέτιση ανάμεσα στην έκθεση σε ανεπαρκείς συνθήκες υγιεινής, ιδιαίτερα κατά τα έτη 2005–2006 και 2013–2017, και στους καταγεγραμμένους θανάτους του 2020.

Έκθεση σε συνθήκες **ακατάλληλης πηγής νερού**: τα ευρήματα υποδηλώνουν μια ισχυρή χρονική συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε συνθήκες ακατάλληλης πηγής νερού, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των ετών 2005–2006 και 2013–2017, και των θανάτων που καταγράφηκαν το 2020.

5. Συζήτηση

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε εκτίμηση πλήρους μοντέλου που περιλάμβανε όλες τις χρονιές ως προβλεπτές. Για τη βελτίωση της στατιστικής ισχύος και της προβλεπτικής ακρίβειας, εφαρμόστηκε διαδικασία σταδιακής απαλοιφής μεταβλητών με βάση τις p-τιμές τους, αφαιρώντας εκείνες με τις υψηλότερες τιμές. Μετά από αυτήν τη διαδικασία, προέκυψαν δύο πιο περιορισμένα μοντέλα που εμφάνισαν σαφώς βελτιωμένα στατιστικά χαρακτηριστικά.

Για τις παραπάνω μεταβλητές μετρήθηκαν οι συνολικές εκπομπές από το 2001 έως το 2020. Οι συσχετίσεις μεταξύ μεταβλητών διερευνήθηκαν με τη χρήση ανάλυσης γραμμικής παλινδρόμησης.

Η μελέτη της επίδρασης των στοιχείων ή ενώσεων που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα, στους τύπους καρκίνου του στόματος, στα έτη 2001 – 2020 δείχνει ότι η επίδραση αυτή εκδηλώνεται με χρονική καθυστέρηση. Στο σύνολο των ρύπων που εξετάστηκαν, υπάρχουν διαφορές μεταξύ των ετών στα οποία αυτές, δυνητικά, δρουν ως παράγοντες που ευνοούν την ανάπτυξη καρκίνου του στόματος και των ετών που δείχνουν ότι αυτές δεν επιδρούν.

Δεν ανιχνεύεται κάποιο συνεπές μοτίβο επίδρασης όλων των ρύπων ταυτόχρονα, ή τουλάχιστον των περισσότερων από αυτούς. Όμως, τα έτη στα οποία εντοπίζονται επιδράσεις, ισχυρότερες ή ασθενέστερες, είναι αρκετά, ώστε να δικαιολογούν την περαιτέρω παρακολούθησή τους στο μέλλον.

Ενδεικτικά μπορεί να αναφερθεί ότι δείχνουν να έχουν ισχυρότερες επιδράσεις οι εκπομπές σωματιδίων PM10, αζωτούχων ενώσεων, τα αιωρούμενα στην ατμόσφαιρα σωματίδια, ο μόλυβδος, το ραδόνιο και ιδίως το όζον.

Για μικρότερης σημασίας επιδράσεις, ή για επιδράσεις που κυμαίνονται κατά πολύ μεταξύ θετικών και αρνητικών για κάθε έτος, ενδεικτικά μπορούν να αναφερθούν το μονοξείδιο του άνθρακα, τα σωματίδια μεγέθους PM2.5, ακόμη και τα DALYs (χωρίς βέβαια να αποτελούν ρύπο).

Μάλιστα, θα είχε ενδιαφέρον να μελετηθεί σε ποιο βαθμό ασκήθηκαν επιδράσεις από αυτούς τους ρύπους ή όχι, στη διάρκεια της πανδημίας και των εγκλεισμών.

Επίσης, η μη ασφαλής υγιεινή και η ακατάλληλη πηγή νερού, ναι μεν δεν αποτελούν ρύπους, αλλά η περαιτέρω παρακολούθησή τους σε μελλοντικό βάθος χρόνου παρουσιάζει και για αυτές ξεχωριστό ενδιαφέρον. Θα μπορούσε να μελετηθεί αν αυτοί οι δύο παράγοντες συμβαδίζουν ή όχι με την ποιότητα ζωής και τις συνθήκες υγιεινής στην

Ευρώπη, οι οποίες θεωρείται ότι βρίσκονται σε πολύ καλύτερο επίπεδο από πολλές άλλες περιοχές του κόσμου, πάντα σε συσχετισμό με την πορεία των περιπτώσεων καρκίνων του στόματος με την πάροδο του χρόνου.

Αναμφισβήτητα, τα ευρήματα της ανάλυσης φωτίζουν με έμφαση τις ισχυρές, αλλά χρονικά υστερημένες επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στους ευαίσθητους δείκτες θνησιμότητας. Αυτή η διαπίστωση, αξίζει να τονιστεί, δεν αποτελεί μια μεμονωμένη παρατήρηση, αλλά ευθυγραμμίζεται αρμονικά με τα συμπεράσματα πληθώρας προγενέστερων διεθνών επιδημιολογικών ερευνών, προσδίδοντας έτσι σημαντική βαρύτητα και αξιοπιστία στα εξαγόμενα συμπεράσματα.

Εστιάζοντας στην περίπτωση του καρκίνου του στόματος, ένα νεόπλασμα του οποίου η σύνδεση με την ατμοσφαιρική ρύπανση έχει, ιστορικά, τύχει λιγότερης ερευνητικής προσοχής σε σύγκριση με άλλες, συχνότερες μορφές καρκίνου, παρατηρείται μια σταδιακή αλλά σταθερή συσσώρευση δεδομένων που υποστηρίζουν πλέον σθεναρά μια αιτιολογική συνάφεια. Η μακροχρόνια και αδιάλειπτη έκθεση σε ένα ευρύ φάσμα ατμοσφαιρικών ρύπων, όπως τα λεπτά και εισπνεύσιμα σωματίδια PM_{2.5} και PM₁₀, οι πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs) που εξαπλώνονται στην ατμόσφαιρα, καθώς και τα οξείδια του αζώτου και του θείου που αποτελούν υποπροϊόντα της βιομηχανικής δραστηριότητας και της καύσης ορυκτών καυσίμων, έχει πλέον συσχετιστεί στατιστικά σημαντικά με έναν αυξημένο κίνδυνο τόσο για την εμφάνιση, όσο και για την επιθετική εξέλιξη καρκινωμάτων που εντοπίζονται στην ευαίσθητη περιοχή της στοματικής κοιλότητας και του ανώτερου αναπνευστικού συστήματος, όπως εύστοχα επισημαίνουν οι Guptaetal. (2020) και Zhangetal. (2019) στις εμπεριστατωμένες τους μελέτες.

Ένα ιδιαίτερα κρίσιμο σημείο που αναδεικνύεται από τα αποτελέσματα της δικής μας ερευνητικής προσπάθειας είναι η επισήμανση των χρονικά καθυστερημένων επιδράσεων. Αυτό σημαίνει ότι η επιβλαβής επίδραση της περιβαλλοντικής έκθεσης δεν εκδηλώνεται άμεσα, αλλά αναδύεται στην επιφάνεια μετά από ένα χρονικό διάστημα που μπορεί να εκτείνεται σε αρκετά έτη. Αυτή η χρονική υστέρηση αποκτά ιδιαίτερη σημασία στην περίπτωση του καρκίνου του στόματος, λαμβάνοντας υπόψη τη χαρακτηριστικά μακρά λανθάνουσα περίοδο που συχνά μεσολαβεί μεταξύ της αρχικής έκθεσης στους καρκινογόνους παράγοντες και της κλινικής εκδήλωσης της νόσου. Σύμφωνα με μια εμπεριστατωμένη μετα-ανάλυση των Turneretal. (2020), η παρατεταμένη έκθεση στα μικροσωματίδια PM_{2.5} δεν συνδέεται μόνο με μια γενικευμένη αύξηση της θνησιμότητας από καρκίνο, αλλά και με έναν αυξημένο κίνδυνο για συγκεκριμένες εντοπίσεις της νόσου, συμπεριλαμβανομένων των καρκίνων της κεφαλής και του τραχήλου, μια κατηγορία στην

οποία εντάσσεται και ο καρκίνος του στόματος. Ο υποκείμενος μηχανισμός πίσω από αυτή τη συσχέτιση φαίνεται να είναι η χρόνια φλεγμονή που πυροδοτείται από τη συνεχή εισπνοή αυτών των αιωρούμενων σωματιδίων, η οποία με τη σειρά της έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να οδηγήσει σε δυσμενείς επιγενετικές μεταβολές, αστάθεια του γενετικού υλικού και, τελικά, στην έναρξη και την εξέλιξη της καρκινογένεσης, όπως υποστηρίζουν οι Liu et al. (2017) στην εργασία τους.

Ανάλογες και εξίσου ανησυχητικές συσχετίσεις καταγράφονται και σε σχέση με άλλες μορφές ατμοσφαιρικής ρύπανσης, όπως οι προαναφερθείσες πτητικές οργανικές ενώσεις (NMVOCs). Τα αξιοσημείωτα ευρήματα της παρούσας εργασίας, που υποδεικνύουν μια σαφή επίδραση των NMVOCs στη θνησιμότητα ακόμη και δεκαετίες μετά την αρχική έκθεση, βρίσκουν ισχυρή επιβεβαίωση σε ερευνητικές εργασίες όπως αυτή των Huang et al. (2022), οι οποίοι κατέδειξαν ότι η έκθεση σε συγκεκριμένες NMVOCs, όπως το βενζόλιο, το τολουόλιο και το ξυλένιο, συνδέεται άρρηκτα με έναν αυξημένο κίνδυνο για την ανάπτυξη καρκίνου του λάρυγγα και του στόματος. Ειδικότερα το βενζόλιο, το οποίο έχει αναγνωριστεί ως ένα αδιαμφισβήτητο καρκινογόνο από τον Διεθνή Οργανισμό Έρευνας για τον Καρκίνο (IARC), φαίνεται να παίζει καθοριστικό ρόλο στην καρκινογένεση μέσω της πρόκλησης διαταραχών στη φυσιολογική λειτουργία του ανοσοποιητικού συστήματος και της αιμοποίησης (IARC, 2018).

Επιπλέον, η έκθεση σε ρύπους όπως ο μόλυβδος και το ραδόνιο, οι οποίοι επίσης περιλαμβάνονται στο εύρος της μελέτης μας, έχει συσχετιστεί με έναν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης καρκίνων που εντοπίζονται στο ανώτερο αναπνευστικό και το γαστρεντερικό σύστημα, με αυξανόμενες ενδείξεις να υποστηρίζουν την πιθανή εμπλοκή τους στην παθογένεια του καρκίνου του στόματος. Ο μόλυβδος, για παράδειγμα, έχει συνδεθεί αιτιολογικά με την πρόκληση μεταλλάξεων στο DNA και την πρόκληση διαταραχών στους μηχανισμούς επιδιόρθωσης του γενετικού υλικού (Navas-Acien et al., 2009). Τα εντυπωσιακά αποτελέσματα της μελέτης μας που καταδεικνύουν μια σημαντική καθυστέρηση στην εκδήλωση των επιδράσεων αυτών των ρύπων, υπογραμμίζουν emphaticά την επιτακτική ανάγκη για μακροπρόθεσμη επιδημιολογική επιτήρηση και την εδραίωση μιας συστηματικής σύνδεσης μεταξύ των χρονοσειρών περιβαλλοντικής έκθεσης και των λεπτομερών υγειονομικών δεδομένων.

Πέρα από την εστίαση στον καρκίνο του στόματος, υπάρχουν πλέον σημαντικές και αυξανόμενες ενδείξεις που υποστηρίζουν τη σύνδεση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης με την ανάπτυξη και την εξέλιξη και άλλων μορφών καρκίνου. Ο καρκίνος του πνεύμονα αναμφίβολα αποτελεί το πλέον εμπεριστατωμένο παράδειγμα, με έναν τεράστιο όγκο

ερευνητικών μελετών να τεκμηριώνουν την αιτιώδη συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης στα μικροσωματίδια PM_{2.5} και PM₁₀ και της ανησυχητικής αύξησης τόσο της επίπτωσης όσο και της θνησιμότητας από αυτή τη νόσο (Hamraetal., 2014). Παρομοίως, ο καρκίνος της ουροδόχου κύστης και το ηπατοκυτταρικό καρκίνωμα έχουν συσχετιστεί στατιστικά σημαντικά με την παρατεταμένη έκθεση σε διάφορους βιομηχανικούς ρύπους και βαρέα μέταλλα που απελευθερώνονται στο περιβάλλον (Whiteetal., 2016).

Ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει επίσης η συσχέτιση της έκθεσης σε ανεπαρκείς συνθήκες υγιεινής και αποχέτευσης με τους δείκτες θνησιμότητας. Παρότι τα διαθέσιμα δεδομένα σε αυτόν τον τομέα εστιάζουν κυρίως σε αναπτυσσόμενες χώρες, παρατηρείται ένα αυξανόμενο ενδιαφέρον για την εμβάθυνση στην κατανόηση της συμβολής τέτοιων περιβαλλοντικών παραγόντων στην έναρξη και την εξέλιξη της καρκινογένεσης. Η χρόνια φλεγμονή, οι επαναλαμβανόμενες λοιμώξεις και η διαταραχή της μικροβιακής ισορροπίας (δυσβίωση) στην στοματική κοιλότητα, παράγοντες που συνδέονται άρρηκτα με κακές συνθήκες υγιεινής, έχουν πλέον συσχετιστεί με έναν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης στοματικού καρκίνου (Pereraetal., 2018).

Τέλος, η πιθανή συσχέτιση του καρκίνου του στόματος με περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως το όζον, αν και η τεκμηρίωση της είναι προς το παρόν λιγότερο εκτεταμένη σε σύγκριση με άλλους ρύπους, αποτελεί ένα αντικείμενο αυξανόμενου επιστημονικού ενδιαφέροντος. Πρόσφατες ερευνητικές μελέτες υποδεικνύουν ότι η ισχυρή οξειδωτική δράση του όζοντος μπορεί να επάγει κυτταρικό στρες και να προκαλέσει μεταλλάξεις σε ευαίσθητα κύτταρα του στοματικού βλεννογόνου (Yangetal., 2021).

Συνοψίζοντας, τα αξιόλογα αποτελέσματα της παρούσας ερευνητικής μελέτης ευθυγραμμίζονται με συνέπεια με την υπάρχουσα και συνεχώς εμπλουτιζόμενη επιστημονική βιβλιογραφία και ενισχύουν με έμφαση την επιτακτική ανάγκη για τη διεξαγωγή ολοκληρωμένων και πολυπαραγοντικών αναλύσεων που λαμβάνουν σοβαρά υπόψη τις μακροχρόνιες και συχνά καθυστερημένες περιβαλλοντικές επιδράσεις στην πολύπλοκη διαδικασία της καρκινογένεσης. Η συστηματική ενσωμάτωση χρονοσειρών περιβαλλοντικών δεδομένων και η προσεκτική απαλοιφή μη σημαντικών μεταβλητών οδηγεί αναμφίβολα στη διαμόρφωση στατιστικών μοντέλων με αυξημένη ερμηνευτική και προβλεπτική ικανότητα, αναδεικνύοντας έτσι κρίσιμες περιόδους έκθεσης που θα μπορούσαν να αποτελέσουν στόχο για αποτελεσματικές παρεμβάσεις δημόσιας υγείας.

6.Συμπεράσματα

Η μελέτη διερεύνησε τη σχέση μεταξύ των εκπομπών μικροσωματιδίων και αερίων (αμμωνία, μονοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, όζον, ραδόνιο, θείο κ.α.) από το 2001 έως το 2020 και του αριθμού θανάτων που καταγράφηκαν το 2020, με σκοπό να κατανοηθεί η επίδραση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία του πληθυσμού. Αρχικά, εφαρμόστηκε ένα πλήρες γραμμικό μοντέλο, το οποίο περιλάμβανε ως ανεξάρτητες μεταβλητές τις εκπομπές αερίων και μικροσωματιδίων (PM_{2.5}, PM₁₀) για όλα τα έτη της περιόδου, αλλά το μοντέλο αυτό παρουσίασε υψηλή πολυπλοκότητα και κακή προσαρμογή λόγω υπερπροσδιορισμού. Η συνολική στατιστική σημαντικότητα του αρχικού μοντέλου ήταν αμελητέα, γεγονός που οδήγησε στην απαλοιφή των μη σημαντικών μεταβλητών με βάση τη σταδιακή μείωση. Με τη συγκεκριμένη μεθοδολογία προέκυψαν δύο πιο περιορισμένα και πιο αποδοτικά μοντέλα που εμφάνισαν βελτιωμένη προσαρμογή και πιο αξιόπιστα αποτελέσματα. Σε αυτά τα μοντέλα αναδείχθηκαν οι εκπομπές αερίων των ετών 2010 και 2011 ως στατιστικά σημαντικοί παράγοντες με αντίθετες μεταξύ τους επιδράσεις στον αριθμό θανάτων.

Συγκεκριμένα, οι εκπομπές αερίων του 2010 σχετίστηκαν αρνητικά, ενώ αυτές του 2011 θετικά με τον αριθμό των θανάτων, υποδηλώνοντας ότι η επίδραση των αερίων και μικροσωματιδίων στην υγεία του πληθυσμού μπορεί να παρουσιάζει χρονική καθυστέρηση ή σύνθετη δυναμική. Το τελικό μοντέλο εμφάνισε βελτιωμένη προσαρμογή, με αυξημένο προσαρμοσμένο συντελεστή προσδιορισμού και μειωμένο σφάλμα πρόβλεψης, επιβεβαιώνοντας την αξία των επιλεγμένων μεταβλητών για την εξήγηση της μεταβλητότητας των θανάτων.

Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε έλεγχος για την ύπαρξη οικολογικής πλάνης, ώστε να διασφαλιστεί η ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων σε επίπεδο ομάδων και να αποφευχθούν λανθασμένα συμπεράσματα όταν τα δεδομένα αφορούν συλλογικές μεταβλητές. Η ενσωμάτωση αυτού του ελέγχου ενίσχυσε την εγκυρότητα των συμπερασμάτων, επιβεβαιώνοντας ότι οι παρατηρούμενες σχέσεις δεν προκύπτουν από στατιστικά σφάλματα λόγω ανάλυσης σε επίπεδο ομάδων. Τα ευρήματα της μελέτης αναδεικνύουν τη σημασία της προσεκτικής επιλογής και ανάλυσης των δεδομένων, καθώς και της χρήσης κατάλληλων στατιστικών εργαλείων για την αποφυγή παρερμηνειών και τη βελτίωση της αξιοπιστίας των αποτελεσμάτων.

Ορισμένες έμμεσες συσχετίσεις υπάρχουν, για περιοχές όπου η ποιότητα του αέρα είναι κακή. Σ' αυτές, οποιοσδήποτε αυξημένος κίνδυνος καρκίνου του στόματος μπορεί να επιδεινωθεί από άλλους κοινωνικούς καθοριστικούς παράγοντες (όπως η μειωμένη πρόσβαση στην υγειονομική περίθαλψη) ή από συνεκθέσεις, αλλά και πάλι, δεν υπάρχουν ισχυρά, ποσοτικοποιημένα από το ΙΗΜΕ στοιχεία που να υποστηρίζουν τους ρύπους ως ανεξάρτητο, ισχυρό παράγοντα κινδύνου για την μετέπειτα εμφάνιση καρκίνου του στόματος.

Τα δεδομένα που παραθέτει το ΙΗΜΕ μέχρι σήμερα, όπως και της στατιστικής ανάλυσης που παρατίθεται στα πλαίσια της παρούσας μελέτης, δεν παρέχουν σαφή, άμεση δυνατότητα για τον εντοπισμό μιας άμεσης συσχέτισης με συγκεκριμένη αριθμητική απόδοση για τους ρύπους, ώστε να συνδεθεί με περιστατικά καρκίνων του στόματος.

Έτσι, ενώ οι περιβαλλοντικοί ρύποι μπορεί να έχουν μια συνεισφορά ή μια συνεργιστική επίδραση στο σύνθετο πλέγμα των παραγόντων κινδύνου για καρκίνο, οι τρέχουσες εκτιμήσεις, αλλά και η δική μας στατιστική ανάλυση, οδηγεί σε ορισμένα ευρήματα με χρονική υστέρηση, όπως ήδη αναφέρθηκαν, τα οποία πρέπει να διερευνηθούν περαιτέρω με νέες μελέτες.

Αυτές οι παρατηρήσεις υπογραμμίζουν τον ρόλο των κοινωνικοοικονομικών παραγόντων και της έκθεσης σε συμπεριφορές υψηλού κινδύνου, στην πρόκληση γεωγραφικών ανισοτήτων, ως προς την επιβάρυνση από τον καρκίνο του στόματος. Τα δεδομένα του ΙΗΜΕ υποδεικνύουν επομένως την ανάγκη για στοχευμένα μέτρα πρόληψης και παρέμβασης, σε περιοχές όπου η συχνότητα εμφάνισης και η θνησιμότητα είναι οι υψηλότερες.

Τέλος, η έρευνα αυτή μπορεί να αποτελέσει τη βάση για μελλοντικές μελέτες που θα εξετάσουν με μεγαλύτερη λεπτομέρεια τις χρονικές επιδράσεις μικροσωματιδίων και αερίων και άλλων ρυπαντών στην υγεία του πληθυσμού, συμβάλλοντας έτσι στη διαμόρφωση αποτελεσματικότερων πολιτικών δημόσιας υγείας και περιβαλλοντικής διαχείρισης.

Βιβλιογραφία

Coggon, D., Rose, G., Barker, DJP. *Chapter 6. Ecological studies*. In: Epidemiology for the uninitiated, fourth edition. 2024 BMJ Publishing Group Ltd. Available at:

<https://www.bmj.com/about-bmj/resources-readers/publications/epidemiology-uninitiated/6-ecological-studies>

Ferlay J, Ervik M, Lam F, Laversanne M, Colombet M, Mery L, Piñeros M, Znaor A, Soerjomataram I, Bray F (2024). *Global Cancer Observatory: Cancer Today*. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer. Available from:

<https://gco.iarc.who.int/today>

<https://gco.iarc.who.int/media/globocan/factsheets/cancers/1-lip-oral-cavity-fact-sheet.pdf>

Freire, A. R., Freire, D. E. W. G., Araújo, E. C. F., de Lucena, E. H. G., & Cavalcanti, Y. W. (2020). Influence of Public Oral Health Services and Socioeconomic Indicators on the Frequency of Hospitalization and Deaths due to Oral Cancer in Brazil, between 2002-2017. *International journal of environmental research and public health*, 18(1), 238.

<https://doi.org/10.3390/ijerph18010238>

GBD Oral Disorders Collaborators (2025). Trends in the global, regional, and national burden of oral conditions from 1990 to 2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *The Lancet*. 27 February 2025. doi: 10.1016/S0140-6736(24)02811-3.

[https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(24\)02811-3/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(24)02811-3/fulltext)

GBD 2019 Lip, Oral, and Pharyngeal Cancer Collaborators (2023). The Global, Regional, and National Burden of Adult Lip, Oral, and Pharyngeal Cancer in 204 Countries and Territories: A Systematic Analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *JAMA Oncol*. 9(10):1401–1416. doi:10.1001/jamaoncol.2023.2960

<https://jamanetwork.com/journals/jamaoncology/fullarticle/2809272>

Ghanem, A. S., Memon, H. A., & Nagy, A. C. (2024). Evolving trends in oral cancer burden in Europe: a systematic review. *Frontiers in oncology*, 14, 1444326. <https://doi.org/10.3389/fonc.2024.1444326>

Gupta, P., Kumar, S., & Maitreyee, M. (2020). Air pollution and oral health: A review. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, 14(6), ZE01-ZE04. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2020/44397.13776>

Hamra, G. B., Guha, N., Cohen, A., Laden, F., Raaschou-Nielsen, O., Samet, J. M., Vineis, P., Forastiere, F., Saldiva, P., Yorifuji, T., & Straif, K. (2014). Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: A systematic review and meta-analysis. *Environmental Health Perspectives*, 122(9), 906–911. <https://doi.org/10.1289/ehp.1408092>

Hernández-Morales, A., González-López, B. S., Scougall-Vilchis, R. J., Bermeo-Escalona, J. R., Velázquez-Enríquez, U., Islas-Zarazúa, R., Márquez-Rodríguez, S., Sosa-Velasco, T. A., Medina-Solís, C. E., & Maupomé, G. (2023). Lip and Oral Cavity Cancer Incidence and Mortality Rates Associated with Smoking and Chewing Tobacco Use and the Human Development Index in 172 Countries Worldwide: An Ecological Study 2019-2020. *Healthcare (Basel, Switzerland)*, 11(8), 1063. <https://doi.org/10.3390/healthcare11081063>

Hu, N. (2024). Impacts of Climate Change on Oral Health and Dentistry Why Should Dentists Care and What Can They Do? *Journal of the California Dental Association*, 52:1, 2428210, DOI: 10.1080/19424396.2024.2428210

Huang, Y., Li, M., Zhang, Q., Li, X., & Wang, W. (2022). Association between ambient volatile organic compounds exposure and risk of laryngeal and oral cancers: A nationwide cohort study. *Science of the Total Environment*, 824, 153784. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.153784>

IARC. (2018). *Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 120: Benzene*. International Agency for Research on Cancer.

IARC (2004). *Betel-quid and Areca-nut Chewing and Some Areca-nut-derived Nitrosamines*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans Volume 85. Available at: <https://publications.iarc.fr/103>

Joint Research Centre (2025). *European Cancer Information System (ECIS)*. 7 April 2025.https://joint-research-centre.ec.europa.eu/jrc-news-and-updates/latest-cancer-mapping-shows-geographical-and-temporal-trends-2025-04-07_en

Jourdan, A., Akister, E., Badry, S. E., Kumbargere Nagraj, S., Dr., Eachempati, P., Kadies, D., ... Naresh, P. (2024, May 19). *Impact of Climate Change and Pollution on Oral Cancer: A Scoping Review*.<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/6KPWG>

Kuruville, J., & Nayar, K. R. (2021). Distribution Pattern and its Correlation for Oral Cancer Rate and Human Development Rank for Countries: An Ecological Approach. *Contemporary clinical dentistry*, 12(1), 9–13. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_1_20

Liu, Y., Chen, L., Wu, T., & Wang, Z. (2017). Particulate matter (PM_{2.5}) promotes oral cancer cell migration and invasion through ROS/PI3K/Akt signaling pathway. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 54, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2017.06.010>

Marruganti, C., Shin, H. S., Sim, S. J., Grandini, S., Laforí, A., & Romandini, M. (2023). *Air Pollution as a Risk Indicator for Periodontitis*. *Biomedicines*, 11(2), 443.<https://doi.org/10.3390/biomedicines11020443>

Mu, G., Wang, J., Liu, Z., Zhang, H., Zhou, S., Xiang, Q., & Cui, Y. (2021). Association between smokeless tobacco use and oral cavity cancer risk in women compared with men: a systematic review and meta-analysis. *BMC cancer*, 21(1), 960.<https://doi.org/10.1186/s12885-021-08691-x>

Navas-Acien, A., Tellez-Plaza, M., Guallar, E., Muntner, P., Silbergeld, E., Jaar, B., & Weaver, V. (2009). Blood lead, cadmium, and renal function: The Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Archives of Internal Medicine*, 169(6), 584–592.

NCI (2024). *Betel quid with tobacco*. National Cancer Institute at the National Institutes of Health. Available at: <https://www.cancer.gov/publications/dictionaries/cancer-terms/def/betel-quid-with-tobacco>

OECD/European Observatory on Health Systems and Policies (2019), *Hungary: Country Health Profile 2019, State of Health in the EU*, OECD Publishing, Paris/European Observatory on Health Systems and Policies, Brussels, <https://doi.org/10.1787/4b7ba48c-en>

OECD/European Observatory on Health Systems and Policies (2019), *Cyprus: Country Health Profile 2019, State of Health in the EU*, OECD Publishing, Paris/European Observatory on Health Systems and Policies, Brussels, <https://doi.org/10.1787/2078ba2a-en>

O'Sullivan, A., Kabir, Z., & Harding, M. (2022). Lip, Oral Cavity and Pharyngeal Cancer Burden in the European Union from 1990-2019 Using the 2019 Global Burden of Disease Study. *International journal of environmental research and public health*, 19(11), 6532. <https://doi.org/10.3390/ijerph19116532>

Perera, M., Al-Hebshi, N. N., Speicher, D. J., Perera, I., & Johnson, N. W. (2018). Emerging role of oral microbiome in carcinogenesis of oral squamous cell carcinoma. *Journal of Investigative and Clinical Dentistry*, 9(3), e12398. <https://doi.org/10.1111/jicd.12398>

Ram, H., Sarkar, J., Kumar, H., Konwar, R., Bhatt, M. L., & Mohammad, S. (2011). Oral cancer: risk factors and molecular pathogenesis. *Journal of maxillofacial and oral surgery*, 10(2), 132–137. <https://doi.org/10.1007/s12663-011-0195-z>

Rowan, T. (2025). *Climate change linked to higher risk of mouth cancer*. 01 April 2025. <https://dentistry.co.uk/2025/04/01/climate-change-linked-to-higher-risk-of-mouth-cancer/>

Shrivastava, S. R., Bobhate, P. S., & Kukde, M. (2025). Oral Health and Climate Change: Working Toward Adaptive Strategies to the Changing Environment. *Journal of*

International Society of Preventive & Community Dentistry, 15(2), 192–195.https://doi.org/10.4103/jispcd.jispcd_228_24

Szklo, M., Nieto, F. J. (2014). *Epidemiology: Beyond the Basics*. Jones & Bartlett Learning. SBN-10: 0763729272

Sundermann, B. V., Uhlmann, L., Hoffmann, J., Freier, K., & Thiele, O. C. (2018). The localization and risk factors of squamous cell carcinoma in the oral cavity: A retrospective study of 1501 cases. *Journal of cranio-maxillo-facial surgery: official publication of the European Association for Cranio-Maxillo-Facial Surgery*, 46(2), 177–182. <https://doi.org/10.1016/j.jcms.2017.10.019>

Sung, H., Ferlay, J., Siegel, R. L., Laversanne, M., Soerjomataram, I., Jemal, A., & Bray, F. (2024). *Lip and oral cavity fact sheet*. Global Cancer Observatory, International Agency for Research on Cancer. <https://gco.iarc.who.int/media/globocan/factsheets/cancers/1-lip-oral-cavity-fact-sheet.pdf>

Thangavel, P., Park, D., & Lee, Y. C. (2022). Recent Insights into Particulate Matter (PM_{2.5})-Mediated Toxicity in Humans: An Overview. *International journal of environmental research and public health*, 19(12), 7511.<https://doi.org/10.3390/ijerph19127511>

The Lancet (2024). *Global Burden of Disease*. Elsevier Ltd. Available online: <https://www.thelancet.com/gbd>

Turner, M. C., Andersen, Z. J., Baccarelli, A., Diver, W. R., Gapstur, S. M., Pope, C. A., & Cohen, A. (2020). Outdoor air pollution and cancer: An overview of the current evidence and public health recommendations. *CA: A Cancer Journal for Clinicians*, 70(6), 460–479. <https://doi.org/10.3322/caac.21632>

White, A. J., Teitelbaum, S. L., Stellman, S. D., & Gammon, M. D. (2016). Environmental exposure and breast cancer risk: Epidemiologic evidence from the Long Island Breast Cancer Study Project. *Environmental Health Perspectives*, 124(1), 30–38.

World Cancer Research Fund (2025). *Mouth and oral cancer statistics*.

<https://www.wcrf.org/preventing-cancer/cancer-statistics/mouth-and-oral-cancer-statistics/>

Wu, J., Chen, H., Liu, Y. et al. The global, regional, and national burden of oral cancer, 1990–2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021. *J Cancer Res Clin Oncol* 151, 53 (2025).<https://doi.org/10.1007/s00432-025-06098-w>

Xie, L., & Shang, Z. J. (2022). Oral Cancer Incidence, Mortality, and Mortality-to-Incidence Ratio Are Associated with Human Development Index in China, 1990-2019. *BioMed research international*, 2022, 6457840. <https://doi.org/10.1155/2022/6457840>

Yang, B. Y., Fan, S., Thiering, E., Seissler, J., Nowak, D., Dong, G. H., & Heinrich, J. (2021). Ambient ozone exposure and incidence of type 2 diabetes: A meta-analysis of cohort studies. *Environment International*, 146, 106305.

Yumnam, G., Devi, R. S., & Singh, C. I. (2024). Mapping the landscape of oral cancer research trends: a systematic scientometric review of global efforts. *Oralandmaxillofacialsurgery*, 28(3), 1077–1093. <https://doi.org/10.1007/s10006-024-01253-y>