



Η ατμοσφαιρική ρύπανση

Χριστίνα Κ. Χρόνη
Κωνσταντίνος Αμπελιώτης

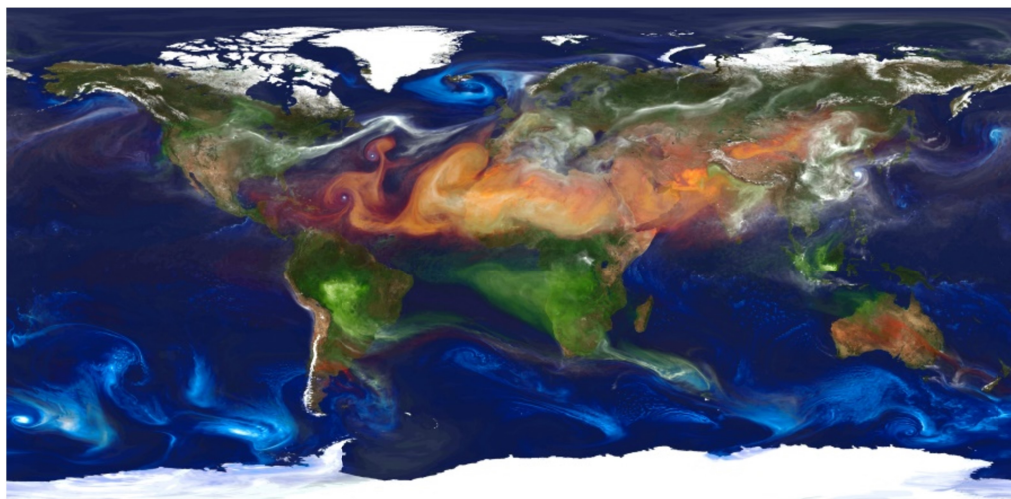


Image credit: William Putman, NASA/Goddard

1

- Η φύση της ατμόσφαιρας

2

- Η ρύπανση της ατμόσφαιρας

3

- Οι κυριότεροι ρύποι

4

- Προβλήματα που σχετίζονται με την ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμόσφαιρα



Ατμόσφαιρα

ονομάζεται το **λεπτό***
στρώμα αερίων που
περιβάλλουν τη Γη και
ακολουθεί τον πλανήτη στο
σύνολο των κινήσεών του.

*Αποτέλεσμα διαχρονικών
φυσικών, χημικών και
βιολογικών
αλληλεπιδράσεων του
εδάφους, και των ωκεανών.*

* Η διάμετρος της Γης είναι 12.756 Km (μεγάλος άξονας έλλειψης). Η ατμόσφαιρα υπολογίζεται περίπου 100 - 120 Km.

Ατμόσφαιρα

Η **ατμόσφαιρα** αποτελεί το στρώμα που προστατεύει και συντηρεί τη ζωή στη Γη, καθώς:

- ✓ Είναι το βασικό τμήμα του **υδρολογικού κύκλου** (μεταφέρει το νερό από τους ωκεανούς στα εδάφη και τους χερσαίους ταμιευτήρες νερού).
- ✓ Απορροφά μεγάλο μέρος των (βλαβερών) **κοσμικών ακτίνων** και προστατεύει τους οργανισμούς από τις επιπτώσεις τους.
 - Εμποδίζει να αγγίξει τη γη η υπεριώδης ακτινοβολία,
 - Απορροφά ξανά μεγάλο ποσοστό της υπέρυθρης, η οποία εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης,
 - Απορροφά μεγάλο μέρος της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον Ήλιο
- ✓ **Σταθεροποιεί τη θερμοκρασία** της βιόσφαιρας, μέσω του Φαινομένου του Θερμοκηπίου.

Ατμόσφαιρα

Η ατμόσφαιρα είναι ένα σύστημα:

- ✓ **Ισορροπημένο**, το οποίο απειλείται από τη ρύπανση, κάποιες φυσικές καταστροφές και τις αλλαγές χρήσης της γης
- ✓ **Δυναμικό και ευαίσθητο**

Ατμόσφαιρα

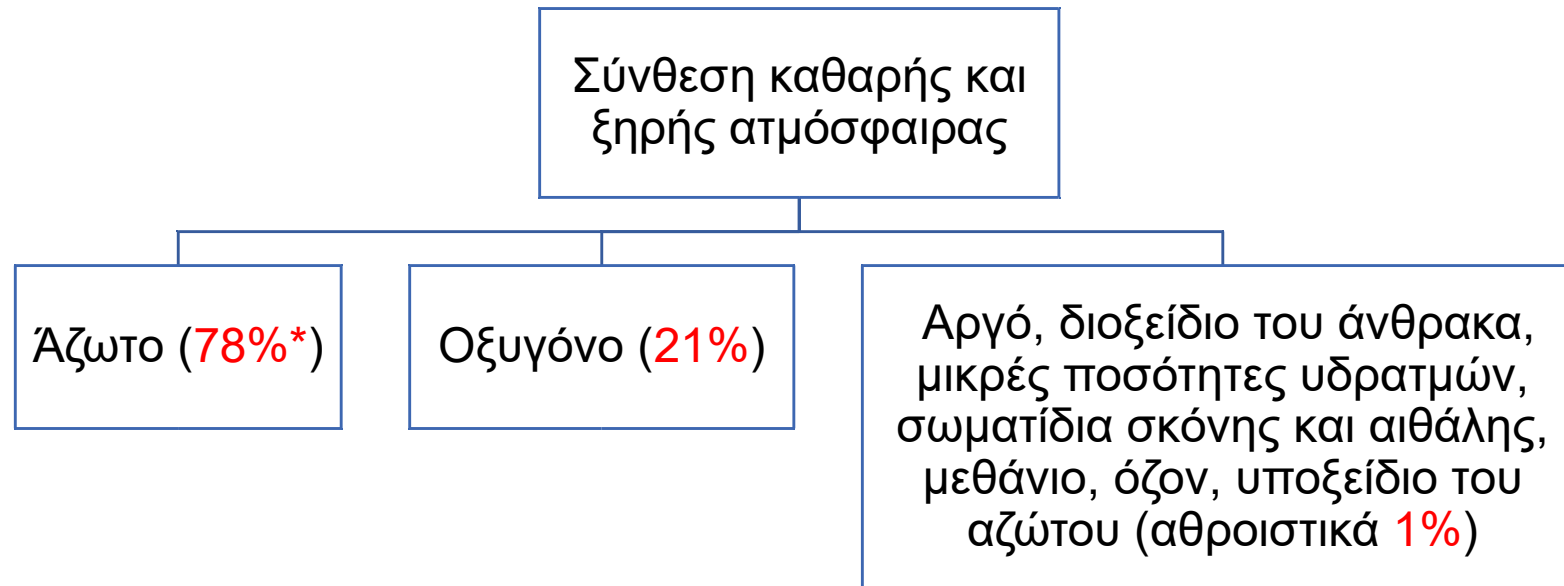
Η **σύνθεση** της ατμόσφαιρας μέχρι τα 80 έως 100 km παραμένει σχεδόν αμετάβλητη.

ΩΣΤΟΣΟ, μπορεί να παρουσιάσει κάποιες διαφορές:

- από τόπο σε τόπο
- ανάλογα με το υψόμετρο
- με την πάροδο του χρόνου

Η **πυκνότητά** της μειώνεται με το ύψος (π.χ. στην κορυφή του Έβερεστ, δηλ. στα 8,8 km, η πυκνότητα είναι περίπου το 1/3 της πυκνότητας που έχει ή ατμόσφαιρα στο επίπεδο της θάλασσας και η αναπνοή είναι εξαιρετικά δύσκολη).

Ατμόσφαιρα



Υπό κανονικές συνθήκες, υπάρχουν επιπλέον τουλάχιστον 40 «**ιχνοαέρια**» (π.χ. όζον, ήλιου, διοξείδιο του θείου), αλλά και **αερολύματα** (μικροσκοπικά υγρά και στερεά σωματίδια, όπως σκόνη, σωματίδια άνθρακα, γύρη, θαλάσσια άλατα και μικροοργανισμοί).

**Τα ποσοστά (%) είναι υπολογισμένα κατ' όγκον.*

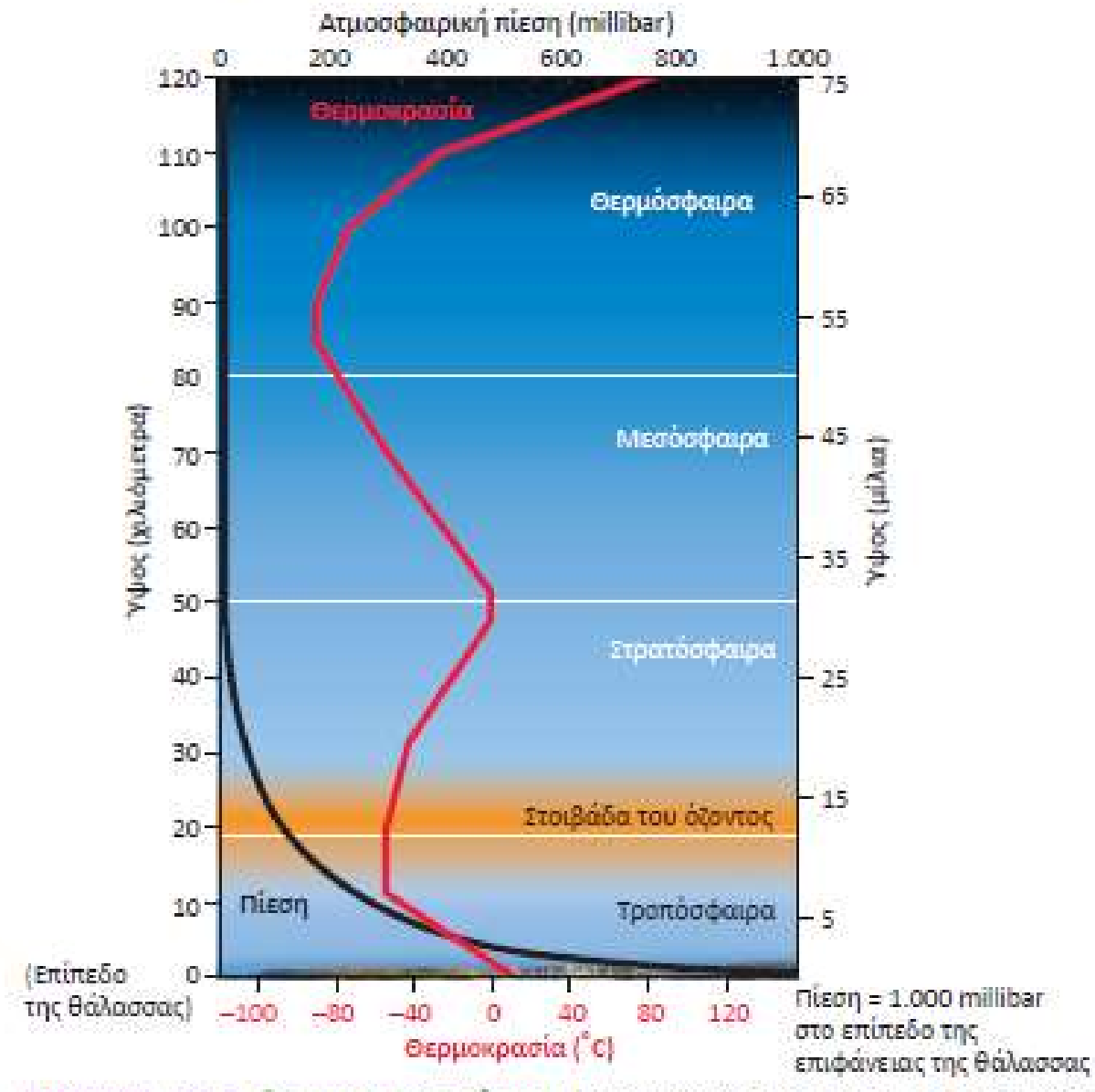


Η ατμόσφαιρα υποδιαιρείται σε 4 στρώματα (με τη σειρά που συναντώνται από τη Γη προς το διάστημα):

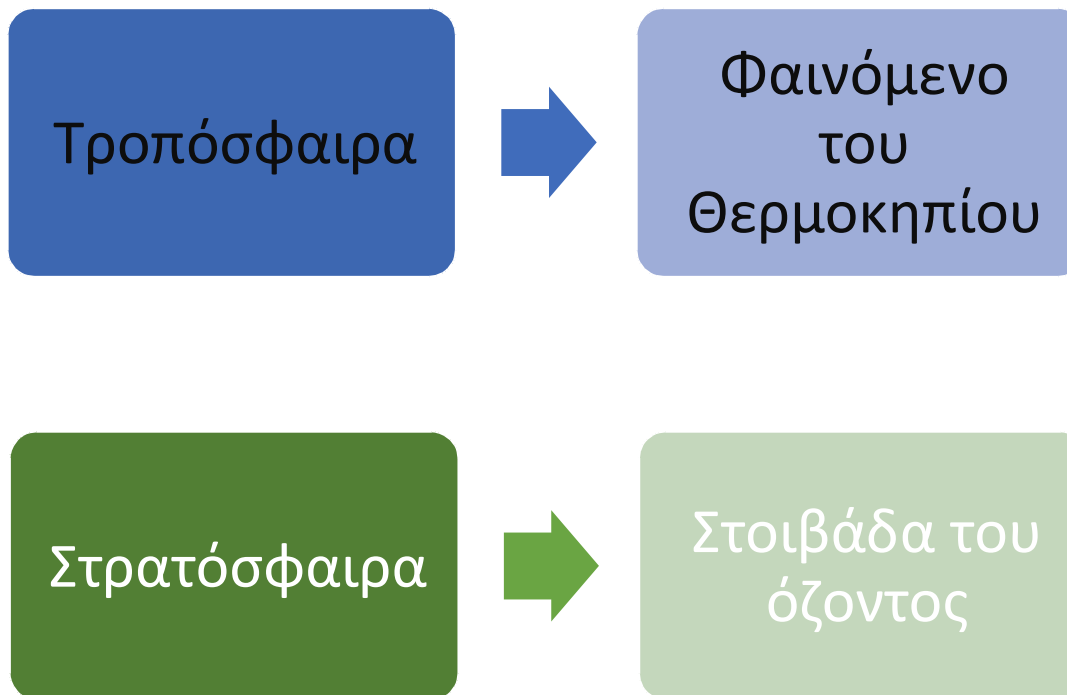
1. Την **τροπόσφαιρα**
2. Την **στρατόσφαιρα**:
3. Τη **μεσόσφαιρα**
4. Τη **θερμόσφαιρα**

Η διακύμανση των θερμοκρασιών στις στοιβάδες της ατμόσφαιρας

Οι στοιβάδες διακρίνονται με βάση τις ακτινοβολίες που απορροφούν και την κατανομή της μέσης θερμοκρασίας (κατακόρυφα)



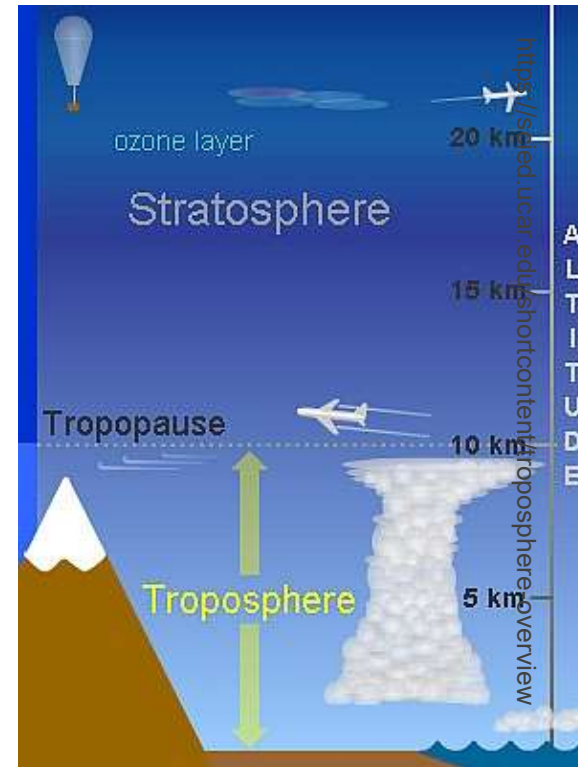
Στοιχεία της τροπόσφαιρας και της στρατόσφαιρας



Τροπόσφαιρα

Η **τροπόσφαιρα** εκτείνεται περίπου 17 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας στον ισημερινό ή 6 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας στους πόλους.

Τα καιρικά φαινόμενα, οι υδρατμοί, οι ανθρώπινες δραστηριότητες και κατ'επέκταση οι εκπομπές των ατμοσφαιρικών ρύπων, λαμβάνουν χώρα στο κατώτερο στρώμα της ατμόσφαιρας, στην τροπόσφαιρα.



Στη νομοθεσία, ως ατμοσφαιρικός αέρας νοείται ο αέρας της τροπόσφαιρας στους εξωτερικούς χώρους – εξαιρείται ο αέρας στους χώρους εργασίας.

Τροπόσφαιρα

Τα ανοδικά και καθοδικά ρεύματα αέρα, οι άνεμοι και οι συγκεντρώσεις του CO₂ και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου στην τροπόσφαιρα διαδραματίζουν μείζονα ρόλο, **βραχυπρόθεσμα στον καιρό και μακροπρόθεσμα στο κλίμα.**

Ο καιρός συνίσταται σε βραχυπρόθεσμες μεταβολές στις ατμοσφαιρικές μεταβλητές, όπως η θερμοκρασία, οι κατακρημνίσεις, ο άνεμος και η βαρομετρική πίεση σε μια δεδομένη περιοχή για μια **περίοδο της τάξης των ωρών ή των ημερών**

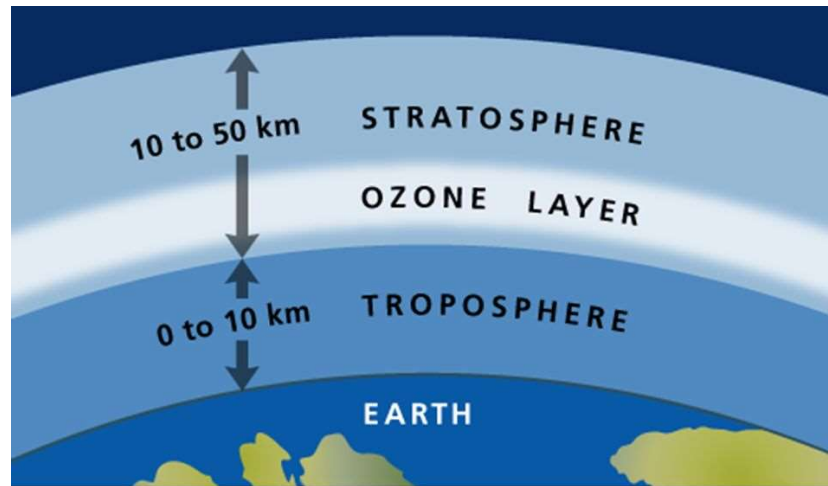
Το **κλίμα** καθορίζεται από τις μέσες καιρικές συνθήκες της Γης ή μιας συγκεκριμένης περιοχής, ιδιαίτερα της θερμοκρασίας και των κατακρημνισμάτων, σε **περιόδους τουλάχιστον τριών δεκαετιών έως χιλιάδων ετών**

Στρατόσφαιρα

Εκτείνεται σε απόσταση 17 έως 48 km από την επιφάνεια της Γης.

Παρότι η πυκνότητα της στρατόσφαιρας είναι πιο μικρή από εκείνη της τροπόσφαιρας, η σύνθεσή της είναι παρόμοια, με δύο αξιοσημείωτες εξαιρέσεις:

- ο όγκος των **υδρατμών** είναι περίπου το ένα χιλιοστό του όγκου που καταλαμβάνουν στην τροπόσφαιρα και
- η συγκέντρωση του όζοντος (O_3) είναι πολύ υψηλότερη (**στοιβάδα του όζοντος**).



Στρατόσφαιρα

Μεγάλο μέρος της μικρής ποσότητας όζοντος (O_3) της ατμόσφαιρας συγκεντρώνεται σε ένα τμήμα της στρατόσφαιρας που ονομάζεται **στοιβάδα του όζοντος** και βρίσκεται περίπου 17-26 km πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Σχεδόν στο σύνολό του, το στρατοσφαιρικό όζον παράγεται όταν μερικά από τα μόρια οξυγόνου σ' αυτήν τη στοιβάδα αλληλεπιδρούν με την υπεριώδη (UV) ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο.

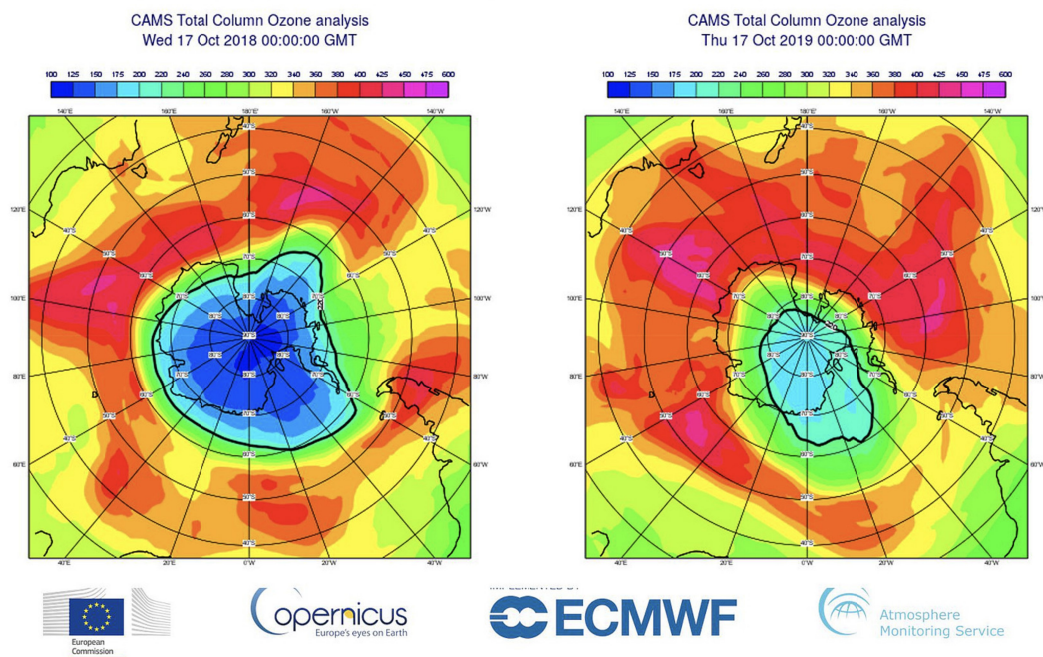


Στρατόσφαιρα

Αυτό το φαινόμενο του φιλτραρίσματος της υπεριώδους ακτινοβολίας από το στρώμα του όζοντος, συγκρατεί περίπου το 95% της επιβλαβούς υπεριώδους ηλιακής ακτινοβολίας από το να φθάσει στην επιφάνεια της Γης και επιτρέπει στη ζωή με τη μορφή που ξέρουμε, να αναπτυχθεί στη Γη.

Στρατόσφαιρα

Πιο μικρή από ποτέ η τρύπα του όζοντος



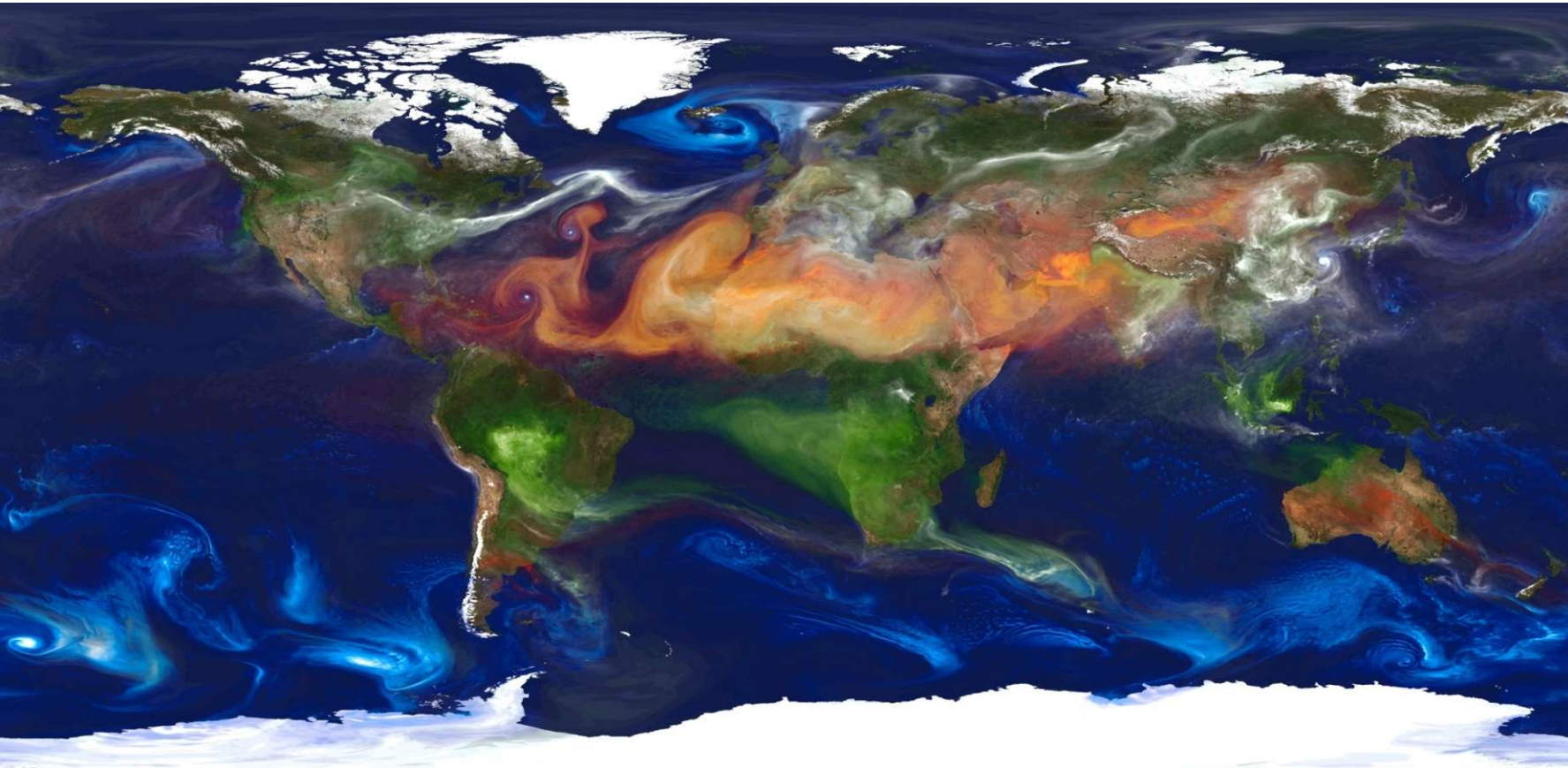
Τα στοιχεία που δημοσίευσε το Copernicus ECMWF, της ΕΕ, έδειξαν ότι η τρύπα του όζοντος είχε το 2019 τη μικρότερη έκτασή της από τότε που οι επιστήμονες άρχισαν την παρακολούθησή της το 1982. Σύμφωνα με τους ειδικούς, αυτό οφείλεται στις αφύσικα θερμές και υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν στη στρατόσφαιρα πάνω από την Ανταρκτική.

Πηγή: www.envinow.gr

Η ρύπανση της ατμόσφαιρας

Αερολύματα στην ατμόσφαιρα

Πηγή: William Putman, NASA/Goddard Last Updated: Aug. 7, 2017, Editor: NASA Content Administrator



Κόκκινο χρώμα: **σκόνη**, η οποία έχει παρασυρθεί από το έδαφος με τον αέρα,
Μπλε χρώμα: **θαλάσσια άλατα**, που στροβιλίζονται στους κυκλώνες,
Πράσινο χρώμα: **καπνός** από εστίες φωτιάς,
Λευκό χρώμα: **θειούχα σωματίδια** από ηφαίστεια και καύση ορυκτών καυσίμων.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση

Πόσο ρυπασμένη είναι η ατμόσφαιρα;

Για να απαντήσουμε θα έπρεπε να γνωρίζουμε ποια είναι η σύσταση της **καθαρής** ατμόσφαιρας.

Ωστόσο, όταν αποκτήσαμε τις μεθόδους και τον εξοπλισμό για να προσδιορίσουμε τη σύσταση της ατμόσφαιρας, ο αέρας είχε ήδη επηρεαστεί από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση



Πόσο καθαρή είναι η ατμόσφαιρα;

*Ερευνητές ανά τον κόσμο, προσδιορίζουν ή προσεγγίζουν τη σύσταση του ατμοσφαιρικού αέρα, μελετώντας τη **στρωμάτωση των πάγων** στις πολικές περιοχές του πλανήτη.*

Μπορούμε να θεωρήσουμε ως σύσταση μη ρυπασμένης ατμόσφαιρας (σύσταση αναφοράς), αυτή που έχει ο ατμοσφαιρικός αέρας σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές (που απέχουν χιλιάδες χιλιόμετρα από τις πηγές εκπομπής ρύπων).

Αλλά πόσες τέτοιες περιοχές υπάρχουν ακόμη στον πλανήτη;



Η ατμοσφαιρική ρύπανση

Ρύποι: Σύμφωνα με τη νομοθεσία, **ρύπος** είναι οποιαδήποτε ουσία εμφανίζεται στον αέρα και ενδέχεται να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου και/ή στο περιβάλλον στο σύνολό του.

Ατμοσφαιρικοί ρύποι: τα αέρια ή αερολύματα (υγρά ή στερεά) τα οποία συναντώνται στην ατμόσφαιρα σε συγκεντρώσεις που απειλούν την ομαλή διαβίωση και υγεία των οργανισμών ή παρεμποδίζουν και μεταβάλλουν την ομαλή λειτουργία των οικοσυστημάτων.

Η ατμοσφαιρική ρύπανση

Ατμοσφαιρική ρύπανση: Η διασπορά ουσιών στην ατμόσφαιρα, οι οποίες λόγω της φύσης τους ή της ποσότητάς τους, δεν μπορεί να απορροφηθούν από τους φυσικούς βιογεωχημικούς κύκλους και μπορεί να προκαλέσουν βλάβη σε οργανισμούς, οικοσυστήματα και ανθρωπογενή υλικά ή να επιφέρουν αλλαγή στο κλίμα.

Ποιες είναι οι πηγές των ατμοσφαιρικών ρύπων

Βιομηχανία και
παραγωγή ενέργειας

Μετακινήσεις

Διαχείριση αποβλήτων

Σκόνη

Αγροτικές εργασίες

Παραγωγή ενέργειας
στα νοικοκυριά



Οι πηγές των
ατμοσφαιρικών
ρύπων διαφέρουν
από τόπο σε τόπο



Οι ρύποι διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη μορφή, την προέλευση και την παραγωγή τους.

- Ανάλογα με την προέλευση: Από φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές, αντίστοιχα
 - **Φυσικοί ρύποι**: όταν η «εισβολή» τους στην ατμόσφαιρα πραγματοποιείται χωρίς άμεση ή έμμεση ανθρώπινη δραστηριότητα.
 - Ενδεικτικά, μπορεί να προέρχονται από τις ερήμους, τα ηφαίστεια, τις δασικές πυρκαγιές, τα φυτά (γύρη), τις ηλεκτρικές καταιγίδες (όζον).
 - Μέρος των φυσικών κύκλων
 - Τοπικής εμβέλειας
 - Περιορισμένη χρονική διάρκεια

Οι ρύποι της ατμόσφαιρας (2/3)

Οι ρύποι διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη μορφή, την προέλευση και την παραγωγή τους.

- Ανάλογα με την προέλευση:
- **Ανθρωπογενείς ρύποι:** όταν η παραγωγή τους οφείλεται σε ανθρώπινη δραστηριότητα.
 - Ανθρώπινες δραστηριότητες: Αστικές δραστηριότητες (αυτοκίνητα, θέρμανση), Βιομηχανία, Παραγωγή Ενέργειας, Αγροτικές δραστηριότητες
 - Οι πηγές των ανθρωπογενών ρύπων διακρίνονται σε **κινητές** (π.χ. αυτοκίνητα) και **σταθερές**, οι οποίες μπορεί να διακριθούν περαιτέρω σε **σημειακές** (π.χ. καμινάδες εργοστασίων) ή σε **πηγές που εκτείνονται** σε μία περιοχή (π.χ. μία πυρκαγιά σε ένα δάσος).

Οι ρύποι της ατμόσφαιρας (3/3)

Οι ρύποι διακρίνονται σε κατηγορίες ανάλογα με τη μορφή, την προέλευση και την παραγωγή τους

Ανάλογα με τη φύση (μορφή) τους: Αέριοι, υγροί και στερεοί

Ανάλογα με την παραγωγή: Πρωτογενείς και δευτερογενείς



Πρωτογενείς ρύποι: ενώσεις σε αέρια, στερεή ή υγρή μορφή, που προήλθαν από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές, και παραμένουν στην ίδια χημική σύσταση, όπως όταν απελευθερώθηκαν από τις πηγές τους.

Οι κύριοι πρωτογενείς ρύποι είναι:

- **Σωματίδια:** στερεά σωματίδια και υγρά σταγονίδια μικρού μεγέθους και αρκετά ελαφριά, ώστε να διασπείρονται στην ατμόσφαιρα για μεγάλες χρονικές περιόδους. Ταξινομούνται σε **λεπτά ή PM- 10** (με διάμετρο μικρότερη των 10 μ) και σε **υπέρλεπτα ή PM-2,5** (με διάμετρο μικρότερη των 2,5 μ). Το 62% προέρχεται από φυσικές πηγές και το 38% από ανθρωπογενείς πηγές. Μπορεί να προξενήσουν βλάβη στους πνεύμονες, να επιδεινώσουν το άσθμα και τη βρογχίτιδα. Τα τοξικά σωματίδια (μόλυβδος, κάδμιο), μπορεί να προκαλέσουν γενετικές μεταλλάξεις, προβλήματα στην αναπαραγωγή και εμφάνιση καρκίνου.

Πρωτογενείς ρύποι (2/3)

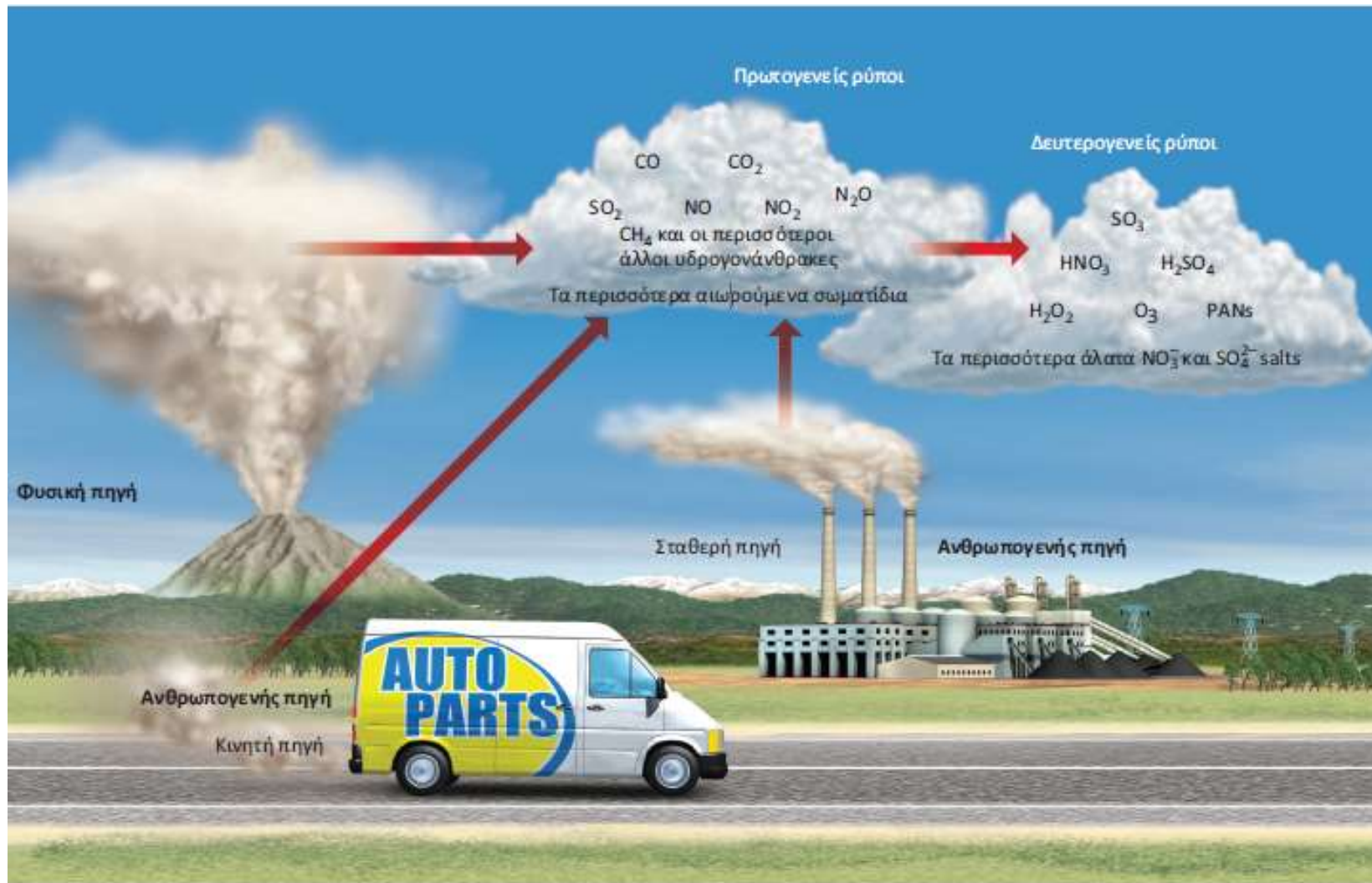
- **Πτητικές οργανικές ενώσεις:** Οι οργανικές ενώσεις που υπάρχουν ως αέρια στην ατμόσφαιρα ή εξατμίζονται από πηγές στη Γη. Παράδειγμα αποτελεί το μεθάνιο (CH_4), ένα αέριο του θερμοκηπίου που διαθέτει 25 φορές μεγαλύτερο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη ανά μόριο σε σχέση με το CO_2 . Περίπου το ένα τρίτο των παγκόσμιων εκπομπών μεθανίου προέρχεται από φυσικές πηγές, κυρίως από τα μυρηκαστικά, τους υγρότοπους και τους τερμίτες.
- **Μονοξείδιο του άνθρακα (CO):** άχρωμο, άοσμο και εξαιρετικά τοξικό αέριο που σχηματίζεται κατά την ατελή καύση υλικών που περιέχουν άνθρακα. Σημαντικές πηγές του: οι εξατμίσεις των οχημάτων, η καύση των δασών και των λιβαδιών, οι καπνοδόχοι των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και των βιομηχανικών μονάδων που πραγματοποιούν καύση ορυκτών καυσίμων, ο καπνός των τσιγάρων, οι ανοικτές εστίες φωτιάς και οι μη αποδοτικές συσκευές που χρησιμοποιούνται για μαγείρεμα ή θέρμανση.

Πρωτογενείς ρύποι (3/3)

- **Οξείδια του αζώτου (NO_x):** άχρωμο αέριο που σχηματίζεται όταν το αέριο άζωτο οξειδώνεται υπό υψηλές θερμοκρασίες καύσης σε κινητήρες αυτοκινήτων, σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανικές μονάδες που πραγματοποιούν καύση γαιάνθρακα. Οι ηλεκτρικές εκκενώσεις και ορισμένα βακτήρια στο έδαφος και στο νερό παράγουν, επίσης, NO ως μέρος του κύκλου του αζώτου.
- **Διοξείδιο του θείου (SO_2):** άχρωμο αέριο με ερεθιστική οσμή. Περίπου το 1/3 του SO_2 στην ατμόσφαιρα προέρχεται από φυσικές πηγές. Τα άλλα 2/3 (και σε ποσοστό 90% σε μερικές αστικές περιοχές) προέρχονται από ανθρωπογενείς πηγές, κυρίως από την καύση γαιάνθρακα που περιέχει θείο σε σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και βιομηχανίες, τη διύλιση του πετρελαίου και την τήξη σουλφιδικών μεταλλευμάτων.

Δευτερογενείς ρύποι (1/4)

Ορισμένοι πρωτογενείς ρύποι υφίστανται μετατροπές μέσω χημικών ή φωτοχημικών αντιδράσεων στην ατμόσφαιρα και παράγουν ανεπιθύμητες ενώσεις τους **δευτερογενείς ρύπους**.



Ο σχηματισμός των δευτερογενών ρύπων μπορεί να λάβει χώρα σε χρόνο και τόπο διαφορετικό από τον χρόνο και τόπο εκπομπής των πρόδρομων ουσιών από τις οποίες προέρχονται.

Δευτερογενείς ρύποι (3/4)

Οι κύριοι δευτερογενείς ρύποι είναι:

- **Όζον (O_3):** άχρωμο και εξαιρετικά δραστικό αέριο. Μπορεί να προκαλέσει βήχα και αναπνευστικά προβλήματα, να επιδεινώσει παθήσεις των πνευμόνων και καρδιακές παθήσεις και να προκαλέσει ερεθισμό στα μάτια, τη μύτη και τον λαιμό. Προκαλεί βλάβες στους ιστούς των φυτών, στα ελαστικά οχημάτων, τα υφάσματα και τις βαμμένες επιφάνειες. Επιστημονικές μετρήσεις δείχνουν ότι ορισμένες ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν μειώσει την ποσότητα του ωφέλιμου όζοντος στη στρατόσφαιρα και έχουν αυξήσει την ποσότητα του επιβλαβούς όζοντος στην τροπόσφαιρα.
- **Διοξείδιο του αζώτου (NO_2):** το NO αντιδρά με το οξυγόνο και σχηματίζει NO_2 . Μέρος του NO_2 αντιδρά με τους υδρατμούς στην ατμόσφαιρα και σχηματίζει νιτρικό οξύ (HNO_3) και νιτρικά άλατα (NO_3^-), που αποτελούν συστατικά της επιβλαβούς όξινης απόθεσης. Τόσο το NO , όσο και το NO_2 συνεισφέρουν στη δημιουργία του φωτοχημικού νέφους, ενός σύνθετου μείγματος χημικών ουσιών που σχηματίζεται υπό την επίδραση του ηλιακού φωτός σε πόλεις με έντονη κυκλοφορία οχημάτων.

(συνέχεια) Οι κύριοι δευτερογενείς ρύποι είναι:

- **Θειικό οξύ (H_2SO_4):** το SO_2 μπορεί να μετατραπεί σε αερολύματα, τα οποία αποτελούνται από μικροσκοπικά αιωρούμενα σταγονίδια H_2SO_4 και αιωρούμενα σωματίδια θεικών (SO_4^{2-}) αλάτων που κατακρημνίζονται στην επιφάνεια της Γης ως συστατικά της όξινης απόθεσης. Μπορούν να προκαλέσουν καταστροφές σε καλλιέργειες, βλάβες στα δασικά είδη, τα εδάφη και τους υδρόβιους οργανισμούς των λιμναίων συστημάτων, διάβρωση των μετάλλων και καταστρέφουν το χρώμα, το χαρτί, το δέρμα και τους δομικούς λίθους (πέτρα – πετρώματα) που χρησιμοποιούνται για την κατασκευή τοίχων, αγαλμάτων.

Χρόνος παραμονής ρύπων

- Στην ατμόσφαιρα λαμβάνουν χώρα εκπομπές πρωτογενών ρύπων, σχηματισμός δευτερογενών και διεργασίες απομάκρυνσης ρύπων.
- Η ατμόσφαιρα είναι ένα δυναμικό σύστημα, στο οποίο κάθε ρύπος έχει ορισμένο χρόνο παραμονής.

Χημικές αντιδράσεις

- Θερμικές, φωτοχημικές κ.λπ.

Ξηρή απόθεση

- Απ' ευθείας μεταφορά ενός αέριου ή σωματιδιακού ρύπου στο έδαφος ή στους ωκεανούς.

Υγρή απόθεση

- Μεταφορά ενός αερίου ή σωματιδιακού ρύπου στο έδαφος ή τους ωκεανούς με τη βροχή, το χιόνι κ.λπ.

Τύποι της ατμοσφαιρικής ρύπανσης

Βιομηχανική αιθαλομίχλη



- Στα αγγλικά, **smog** από το συνδυασμό των λέξεων **smoke (αιθάλη)** και **fog (ομίχλη)**.
- Πρόκειται για ένα μείγμα καπνιάς, ενώσεων του θείου και υδρατμών, το οποίο μπορεί να προκαλέσει πολλά προβλήματα υγείας.
- Πλέον συναντάται σπάνια στις αναπτυγμένες χώρες, όπου έχει περιοριστεί η χρήση γαιάνθρακα. Ωστόσο, αποτελεί πρόβλημα στις βιομηχανικές αστικές περιοχές, π.χ. της Κίνας, της Ινδίας, της Ουκρανίας.
- Στη χώρα μας εμφανίστηκε στην Αθήνα παράλληλα με την οικονομική κρίση του 2010, καθώς οι κάτοικοι άρχισαν να καίνε ξύλα για να εξασφαλίσουν τη θέρμανση του σπιτιού.



Φωτοχημικό νέφος ή φωτοχημική αιθαλομίχλη

- Πρώτη εμφάνιση: Λος Άντζελες
- Λονδίνο, Ρώμη, **Αθήνα**, Παρίσι
- **Πόλη του Μεξικό, Πεκίνο, Νέο Δελχί**
- **Ο μεγαλύτερος συντελεστής του είναι τα οχήματα**
- **Κίτρινο – καφέ- γκρι**
- **Συνήθως μυρίζει**

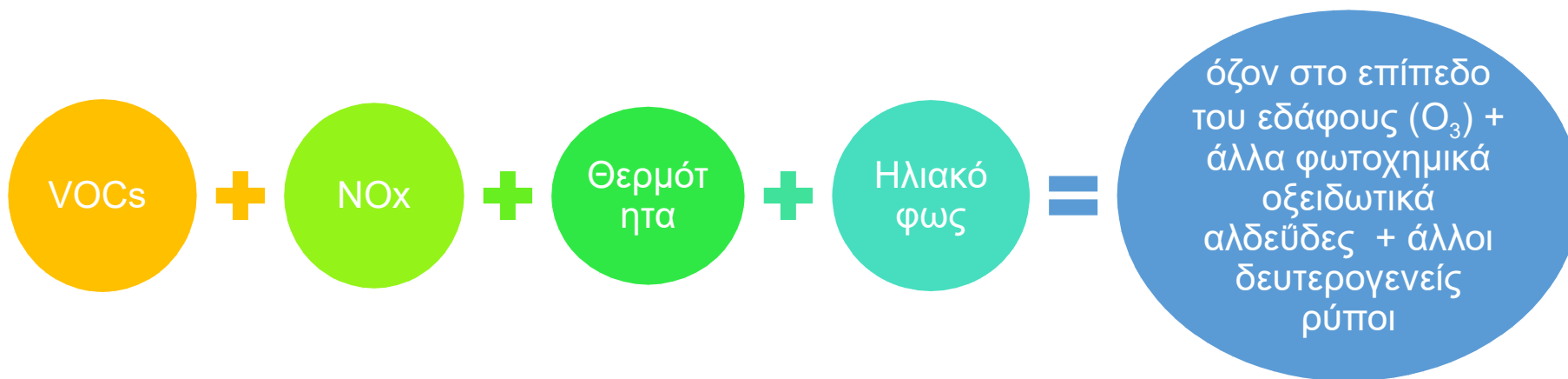


Φωτοχημικό νέφος ή φωτοχημική αιθαλομίχλη

Ηλιακό φως + αυτοκίνητα = φωτοχημικό νέφος

Το **φωτοχημικό νέφος** είναι ένα μείγμα πρωτογενών και δευτερογενών ρύπων που σχηματίζεται υπό την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας από τον ήλιο.

Ο σχηματισμός του φωτοχημικού νέφους ξεκινά τις πρώτες ώρες της ημέρας, με την εκπομπή στην ατμόσφαιρά μιας πόλης μεγάλων ποσοτήτων NO και VOCs από τα μηχανοκίνητα οχήματα,



Το τροποσφαιρικό όζον

Πρόκειται για μείγμα δεκάδων δευτερογενών αέριων ρύπων , στο οποίο κυριαρχεί το όζον (O_3)

Το όζον είναι ιδιαίτερα επιβλαβές για την ανθρώπινη υγεία , όταν βρίσκεται στην τροποσφαιρα* , δηλαδή στη ζώνη της ατμόσφαιρας όπου δραστηριοποιούνται οι άνθρωποι.

Προκαλεί ερεθισμούς στο αναπνευστικό σύστημα.

** Προσοχή ωστόσο: Το όζον της στρατόσφαιρας (στοιβάδα του όζοντος) είναι σημαντικό για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη.*