



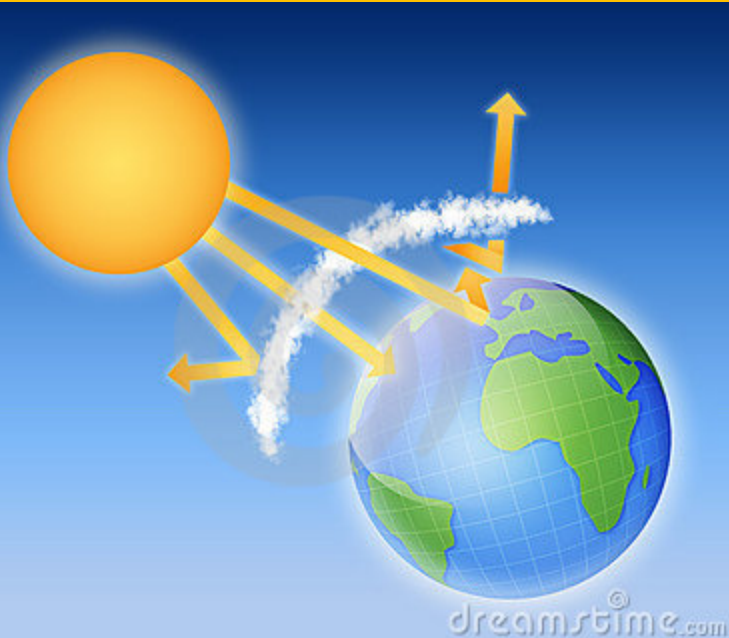
# Ατμοσφαιρική Ρύπανση

Η ιστορία και η διαβάθμιση της ατμοσφαιρικής ρύπανσης



# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Η Γη περιβάλλεται από ένα αέριο μίγμα, την ατμόσφαιρα. Η ατμόσφαιρα συμμετέχει στις κινήσεις της Γης και αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τους ωκεανούς και την ξηρά.



Μια καθαρή ατμόσφαιρα, δηλαδή ο «καθαρός» αέρας, είναι άχρωμος, άοσμος, και άγευστος. Δεν μπορεί να γίνει αισθητός παρά μόνο όταν βρίσκεται σε κίνηση. Είναι επίσης ευκίνητος, ελαστικός, διασταλτός και συμπιεστός. Είναι διαπερατός σε έναν μεγάλο αριθμό ακτινοβολιών, ενώ ταυτόχρονα μπορεί να απορροφά άλλες μορφές ακτινοβολίας.

# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Είναι γνωστό σήμερα πως η ατμόσφαιρα από τη γήινη επιφάνεια μέχρι και του ύψους των 90-100 km, έχει σχεδόν σταθερή χημική σύσταση και αποτελείται από ξηρό «καθαρό» ατμοσφαιρικό αέρα, από υδρατμούς και από ατμοσφαιρικά αιωρήματα [1]. Στον Πίνακα 1 φαίνεται η χημική σύσταση του ξηρού «καθαρού» ατμοσφαιρικού αέρα.

Από τα αέρια που συμπεριλαμβάνονται στον Πίνακα 1 κάποια αποτελούν σταθερά συστατικά της ατμόσφαιρας ( $N_2$ ,  $O_2$ , Ar, κ.λπ.) και άλλα αποτελούν μεταβλητά συστατικά της ( $O_3$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2$ , κ.λπ.).

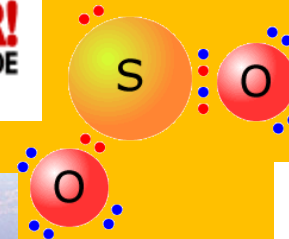
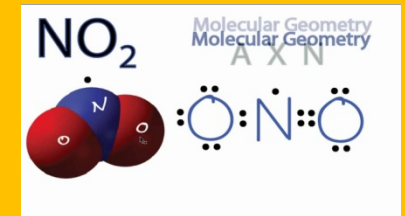
Συστατικό	Σύμβολο	% κ.ο
Άζωτο	$N_2$	78.09
Οξυγόνο	$O_2$	20.94
Αργό	Ar	0.93
Διοξείδιο του άνθρακα	$CO_2$	0.032
Νέο	Ne	0.0018
Ήλιο	He	0.00052
Μεθάνιο	$CH_4$	0.00015
Κρυπτό	Kr	0.0001
Υποξείδιο του αζώτου	$N_2O$	0.00005
Υδρογόνο	$H_2$	0.00005
Ξένο	Xe	0.000008
Όζον	$O_3$	$(0.01-0.04) \cdot 10^{-4}$

Πίνακας 1. Ποσοστιαία (%) κ.ο σύσταση του «καθαρού» ξηρού ατμοσφαιρικού αέρα [2].

# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (**World Health Organization-W.H.O**), ορίζεται ως ατμοσφαιρική ρύπανση η ύπαρξη στην ατμόσφαιρα ουσιών για τέτοιο χρονικό διάστημα και σε τέτοια συγκέντρωση, ώστε να προκαλούνται δυσμενείς επιπτώσεις στους ζωντανούς οργανισμούς (άνθρωπο, ζώα, φυτά) και τις υλικές κατασκευές.

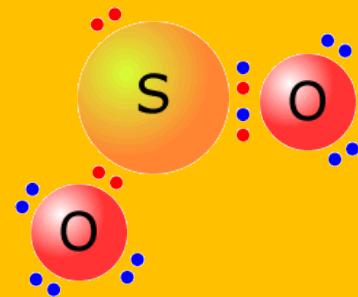
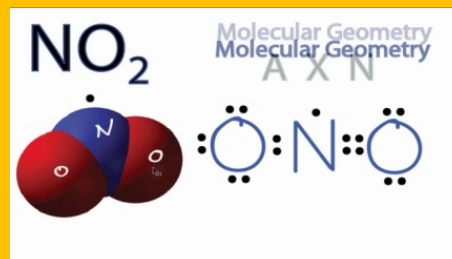
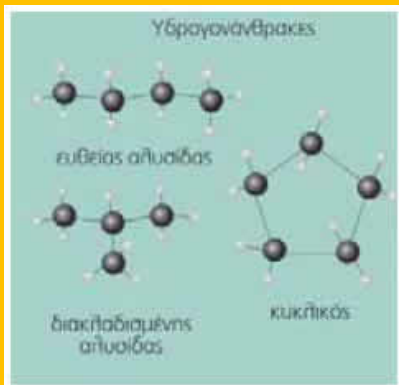
Ειδικότερα, θα μπορούσαμε να ορίσουμε ως ατμοσφαιρικούς αέριους ρύπους, τις αέριες ουσίες που δεν περιέχονται στον Πίνακα 1, ή περιέχονται σε αυτόν αλλά εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από αυτές με τις οποίες υπάρχουν στον «καθαρό» ξηρό ατμοσφαιρικό αέρα, επηρεάζοντας έτσι δυσμενώς τις συνθήκες διαβίωσης του ανθρώπου.



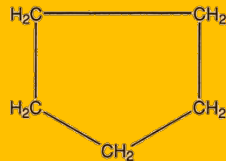
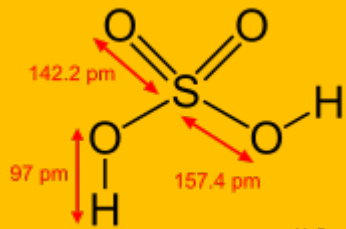
# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Οι ατμοσφαιρικοί ρύποι χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τους πρωτογενείς και τους δευτερογενείς ατμοσφαιρικούς ρύπους [3].

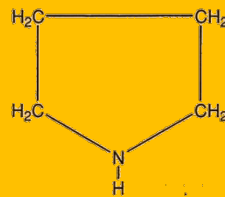
**Πρωτογενείς**, ονομάζονται οι ρύποι που σχηματίζονται και απελευθερώνονται στο περιβάλλον απ' ευθείας από τις πηγές τους. Τέτοιου είδους ατμοσφαιρικοί ρύποι είναι το διοξείδιο του θείου, το υδρόθειο, υδρογονάνθρακες, μονοξείδιο του αζώτου, μονοξείδιο του άνθρακα, μόλυβδος, αμίαντος, αιωρούμενα σωματίδια και ο καπνός.



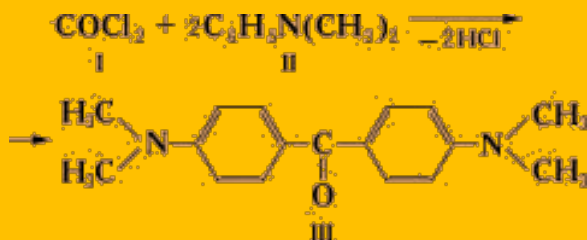
# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι



Ισοκυκλικές



Ετεροκυκλικές



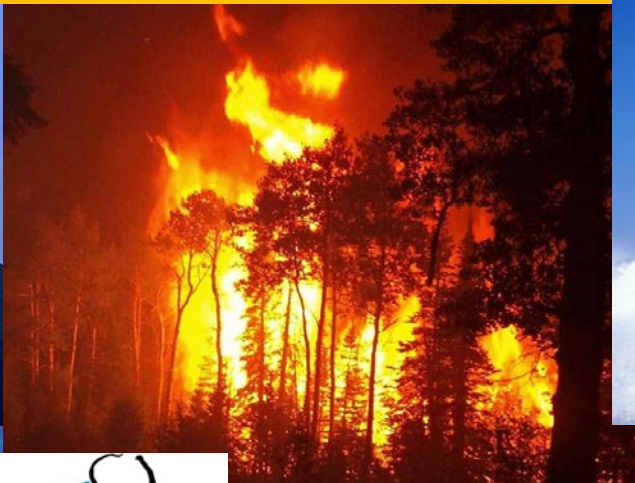
**Δευτερογενείς**, ονομάζονται οι ρύποι που σχηματίζονται στην ατμόσφαιρα μετά από μια σειρά χημικών αντιδράσεων των πρωτογενών. Πολύπλοκες χημικές αντιδράσεις μεταξύ των οξειδίων του αζώτου, του οξυγόνου της ατμόσφαιρας και των υδρογονανθράκων, με την επίδραση του ηλιακού φωτός, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία δευτερογενών ρύπων όπως το όζον, διάφορες αλδεΐδες και κετόνες και πολύπλοκα άλλα προϊόντα γνωστά και ως PAN (Νιτρικά Υπεροξυακετύλια) τα περισσότερα από τα οποία είναι τοξικά. Ως δευτερογενείς ρύποι θα μπορούσαν επίσης να θεωρηθούν και τα προϊόντα οξείδωσης των πρωτογενών ρύπων που περιέχουν θείο, όπως το τριοξείδιο του θείου, το θειικό οξύ και τα θειϊκά άλατα.

# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Οι πηγές παραγωγής και εκπομπής των ρύπων στην ατμόσφαιρα χωρίζονται και αυτές σε δύο κατηγορίες. Τις φυσικές πηγές και τις ανθρωπογενείς πηγές [4].

**Φυσικές** πηγές παραγωγής και εκπομπής ρύπων στην ατμόσφαιρα θεωρούνται το έδαφος, τα ηφαίστεια, οι πυρκαγιές και οι ωκεανοί.

Ως **ανθρωπογενείς** πηγές θεωρούνται η βιομηχανία, η θέρμανση, η παραγωγή ενέργειας, οι μεταφορές και τα ατυχήματα μεγάλης κλίμακας που προκαλούνται από την ανθρώπινη δραστηριότητα.



# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

Στον Πίνακα 2 παρατίθενται οι κυριότεροι ρύποι που εμφανίζονται στην ατμόσφαιρα.

CO	Μονοξείδιο του άνθρακα
Pb	Μόλυβδος
NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub>	Διοξείδιο του αζώτου, οξείδια του αζώτου
O <sub>3</sub>	Όζον
TSP, PM <sub>10</sub> , PM <sub>2.5</sub>	Αιωρούμενα σωματίδια (ολικά, αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης των 10 μm, αεροδυναμικής διαμέτρου μικρότερης των 2.5 μm)
SO <sub>2</sub> , SO <sub>x</sub>	Διοξείδιο του θείου, Οξείδια του θείου
CFCs	Χλωροφθοράνθρακες
CH <sub>4</sub>	Μεθάνιο
CO <sub>2</sub>	Διοξείδιο του άνθρακα
HFCs	Πολύ-φθοριωμένοι υδρογονάνθρακες
N <sub>2</sub> O	Υποξείδιο του αζώτου
PFCs	Υπερφθοροϋδρογονάνθρακες
VOCs	Πτητικές ασταθείς οργανικές ενώσεις

Πίνακας 2. Οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι

# Ατμοσφαιρική Ρύπανση-Ατμοσφαιρικοί Ρύποι

ΠΗΓΗ	ΡΥΠΟΣ (εκατομμύρια τόνοι/έτος)					
	CO	SO <sub>2</sub> , SO <sub>3</sub>	NO, NO <sub>2</sub>	H/C	Σωματίδια	Σύνολα
<b>ΜΕΤΑΦΟΡΕΣ:</b>						
Αυτοκίνητο	67.3	0.3	7.0	12.7	0.7	88.0
Άλλα	3.9	0.1	1.0	1.1	0.5	6.6
Σύνολο	71.2	0.4	8.0	13.8	1.2	94.6
<b>ΚΑΥΣΕΙΣ:</b>						
Παρ. Ηλεκτρικής Ενέργειας	0.1	14.0	3.5	-	2.3	19.9
Βιομηχανία	0.3	5.5	3.1	0.1	3.0	12.0
Οικιακή θέρμανση	1.3	1.8	0.5	0.6	0.4	4.6
Άλλα	0.2	0.7	0.4	-	0.3	1.6
Σύνολο	1.9	22.0	7.5	0.7	6.0	38.1
Επεξεργασία Στερεών Αποβλήτων	4.5	0.1	0.7	1.4	1.2	7.9
Διάφορες κατεργασίες	7.8	7.2	0.2	3.5	5.9	24.6
Διάφορα	1.2	0.6	0.2	4.2	0.4	6.6
<b>ΣΥΝΟΛΑ</b>	<b>86.6</b>	<b>30.3</b>	<b>16.6</b>	<b>23.6</b>	<b>14.6</b>	<b>172.8</b>

Πίνακας 3. Οι κυριότεροι ρύποι και οι πηγές τους στην ατμόσφαιρα [5]

# Πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι επιπτώσεις τους

Οι επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη δημόσια υγεία έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια θέμα πρώτης προτεραιότητας για πολλές χώρες. Ο W.H.O έχει προσδιορίσει την ατμοσφαιρική ρύπανση ως υψηλή προτεραιότητα στο πεδίο της πρωτοβουλίας κατά των ασθενειών και έχει υπολογίσει ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση είναι υπεύθυνη για το 1.4% όλων των θανάτων και για το 0.8% των πρόωρων θανάτων συνολικά σε παγκόσμιο επίπεδο [6].

Χρονολογία	Τοποθεσία	Προκαλούμενοι θάνατοι	Ασθενήσαντες
Δεκέμβρης, 1930	Βέλγιο (Muesse Valley)	63	6000
Οκτώβρης, 1948	Dopoga, Pa	20	6000
26-30 Νοέμ., 1948	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
21 Νοεμ., 1950	Μεξικό (Poza Rica)	22	320
5-9 Δεκ., 1952	Λονδίνο	4000	δεν υπάρχουν στοιχεία
Νοέμβρης, 1953	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
3-6 Ιαν., 1956	Λονδίνο	1000	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1957	Λονδίνο	700-800	δεν υπάρχουν στοιχεία
26-31 Ιαν., 1959	Λονδίνο	200-250	δεν υπάρχουν στοιχεία
5-10 Δεκ., 1962	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
7-22 Ιαν., 1963	Λονδίνο	700	δεν υπάρχουν στοιχεία
9 Ιαν.-12 Φεβ., 1963	Νέα Υόρκη, πολιτεία	200-400	δεν υπάρχουν στοιχεία
23-25 Νοέμ., 1966	Νέα Υόρκη, πολιτεία	δεν υπάρχουν στοιχεία	δεν υπάρχουν στοιχεία
24-30 Νοέμ., 1966	Νέα Υόρκη, Πόλη	168	δεν υπάρχουν στοιχεία

Πίνακας 4. Σοβαρά επεισόδια ατμοσφαιρικής ρύπανσης με σημαντικές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία [5]

# Πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι επιπτώσεις τους

Πλήθος μελετών που έχουν γίνει τις τελευταίες δεκαετίες αναφέρονται στις επιπτώσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στη δημόσια υγεία [7]. Στο Σχήμα 1, φαίνεται η πυραμίδα των επιπτώσεων στην υγεία από την έκθεση του ανθρώπου στην ατμοσφαιρική ρύπανση [8].

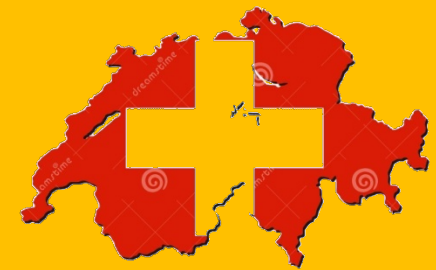


Σχήμα 1. Πυραμίδα επιπτώσεων της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην υγεία [8]

# Πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι επιπτώσεις τους

Διαπιστώθηκε ότι η ατμοσφαιρική ρύπανση ήταν υπεύθυνη για περισσότερα από 25,000 νέα κρούσματα της χρόνιας βρογχίτιδας σε ενήλικες, περισσότερα από 290,000 επεισόδια βρογχίτιδας σε παιδιά, περισσότερα από μισό εκατομμύριο κρούσματα άσθματος, και περισσότερες από 19 εκατομμύρια ανθρωποημέρες περιορισμένων δραστηριοτήτων στην Αυστρία, τη Γαλλία και την Ελβετία [9].

Παρόμοια αποτελέσματα καταδεικνύουν και άλλες μελέτες σε 90 από τις μεγαλύτερες πόλεις των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής το 2003 σε 25 Ευρωπαϊκές πόλεις το 2003 [10] και σε 8 πόλεις στον Καναδά το 2000 [11].



# Πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι επιπτώσεις τους

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται τα κυριότερα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος στην υγεία του εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης και οι σχετιζόμενοι με αυτά ρύποι [12].



Ασθένειες	Σχετιζόμενοι ρύποι
Καρκίνος Καρκίνος του αναπνευστικού συστήματος Καρκίνος του πεπτικού συστήματος	Διοξείδιο του θείου Θειικά άλατα Αιωρούμενα σωματίδια Αμίαντος, Νικέλιο, Βηρύλλιο, Χρώμιο και γενικά τοξικές ουσίες Γενική ατμοσφαιρική ρύπανση
Ασθένειες του αναπνευστικού συστήματος που αυξάνουν τη νοσηρότητα και τη θνησιμότητα	Αιωρούμενα σωματίδια Διοξείδιο του θείου Διοξείδιο του αζώτου Καπνός Καυσαέρια αυτοκινήτων
Βρογχίτιδα	Αιωρούμενα σωματίδια Διοξείδιο του θείου Διοξείδιο του αζώτου Καπνός Καυσαέρια αυτοκινήτων
Πνευμονία	Διοξείδιο του θείου Καπνός Θειικά άλατα Πτώση αιθάλης
Φυματίωση	Διοξείδιο του θείου Αιωρούμενα σωματίδια
Εμφύσημα	Γενική ατμοσφαιρική ρύπανση Οξειδία του αζώτου
Καρδιαγγειακή νοσηρότητα και θνησιμότητα	Γενική ατμοσφαιρική ρύπανση Διοξείδιο του θείου Θειικά άλατα Αιωρούμενα σωματίδια

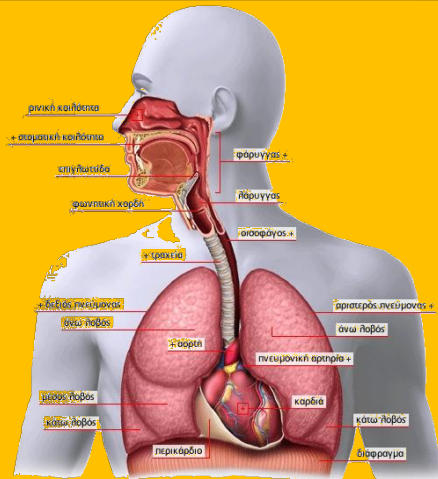
Πίνακας 5. Ασθένειες και σχετιζόμενοι με αυτές ατμοσφαιρικοί ρύποι [12]

# Πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι επιπτώσεις τους

Στον Πίνακα 6 παρατίθενται οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι, οι πηγές τους και οι συνέπειες που αυτοί προκαλούν στη δημόσια υγεία [12], [13].

ΡΥΠΟΣ	ΠΗΓΗΣ	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΥΓΕΙΑ
Διοξείδιο του αζώτου	Κάθε είδους καύση (αυτοκίνητα, θέρμανση κλπ). Παράγονται οξείδια του αζώτου ( $\text{NO}_x$ ) που στη συνέχεια παρουσία όζοντος σχηματίζουν διοξείδιο του αζώτου.	Γενική ενόχληση στο αναπνευστικό σύστημα συμπεριλαμβανομένης της αυξανόμενης πιθανότητας της αναπνευστικής μόλυνσης και της εξασθενημένης λειτουργίας των πνευμόνων.
Μονοξείδιο του άνθρακα	Μεταφορές και βιομηχανία. Γενικά η καύση βασισμένων στον άνθρακα καυσίμων.	Μειώνει την ικανότητα μεταφοράς οξυγόνου στο αίμα. Σε χαμηλά επίπεδα μειώνει τη συγκέντρωση και σε πιο υψηλά επίπεδα προκαλεί πονοκέφαλους, ναυτία, ίλιγγο. Σε πολύ υψηλά επίπεδα μπορεί να οδηγήσει στο θάνατο.
Διοξείδιο του θείου	Καύση των στερεών καυσίμων και του πετρελαίου.	Προκαλεί δυσκολίες στην αναπνοή, ενόχληση στα μάτια, στη μύτη, στο λαιμό και στους πνεύμονες. Οι άνθρωποι που πάσχουν από άσθμα είναι πολύ πιο ευάλωτοι.
Όζον	Είναι φωτοχημικός ρύπος. Σχηματίζεται μετά από χημική αντίδραση άλλων ρύπων, παρουσία ηλιακού φωτός.	Η έκθεση στο όζον μπορεί να προκαλέσει μια ερεθιστική επίδραση στους πνεύμονες, φλεγμονή της αναπνευστικής οδού και βραχυπρόθεσμα αναπνευστικά προβλήματα.
Μόλυβδος	Βενζίνη και βιομηχανία.	Επηρεάζει τη διανοητική ανάπτυξη των παιδιών, στις δε πολύ υψηλές δόσεις δηλητηριάζει τον οργανισμό προκαλώντας ζημιές στον εγκέφαλο και διάφορα άλλα όργανα.
Βενζόλιο	Καύση και διανομή πετρελαίου.	Έκθεση για μεγάλα χρονικά διαστήματα μπορεί να οδηγήσει σε καρκίνο.
1,3 Βουταδιένιο	Καύση της βενζίνης και του ντίζελ και η παραγωγή των ελαστικών για τα αυτοκίνητα.	Έκθεση για μεγάλα χρονικά διαστήματα μπορεί να οδηγήσει σε καρκίνο.
Πρωτογενή αιωρούμενα σωματίδια	Κίνηση οχημάτων (μηχανές ντίζελ, φρένα και ελαστικά αυτοκινήτων). Βιομηχανικές πηγές (μονάδες παραγωγής ενέργειας).	Αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα. Έχουν μακροχρόνιες επιπτώσεις στον οργανισμό.
Δευτερογενή αιωρούμενα σωματίδια	Σχηματίζονται με την οξείδωση παρουσία όζοντος μερικών αέριων ρύπων ( $\text{SO}_2$ , $\text{NO}_2$ ). Δημιουργούν στην ατμόσφαιρα λεπτόκοκκα σωματίδια.	Αναπνευστικά και καρδιαγγειακά προβλήματα. Έχουν μακροχρόνιες επιπτώσεις στον οργανισμό.

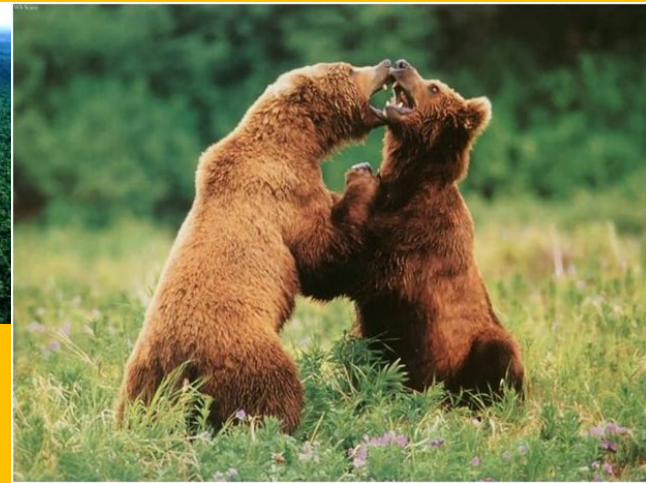
+ αναπνευστικό σύστημα



Πίνακας 6. Συμπτώματα που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση και οι συνέπειές τους [12], [13]

# Πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι επιπτώσεις τους

Εκτός από τις επιδράσεις της ατμοσφαιρικής ρύπανσης στον άνθρωπο και τη δημόσια υγεία, δυσμενείς επιπτώσεις εμφανίζονται και στην πανίδα αλλά και στη χλωρίδα.



Για παράδειγμα, η αλόγιστη χρήση εντομοκτόνων έχει ως αποτέλεσμα την μείωση του πληθυσμού των εντόμων, κάτι το οποίο οδηγεί στη διατάραξη του οικοσυστήματος και της χλωρίδας, αφού πολλά από τα έντομα παίζουν καθοριστικό ρόλο στην αναπαραγωγή των φυτών.

Το Υπουργείο Γεωργίας των Η.Π.Α υπολογίζει ότι οι γεωργικές απώλειες εξαιτίας της ατμοσφαιρικής ρύπανσης πλησιάζουν τα 500 εκατομμύρια δολάρια το χρόνο [5].



# Πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι επιπτώσεις τους

Στον Πίνακα 7, παρουσιάζονται οι κυριότεροι ατμοσφαιρικοί ρύποι που προκαλούν βλάβες στη χλωρίδα, καθώς επίσης και οι βασικότερες πηγές εκπομπής τους στην ατμόσφαιρα [5].

ΡΥΠΟΣ	ΠΗΓΗ				
	Αυτοκίνητο	Βιομηχανία	Παρ. Ηλεκτρικής Ενέργειας	Οικιακή Θέρμανση	Διαχείριση σκουπιδιών
SO <sub>2</sub>	1	9	12	3	1
H/C → O <sub>3</sub> , PAN	12	4	1	1	1
NO <sub>x</sub> → O <sub>3</sub> , PAN	6	2	3	1	1
HF, SiF <sub>4</sub>	-	1	-	-	-
Άλλα	2	8	4	2	2
Σύνολα	21	24	20	7	5
%	28	30	26	9	7

Πίνακας 7. Κύριες πηγές βλαβερών ατμοσφαιρικών ρύπων για τη χλωρίδα [5]

# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Την ύπαρξη κάποιας μορφής ατμοσφαιρικής ρύπανσης στην αρχαιότητα, και συγκεκριμένα στην αρχαία Αίγυπτο, αποκαλύπτουν οι μουμιοποιημένοι πνεύμονες που εξέτασαν επιστήμονες από το Πανεπιστήμιο του Μάντσεστερ [14].

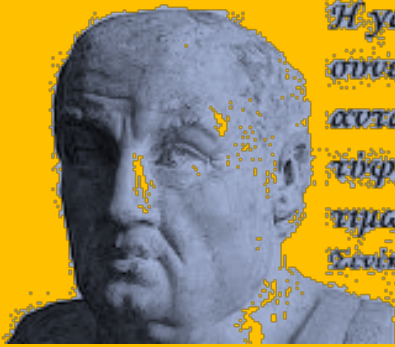


Τα ίχνη σωματιδίων που βρέθηκαν στους πνεύμονες των αρχαίων μουμιών, είναι κοινά με αυτά που αναπνέουν οι κάτοικοι των βιομηχανικών πόλεων σήμερα και ευθύνονται για μια σειρά παθήσεων όπως τα καρδιακά νοσήματα, οι πνευμονικές παθήσεις και ο καρκίνος.

Όπως ανακάλυψε ομάδα αιγυπτιολόγων ερευνητών, εξετάζοντας 15 μουμιοποιημένους πνεύμονες, ο αριθμός των επικίνδυνων σωματιδίων δε διαφέρει κατά πολύ από αυτόν που παρατηρείται στα «σύγχρονα» πνευμόνια, όπως θα περίμενε κανείς [14].

# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Ο Ρωμαίος φιλόσοφος Σενέκας, περιγράφει με γλαφυρότητα και αποστροφή την ατμοσφαιρική ρύπανση της Ρώμης, που είχε προκληθεί από τις καπνοδόχους των σπιτιών αλλά και άλλες ρυπογόνες πηγές καύσης [5].



*Η γαλήνη της καθαρής  
συνείδησης είναι η σπουδαιότερη  
αυταμοιβή της αρετής και οι  
τύφεις της ευσυχής η μεγαλύτερη  
τιμωρία της κακίας.*

*Σενέκας (3 π.Χ. – 65 μ.Χ.)*

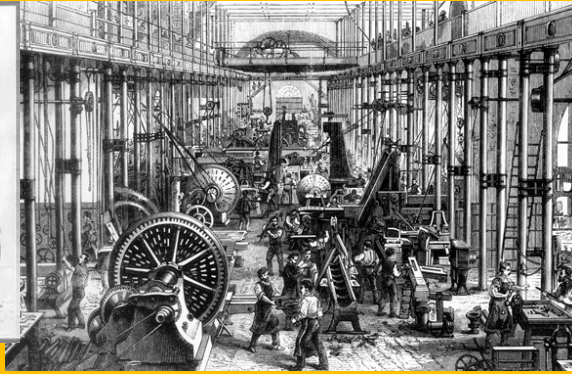
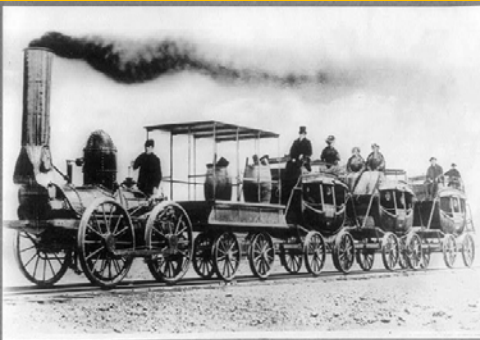
*Ρωμαίος φιλόσοφος Σκέψεις σοφών*



Η ατμοσφαιρική ρύπανση που δημιουργήθηκε το έτος 1157 (περίοδος πριν τη βιομηχανική επανάσταση) από την καύση των ξύλων, θεωρήθηκε μια πολύ σοβαρή υπόθεση για την σύζυγο του Βασιλιά Ερρίκου του δεύτερου της Αγγλίας και την ανάγκασε να πάρει μέτρα για την προστασία της ανθρώπινης υγείας [5].



# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης



Η βιομηχανική επανάσταση (18<sup>ος</sup> αιώνας) έφερε τη χρήση του ατμού στην παραγωγή ενέργειας και γενικότερα στην κίνηση των μηχανών [5].

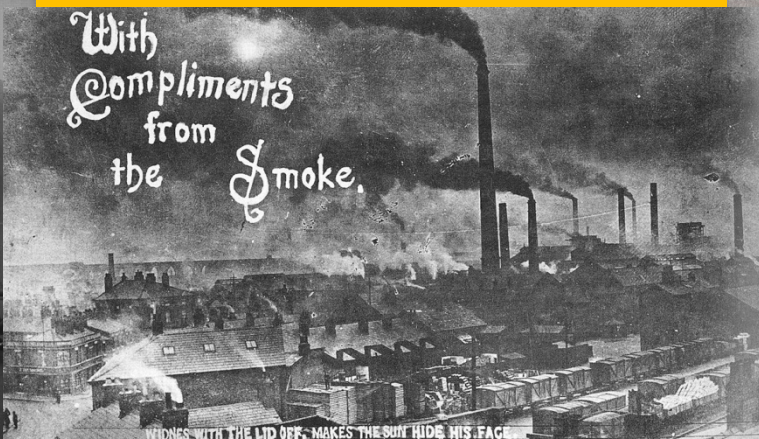
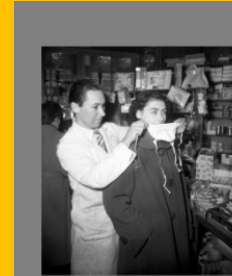
Έτσι, ακολούθησαν σοβαρά προβλήματα στη διάρκεια του 19<sup>ου</sup> αιώνα, από τον καπνό και την αιωρούμενη τέφρα, αποτέλεσμα της καύσης άνθρακα και πετρελαίου στους κινητήρες [5].

Στις 5 Δεκεμβρίου του 1952 το Λονδίνο πλήττεται από επεισόδιο ατμοσφαιρικής ρύπανσης που είχε ως αποτέλεσμα τον θάνατο 4,000 περίπου ανθρώπων.



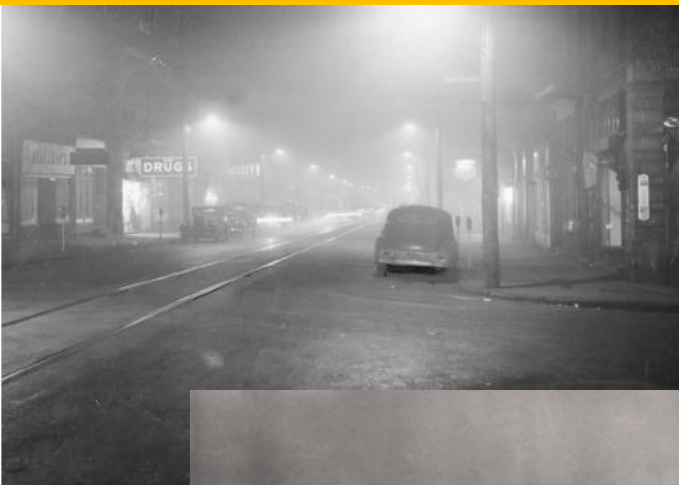
# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Μία θερμοκρασιακή αναστροφή που προκλήθηκε από έναν αντικυκλώνα είχε σαν αποτέλεσμα να παγιδεύσει κρύο αέρα κάτω από μία θερμή μάζα αέρα, και σε συνδυασμό με την αυξημένη κατανάλωση κάρβουνου, δημιούργησε ένα δηλητηριώδες νέφος σε συνθήκες απόλυτης άπνοιας που κράτησε από τις 5 ως τις 9 Δεκεμβρίου του 1952. Η ορατότητα ήταν τόσο περιορισμένη που σταμάτησαν όλες οι συγκοινωνίες εκτός από το μετρό και ακυρώθηκαν ακόμη και κινηματογραφικές προβολές λόγω της ομίχλης που είχε διεισδύσει μέσα στις αίθουσες. Τα περισσότερα από τα 4,000 θύματα που προκάλεσε η θανατηφόρα ρύπανση ήταν κυρίως παιδιά και ηλικιωμένα άτομα [15].



# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Το 1930 στη Meuse Valley στο Βέλγιο, η ομίχλη «σκότωσε» 60 ανθρώπους λόγω ενός συνδυασμού βιομηχανικής ατμοσφαιρικής ρύπανσης και ιδιαίτερων μετεωρολογικών συνθηκών.



Το 1948 στην Donora στην Πενσυλβάνια (Η.Π.Α.) το νέφος μετά από μια ιστορική θερμοκρασιακή αντιστροφή του αέρα είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο 20 ανθρώπων και τη δημιουργία σοβαρών αναπνευστικών προβλημάτων σε περισσότερους από 7,000 κατοίκους της ευρύτερης περιοχής, οι οποίοι κατέκλυσαν τα νοσοκομεία.

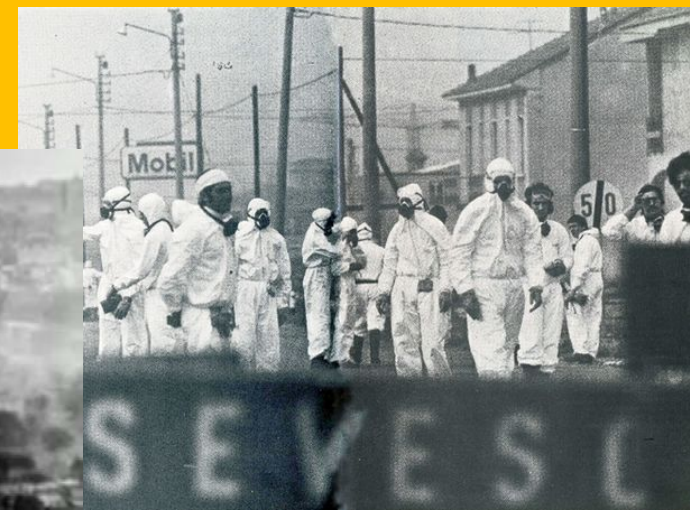
# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η Roza Rica είναι μια μικρή κωμόπολη των 15,000 κατοίκων στο Μεξικό, γνωστή για τις δραστηριότητες των πετροχημικών τη δεκαετία του 1940. Το 1950, αντιμετώπισε σοβαρό πρόβλημα ατμοσφαιρικής ρύπανσης λόγω της διαρροής  $H_2S$  από έναν αγωγό. Το ατύχημα συνέβη σε έναν αγωγό μεταφοράς ενός εργοστασίου και κράτησε μόλις 25 λεπτά, απελευθερώνοντας ποσότητες  $H_2S$  στον αέρα της πόλης. Λόγω όμως του γεγονότος ότι το  $H_2S$  έχει περίπου ίδια πυκνότητα με τον αέρα, αλλά και των μετεωρολογικών συνθηκών που επικρατούσαν (άπνοια και ομίχλη) είχε ως αποτέλεσμα το θάνατο 22 ανθρώπων και την εισαγωγή στα νοσοκομεία της περιοχής με σοβαρότατα αναπνευστικά προβλήματα 320 ανθρώπων [5], [16] .



# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η καταστροφή του Seveso ήταν ένα βιομηχανικό ατύχημα που συνέβη γύρω 12:37 της 10<sup>ης</sup> Ιουλίου του 1976, σε ένα μικρό εργοστάσιο παραγωγής χημικών προϊόντων περίπου 15 χιλιόμετρα βόρεια του Μιλάνου στην περιφέρεια της Λομβαρδίας στην Ιταλία. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την υψηλότερη γνωστή έκθεση σε 2,3,7,8-τετραχλωροδιβενζο-παρα-διοξίνη (TCDD) σε πληθυσμούς κατοικημένων περιοχών [17], η οποία έδωσε αφορμή για πολλές επιστημονικές μελέτες και τυποποιημένους βιομηχανικούς κανονισμούς ασφαλείας. Οι κανονισμοί της βιομηχανικής ασφάλειας της ΕΕ είναι γνωστοί και ως Οδηγία Seveso II.



# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης



Μέσα σε λίγες μέρες συνολικά 3,300 ζώα βρέθηκαν νεκρά. Δεκαπέντε (15) παιδιά μεταφέρθηκαν άμεσα στο νοσοκομείο με φλεγμονή του δέρματος. Μέχρι το τέλος του Αυγούστου, είχε τελείως εκκενωθεί η Ζώνη Α της περιοχής και 1,600 άτομα όλων των ηλικιών είχαν εξετασθεί. Τα 447 από αυτά βρέθηκαν να πάσχουν από βλάβες του δέρματος ή χλωρακμή.



Ένα συμβουλευτικό κέντρο ιδρύθηκε για τις έγκυες γυναίκες εκ των οποίων 26 επέλεξαν έκτρωση, η οποία ήταν νόμιμη σε ειδικές περιπτώσεις και μετά από σχετική διαβούλευση με τους γιατρούς.



# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Η καταστροφή του Bhopal, που αναφέρεται επίσης ως η τραγωδία του φυσικού αερίου Bhopal, ήταν ένα περιστατικό διαρροής αερίου στην Ινδία, το οποίο θεωρείται παγκοσμίως και ως η χειρότερη βιομηχανική καταστροφή [18].

Αυτό συνέβη το βράδυ στις 2 προς 3 Δεκεμβρίου 1984 στο Union Carbide India Limited εργοστάσιο φυτοφαρμάκων στο Bhopal, Madhya Pradesh. Πάνω από 500,000 άνθρωποι εκτέθηκαν σε ισοκυανικό μεθύλιο (MIC) του φυσικού αερίου και άλλων χημικών ουσιών.

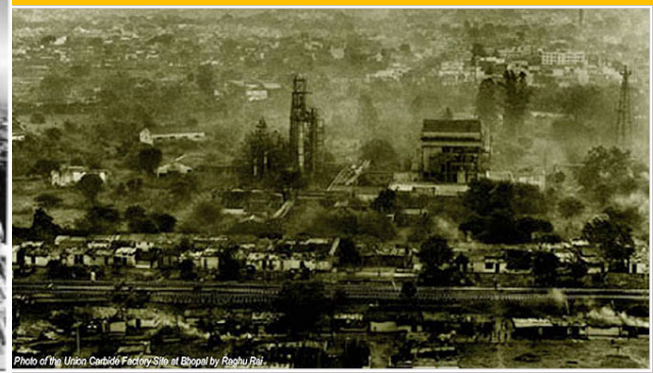
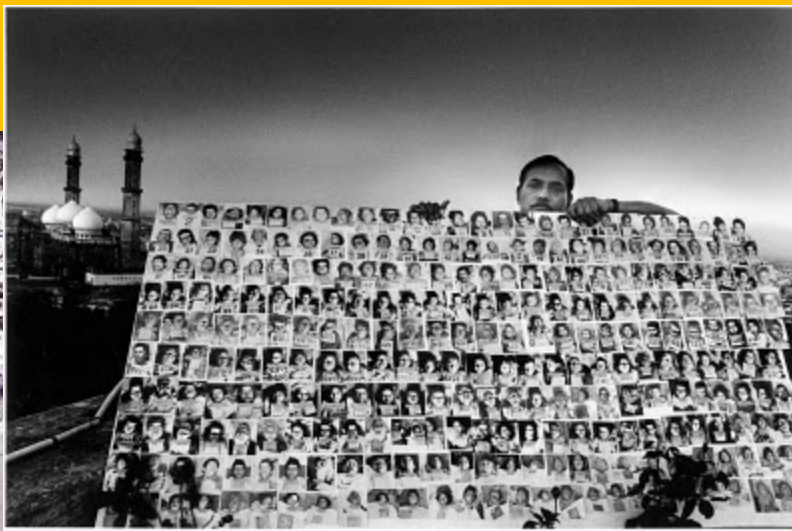
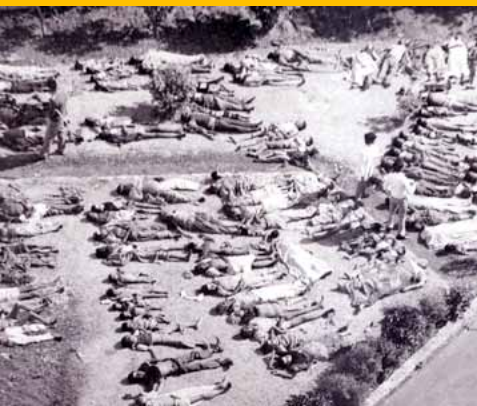


TODAY IN BHOPAL  
MORE THAN **120,000**  
RESIDENTS SUFFER FROM  
**CHRONIC ILLNESSES**  
- BHOPAL MEDICAL APPEAL

# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Οι εκτιμήσεις ποικίλλουν σχετικά με το φόρο θανάτου. Ο επίσημος αριθμός των νεκρών ήταν 2,259 νεκροί άνθρωποι. Η κυβέρνηση της Madhya Pradesh επιβεβαίωσε συνολικά 3,787 θανάτους που σχετίζονται με την απελευθέρωση του αερίου [19]. Η υπεύθυνη κυβέρνηση δήλωσε επισήμως το 2006 ότι η διαρροή προκάλεσε 558,125 τραυματισμούς συμπεριλαμβανομένων περίπου 3,900 σοβαρών τραυματισμών με μόνιμη αναπηρία [20].

Άλλες εκτιμήσεις δίνουν τον αριθμό των 8,000 θανάτων μέσα στις δύο επόμενες εβδομάδες και άλλες εκτιμήσεις τον αριθμό των 8,000 ή και περισσότερων θανάτων από ασθένειες που σχετίζονται με φυσικό αέριο με το πέρασμα των μηνών και των ετών [21].



# Ιστορική αναδρομή της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Δυστυχώς ακόμα και σήμερα, η κατάσταση σε πολλές περιοχές του πλανήτη δεν είναι καθόλου καλή για τους ανθρώπους, όσον αφορά την ποιότητα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος, και κυρίως για τους κατοίκους των μεγάλων αστικών κέντρων.



Πεκίνο: 14,5 εκατομμύρια κάτοικοι



Δελχί: 13,5 εκατομμύρια κάτοικοι

# Βιβλιογραφία

- [1] Μαχαίρας Π., Μπαλαφούτης Χ., 1984. Γενική Κλιματολογία με στοιχεία Μετεωρολογίας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη, 1984
- [2] Boubel R.W., Fox D. L., Turner D.B. and Stern A.C., 1994. Fundamentals of Air Pollution. Academic Press, San Diego.
- [3] Project APNEE-TU. Δίκτυο έγκαιρης και έγκυρης πληροφόρησης για την ατμοσφαιρική ρύπανση στην Ευρώπη. Available at: <http://www.apnee.gr>
- [4] Βαλκανάς Γ., 1992. Ρύπανση περιβάλλοντος: Επιστήμη & τεχνικές αντιμετώπισης. Εκδόσεις Παπαζήση, Αθήνα
- [5] Γεντεκάκης Ι.Β., 1999. Ατμοσφαιρική Ρύπανση. Επιπτώσεις, Έλεγχος & Εναλλακτικές Τεχνολογίες. Εκδόσεις Τζιόλα. ISBN 960-8050-01-4
- [6] World Health Organization (W.H.O), 2002. World Health Report. Geneva, 2002
- [7] Μουστρής Κ.Π., 2009. Πρόγνωση ποιότητας της ατμόσφαιρας στην ευρύτερη περιοχή Αθηνών με τη χρήση νευρωνικών δικτύων. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ.
- [8] Dominici F., McDermott A., Daniels M., Zeger S.L., Samet J.M., 2003. Revised Analyses of the National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study, Part II. Mortality Among Residents of 90 Cities. In Health Effects Institute 2003. Revised Analyses of Time-Series Studies of Air Pollution and Health. Special Report. Health Effects Institute, Boston MA
- [9] Kunzli N., Kaiser R., Medina S., Studnicka M., Chanel O., Filliger P., Herry M., Horak F., Puybonnieux-Texier V., Quenel P., Seethaler R., Vergnaud J.C., Sommer H., 2000. Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution. A European assessment. Lancet, 356, pp. 795-801

# Βιβλιογραφία

- [10] Burnet R.T., Brook J., Dann T., Delocla C., Philips O., Cakmak, Vincent R., Goldberg M.S., Krewski D., 2000. Association between particulate and gas phase components of urban air pollution and daily mortality in eight Canadian cities. *Inhal. Toxicol.* 12, pp. 15-39
- [11] Kjellstrom T.E., Neller A., Simpson R.W., 2000. Air Pollution and its Health Impacts: the Changing Panorama. *The Medical Journal of Australia, MJA*, 177, (11/12), pp. 604-608
- [12] Council Directive 96/92/EC, 1996. On ambient air quality assessment and management. *Official Journal of the European Communities*, L296, 21/11/1996, pp 55-63
- [13] Council Directive 1999/30/EC, 1999. Limit values of sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. *Official Journal of the European Communities*, L163, 29/6/1999, pp 41-60
- [14] <http://www.iefimerida.gr/news/8736/ατμοσφαιρική-ρύπανση-και-στην-αρχαιότητα>
- [15] <http://www.lifo.gr/team/sansimera/34206>
- [16] Vallero D.A., 2006. *Paradigms Lost. Learning from Environmental Mistakes, Mishaps and Misdeeds.* Elsevier Inc. ISBN 0-7507-788-7
- [17] Brenda Eskenazi; Paolo Mocarelli, Marcella Warner, Larry Needham, Donald G. Patterson, Jr., Steven Samuels, Wayman Turner, Pier Mario Gerthoux, and Paolo Brambilla (January 2004). "Relationship of Serum TCDD Concentrations and Age at Exposure of Female Residents of Seveso, Italy". *Environmental Health Perspectives* 112 (1): 22–7. doi:10.1289/ehp.6573. PMC 1241792.PMID 14698926

# Βιβλιογραφία

- [18] Bhopal trial: Eight convicted over India gas disaster". BBC News. 7 June 2010. Archived from the original on 7 June 2010. Retrieved 7 June 2010
- [19] Madhya Pradesh Government : Bhopal Gas Tragedy Relief and Rehabilitation Department, Bhopal". Mp.gov.in. Retrieved 28 August 2012
- [20] AK Dubey (21 June 2010). "Bhopal Gas Tragedy: 92% injuries termed "minor"". First14 News. Archived from the original on 26 June 2010
- [21] Eckerman, Ingrid (2005). The Bhopal Saga—Causes and Consequences of the World's Largest Industrial Disaster. India: Universities Press. doi:10.13140/2.1.3457.5364. ISBN 81-7371-515-7