

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

Αχλύς

Σωματίδια με διάμετρο περίπου ίση με τα μήκη κύματος του ορατού φωτός (περ. 400-800 nm ή 0,4-0,8 μm) διαχέουν το φως, αντανakλώντας το σε τυχαίες κατευθύνσεις. Έτσι μειώνεται η οπτική ευκρίνεια, η ορατότητα σε μεγάλες αποστάσεις και συνολικά το ηλιακό φως που φθάνει στη Γη.

Υψηλή συγκέντρωση σωματιδίων με διάμετρο 0,1 μm έως 1 μm στη ατμόσφαιρα δημιουργεί την **αχλύ**.

Ο προσδιορισμός της **θολερότητας** είναι μια συμβατική τεχνική μέτρησης της έκτασης της σωματιδιακής ρύπανσης στην ατμόσφαιρα. Η εκτεταμένη αχλύς στην ατμόσφαιρα της Αρκτικής τον χειμώνα οφείλεται στην παρουσία θεικών αερολυμάτων που προέρχονται από καύση άνθρακα, κυρίως στη Ρωσία και την Ευρώπη. Η τυπική σύσταση των μικρών σταγονιδίων σε ηπειρωτικές περιοχές δίνεται στο διπλανό σχήμα.

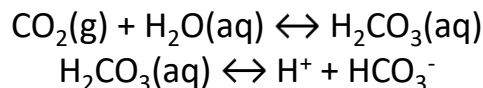


ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Γενικός όρος που αφορά σε ατμοσφαιρικές αποθέσεις με σημαντική οξύτητα που εκτός από τη βροχή είναι επίσης το όξινο χιόνι και η όξινη ομίχλη.

Φυσική και Ανθρωπογενούς Προέλευσης Όξινη Βροχή

Η καθαρή **μη ρυπασμένη βροχή** έχει μια **φυσική ελαφριά οξύτητα (pH ≈ 5,6)** που οφείλεται στην παρουσία διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα το οποίο σχηματίζει ανθρακικό οξύ, το οποίο διίσταται περαιτέρω απελευθερώνοντας κατιόντα υδρογόνου



Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Φυσική και Ανθρωπογενούς Προέλευσης Όξινη Βροχή

Εξαιτίας της φυσικής παρουσίας από ίχνη ισχυρών οξέων (πχ υδροχλωρικό οξύ, HCl , από ηφαιστειακές εκρήξεις) μπορεί να οδηγήσει σε οξύτητα βροχής σε καθαρή ατμόσφαιρα λίγο μεγαλύτερη από αυτή που οφείλεται μόνο στο CO_2 .

Ως «όξινη βροχή» θεωρούμε εκείνη που είναι σημαντικά πιο όξινη από εκείνη σε καθαρή ατμόσφαιρα, ήτοι με $\text{pH} < 5$.

Τα δύο κυρίαρχα οξέα στην όξινη βροχή είναι **θειικό οξύ, H_2SO_4** και **το νιτρικό οξύ, HNO_3** , τα οποία είναι ισχυρά οξέα, πολύ διαλυτά στο νερό, και προέρχονται από την οξείδωση των πρωτογενών ρύπων **διοξειδίου του θείου, SO_2** και **μονοξειδίου του αζώτου, NO** , αντίστοιχα.

Οι πρωτογενείς ρύποι από μόνοι τους δεν προσδίδουν ιδιαίτερη οξύτητα στο νερό της βροχής καθώς το NO δεν είναι ιδιαίτερα διαλυτό στο νερό, ενώ και το θειώδες οξύ (H_2SO_3) που σχηματίζεται κατά τη διάλυση του SO_2 στο νερό, είναι ένα ασθενές οξύ.

Η όξινη βροχή **πέφτει πολύ μακριά από την πηγή των πρωτογενών ρύπων**, καθώς τα ισχυρά οξέα που την καθιστούν όξινη σχηματίζονται κατά τη μεταφορά των αερίων μαζών που περιέχουν τους πρωτογενείς ρύπους.

Η όξινη βροχή αναγνωρίστηκε ως πρόβλημα στη Σουηδία τις δεκαετίες 1950 και 1960. Η χαμηλότερη τιμή $\text{pH} = 2,4$ καταγράφηκε σε όξινη βροχή στη Σκωτία τον Απρίλιο του 1974.

Επιπλέον των οξέων που φθάνουν στο έδαφος με τη βροχή, μια αντίστοιχη ποσότητα εναποτίθεται στη επιφάνεια της γης **ως ξηρή απόθεση**, όπου γίνεται εναπόθεση χωρίς βροχή επάνω σε στερεή ή υγρή επιφάνεια. Η οξείδωση του SO_2 και η μετατροπή του σε θειικό οξύ γίνεται μετά την απόθεση.

Ένα άλλο παράδειγμα ξηρής όξινης απόθεσης είναι μέσω εκπομπών αμμωνίας (NH_3) στην ατμόσφαιρα η οποία προέρχεται από την κοπριά σε περιοχές εκτροφής ζώων και πουλερικών. Η αμμωνία μετατρέπεται σε αμμωνιακό ιόν (NH_4^+) στην ατμόσφαιρα, το οποίο στη συνέχεια αποτίθεται στο έδαφος και οξειδώνεται σε νιτρικό (NO_3^-) από τα μικρόβια του εδάφους και συνεισφέρει στην οξύτητα του εδάφους.

Οι μεγάλης κλίμακας γεωργικές καλλιέργειες με χρήση αμμωνιακών λιπασμάτων μπορούν να οδηγήσουν στο ίδιο αποτέλεσμα.

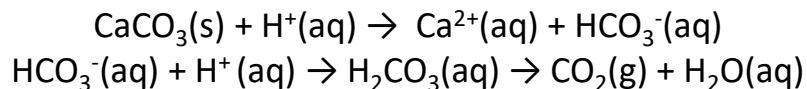
Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Εξουδετέρωση της όξινης βροχής από το έδαφος

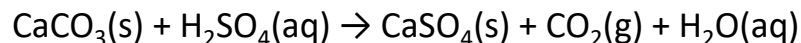
Η έκταση της επίδρασης της όξινης βροχής στα οικοσυστήματα μιας περιοχής εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη **σύσταση του εδάφους** και **το γεωλογικό υπόβαθρο**.

Αν το υπόβαθρο είναι **ασβεστόλιθος** ή **κιμωλία** τότε είναι πλούσιο σε **ανθρακικό ασβέστιο, CaCO_3** , το οποίο **δρα ως βάση** και αντιδρά με το οξύ (με ενδιάμεσο το όξινο ανθρακικό ιόν, HCO_3^-).



Οι παραπάνω αντιδράσεις είναι πρακτικά μονόδρομες λόγω της παρουσίας του H^+ σε περίσσεια.

Στην πράξη το γεωλογικό υλικό διαλύεται. Τα ιόντα H^+ αντικαθίστανται από ιόντα Ca^{2+} . Οι παραπάνω αντιδράσεις είναι όμοιες με εκείνες που ευθύνονται για την αλλοίωση των ασβεστολικών και μαρμαρίνων αγαλμάτων από την όξινη απόθεση η οποία είναι πλούσια σε θειικό οξύ.



Στα αγάλματα το CaCO_3 του μαρμάρου μετατρέπεται σταδιακά σε CaSO_4 , το οποίο σε ενυδατωμένη μορφή ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) είναι **γύψος**. Ο γύψος είναι περισσότερο **ευδιάλυτος και εύθραυστος και απομακρύνεται εύκολα με το νερό της βροχής**. Η διεργασία μετατροπής του CaCO_3 σε γύψο ονομάζεται **γυψοποίηση** του μαρμάρου (marble sulphation). Σταδιακά, διάφορες λεπτομέρειες ενός αγάλματος που γυψοποιείται (αυτιά, μύτες, δάκτυλα, κλπ) χάνονται.

Περιοχές με γεωλογικό υπόβαθρο από γρανίτες ή χαλαζία επηρεάζονται πολύ από την όξινη βροχή γιατί το έδαφος έχει χαμηλή ικανότητα εξουδετέρωσης του οξέος (χαμηλή αλκαλικότητα).

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Εξουδετέρωση της όξινης βροχής από το έδαφος

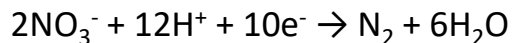
Με τη μείωση του pH του εδάφους επέρχεται **υπόβαθμισή του** καθώς τα θρεπτικά συστατικά των φυτών όπως **ιόντα K^+ , Ca^{2+} και Mg^{2+} αντικαθίστανται από H^+ και εκπλένονται** (φεύγουν από τη στερεή φάση του εδάφους και πηγαίνουν στην υγρή). Ιόντα Ca^{2+} που προέρχονται από αυτή τη διαδικασία έκπλυσης του εδάφους μπορούν να καταλήξουν σε γειτονικές λίμνες οι οποίες έχουν επίσης ίδιο υπόβαθρο (δηλ. χαμηλής αλκαλικότητας).

Αρχικά, με αυτό τον τρόπο, η συγκέντρωση ιόντων Ca^{2+} μέσα στις λίμνες αυξάνεται. Όταν όμως η έκπλυση του Ca^{2+} ολοκληρωθεί, τότε θα σταματήσει η εισροή Ca^{2+} σε αυτές και τελικά τα επίπεδα Ca^{2+} θα μειωθούν. Τα χαμηλά επίπεδα Ca^{2+} μπορεί να θέσουν σε απειλή την υδρόβια ζωή.

Εξουδετέρωση της όξινης βροχής από ανθρωπογενείς δράσεις

Σε οξινισμένες λίμνες, έχουν γίνει προσπάθειες εξουδετέρωσης της οξύτητας με **προσθήκη ασβεστολίθου ή υδροξειδίου του ασβεστίου, $Ca(OH)_2$** . Είναι μια διαδικασία που πρέπει να επαναλαμβάνεται μετά από λίγα χρόνια για τη διατήρηση του pH σε αποδεκτές τιμές.

Προσθήκη φωσφορικών ιόντων, PO_4^{3-} , σε λίμνες μπορεί επίσης να ρυθμίσει την οξύτητα γιατί διεγείρει την ανάπτυξη των φυτών και τη **φυσική διεργασία απονιτροποίησης**, οπότε και το νιτρικό ιόν, NO_3^- , μετατρέπεται σε μοριακό άζωτο καταναλώνοντας H^+ (που είναι διαθέσιμα σε αφθονία).



Αρχή του κρίσιμου φορτίου: Αναγνωρίζει ότι διαφορετικές περιοχές αντιμετωπίζουν διαφορετικά επίπεδα κινδύνου από την όξινη βροχή.

Γεωγραφικές περιοχές με ρυθμιστική ικανότητα μπορεί να «αντέξουν» μεγαλύτερες εισροές όξινης βροχής σε σχέση με περιοχές με χαμηλή ικανότητα. Αυτές έχουν μεγαλύτερο κρίσιμο φορτίο. Επομένως, σε μια περιοχή μπορεί να επιτρέπονται υψηλότερες εκπομπές SO_2 εφόσον το σχηματιζόμενο H_2SO_4 αποτίθεται σε περιοχή που χαρακτηρίζεται από μεγάλο κρίσιμο φορτίο.

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Εξουδετέρωση της όξινης βροχής από ανθρωπογενείς δράσεις

Για την εκτίμηση των κρίσιμων φορτίων χρησιμοποιούνται μοντέλα τα οποία λαμβάνουν υπόψη στοιχεία για τη χημεία του εδάφους, τις βροχοπτώσεις, την τοπογραφία κ.α. Προσέγγιση με μεγάλη επιτυχία στη Σουηδία. Χρησιμοποιώντας τα κρίσιμα φορτία, ο έλεγχος της ρύπανσης βασίζεται στις επιδράσεις και λιγότερο στην πηγή. Η αρχή αυτή εφαρμόζεται στη νομοθεσία σε Καναδά και Ευρώπη (όχι στις ΗΠΑ).

Περιβαλλοντικές επιπτώσεις όξινης βροχής σε εδάφη και υδάτινους αποδέκτες

Στην ενότητα «Εξουδετέρωση της όξινης βροχής από το έδαφος» αναφερθήκαμε ήδη στην υποβάθμιση των οξινισμένων εδαφών μέσω της έκπλυσης των θρεπτικών συστατικών, η οποία συχνά οδηγεί σε σοβαρή αναστολή της βλάστησης.

Η οξίνιση μειώνει και την ικανότητα υδροχαρών φυτών να αναπτυχθούν. Αυτή η μείωση της παραγωγικότητας του νερού οδηγεί σε μείωση της ποσότητας του διαλυτού οργανικού άνθρακα (Dissolved Organic Carbon – DOC) στα επιφανειακά νερά. Ο DOC περιέχει μόρια τα οποία απορροφούν μερικώς την υπεριώδη ακτινοβολία, οπότε η μείωσή του επιτρέπει μεγαλύτερη διείσδυση της UV ακτινοβολίας σε βαθύτερα στρώματα των λιμνών.

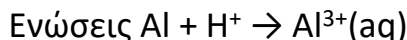
Επιπλέον, η υπερθέρμανση του πλανήτη οδηγεί σε αποξήρανση ορισμένων ρεμάτων που παρέχουν DOC στις λίμνες.

Η μείωση του στρατοσφαιρικού όζοντος επιτρέπει επίσης UV ακτινοβολία να φθάσει στην επιφάνεια της γης, και επομένως στις λίμνες.

Παρατηρούμε πως τρία παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα επηρεάζουν τις λίμνες.

Ελευθέρωση Αργιλίου στους υδάτινους αποδέκτες

Το όξινο νερό εκπλένει τα ιόντα του αργιλίου (Al^{3+}) από τα πετρώματα μέσω αντίδραση με τα κατιόντα υδρογόνου.



Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

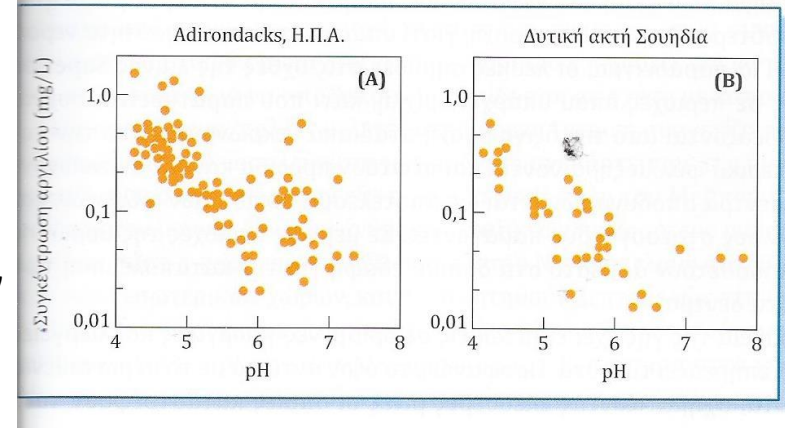
Περιβαλλοντικές επιπτώσεις όξινης βροχής σε εδάφη και υδάτινους αποδέκτες

Ελευθέρωση Αργιλίου στους υδάτινους αποδέκτες

Οι όξινες λίμνες χαρακτηρίζονται από αυξημένες συγκεντρώσεις διαλυμένων ιόντων αργιλίου, Al^{3+} .

Αυτή η κινητοποίηση του αργιλίου εντός του υδάτινου αποδέκτη έχει πολλές αρνητικές βιολογικές επιδράσεις.

Διάφοροι τύποι ψαριών και υδροχαρών φυτών εμφανίζουν διαφορετικές αντοχές στο αργίλιο και το χαμηλό pH, οπότε η οικολογική εικόνα μιας λίμνης διαφοροποιείται καθώς γίνεται σταδιακά περισσότερο όξινη.



Γενικά, η αναπαραγωγή των ψαριών μειώνεται σοβαρά ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα οξίνισης τα οποία μπορεί να είναι ανεκτά μόνο από τα ενήλικα ψάρια.

Νεαρά ψάρια, που έχουν εκκολαφθεί νωρίς την άνοιξη, υπόκεινται σε σοκ **από τη μεγάλη οξύτητα των νερών που οφείλεται στο λιώσιμο του όξινου χιονιού το οποίο οδηγεί σε απότομη μείωση του pH. Το όξινο χιόνι λιώνει πιο νωρίς λόγω της ταπείνωσης του σημείου πήξεως του νερού από την αύξηση των διαλυμένων όξινων συστατικών.**

Λίγα είδη ψαριών επιβιώνουν και αναπαράγονται όταν το pH < 5.

Το νερό σε πολλές οξινισμένες λίμνες είναι διαυγές λόγω της απουσίας της πλειονότητας της χλωρίδας και της πανίδας.

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ

Επιπτώσεις της ρύπανσης του αέρα σε δέντρα και καλλιέργειες

Η οξύτητα της βροχής που πέφτει στα δάση άλλα και το τροποσφαιρικό όζον και άλλα οξειδωτικά συστατικά της ατμόσφαιρας μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές **στρεσογόνες πιέσεις στα δέντρα**.

Τα δάση σε μεγάλα υψόμετρα επηρεάζονται περισσότερο από την όξινη βροχή, πιθανόν γιατί εκτίθενται στο κατώτερο τμήμα των χαμηλών νεφών όπου υπάρχει συμπυκνωμένη οξύτητα. Ομίχλη και αχλύς είναι περισσότερο όξινες από τη βροχή, γιατί υπάρχει λιγότερη ποσότητα νερού για την αραιώση του οξέος.

Το όζον κοντά στην επιφάνεια της γης μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στα φυτά.

Αντιδρά με το αέριο αιθένιο (αιθυλένιο $\text{CH}_2=\text{CH}_2$) το οποίο εκπέμπεται από τα φυτά δημιουργώντας **ελεύθερες ρίζες** οι οποίες καταστρέφουν τους ιστούς των φυτών. **Η ταχύτητα της φωτοσύνθεσης μειώνεται**, γεγονός που οδηγεί στην ελάττωση της συνολικής μάζας του φυτικού υλικού.

Διάφορες καλλιέργειες που η απόδοσή τους επηρεάζεται αρνητικά από το όζον: τριφύλλι, φασόλια, σιτάρι, καλαμπόκι, κριθάρι, σόγια, βαμβάκι, ντομάτες.

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Η επίδραση των αέριων ρύπων στην ανθρώπινη υγεία **δεν προκύπτει πάντα (ή με μια προφανή σχέση αιτίου-αποτελέσματος) από τις γενικές αρχές της βιολογίας ή της φυσιολογίας**.

Συνήθως τεκμηριώνεται **μέσω επιδημιολογικών μελετών οι οποίες παράγουν στατιστικές συσχετίσεις**. Για παράδειγμα, πολλές μελέτες στη Β. Αμερική συσχετίζουν στατιστικά τα ποσοστά των ηλικιωμένων που νοσηλεύονται με καρδιακή ανεπάρκεια με την ημερήσια συγκέντρωση του CO στον εξωτερικό αέρα.

Οι μελέτες σε πειραματόζωα κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες έκθεσης σε υψηλά επίπεδα ρύπανσης **δεν μπορούν εύκολα να δώσουν συμπεράσματα για επιπτώσεις μακροχρόνιας έκθεσης σε χαμηλά επίπεδα ρύπανσης**.

Για κάποιους ρύπους, μπορεί να υπάρχει **κατώφλι χαμηλής συγκέντρωσης**: η έκθεση κάτω από αυτό δεν προκαλεί κάποια συγκεκριμένη επίδραση στην υγεία.

Από την άλλη, μπορεί να υπάρχουν επιβλαβή αποτελέσματα από έκθεση σε αέριους ρύπους **για μικρή χρονική περίοδο τα οποία όμως να μην γίνονται αντιληπτά** με τις υπάρχουσες μεθόδους μέτρησης.

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Ιστορικά, μόλις κάποια αναπτυσσόμενη χώρα ξεκινήσει τη βιομηχανική ανάπτυξη, η ποιότητα της ατμόσφαιρας επιδεινώνεται σημαντικά. Η κατάσταση αυτή συνεχίζει να χειροτερεύει μέχρι να επιτευχθεί ένας σημαντικός βαθμός ευημερίας, οπότε εφαρμόζονται και επιβάλλονται μέτρα για τον έλεγχο των εκπομπών και ο αέρας αρχίζει να καθαρίζει. Έτσι, αν και η ποιότητα του αέρα βελτιώνεται με το χρόνο στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες, επιδεινώνεται στις μεγάλες πόλεις των αναπτυσσόμενων χωρών.

Παράδειγμα: Το 2002, από τις 20 πόλεις με τις υψηλότερες μέσες τιμές αιωρούμενων σωματιδίων οι 13 ήταν στην Κίνα, πέντε στην Ινδία και οι άλλες δύο ήταν το Κάιρο (Αίγυπτος) και η Τζακάρτα (Ινδονησία).

Οι κύριες επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία από τη ρύπανση του αέρα είναι στους πνεύμονες ή συνδέονται με αυτούς. Για παράδειγμα, τα χειρότερα επεισόδια άσθματος παρατηρούνται όταν αυξάνονται οι συγκεντρώσεις SO_2 , ή O_3 ή αιωρούμενων σωματιδίων στην ατμόσφαιρα.

Οι επιδράσεις στην υγεία από το νέφος αιθάλης-διοξειδίου του θείου

Γνωστό και ως νέφος καπνομίχλης (smog = smoke + fog). Σοβαρά επεισόδια στα μέσα του 20^{ου} αι. σε διάφορες δυτικές βιομηχανικές πόλεις ιδιαίτερα κατά τη χειμερινή περίοδο. Συνοδεύονταν από θανάτους.

Παράδειγμα: **Λονδίνο, Δεκέμβριος 1952** – Στάσιμες, ομιχλώδεις αέριες μάζες παγιδεύτηκαν κοντά στο έδαφος λόγω θερμοκρασιακής αναστροφής και σημειώθηκαν 4000 θάνατοι μέσα σε λίγες μέρες.

Η απαγόρευση/περιορισμός της χρήσης κάρβουνου για οικιακή θέρμανση και στη βιομηχανία έχει περιορίσει τα οξεία επεισόδια νέφους από αιθάλη και ενώσεις του θείου στον ανεπτυγμένο κόσμο.

Σε πολλές μεγάλες πόλεις στον αναπτυσσόμενο κόσμο, το κάρβουνο είναι ακόμα το κύριο καύσιμο και σε πολλές από αυτές τα πετρελαιοκίνητα αυτοκίνητα επιβαρύνουν το πρόβλημα

Παρ' όλο που τα οξεία επεισόδια νέφους καπνομίχλης γίνονται όλο και πιο σπάνια, πολλοί άνθρωποι εκτίθενται σε υπολογίσιμες συγκεντρώσεις **αιωρούμενων σωματιδίων που περιέχουν θειικό οξύ και θειικά ιόντα** από μεταφορά μεγάλης κλίμακας από τις βιομηχανικές περιοχές όπου εκπέμπεται SO_2 .

Ασθενείς με άσθμα επηρεάζονται αρνητικά από τα όξινα θειικά αερολύματα ακόμη και σε πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις.

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Οι επιπτώσεις του φωτοχημικού νέφους στην υγεία

Είναι πιο σύνηθες σε σχέση με το νέφος καπνομίχλης και συναντάται ιδιαίτερα σε περιοχές **με μεγάλη πυκνότητα πληθυσμού και οχημάτων**.

Αποτελείται από αέρια όπως **το όζον** και μια υδατική φάση που περιέχει υδατοδιαλυτές οργανικές και ανόργανες ενώσεις σε μορφή αιωρούμενων σωματιδίων.

Το φωτοχημικό νέφος είναι **οξειδωτικό** (σε αντίθεση με το νέφος καπνομίχλης που έχει αναγωγικές ιδιότητες).

Το **όζον είναι επιβλαβής αέριος ρύπος** με επιπτώσεις εξίσου σοβαρές τόσο σε υγιείς ανθρώπους όσο και σε άτομα με προϋπάρχοντα αναπνευστικά προβλήματα.

Προκαλεί **παροδικό ερεθισμό στο αναπνευστικό σύστημα** με βήχα, ερεθισμό της μύτης και του λαιμού, δύσπνοια και πόνο στο στήθος κατά τη βαθιά αναπνοή (ακόμα και σε υγιή άτομα όταν αθλούνται σε εξωτερικούς χώρους).

Χρόνια έκθεση σε υψηλά επίπεδα όζοντος οδηγεί σε **πρόωρη γήρανση των ιστών των πνευμόνων**. Σε μοριακό επίπεδο, **το όζον αντιδρά με ενώσεις που περιέχουν διπλούς δεσμούς C=C**, που συναντώνται στους βιολογικούς ιστούς των πνευμόνων.

Εκτός από το όζον, και άλλοι ρύποι του φωτοχημικού νέφους έχουν αρνητική επίδραση στην υγεία.

Από την άλλη, καθώς το όζον απορροφά τη UV-B ακτινοβολία, το φωτοχημικό νέφος μπορεί να δράσει προστατευτικά στην έκθεση στον ήλιο (αποφυγή καρκίνων δέρματος).

Κίνδυνος στην υγεία από τα σωματίδια

Τα σωματίδια με τη μορφή καπνού από καύση κάρβουνου αποτελούν πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης από πολύ παλιά.

Ιστορικές αναφορές για ανεπιτυχείς προσπάθειες για έλεγχο της καύσης του άνθρακα και τιμωρία των παραβατών στην Αγγλία ήδη από τον 13^ο αιώνα.

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Κίνδυνος στην υγεία από τα σωματίδια

Τα εισπνεύσιμα σωματίδια (PM_{10} , $d < 10 \mu m$) μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη βλάβη στην ανθρώπινη υγεία καθώς μεταφέρουν και ελευθερώνουν στους πνεύμονες **οργανικά μόρια και ιόντα μετάλλων τα οποία υπάρχουν επάνω σε αυτά.**

Η **χαλαρή δέσμευση ενώσεων στην επιφάνεια** του σωματιδίου ονομάζεται **ρόφηση**.

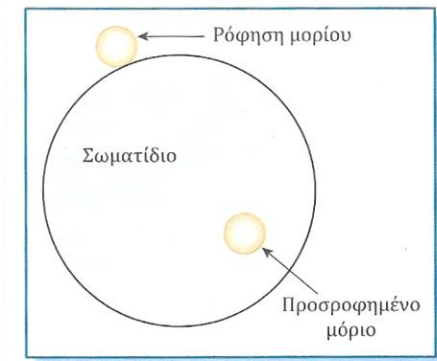
Η πιο ισχυρή δέσμευση ενώσεων εντός του σωματιδίου ονομάζεται **προσρόφηση**.

Τα **μεγάλα σωματίδια ($d > 2.5 \mu m$) προκαλούν μικρότερη ανησυχία** για την ανθρώπινη υγεία σε σχέση με τα μικρά για διάφορους λόγους:

- Τα μεγάλα σωματίδια καθιζάνουν γρήγορα οπότε μειώνεται η έκθεση μέσω της εισπνοής.
- Τα μεγάλα σωματίδια συγκρατούνται αποτελεσματικά στη μύτη και στο λαιμό και γενικά δεν μεταφέρονται μέχρι τους πνεύμονες. Αντίθετα, τα αναπνεύσιμα μικρά σωματίδια, φθάνουν μέχρι τους πνεύμονες και μπορούν να ροφηθούν/προσροφηθούν στα κύτταρα.
- Ο **λόγος επιφάνεια προς μάζα (ενεργός επιφάνεια, A/m) είναι πολύ μικρότερος στα μεγάλα σωματίδια σε σχέση με τα μικρά.** Άρα έχουν μικρότερη ικανότητα να μεταφέρουν (προσ)ροφημένα επικίνδυνα μόρια τα οποία μπορούν να βλάψουν την υγεία (οργανικές ενώσεις, τοξικά βαρέα μέταλλα).

Διάφορες συσκευές που χρησιμοποιούνται για απομάκρυνση σωματιδίων από τα καυσαέρια (πριν την απελευθέρωσή τους στον αέρα) όπως **ηλεκτροστατικά φίλτρα, πύργοι ψεκασμού και κυκλώνες**, είναι αποτελεσματικές **μόνο για τα μεγάλα σωματίδια**. Για την απομάκρυνση **και μικρών σωματιδίων ($d \approx 1 \mu m$)** απαιτείται **η χρήση σακόφιλτρων**.

Όταν μια συσκευή είναι αποτελεσματική μόνο για απομάκρυνση μεγάλων σωματιδίων, **το ποσοστό της επιφάνειας που απομακρύνεται είναι πολύ μικρότερο σε σχέση με εκείνο της συνολικής σωματιδιακής μάζας που απομακρύνεται.** Βλέπε εφαρμογή στην επόμενη διαφάνεια.



Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ

Κίνδυνος στην υγεία από τα σωματίδια

Εφαρμογή: Μία συσκευή φιλτραρίσματος αέρα βρέθηκε ότι απομακρύνει όλα τα σωματίδια με διάμετρο μεγαλύτερη του 1 μm , αλλά σχεδόν κανένα από τα μικρότερα. Να υπολογίσετε το ποσοστό της επιφάνειας που απομακρύνθηκε για ένα δείγμα σωματιδίων, του οποίου το 95% της μάζας αποτελείται από σωματίδια διαμέτρου 10 μm και το 5% από σωματίδια με διάμετρο 0,1 μm . Να θεωρήσετε ότι όλα τα σωματίδια είναι σφαιρικά και με την ίδια πυκνότητα.

(Απάντηση: Τα **μεγάλα σωματίδια (95% της συνολικής μάζας)** έχουν επιφάνεια που αντιστοιχεί στο **16% της συνολικής σωματιδιακής επιφάνειας**. Το υπόλοιπο 84% της συνολικής σωματιδιακής επιφάνειας καταλαμβάνεται από τα μικρά σωματίδια).

Η **συγκέντρωση των αναπνεύσιμων-μικρών σωματιδίων, $\text{PM}_{2,5}$** , είναι η παράμετρος της ρύπανσης του αέρα που συσχετίζεται περισσότερο με την **αύξηση στα ποσοστά ασθενειών ή τη θνησιμότητα**.

Η ρύπανση του αέρα **από σωματίδια** βρέθηκε να έχει μεγαλύτερη επίδραση στην επιδείνωση της ανθρώπινης υγείας συγκριτικά με την άμεση επίδραση αέριων ρύπων, **ακόμα και του όζοντος**.

Τα περισσότερο επικίνδυνα συστατικά στα μικρά σωματίδια είναι **τα θειικά άλατα και ο οργανικός άνθρακας**.

ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Τα επίπεδα των κυριότερων ρύπων της ατμόσφαιρας είναι συχνά υψηλότερα στον αέρα των εσωτερικών χώρων συγκριτικά με την εξωτερική ατμόσφαιρα, αν και οι συγκεντρώσεις των ρύπων εξαρτώνται από το κτίριο.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι περισσότεροι άνθρωποι περνούν το περισσότερο χρόνο τους σε εσωτερικούς παρά σε εξωτερικούς χώρους, η έκθεση σε ρύπους του εσωτερικού αέρα μπορεί να επιφέρει περισσότερα προβλήματα στην ανθρώπινη υγεία από την κακή ποιότητα του εξωτερικού αέρα.

Ρύποι αέρα εσωτερικών χώρων: Φορμαλδεΐδη, Υδρογονάνθρακες (Βενζόλιο, Τολουόλιο, 1,3-Βουταδιένιο), Διοξείδιο του αζώτου, **Μονοξείδιο του άνθρακα**, Καπνός και εστίες μαγειρέματος, Καπνός του τσιγάρου, **Αμύγδαλος**.

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Μονοξείδιο του Άνθρακα (CO)

Άχρωμο και άοσμο αέριο.

Οι συγκεντρώσεις του στον αέρα εσωτερικών χώρων μπορεί να αυξηθούν κατά πολύ από την ατελή καύση καυσίμων που περιέχουν άνθρακα, όπως ξύλο, βενζίνη, κηροζίνη ή φυσικό αέριο.

Χρήση καυσίμων βιομάζας για τη θέρμανση χώρων όπου κοιμούνται οι άνθρωποι και δεν εξαερίζονται επαρκώς.

Αυξημένες τιμές CO είναι επίσης συχνές σε εσωτερικούς χώρους στάθμευσης από τις εκπομπές των οχημάτων.

Το CO έχει την ικανότητα να σχηματίζει ισχυρά σύμπλοκα με την αιμογλοβίνη στο αίμα αντικαθιστώντας το οξυγόνο. Έτσι μειώνεται δραστικά η μεταφορά οξυγόνου στα κύτταρα και το άτομο μπορεί να οδηγηθεί ακόμη και στο θάνατο (πονοκέφαλος → κόπωση → αναισθησία → θάνατος).

Η συγγένεια της αιμογλοβίνης με το CO είναι 234 φορές μεγαλύτερη από αυτήν του οξυγόνου. Οπότε όταν δεσμευτεί σε ένα μόριο αιμογλοβίνης, εκτός του ότι μειώνει τον αριθμό των διαθέσιμων θέσεων όπου μπορεί να δεσμευθεί οξυγόνο, στις θέσεις που έχουν απομείνει το οξυγόνο έχει την τάση να προσδένεται ακόμη πιο ισχυρά. Κατ' αυτό τον τρόπο, δυσχεραίνεται η απελευθέρωσή του στα κύτταρα.

Μικρή έκθεση σε υψηλά επίπεδα CO και ίσως και μακροχρόνια έκθεση σε χαμηλά επίπεδα CO μπορεί να οδηγήσουν σε μείωση της διανοητικής λειτουργίας, γιατί ο εγκέφαλος είναι όργανο με υψηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο.

Ο καπνός του τσιγάρου είναι σημαντική πηγή CO στον εσωτερικό αέρα. Οι μη καπνιστές συνήθως έχουν λιγότερο από 1% της αιμογλοβίνης τους σε σύμπλοκο με το CO. Η τιμή αυτή για τους καπνιστές μπορεί να φτάσει και το 10%.

Μελέτες έχουν δείξει ότι αυξημένη θνησιμότητα από καρδιακές παθήσεις είναι πιθανή ακόμη και αν μικρό ποσοστό αιμογλοβίνης σχηματίζει διαχρονικά σύμπλοκα με το CO.

Οι επιπτώσεις του ρυπασμένου αέρα στο περιβάλλον και την υγεία – Εξωτερική ατμόσφαιρα – Εσωτερικοί χώροι

ΟΙ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΡΥΠΩΝ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΡΥΠΑΝΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΧΩΡΩΝ

Αμύαντος

Ο όρος αμύαντος αναφέρεται σε μια ομάδα έξι **πυριτικών ορυκτών** τα οποία έχουν **ινώδη δομή**. Αποτελούνται από μεγάλα δίκτυα ατόμων Si τα οποία συνδέονται μέσω παρεμβαλλόμενων ατόμων O. Κατιόντα Mg εξουδετερώνουν το αρνητικό φορτίο του πυριτίου εξασφαλίζοντας ηλεκτρική ουδετερότητα για το υλικό.

Χρυσοσίλης $[Mg_3Si_2O_5(OH)_4]$: Λευκό στερεό με **κυματοειδείς ίνες**. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη μορφή αμιάντου. Εξορύσσεται κυρίως στη Ρωσία, Κίνα, Βραζιλία, Καναδά και Καζακστάν.

Εκτεταμένη χρήση λόγω θερμοαντοχής, χημικής σταθερότητας και σχετικά χαμηλού κόστους.

Χρήση ως μονωτικό και πυροπροστατευτικό υλικό σε δημόσια κτίρια, στα φρένα των αυτοκινήτων, στις ίνες των πυρίμαχων ρούχων, ως πρόσθετο για την ενίσχυση του τσιμέντου σε στέγες και σωλήνες.

Μελέτες σε εργαζομένους στην εξόρυξη και σε άλλες εργασίες που σχετίζονται με τον αμύαντο έδειξαν ότι **είναι καρκινογόνος για τον άνθρωπο**. Προκαλεί **μεσοθηλίωμα**, μια σπάνια μορφή καρκίνου στο στήθος και την κοιλιακή χώρα.

Οι ίνες αμιάντου **σε συνδυασμό με τον καπνό του τσιγάρου** δρουν **συνεργιστικά**

Κροκιδόλιθος (μπλε αμύαντος) και **αμοδίτης** (καφέ αμύαντος) είναι επίσης μορφές αμιάντου που προκαλούν ανησυχία. Ειδικά, ο κροκιδόλιθος είναι ένα υλικό με λεπτές, ευθείες και σχετικά κοντές ίνες, οι οποίες διεισδύουν ευκολότερα στον πνεύμονα και είναι περισσότερο καρκινογόνο από τον λευκό αμύαντο.

Περισσότερες από 50 χώρες (συμπεριλαμβάνεται η ΕΕ σε αυτές) έχουν απαγορεύσει όλες τις μορφές αμιάντου στις διάφορες χρήσεις του.

Σε κάποιες αναπτυσσόμενες χώρες ο αμύαντος χρησιμοποιείται ακόμα στον τομέα των κατασκευών και επιπλέον δεν λαμβάνονται προστατευτικά μέτρα από τους εργάτες που έρχονται σε επαφή με αυτόν (μάσκες)