Λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος

Αρχηγός: Μπουγάτσια Κωσταντίνα

Μέλη: Τσομάκη Ραφαέλα

Πλιάτσικα Παρασκευή

Χαρατσή Βάσια

Στεργιούλη Αχιλλεία – Χρυσή

Το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ

- Τι είναι το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ;

Υπάρχουν παραδείγματα, λίγα είναι αλήθεια, που δείχνουν πως η παγκόσμια συνεργασία μπορεί να έχει μεγάλα αποτελέσματα για την προστασία της ζωής στον πλανήτη. Ενα από αυτά θεωρείται η διεθνής προσπάθεια για την προστασία της στιβάδας του όζοντος, η οποία ξεκίνησε με την υπογραφή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ στις 16 Σεπτεμβρίου 1987, πριν από 33 χρόνια.

- Πως δουλεύει το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ;

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ είχε αντικείμενο τη μείωση της παραγωγής και κατανάλωσης των ουσιών που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος (ozone depleting substances – ODS) με στόχο τη μείωση των συγκεντρώσεων των ουσιών αυτών στην ατμόσφαιρα και την προστασία της εύθραυστης στιβάδας του όζοντος.

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ θέτει συγκεκριμένους (και υποχρεωτικούς για τις χώρες-μέλη) περιορισμούς στην **παραγωγή** και **κατανάλωση** των ODS.
Για κάθε μία από τις ομάδες των ODS (CFCs, Halons, HCFCs, μεθυλοβρωμίδιο κ.λπ.) τίθενται συγκεκριμένα χρονοδιαγράμματα που προβλέπουν μια διαδικασία **παγώματος** (σε σχέση με μία περίοδο αναφοράς) > **μείωσης** > **κατάργησης.**

Ισχύουν διαφορετικά χρονοδιαγράμματα για τις **ανεπτυγμένες** και **αναπτυσσόμενες** χώρες, ή όπως χαρακτηρίζονται χώρες του άρθρου 5 (του πρωτοκόλλου). Στις αναπτυσσόμενες χώρες δίνεται συνήθως μια περίοδος χάριτος πριν αρχίσουν τη μείωση. Μέσα σε αυτή την περίοδο μπορούν ακόμη και να αυξήσουν τη χρήση των ODS.

Ορίζονται διαδικασίες ελέγχου των χωρών-μελών, όπως κανόνες για τη συλλογή και αναφορά ετήσιων στοιχείων (έτσι ώστε να είναι δυνατός ο έλεγχος), περιορισμοί στο εμπόριο με μη Μέρη και διαδικασίες που ακολουθούνται σε περίπτωση μη συμμόρφωσης.

Προβλέπονται ειδικές διατάξεις προσαρμογής που επιτρέπουν στα συμβαλλόμενα μέρη του Πρωτοκόλλου να ανταποκρίνονται γρήγορα στις νέες επιστημονικές πληροφορίες και να συμφωνούν σε επιτάχυνση των μειώσεων των ουσιών που καλύπτονται από το πρωτόκολλο.

- Ποιο όργανο ελέγχει τη συμμόρφωση των μερών;

Το όργανο το οποίο ελέγχει τη συμμόρφωση των μερών είναι η Επιτροπή Συμμόρφωσης και ο ρόλος της είναι να εντοπίζει παραλήψεις, να εισηγείται μέτρα για την επίτευξη συμμόρφωσης και στη συνέχεια εάν αυτά αποτύχουν να εισηγείται ποινές.

Σημαντικότατο ρόλο έχει η Επιστημονική και Τεχνική Επιτροπή (TEAP) που παρακολουθεί τη στιβάδα του όζοντος, τις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις και ενημερώνει και εισηγείται ανάλογα.

Τα Μέρη έχουν οικονομικές υποχρεώσεις προς τη Σύμβαση και το Πρωτόκολλο για τις λειτουργικές ανάγκες της Γραμματείας

Οι αναπτυγμένες χώρες έχουν επιπλέον υποχρεώσεις, ώστε να ενισχύονται οι αναπτυσσόμενες ως προς την εφαρμογή του Πρωτοκόλλου μέσω του ειδικού πολυμερούς ταμείου (Multilateral Fund – MLF). Το ύψος των υποχρεώσεων ακολουθεί την σχετική κλίμακα του ΟΗΕ που έχουν αποδεχτεί τα Κράτη Μέλη.

Κάθε χρόνο πραγματοποιείται Συνάντηση των Μερών (MOP) στην οποία συζητούνται όλα τα επί μέρους θέματα και αποφασίζονται (με ομοφωνία) προσαρμογές και τροποποιήσεις του πρωτοκόλλου.

•Προσαρμογές και τροποποιήσεις του Πρωτοκόλλου

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ του 1987, ήταν το πρώτο βήμα της διεθνούς προσπάθειας για την προστασία του στρατοσφαιρικού όζοντος. Έκτοτε, το πρωτόκολλο έχει υποστεί αρκετές τροποποιήσεις και προσαρμογές προς την κατεύθυνση της συμπερίληψης νέων επικίνδυνων ουσιών και της συντόμευσης των χρονοδιαγραμμάτων μείωσης/απόσυρσης.

Στο πρωτόκολλο του 1987, οι ανεπτυγμένες χώρες ήταν υποχρεωμένες να αρχίσουν τη σταδιακή κατάργηση των χλωροφθορανθράκων (CFCs) το 1993 και να φθάσουν σε μείωση της κατανάλωσης κατά 50% (σε σχέση με τα επίπεδα του 1986) το 1998. Επίσης οι αναπτυγμένες χώρες είχαν την υποχρέωση να παγώσουν την κατανάλωση των Halons στα επίπεδα του 1986. Στις αναπτυσσόμενες χώρες δόθηκε περίοδος χάριτος 10 ετών πριν αρχίσουν τη διαδικασία μείωσης.

Από το 1987, το πρωτόκολλο έχει υποστεί σημαντικές τροποποιήσεις και προσαρμογές οι οποίες έχουν συμφωνηθεί στις συναντήσεις των μερών (MOP) με ομοφωνία.

Η **τροποποίηση του Λονδίνου (1990)** άλλαξε τα χρονοδιαγράμματα μείωσης για τα CFCs, τα halons και τον τετραχλωράνθρακα απαιτώντας την πλήρη κατάργησή τους (phase-out) μέχρι το 2000 στις ανεπτυγμένες χώρες, και μέχρι το 2010 στις αναπτυσσόμενες. Το μεθυλοχλωροφόρμιο προστέθηκε επίσης στον κατάλογο των ελεγχόμενων ODSs, με προβλεπόμενη κατάργηση το 2005 στις ανεπτυγμένες χώρες και το 2015 στις αναπτυσσόμενες.

Η **τροποποίηση της Κοπεγχάγης (1992)** επιτάχυνε σημαντικά τη σταδιακή κατάργηση των ODS και ενσωμάτωσε χρονοδιάγραμμα σταδιακής κατάργησης των HCFCs για τις ανεπτυγμένες χώρες, ξεκινώντας από το 2004. Βάσει της συμφωνίας αυτής, τα CFSs, τα halons, ο τετραχλωράνθρακας και το μεθυλοχλωροφόρμιο προβλέφθηκε να καταργηθούν το 1996 στις ανεπτυγμένες χώρες. Επιπλέον, η κατανάλωση βρωμιούχου μεθυλίου σταθεροποιήθηκε στα επίπεδα του 1991.

Η **τροποποίηση του Μόντρεαλ (1997)** προσδιόρισε την πλήρη κατάργηση των HCFCs στις αναπτυσσόμενες χώρες, καθώς και τη σταδιακή κατάργηση του βρωμιούχου μεθυλίου στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες το 2005 και το 2015, αντίστοιχα.

Η **τροποποίηση του Πεκίνου (1999)** ενσωμάτωσε αυστηρούς ελέγχους στην παραγωγή και το εμπόριο των HCFCs. Προστέθηκε επίσης το βρωμοχλωρομεθάνιο στον κατάλογο των ελεγχόμενων ουσιών με κατάργηση το 2004.

Εκτός από τις προσαρμογές και τροποποιήσεις του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ, στις συναντήσεις των μερών του πρωτοκόλλου (MOP) κάθε χρόνο λαμβάνονται και πολλές **εφαρμοστικές αποφάσεις**. Μέχρι σήμερα έχουν ληφθεί περισσότερες από 750 αποφάσεις.

Αξίζει εδώ να αναφερθεί η απόφαση 6 της 19ης MOP (Απόφαση XIX/6 – Μόντρεαλ 2007) στην οποία τα συμβαλλόμενα μέρη συμφώνησαν σε μια πιο επιθετική πολιτική (χρονοδιαγράμματα) για την κατάργηση των HCFC τόσο στις ανεπτυγμένες όσο και στις αναπτυσσόμενες χώρες.

Κατά τον ΟΗΕ το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ αποτελεί παράδειγμα επιτυχούς συνεργασίας της επιστημονικής κοινότητας και των πολιτικών και οικονομικών παραγόντων, καθώς και μεταξύ αναπτυγμένων και αναπτυσσομένων χωρών.

•Αποτελέσματα του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ

Σήμερα και μετά από 25 χρόνια εφαρμογής του Πρωτοκόλλου, η παγκόσμια επιστημονική κοινότητα είναι πλέον σε θέση να καταγράψει και να τεκμηριώσει τα πρώτα σίγουρα σημάδια αναστροφής του επικίνδυνου φαινομένου της καταστροφής της στιβάδας του στρατοσφαιρικού όζοντος.

Στις 10 Σεπτεμβρίου 2014 το Περιβαλλοντικό Πρόγραμμα των Ηνωμένων Εθνών (UNEP) και ο Παγκόσμιος Μετεωρολογικός Οργανισμός (WMO) παρουσίασαν στη Νέα Υόρκη επίσημη έκθεση με τα αποτελέσματα των πρόσφατων επιστημονικών ερευνών για την κατάσταση της στιβάδας του όζοντος. Η έκθεση, η οποία συντάχθηκε και ελέγχθηκε από 282 επιστήμονες από 36 χώρες, δίνει τις πρώτες τεκμηριωμένες ενδείξεις για αναστροφή του φαινομένου:

Η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ είχε σαν αποτέλεσμα τη μείωση του συνολικού όγκου των καταστροφικών ουσιών (ODS) στην τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα και την καταγραφή πλέον πτωτικών τάσεων στις συγκεντρώσεις. Στις επί μέρους κατηγορίες ουσιών και ενώ το μεγαλύτερο μέρος αυτών μειώνεται, παρατηρείται ακόμη αύξηση για τα HCFCs και το Hallon 1301.

Σαν αποτέλεσμα του ελέγχου των ODS, η σταδιακή μείωση της στιβάδας του όζοντος, η οποία ήταν εμφανής κατά τη δεκαετία του ’80 και τις αρχές της δεκαετίας του ’90 έχει πλέον ανακοπεί. Ήδη από το 2000 η ολική ποσότητα όζοντος παραμένει σταθερή ενώ υπάρχουν ενδείξεις κάποιας μικρής ανάκαμψης τα τελευταία χρόνια.

Με βάση τις προβλέψεις των ερευνητών η ανάκαμψη της στιβάδας του όζοντος είναι πλέον εφικτή εφόσον συνεχίζει να εφαρμόζεται το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις, η στιβάδα του όζοντος θα επανέλθει στα επίπεδα του 1980 πριν από τα μέσα του 21ου αιώνα στις περισσότερες περιοχές του πλανήτη (Αρκτική και μέσα γεωγραφικά πλάτη), ενώ στην Ανταρκτική, στην οποία παρατηρείται και η μεγαλύτερη απώλεια, η ανάκαμψη θα καθυστερήσει περισσότερο.

Πηγές: https //ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prostasia-stivadas-tou-ozontos

https //www.kathimerini.gr/life/environment/561079234/epitychimeno-to-protokollo-gia-tin-prostasia-toy-ozontos

Πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την προστασία της στιβάδας του όζοντος

Η προστασία της στιβάδας του όζοντος όπως και η κλιματική αλλαγή είναι ένα παγκόσμιο περιβαλλοντικό θέμα η σοβαρότητα του οποίου έγινε σαφής ήδη από τα τέλη της δεκαετίας του 70. Η Διεθνής κοινότητα ανταποκρίθηκε στο πρόβλημα θέτοντας σε εφαρμογή τη Συνθήκη της Βιέννης (1986) και το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ (1987).

Το Πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, που αποτελεί μια διεθνή συμφωνία ανάμεσα στα κράτη μέλη του ΟΗΕ είχε αντικείμενο τη μείωση της παραγωγής και κατανάλωσης του ουσιών που καταστρέφουν την στιβάδα του όζοντος, με στόχο τη μείωση των συγκεντρώσεων των ουσιών αυτών στην ατμόσφαιρα και την προστασία της εύθραυστης στιβάδας του όζοντος. Το πρωτόκολλο συμφωνήθηκε στις 16 Σεπτεμβρίου, 1987. Τα Ηνωμένα Έθνη έχουν ανακηρύξει την 16η Σεπτεμβρίου, ημερομηνία υπογραφής του Πρωτοκόλλου Παγκόσμια Ημέρα για την Προστασία της Στιβάδας του Όζοντος. Η Ελλάδα κύρωσε το Πρωτόκολλο το 1992.

Η Ευρωπαϊκή νομοθεσία παρακολουθεί τις εξελίξεις στο πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, τόσο με την τακτική αναθεώρηση των σχετικών Κανονισμών, όσο και με τη λειτουργία σχετικών υπηρεσιών και θεσμικών οργάνων.

Ο Κανονισμός 1005/2009 αποτελεί το βασικό εργαλείο εφαρμογής της Ευρωπαϊκής πολιτικής για την προστασία της στιβάδας του όζοντος. Ενσωματώνει τις τελευταίες εξελίξεις (μέχρι το 2009) στο πρωτόκολλο του Μόντρεαλ και ταυτόχρονα εκφράζει την βασική πολιτική της Ε.Ε να είναι ένα βήμα μπροστά στις εξελίξεις, ιδιαίτερα στα διεθνή περιβαλλοντικά θέματα. Ετσι ο Κανονισμός ορίζει πιο αυστηρά και εξειδικευμένα μέτρα για την απαγόρευση χρήσης ή σταδιακή μείωση ανάλογα με την ελεγχόμενη ουσία, για την παραγωγή και διακίνηση γενικά των ελεγχομένων ουσιών και προϊόντων που τις περιέχουν, για τον περιορισμό των εκπομπών κατά τη συντήρηση του εξοπλισμού (κυρίως στη φάση της απόσυρσης) και για τον έλεγχο των εισαγωγών και εξαγωγών.

Ουσίες που καταστρέφουν το στρατοσφαιρικό όζον

Όταν απελευθερώνονται στην ατμόσφαιρα, μερικές ανθρωπογενείς χημικές ουσίες που περιέχουν χλώριο και βρώμιο, μεταναστεύουν τελικά στα ψηλότερα στρώματά της, συμπεριλαμβανομένης της Στρατόσφαιρας. Αν και αυτές οι χημικές ουσίες είναι σταθερές στη χαμηλότερη ατμόσφαιρα, λόγω των ψηλών επίπεδων υπέρυθρης ηλιακής ακτινοβολίας στη Στρατόσφαιρα, μετατρέπονται σε ιδιαίτερα αντιδραστικές μορφές χλωρίου και βρωμίου. Αυτές οι χημικές ουσίες συμμετέχουν έπειται σε μια σειρά αλυσιδωτών αντιδράσεων που οδηγούν στη μείωση του όζοντος όπως φαίνεται πιο κάτω .

Οι **χλωροφθωράνθρακες** (CFCs), που είναι οι πιο γνωστές ουσίες που συμβάλλουν στην καταστροφή της στιβάδας του όζοντος, δημιουργήθηκαν αρχικά το 1928. Λόγω του ότι δεν είναι εύφλεκτοι και έχουν χαμηλή τοξικότητα, χρησιμοποιήθηκαν σε πολλές και διάφορες εφαρμογές, όπως σαν ψυκτικές ουσίες στα ψυγεία και τα κλιματιστικά, ως προωθητικά αέρια σε δοχεία αερολυμάτων, σε προϊόντα καθαρισμού ηλεκτρονικού εξοπλισμού, στην παραγωγή αφρωδών πλαστικών, κλπ.

Οι **υδροχλωροφθοράνθρακες** (HCFCs), αναπτύχθηκαν ως υποκατάστατα των χλωροφθορανθάκων ως ψυκτικές ουσίες και για την παραγωγή αφρωδών υλικών. Παρόλο που οι υδροχλωροφθοράνθρακες έχουν χαμηλότερη δυνατότητα καταστροφής της στιβάδας του όζοντος, εξακολουθούν να το επηρεάζουν σημαντικά για να επιτραπεί η μακροχρόνια χρήση τους.

Οι βασικότερες χημικές ουσίες που περιέχουν βρώμιο και που καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος ονομάζονται **halons** και χρησιμοποιούνται κυρίως στον εξοπλισμό πυρόσβεσης. Μερικά halons έχουν δυνατότητα καταστροφής του όζοντος δέκα φορές ψηλότερη από αυτή του πιο ισχυρού χλωροφθοράνθρακα.

Δύο άλλες χημικές ουσίες που έχουν σημαντική δυνατότητα καταστροφής της στιβάδας του όζοντος και που χρησιμοποιούνται ευρέως ως διαλύτες για τον καθαρισμό μετάλλων, είναι ο **τετραχλωράνθρακας** και το **μεθυλοχρωροφόρμιο.**

Μια άλλη χημική ουσία που καταστρέφει τη στιβάδα του όζοντος, είναι το **μεθυλοβρωμίδιο**, που χρησιμοποιείται κυρίως ως γεωργικό φυτοφάρμακο και για την απολύμανση γεωργικών προϊόντων.

https //ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prostasia-stivadas-tou-ozontos

https//www.moa.gov.cy/moa/environment/environmentnew.nsf/page55_gr/page55_gr

Τρύπα του όζοντος

Τρύπα του όζοντος ονομάζεται το φαινόμενο κατά το οποίο το στρώμα του όζοντος που βρίσκεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας της Γης (στρατόσφαιρα) μειώνεται σε πάχος πάνω από την Ανταρκτική. Παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το 1985. Επειδή το λεπτότερο σημείο του είναι πάνω από το Νότιο Πόλο, η μείωση του πάχους του στρώματος έχει ως αποτέλεσμα την ονομαζόμενη «τρύπα» στο στρώμα του όζοντος. Λόγω του ότι το όζον (αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου, τριατομικό οξυγόνο, O3) προστατεύει από την ηλιακή ακτινοβολία, απορροφώντας σημαντικό τμήμα της υπεριώδους ακτινοβολίας, η δημιουργία της τρύπας του όζοντος έχει αρνητικά αποτελέσματα στην ανθρώπινη υγεία. Επίσης αυξάνει την θερμοκρασία στον πλανήτη και συμβάλει αρνητικά στο λιώσιμο των πάγων. Το φαινόμενο αυτό θεωρείται πως δημιουργήθηκε από υπερβολική χρήση χλωροφθορανθράκων (CFC) που χρησιμοποιούνταν ευρέως ως προωθητικά αέρια και σε ψυκτικές συσκευές όπως τα κλιματιστικά. Στην επέκτασή του επίσης συμβάλλουν τόσο τα καυσαέρια (από την κυκλοφορία των οχημάτων) όσο και τα αέρια απόβλητα των εργοστασίων.

Καταγραφή του φαινομένου

Στα μέσα του 1982, η Βρετανική Ομάδα Διερεύνησης της Ανταρκτικής υπό την εποπτεία του Τζόι Φάρμαν εξέδωσε αναφορά στο επιστημονικό περιοδικό Nature, στην οποία τεκμηρίωνε πλήρως τα ευρήματά της για το Όζον με στοιχεία που τους δόθηκαν από τους ερευνητικούς σταθμούς Χάλεϊ και Φάραντεϊ που έδειχναν σοβαρή μείωση σε ποσοστό 40% περίπου μέχρι το 1984, έναντι των περασμένων ετών.[1] Το 1988, έπειτα από την οριστική κατανόηση της απώλειας του Όζοντος στην Ανταρκτική, οι ερευνητές έστρεψαν την προσοχή τους στην περιοχή της Αρκτικής.

Αιτία του προβλήματος

Βασικότερη αιτία του φαινομένου είναι αποδεδειγμένα η εκπομπή χλωροφθορανθράκων στην ατμόσφαιρα.[3] Οι χλωροφθοράνθρακες (CFC), όπως δείχνει και το όνομά τους, περιέχουν χλώριο, το οποίο είναι ιδιαίτερα καταστροφικό για το όζον. Ενδεικτικά, 1 μόριο χλωρίου καταστρέφει μέχρι και 1.000.000 μόρια όζοντος πριν την αδρανοποίησή του. Μια ερευνητική ομάδα του Εργαστηρίου Φωτοχημείας και Χημικής Κινητικής του Πανεπιστημίου της Κρήτης το 2009 σε συνεργασία με άλλα 61 ευρωπαϊκά ιδρύματα, εξηγεί τη διαδικασία με την οποία οι χλωροφθοράνθρακες καταστρέφουν το όζον:

Οι CFC έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής, έτσι μεταφέρονται αυτούσιοι από την τροπόσφαιρα στην στρατόσφαιρα (ατμόσφαιρα)
Εκεί, με την υπεριώδη ηλιακή ακτινοβολία διασπώνται ελευθερώνοντας άτομα χλωρίου.

Τα άτομα χλωρίου λειτουργούν ως καταλύτες, επιταχύνοντας την καταστροφή της στιβάδας του όζοντος.

Οι χλωροφθοράνθρακες συναντώνται σε ψυκτικές συσκευές (ψυγεία, κλιματιστικά) και ως προωθητικά στα σπρέι. Η εκπομπή τους, για προφανείς λόγους, είναι μεγαλύτερη σε πυκνοκατοικημένες και βιομηχανικές περιοχές. Από το 1987, χρονιά που ανακηρύχτηκαν ως η βασικότερη αιτία της τρύπας του όζοντος, γίνονται προσπάθειες για την αντικατάστασή τους από άλλες ουσίες, (οι οποίες όμως φαίνεται να επιδεινώνουν το φαινόμενο του θερμοκηπίου, για παράδειγμα, οι υδροφθοράνθρακες HFC διαθέτουν δυναμικό πλανητικής υπερθέρμανσης ως και 14.800 φορές περισσότερο από το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), μέσω του πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ.

Η Τρύπα του όζοντος και η Ανταρκτική

Το γεγονός ότι η τρύπα του όζοντος πρωτοεμφανίστηκε στην Ανταρκτική, όπου το πρόβλημα είναι εντονότερο μέχρι και σήμερα, προβλημάτιζε τους επιστήμονες για χρόνια. Αρχικά, μάλιστα, το κατά πόσο οι χλωροφθοράνθρακες προκαλούσαν το φαινόμενο αμφισβητούταν, καθώς στην Ανταρκτική δεν υπάρχουν εκπομπές χλωροφθορανθράκων, ώστε να ανέρχονται απευθείας στη στρατόσφαιρα σε εκείνο το σημείο. Σύντομα όμως διευκρινίστηκε ότι οι ουσίες αυτές μεταφέρονται από άλλα σημεία του πλανήτη στην Ανταρκτική:

Οι αέριες μάζες που μετακινούνται προς την Ανταρκτική μεταφέρουν μαζί τους χλωροφθοράνθρακες, οι οποίοι δεν διασπώνται, αλλά μοιάζουν με αποθήκες χλωρίου στην ατμόσφαιρα.
Κατά τη διάρκεια της πολικής νύχτας (6 μήνες το χρόνο), σωματίδια πάγου με προσμίξεις θειικού (H_2SO_4) και νιτρικού (HNO_3) οξέων συγκεντρώνουν όλες τις ενώσεις χλωρίου που είναι αποθηκευμένες στην ατμόσφαιρα της Ανταρκτικής.
Μετά το πέρας της πολικής νύχτας, στην αρχή της εξάμηνης μέρας, το φως του ήλιου διασπάει τις ενώσεις αυτές και τα δραστικά άτομα χλωρίου απελευθερώνονται στη στρατόσφαιρα, όπου καταστρέφουν το όζον.
Συνεπώς, οι πολύ χαμηλές θερμοκρασίες και άλλα γεωμορφολογικά στοιχεία αποτελούν τα αίτια της όξυνσης του φαινομένου στην Ανταρκτική.

Οι συνέπειες αυτού του φαινομένου στη Γη μας

Το όζον στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, καθώς απορροφά τις υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες. Οι υπεριώδεις ηλιακές ακτινοβολίες αποτελούν το 10% της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στη Γη. Χωρίζεται σε τρία είδη, τη UV-A, τη UV-B και την πιο επικίνδυνη, την UV-C. Η τελευταία είναι αυτή που απορροφάται από το όζον στη στρατόσφαιρα. Η UV-C, λοιπόν, είναι η πιο επικίνδυνη υπεριώδης ακτινοβολία, καθώς:

Αποτελεί τη βασικότερη αιτία για το μελάνωμα, μια μορφή θανατηφόρου καρκίνου του δέρματος. Στην Αυστραλία, όπου η υπεριώδης ακτινοβολία είναι 15% περισσότερη από την Ευρώπη, εκτιμάται πως το 2011 οι περιπτώσεις μελανώματος ήταν αυξημένες κατά 23% για τις γυναίκες και 28% για τους άντρες σε σχέση με το 2002.[4]
Επίσης, η ακτινοβολία UV-C αποτελεί αιτία του καταρράκτη, καθώς είναι αρκετά ισχυρή ώστε να περάσει μέσα από τον αμφιβληστροειδή του ματιού.
Τελευταία, και ενδεχομένως η κυριότερη επίδραση της UV-C στους ζωντανούς οργανισμούς είναι η μετάλλαξη του DNA τους. Μάλιστα, είναι τόσο ισχυρή που οι επιστήμονες τη χρησιμοποιούν σε εργαστήρια και υπό κατάλληλες συνθήκες για να επιτύχουν μεταλλάξεις γονιδίων. Πιο συγκεκριμένα, η UV-C αλλοιώνει το DNA σε τέτοιο βαθμό ώστε αυτό σταδιακά να χάνει την ιδιότητά του να διαιρείται και να πολλαπλασιάζεται.

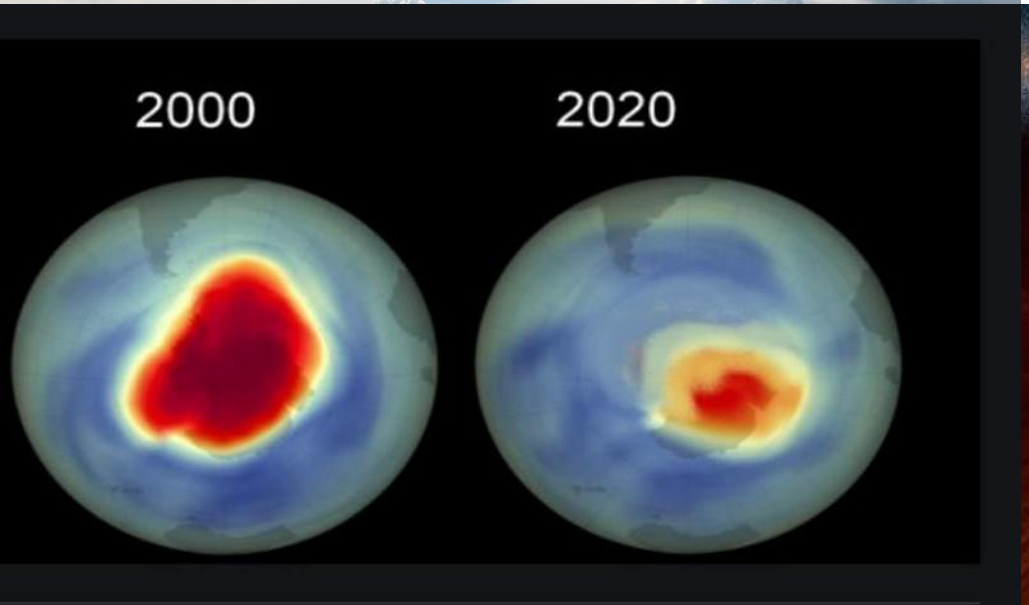
Συνεπώς, η τρύπα του όζοντος επιτρέπει την είσοδο των υπεριωδών ακτινοβολιών στην ατμόσφαιρα της Γης, προκαλώντας όλα αυτά τα προβλήματα στους ζωντανούς οργανισμούς. Ωστόσο, επιπτώσεις του φαινομένου αφορούν και το περιβάλλον. Η επικρατέστερη άποψη είναι πως εφόσον το όζον, που απορροφά μέρος της ηλιακής ακτινοβολίας, μειώνεται, θα εισέρχεται περισσότερη θερμότητα στη Γη, η οποία σε συνδυασμό με το επίσης σοβαρό φαινόμενο του θερμοκηπίου, θα συντελεί στην υπερθέρμανση του πλανήτη. Ωστόσο, στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας άρχισε να σχηματίζεται η αντίληψη πως η τρύπα του όζοντος ψύχει αντί να θερμαίνει τη Γη. Πιο συγκεκριμένα, ο Ντέιβιντ Τόμσον, καθηγητής του Πολιτειακού Πανεπιστημίου του Κολοράντο, και ο Σούσαν Σόλομον, ανώτερος επιστήμονας ατμοσφαιρικής επιστήμης, διαπίστωσαν πως ενώ ο μέσος όρος θερμοκρασίας στον υπόλοιπο κόσμο τον προηγούμενο αιώνα αυξήθηκε, στην Ανταρκτική μειώθηκε, θέση την οποία υποστήριξε και ο Τζον Ι. Γουόλς, καθηγητής ατμοσφαιρικής επιστήμης στο Πανεπιστήμιο του Ιλλινόις. Ερεύνησαν έτσι τη σχέση της παρατήρησης αυτής με την όξυνση του φαινομένου της τρύπας του όζοντος στην περιοχή. Οι λόγοι για τους οποίους η αντίληψη πως η τρύπα του όζοντος αποτελεί αιτία ψύξης κι όχι θέρμανσης της Γης δεν εξαπλώθηκε, καθώς:

Η έρευνα έδειξε πως η ελάχιστη θερμοκρασία στην Ανταρκτική παρουσιάζεται έξι μήνες μετά την περίοδο έξαρσης του φαινομένου της τρύπας του όζοντος κάθε χρόνο.
Θα έπρεπε να ληφθούν υπόψιν και άλλοι παράγοντες, όπως τα υποθαλάσσια ρεύματα.
Έτσι οι επιστήμονες συμφώνησαν πως το κλίμα της Ανταρκτικής δεν οφείλεται κατ' αποκλειστικότητα στην τρύπα του όζοντος, δεν αποκλείουν όμως το ενδεχόμενο να αποτελεί απλώς μια απ' τις αιτίες του.

Τρόποι αντιμετώπισης

Στις 16 Σεπτεμβρίου του 1987 (από τότε η 16η Σεπτεμβρίου έχει ανακηρυχτεί από τον ΟΗΕ Παγκόσμια Ημέρα κατά της Τρύπας του Όζοντος) υπεγράφη από 46 χώρες το πρωτόκολλο του Μόντρεαλ, η σημαντικότερη και αποτελεσματικότερη πράξη αντιμετώπισης του φαινομένου της τρύπας του όζοντος μέχρι σήμερα. Στόχος του Πρωτόκολλου ήταν η σταδιακή εξάλειψη των CFC άλλων ODS (Ozone Depleting Substances ή Ουσίες που Φθείρουν το Όζον) όπως οι υδροχλωροφθοράνθρακες (HCFC) ή το μεθυλοβρωμίδιο (CH3Br) για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα της καταστροφής του όζοντος, που είχε ανακαλυφθεί πριν από δύο χρόνια. Ορίστηκε επίσης χρονοδιάγραμμα για την αποκατάσταση του όζοντος που είχε ήδη καταστραφεί. Όποια χώρα υπογράφει το πρωτόκολλο, υποχρεούται αυτόματα τη διακοπή παραγωγής και κατανάλωσης CFC. Με τη συνεργασία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, καταργήθηκε σταδιακά το 99% των χλωροφθορανθράκων οικιακής χρήσης, ενώ παράλληλα στοχεύει με νομοθεσίες (όπως αυτή του 2006) να ρυθμίσει τη χρήση φθοριούχων αερίων από βιομηχανίες, που επίσης καταστρέφουν τη στιβάδα του όζοντος

Το καλοκαίρι του 2009 η εφαρμογή του Πρωτοκόλλου του Μόντρεαλ έγινε οικουμενική, καθώς υπέγραψε και η τελευταία από τις 196 χώρες-μέλη του Ο.Η.Ε.. Πρόσφατα ο Ο.Η.Ε. παρουσίασε έκθεση με τίτλο «Επιστημονική Εκτίμηση της Εξάντλησης του Όζοντος 2010» για την κατάσταση της τρύπας του όζοντος, σύμφωνα με την οποία τα νέα είναι εξαιρετικά ευχάριστα. Η τρύπα του όζοντος έχει πλέον σταματήσει να μεγαλώνει, αλλαγή η οποία συνέβαλε και στη μείωση της υπερθέρμανσης του πλανήτη, εφόσον αυτή αποτελεί συνέπεια του φαινομένου. Αν και τα αποτελέσματα της έκθεσης είναι ενθαρρυντικά, ακόμα δεν έχει ξεκινήσει η αποκατάσταση της τρύπας του όζοντος σε ικανοποιητικούς ρυθμούς. Σύμφωνα με υπολογισμούς, τα επίπεδα του όζοντος θα έχουν φτάσει εκείνα του 1980 γύρω στο 2075 σύμφωνα με εκτιμήσεις του 2015.

https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%81%CF%8D%CF%80%CE%B1_%CF%84%CE%BF%CF%85_%CF%8C%CE%B6%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%BF%CF%82

Λέπτυνση της στιβάδας του όζοντος