

## 6<sup>η</sup> Ενότητα:

### Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου I

#### Εισαγωγή

Στην τελευταία μας 5<sup>η</sup> Ενότητα, αφού τελειώσαμε την περιγραφή των σημαντικότερων ρύπων της ανθρωπογενούς ρύπανσης της ατμόσφαιρας, που προέρχονται από τις διαδικασίες της καύσης των καυσίμων, είχα προαναγγείλει, ότι (προκειμένου να ανανεωθεί το ενδιαφέρον των Αναγνώστριών και Αναγνώστών), θα παρεμβάλω στη φυσιολογική σειρά περιγραφής της ρύπανσης της ατμόσφαιρας Ενότητες με πιο ενδιαφέροντα θέματα και πιο εύκολα αφομοιώσιμα.

Έτσι σήμερα θα ξεκινήσω με την περιγραφή του «Φαινομένου του Θερμοκηπίου». Το φαινόμενο αυτό συνδέεται με την επερχόμενη «Κλιματική Αλλαγή» της γης μας. Η δε κλιματική αλλαγή είναι το αντικείμενο, με το οποίο θα ασχολείται η ανθρωπότητα όλο και περισσότερο τις επόμενες δεκαετίες. Επομένως, αν θέλετε να συμμετέχετε ισότιμα στις συζητήσεις του μέλλοντος, δίχως να πέφτετε θύματα στις διάφορες ανοησίες, που λέγονται από άτομα, που δεν έχουν καμία επαφή με την επιστήμη, θα ήταν σκόπιμο να παρακολουθήσετε με προσοχή τα επόμενα.

#### Ηλιακή Ακτινοβολία

Αν μετρήσουμε με ένα θερμόμετρο τη θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης, π.χ. σε ένα ύψος 2 μέτρων επάνω από την επιφάνεια του εδάφους, ή της θάλασσας την ίδια ώρα αλλά σε πάρα πολλά διαφορετικά σημεία της γης και σχηματίσουμε τον μέσον όρο, τότε θα προκύψει μία μέση θερμοκρασία περίπου +15°C (συν 15 βαθμών Κελσίου). Η θερμοκρασία αυτή είναι πολύ κατάλληλη τόσο για τη δημιουργία, όσο και για τη διατήρηση της ζωής επάνω στη γη μας.

Τώρα παραδεχόμαστε, ότι ξυπνάμε ένα πρωί, περιμένουμε να ανατείλει ο Ήλιος και διαπιστώνουμε, ότι ο Ήλιος όχι μόνο δεν ανατέλλει σήμερα, αλλά δεν ανατέλλει ποτέ πια. Αυτό βέβαια είναι αδύνατο, διότι, αν εξαφανιζόταν ο Ήλιος, τότε θα εξαφανιζόταν και η γη, που στρέφεται γύρω από αυτόν. Απλώς λοιπόν για διδακτικούς λόγους παραδεχόμαστε, ότι ο Ήλιος δεν υπάρχει πια, ότι όλα τα άλλα παραμένουν ίδια και διερωτώμεθα τι θα συνέβαινε μετά; Τότε η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης από +15°C που είναι τώρα, θα γινόταν συνεχώς μικρότερη, κάποτε θα έφτανε τους 0°C και συνεχώς θα γινόταν μικρότερη. Η γη μας θα μεταβαλλόταν σε μια σφαίρα από πάγο, η ζωή θα έπαυε να υπάρχει και η θερμοκρασία θα έφτανε κάποτε στο απόλυτο μηδέν, δηλαδή στους -273°C (πλην 273 βαθμούς Κελσίου) όπως είναι στο διάστημα. Δηλαδή, όλα αυτά τα σκοτεινά σενάρια δεν συμβαίνουν μόνο για ένα λόγο, επειδή υπάρχει ο Ήλιος.

Στον Ήλιο μας συμβαίνουν ασύλληπτα γεγονότα. Εδώ κάνω μία μεγάλη παρένθεση: (Αν καταφέρετε να ...αντέξετε για αρκετό χρόνο, δηλαδή μέχρι να Σας έχω εξηγήσει όλα όσα έχουν να κάνουν με το φυσικό Περιβάλλον, θα Σας κάνω την απλούστερη παράδοση πυρηνικής φυσικής. Δηλαδή με πολύ απλά λόγια, δίχως να έχετε ασχοληθεί ποτέ με τέτοια πράγματα, θα Σας εξηγήσω – και πιστέψτε με θα τα καταλάβετε, αφού αυτό έχει συμβεί αρκετές φορές μέχρι τώρα – α) Πώς λειτουργεί ένα πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, όπως π.χ. στο Τσερνομπίλ. β) Τι συμβαίνει κατά την έκρηξη μίας ατομικής βόμβας, γ) Τι συμβαίνει κατά την έκρηξη μίας βόμβας υδρογόνου, δ) Πώς λειτουργεί ο Ήλιος μας και τέλος ε) Πώς θα λειτουργήσουν επάνω στη γη μας πολλοί «Τεχνητοί Ήλιοι», που θα λύσουν το ενεργειακό πρόβλημα της ανθρωπότητας του μέλλοντος).

Ανάφερα λοιπόν, ότι στον Ήλιο μας συμβαίνουν ασύλληπτα γεγονότα. Προς το παρόν αρκούμε στο να Σας πω, ότι, όταν ο άνθρωπος κατασκεύασε τη βόμβα

υδρογόνου, μιμήθηκε ό,τι ακριβώς συμβαίνει στον Ήλιο. Δηλαδή, στον Ήλιο μετατρέπεται συνεχώς το στοιχείο υδρογόνο σε ένα άλλο στοιχείο, που λέγεται ήλιο και ελευθερώνεται ένα τεράστιο ποσό ενέργειας. Συγκεκριμένα στον Ήλιο κατά τη διάρκεια ενός δευτερολέπτου (δηλαδή σε όσο χρόνο περνάει λέγοντας τικ-τακ) μετατρέπονται 4.700.000 τόνοι υδρογόνου σε ήλιο. Η μετατροπή αυτή δε γίνεται με χημικές αλλά με πυρηνικές αντιδράσεις (έχετε υπομονή θα τα εξηγήσουμε όλα αυτά πολύ απλά αργότερα). Η μετατροπή αυτή αντιστοιχεί στην έκρηξη δισεκατομμυρίων βομβών υδρογόνου (μέσα σε ένα δευτερόλεπτο). Η ισχύς της ενέργειας, που ελευθερώνεται είναι περίπου  $4 \times 10^{23}$  κιλοβάτ, δηλαδή ένα νούμερο σε κιλοβάτ με 23 μηδενικά, δηλαδή 400 εξάκις εκατομμύρια κιλοβάτ σε 1 δευτερόλεπτο. Ασύλληπτος αριθμός! Η ενέργεια αυτή εκπέμπεται υπό τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας προς όλες τις διευθύνσεις στο διάστημα. Κάποιος όμως, που θα **μπορούσε** να βρεθεί στον Ήλιο, κοιτώντας προς όλες τις διευθύνσεις, δε θα έβλεπε εκτός από το αχανές Άπειρο, τίποτε άλλο παρά τους λίγους Πλανήτες, που στρέφονται γύρω από τον Ήλιο, αλλά και αυτούς μόνο σε μικρά σώματα ή απλώς κουκίδες. Έτσι γίνεται αντιληπτό, ότι όλο αυτό το τεράστιο ποσό της ενέργειας, που με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας εγκαταλείπει τον Ήλιο, χάνεται στο διάστημα, αφού ένα απειροελάχιστο μέρος της συναντά τους πλανήτες θερμαίνοντάς τους. Συγκεκριμένα για τη γη μας ισχύει, ότι λαβαίνοντας υπόψη το μέγεθος του Ηλίου και της Γης καθώς και την απόστασή τους (περίπου 150 εκατομμύρια χιλιόμετρα) μπορούμε να υπολογίσουμε, ότι η γη δέχεται μία ισχύ, που είναι 2.200.000.000 φορές μικρότερη απ' ότι συνολικά εκπέμπει ο Ήλιος. Παρ' όλα αυτά η ενέργεια, που δέχεται η Γη από τον Ήλιο υπό τη μορφή ακτινοβολίας είναι η **κύρια** αιτία για τη θερμοκρασία, που επικρατεί πάνω στη γη (επ' αυτού όμως θα επανέλθω στη συνέχεια). Όπως δε αναφέραμε προηγουμένως, η γη ζεσταίνεται έτσι, ώστε η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της να είναι  $+15^{\circ}\text{C}$ . Η ηλιακή αυτή ενέργεια έχει, πριν φτάσει στη γήινη ατμόσφαιρα, μία ισχύ ίση με 1368 βατ ανά τετραγωνικό μέτρο επιφανείας, που είναι κάθετη στη διεύθυνση της ηλιακής ακτινοβολίας. Ο αριθμός 1368 βατ ανά τετραγωνικό μέτρο ονομάζεται «Ηλιακή Σταθερά». Βασικά ο αριθμός 1368 δεν είναι μία σταθερά για δύο λόγους. Πρώτον διότι η ηλιακή ακτινοβολία η ίδια κυμαίνεται και δεύτερον, διότι λόγω της ελλειπτικής (όχι κυκλικής) τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο η απόσταση γης-Ήλιου μεταβάλλεται. Η τιμή 1368 είναι ένας μέσος όρος.

### **Το Θερμοκήπιο**

Τώρα θα εξηγήσουμε τι είναι ένα θερμοκήπιο. Ένα θερμοκήπιο είναι συνήθως ένας χώρος, που είναι καλυμμένος με γυαλί ή πλαστικό. Η **ηλιακή** ακτινοβολία, που φτάνει στη γη, περνά μέσα από το γυαλί ή το πλαστικό και θερμαίνει τον εσωτερικό χώρο του θερμοκηπίου. Ο εσωτερικός χώρος θερμαινόμενος εκπέμπει και αυτός **θερμική** ακτινοβολία προς όλες τις διευθύνσεις (διότι κάθε σώμα που είναι θερμότερο από το Περιβάλλον του, εκπέμπει θερμότητα προς το Περιβάλλον. Για να γίνει αυτό αντιληπτό, αρκεί να σταθείτε εμπρός από ένα σώμα μίας κεντρικής θέρμανσης που λειτουργεί. Αμέσως θα αντιληφθείτε τη θερμότητα που εκπέμπει το ζεστό σώμα της θέρμανσης). Η θερμική λοιπόν ακτινοβολία, που εκπέμπει ο εσωτερικός χώρος του θερμοκηπίου, θερμαίνει το περίβλημα του θερμοκηπίου (γυαλί ή πλαστικό), που με τη σειρά του εκπέμπει θερμική ακτινοβολία προς όλες τις διευθύνσεις και επομένως και προς το εσωτερικό του θερμοκηπίου, θερμαίνοντάς το επιπλέον. Έτσι ο εσωτερικός χώρος του θερμοκηπίου αποκτά μία θερμοκρασία, που είναι μεγαλύτερη, απ' ό,τι θα είχε, αν δεν είχε το περίβλημά του.

### **Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου**

Όπως περιγράψαμε προηγουμένως, είναι γνωστό το μέγεθος της ενέργειας που με την μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας εγκαταλείπει τον Ήλιο και γνωστό πιο μέρος

αυτής της ενέργειας φτάνει στη γη. Έτσι οι επιστήμονες έκαναν μία πρώτη προσπάθεια με αυτά τα δεδομένα (και γνωστή την αντανακλαστικότητα της γης) να υπολογίσουν και να επαληθεύσουν την θερμοκρασία των  $+15^{\circ}\text{C}$ , που επικρατεί πραγματικά κοντά στην επιφάνεια της γης, που όπως αναφέραμε προηγουμένως, προκύπτει από μετρήσεις. Προς μεγάλη τους όμως έκπληξη οι πρώτοι υπολογισμοί δεν είχαν σαν αποτέλεσμα  $+15^{\circ}\text{C}$ , όπως δείχνουν οι μετρήσεις, αλλά  $-18^{\circ}\text{C}$ . Από τους  $-18^{\circ}\text{C}$  που βρήκαν αρχικά οι επιστήμονες μέχρι τους  $+15^{\circ}\text{C}$  που δείχνουν οι μετρήσεις, υπάρχει μία διαφορά  $+33^{\circ}\text{C}$  για την θερμοκρασία που επικρατεί κοντά στην επιφάνεια της γης. Που οφείλεται λοιπόν αυτή η διαφορά θερμοκρασίας; Οι επιστήμονες στους πρώτους τους υπολογισμούς δεν είχαν λάβει υπ' όψιν το «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου». Δηλαδή στην ατμόσφαιρα της γης υπάρχουν ορισμένα αέρια, τα οποία ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου επειδή συμπεριφέρονται όπως το γυαλί που περιβάλλει ένα θερμοκήπιο. Αυτό σημαίνει, ότι τα αέρια του θερμοκηπίου που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, αφήνουν την ισχυρή ηλιακή ακτινοβολία που έρχεται από τον Ήλιο να περάσει και να φτάσει επάνω στην επιφάνεια της γης. Έτσι η γη θερμαίνεται και με τη σειρά της εκπέμπει θερμότητα προς το διάστημα. Τα αέρια του θερμοκηπίου όμως έχουν την ιδιότητα να απορροφούν ένα μέρος αυτής της θερμότητας που εκπέμπει η γη προς το διάστημα. Έτσι τα αέρια του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα θερμαίνονται, και με τη σειρά τους εκπέμπουν θερμότητα προς όλες τις διευθύνσεις. Ένα μέρος αυτής της θερμότητας φτάνει και πίσω στη γη κάνοντάς την θερμότερη, από ότι θα ήταν, αν δεν υπήρχαν τα αέρια του θερμοκηπίου.

Στον Πίνακα 12, Σελ. 50 βλέπουμε στην πρώτη στήλη τα σπουδαιότερα αέρια του θερμοκηπίου, που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια του θερμοκηπίου είναι: Ο υδρατμός (δηλαδή νερό σε αέρια κατάσταση), το διοξείδιο του άνθρακα (το οποίο έχουμε ήδη γνωρίσει ως προϊόν της καύσης των καυσίμων, βλέπε Σελ. 23), το όζον (το οποίο θα γνωρίσουμε, όταν θα επιστρέψουμε στους ρύπους της ατμόσφαιρας), το υποξείδιο του αζώτου (το οποίο θα γνωρίσουμε, όταν περιγράψουμε τα υπόλοιπα 10% της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, που προέρχονται από τις υπόλοιπες διαδικασίες εκτός της καύσης των καυσίμων) και το μεθάνιο (το οποίο θα γνωρίσουμε, όπως το υποξείδιο του αζώτου). Στη δεύτερη στήλη είναι το χημικό σύμβολο αυτών των αερίων (εάν υπάρχει ενδιαφέρον). Στον Πίνακα 12, Σελ. 50 βλέπουμε στην 3<sup>η</sup> στήλη τη συμβολή του καθενός των αερίων του θερμοκηπίου στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης. Δηλαδή π.χ. το αέριο του θερμοκηπίου υδρατμός είναι η αιτία για το ότι η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης είναι κατά  $20,6^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη από ότι θα ήταν δίχως το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Στον Πίνακα 12, Σελ. 50 βλέπουμε στην 4<sup>η</sup> στήλη τη συμβολή του καθενός των αερίων του θερμοκηπίου σαν ποσοστό στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης κατά  $33^{\circ}\text{C}$ . Δηλαδή π.χ. το αέριο του θερμοκηπίου διοξείδιο του άνθρακα συμβάλει κατά 21,8% στην αύξηση των  $33^{\circ}\text{C}$ . Από τον Πίνακα 12, Σελ. 50 προκύπτει, ότι τα σπουδαιότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι ο υδρατμός και το διοξείδιο του άνθρακα. Ιδιαίτερα θέλω εδώ να επαναλάβω και να τονίσω τα εξής συμπεράσματα (επειδή θα τα χρησιμοποιήσουμε στη συνέχεια):

1. Η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης είναι  $+15^{\circ}\text{C}$  και αυτό οφείλεται βεβαίως **κυρίως** στην ύπαρξη του Ήλιου, αλλά όχι μόνο.
2. Αν δεν υπήρχε το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου, η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης δεν θα ήταν  $+15^{\circ}\text{C}$ , αλλά  $-18^{\circ}\text{C}$ , δηλαδή κατά  $33^{\circ}\text{C}$  μικρότερη.

3. Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου υπάρχει, επειδή στην ατμόσφαιρα της γης υπάρχουν μερικά αέρια (τα περισσότερα σε ίχνη) τα σπουδαιότερα των οποίων είναι: Ο υδρατμός, το διοξείδιο του άνθρακα, το όζον, το υποξείδιο του αζώτου και το μεθάνιο. Υπάρχουν και ορισμένα άλλα αέρια του θερμοκηπίου, τα οποία δε μας απασχολούν εδώ, αφού όπως προκύπτει από τον Πίνακα 12, Σελ. 50 η συμβολή τους στην αύξηση των 33°C είναι μόνο 0,6°C.
4. Λόγω του «Φαινομένου του Θερμοκηπίου» η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης είναι κατά 33°C μεγαλύτερη από ότι θα ήταν δίχως το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου. Η συμβολή του αερίου του θερμοκηπίου διοξείδιο του άνθρακα σε αυτήν τη διαφορά των 33°C είναι 7,2°C.

Αέριο του θερμοκηπίου	Χημικό σύμβολο	Συμβολή στη διαφορά 33°C	Ποσοστό %
Υδρατμός	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>20,6<sup>0</sup> C</b>	<b>62,4</b>
Διοξείδιο του Άνθρακα	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>7,2<sup>0</sup> C</b>	<b>21,8</b>
Όζον (Τροπόσφαιρας)	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>2,4<sup>0</sup> C</b>	<b>7,3</b>
Υποξείδιο του Αζώτου	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>1,4<sup>0</sup> C</b>	<b>4,2</b>
Μεθάνιο	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>0,8<sup>0</sup> C</b>	<b>2,4</b>
Υπόλοιπο	-	<b>0,6<sup>0</sup> C</b>	<b>1,9</b>
Άθροισμα	-	<b>33,0<sup>0</sup> C</b>	<b>100,0</b>

**Πίνακας 12: Συμβολή των Αερίων του Θερμοκηπίου στο «Φυσικό Φαινόμενο του Θερμοκηπίου»**

Το «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου» όπως το περιγράψαμε λέγεται και «Φυσικό Φαινόμενο του Θερμοκηπίου», διότι όλα τα αέρια του θερμοκηπίου που αναφέραμε, υπήρχαν στην ατμόσφαιρα πολύ πριν ο άνθρωπος με τις διάφορες δραστηριότητές του επηρεάσει την σύσταση της ατμόσφαιρας. Το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι λοιπόν η αιτία για την οποία η θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης δεν είναι  $-18^{\circ}\text{C}$  αλλά  $+15^{\circ}\text{C}$ , δηλαδή κατά  $33^{\circ}\text{C}$  μεγαλύτερη, από ότι θα ήταν δίχως αυτό το φαινόμενο. Έτσι το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μία ευεργεσία για την ανθρωπότητα, διότι δημιουργώντας μία μέση θερμοκρασία  $+15^{\circ}\text{C}$  κοντά στην επιφάνεια της γης, κάνει δυνατή τόσο τη δημιουργία όσο και τη διατήρηση της ζωής επάνω στη γη μας.

Αφού λοιπόν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι μία ευεργεσία για την ανθρωπότητα, τίθεται το ερώτημα γιατί υπάρχει κάποια αρνητική χροιά για τη λέξη «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου»; Το πρόβλημα για την ανθρωπότητα δεν είναι βέβαια το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο όπως εξηγήσαμε περισσότερες φορές είναι μία ευεργεσία για την ανθρωπότητα, αλλά το πρόβλημα είναι το λεγόμενο «Ανθρωπογενές Φαινόμενο του Θερμοκηπίου», με το οποίο θα ασχοληθούμε αμέσως.

#### **Ανθρωπογενές Φαινόμενο του Θερμοκηπίου**

Έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον το γεγονός, ότι όλα τα αέρια του θερμοκηπίου έχουν και ανθρωπογενή προέλευση. Έτσι ο άνθρωπος με τις διάφορες δραστηριότητές του, που έχουν σαν συνέπεια την εκπομπή αερίων του θερμοκηπίου, συντείνει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την εντατικοποίηση του φυσικού φαινομένου του θερμοκηπίου, δηλαδή την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης. Αυτό όμως ακριβώς το φαινόμενο, δηλαδή την περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης, που οφείλεται στην ανθρωπογενή εκπομπή των αερίων του θερμοκηπίου, το ονομάζουμε «Πρόσθετο ή Ανθρωπογενές Φαινόμενο του Θερμοκηπίου». Το πραγματικό πρόβλημα για την ανθρωπότητα είναι αυτό ακριβώς το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τώρα θέτουμε το ερώτημα: Πιο από τα αέρια του θερμοκηπίου εκπέμπει ο άνθρωπος περισσότερο στην ατμόσφαιρα ενισχύοντας έτσι το βλαβερό ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου; Η απάντηση είναι μονοσήμαντη: Το διοξείδιο του άνθρακα. Έχουμε ήδη επαναλάβει περισσότερες φορές στις προηγούμενες Ενότητες (και αυτό δεν ήταν τυχαίο), ότι το κύριο προϊόν κατά την καύση των καυσίμων είναι το αέριο διοξείδιο του άνθρακα. Επίσης έχουμε πει περισσότερες φορές, ότι περίπου το 1760 ξεκίνησε η βιομηχανική επανάσταση. Μετά τη βιομηχανική επανάσταση έχουν καεί τεράστιες ποσότητες ορυκτών καυσίμων και επομένως έχουν οδηγηθεί στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα. Επομένως όσο πιο πολλά ορυκτά καύσιμα καίγονται, τόσο μεγαλύτερες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα καταλήγουν στην ατμόσφαιρα και επομένως τόσο πιο πολύ ενισχύεται το «Ανθρωπογενές Φαινόμενο του Θερμοκηπίου».

Αυτό επιβεβαιώνεται από τον Πίνακα 13, Σελ. 52 Εκεί αναφέρονται στην πρώτη στήλη τα σημαντικότερα αέρια του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου με τη σειρά σπουδαιότητάς τους στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, το υποξείδιο του αζώτου, τα λεγόμενα F-gases, το όζον και τα λοιπά αέρια. Τα λεγόμενα F-gases είναι μία σειρά χημικών ουσιών που είναι μόνο ανθρωπογενείς (ενώ τα υπόλοιπα έχουν και φυσική προέλευση) με τις οποίες θα ασχοληθούμε εκτενώς, όταν θα περιγράψουμε την «Τρύπα του Όζοντος». Στη δεύτερη στήλη είναι το χημικό σύμβολο αυτών των αερίων (εάν υπάρχει

ενδιαφέρον). Στην Τρίτη στήλη είναι το ποσοστό συμμετοχής του εκάστοτε αερίου στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πράγματι λοιπόν το σημαντικότερο αέριο είναι το διοξείδιο του άνθρακα με συμμετοχή 61%.

<b>Αέριο του θερμοκηπίου</b>	<b>Χημικό σύμβολο</b>	<b>Ποσοστό %</b>	<b>GWP</b>
<b>Διοξείδιο του άνθρακα</b>	<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>61</b>	<b>1</b>
<b>Μεθάνιο</b>	<b>CH<sub>4</sub></b>	<b>15</b>	<b>21</b>
<b>Υποξείδιο του Άζώτου</b>	<b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>4</b>	<b>310</b>
<b>F-gases</b>	<b>HFCs PFCs SF<sub>6</sub></b>	<b>11</b>	<b>έως 23900</b>
<b>Όζον  και λοιπά αέρια</b>	<b>O<sub>3</sub></b>	<b>9</b>	<b>3000</b>

**Πίνακας 13: Συμβολή των Αερίων του Θερμοκηπίου στο «Ανθρωπογενές Φαινόμενο του Θερμοκηπίου»**

Η τέταρτη στήλη στον Πίνακα 13, Σελ. 52 είναι πολύ σημαντική. Το αρκτικόλεξο GWP προκύπτει από τα αρχικά γράμματα των λέξεων Global Warming Potential, δηλαδή «Δείκτης Δυναμικού Παγκόσμιας Αύξησης της Θερμοκρασίας». Τι σημαίνει αυτό; Έστω ότι σήμερα εκπέμπουμε π.χ. 1 τόνο διοξειδίου του άνθρακα, 1 τόνο μεθανίου, 1 τόνο υποξειδίου του αζώτου, ένα τόνο F-Gases και ότι υπάρχει 1 τόνος

όζοντος στην ατμόσφαιρα και διερωτώμεθα ποια αύξηση της παγκόσμιας μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης θα έχουν σαν συνέπεια αυτές οι εκπομπές μετά από ένα χρονικό διάστημα π.χ. 100 ετών. Οι τιμές GWP στην τέταρτη στήλη του Πίνακα 13, Σελ. 52 σημαίνουν τα εξής: Αν θεωρήσουμε, ότι η συμβολή του διοξειδίου του άνθρακα στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου μετά από 100 χρόνια είναι μία μονάδα, τότε η συμβολή του μεθανίου είναι 21 μονάδες (βλέπε Σελίδα 9), του υποξειδίου του αζώτου 310 μονάδες των F-Gases μέχρι 23900 μονάδες (ανάλογα με το αέριο) και του όζοντος 3000 μονάδες.

### **Κλιματική Αλλαγή**

Για να δούμε όμως, τι είναι αυτό που κάνει το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου βλαβερό; Κατ' αρχάς ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου, σημαίνει αύξηση της ποσότητας των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα από ανθρώπινες δραστηριότητες. Αυτό έχει σα συνέπεια εξ ορισμού αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης. Και μπορεί να τεθεί το ερώτημα: Και τι είναι το αρνητικό, αν αυξηθεί η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης; Π.χ. δεν θα καίμε πολλά καύσιμα τον χειμώνα! Και αυτό είναι πράγματι σωστό. Αλλά αν δούμε ποιες άλλες συνέπειες θα έχει το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου, δηλαδή η περαιτέρω αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης;

1. Άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Και γιατί αυτό; Διότι αφού θα αυξηθεί η θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης, θα αυξηθεί και η θερμοκρασία του νερού των ωκεανών, των θαλασσών κ.λπ. Όταν όμως κάτι θερμαίνεται, διαστέλλεται, δηλαδή μεγαλώνει ο όγκος του. Έτσι θα μεγαλώσει ο όγκος του νερού των θαλασσών και αφού η λεκάνη μέσα στην οποία βρίσκεται το νερό της θάλασσας δεν αλλάζει θα ανέβει η στάθμη της θάλασσας. Ένας επιπλέον λόγος για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας είναι, ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας, ένα μέρος των παγετώνων, που βρίσκονται **επάνω στη στεριά**, θα λειώσει με αποτέλεσμα ένα μέρος αυτού του νερού να χυθεί στη θάλασσα. Είναι σημαντικό όμως, ότι για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας ρόλο θα παίξει μόνο το λιώσιμο των παγετώνων που βρίσκονται **επάνω στη στεριά**. Το λιώσιμο ενός παγόβουνου, που επιπλέει επάνω στη θάλασσα, δεν έχει καμία επίδραση στη στάθμη της θάλασσας, όπως εύκολα μπορούμε να ελέγξουμε με το εξής πείραμα: Παίρνουμε ένα ποτήρι που έχει μέσα νερό και βάζουμε μέσα περισσότερα παγάκια. Με ένα μαρκαδόρο σημειώνουμε στην εξωτερική επιφάνεια του ποτηριού **πού βρίσκεται η επιφάνεια του νερού**. Περιμένουμε λίγη ώρα μέχρι να λειώσουν όλα τα παγάκια και τότε αντιλαμβανόμαστε, ότι πράγματι, όταν λειώσουν τα παγάκια, η επιφάνεια του νερού βρίσκεται ακριβώς στην ίδια θέση. Η άνοδος όμως της στάθμης της θάλασσας θα δημιουργήσει π.χ. τουλάχιστον πλημμύρες σε παραλιακές πόλεις κ.λπ. Υπάρχουν όμως και κράτη, των οποίων οι παραλίες έχουν χαμηλό υψόμετρο, όπως π.χ. διάφορα νησιά στον Ειρηνικό Ωκεανό ή η Πολωνία, η Αίγυπτος, το Μπαγκλαντές κ.λπ. Έστω λοιπόν, ότι ένα τέτοιο κράτος έχει παραλίες με ένα υψόμετρο π.χ. μόνο 20 εκατοστά του μέτρου επάνω από τη στάθμη της θάλασσας. Έστω επίσης ότι με το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου θα έχουμε άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά π.χ. 50 εκατοστά του μέτρου. Αυτό βέβαια θα οδηγήσει στην πλήρη εξαφάνιση ολόκληρων παραλιακών περιοχών του κράτους αυτού.
2. Αφού θα αυξηθεί η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης, αυτό θα έχει σα συνέπεια συνολικά για όλη τη γη: α) Ότι θα αυξηθεί η εξάτμιση του νερού από τα επιφανειακά νερά, δηλαδή από ωκεανούς, θάλασσες, λίμνες,

ποτάμια κ.λπ.. β) Ότι θα αυξηθεί η υγρασία της ατμόσφαιρας και γ) Ότι θα αυξηθούν οι βροχοπτώσεις.

3. Με το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου αυτό που είναι βέβαιο, είναι, ότι θα αυξηθεί η μέση θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης Η άνοδος όμως της θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης δεν θα είναι ίδια παντού. Δηλαδή η θερμοκρασία αλλού θα αυξηθεί πολύ, αλλού λίγο, και αλλού δε θα αυξηθεί καν αλλά θα μειωθεί. Έτσι θα υπάρξει στους διάφορους τόπους της γης ανακατανομή τόσο των θερμοκρασιών όσο όμως με αυτόν τον τρόπο και των ποσοτήτων του νερού που θα εξατμίζονται. Αφού όμως θα αλλάξουν οι θερμοκρασίες στους διάφορους τόπους, θα αλλάξουν και τα συστήματα των ανέμων, αφού οι άνεμοι εξαρτώνται και από τις θερμοκρασίες που επικρατούν πάνω στη γη. Έτσι θα έχουμε επίδραση στο παγκόσμιο κλίμα και μετατόπιση των κλιματικών ζωνών. Δηλαδή στη χειρότερη περίπτωση οάσεις μπορεί να μεταβληθούν σε ερήμους και έρημοι σε οάσεις. Αυτό είχε και σαν αποτέλεσμα, ότι, όταν πρωτοέγιναν σκέψεις για την αντιμετώπιση του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου, ορισμένες χώρες δεν έδειχναν συνεργάσιμες, στην προσπάθεια να μειωθεί το ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου, επειδή υπολόγιζαν ότι μπορεί να ανήκουν σ' αυτές τις χώρες, που θα έβγαιναν κερδισμένες. Εδώ θα Σας αριθμήσω ορισμένα γεγονότα. Παρευρέθηκα σε ένα παγκόσμιο συνέδριο για το Κλίμα και άκουσα τα εξής:  
α) Ένας Ρώσος αντιπρόσωπος είπε: Αν αυξηθεί η θερμοκρασία κοντά στην επιφάνεια της γης, θα είναι καλό, αφού θα γίνει ευκολότερη η εξόρυξη ορυκτών στη Σιβηρία. β) Ένας Ινδός αντιπρόσωπος είπε (όταν άκουσε. Ότι μία όχι εύφορη περιοχή των Ινδιών θα γίνει οάση και ο σιτοβολώνας των ΗΠΑ οι Νέσω-Δυτικές περιοχές θα έχουν προβλήματα ξηρασίας): Καλό αυτό, διότι αντί να αγοράζουμε εμείς από αυτούς σιτάρι, θα αγοράζουν αυτοί από εμάς. Για την Πατρίδα μας οι προβλέψεις είναι ότι εκτός των άλλων θα υπάρξουν προβλήματα λειψυδρίας, γι ' αυτό, παρόλο ότι δεν είμαστε ακόμη στο Κεφάλαιο της προστασίας του νερού, πρέπει να Σας τονίσω και εδώ την ανάγκη να κάνουμε οικονομία στο νερό.
4. Συνέπεια του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου είναι, ότι θα υπάρξει αύξηση τόσο του αριθμού όσο και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων.

Από όσα είπαμε μέχρι τώρα, είναι φανερό, ότι πρέπει να καταβληθεί προσπάθεια μείωσης του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου, που έχει σα συνέπεια την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κοντά στην επιφάνεια της γης με τις αρνητικές συνέπειες που περιγράψαμε. Μείωση του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου σημαίνει όμως μείωση της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου. Από τα αέρια του θερμοκηπίου αυτό το αέριο που συνεισφέρει περισσότερο στο βλαβερό «ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου» είναι το διοξείδιο του άνθρακα. Αυτό βέβαια εξηγείται από τις πολύ μεγαλύτερες ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα (σε σχέση με τα άλλα αέρια του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου). Διότι βλέποντας τις GWP –τιμές του Πίνακα 13, Σελ. 52, θα μπορούσαμε να σκεφτούμε κάτι διαφορετικό. Τελικά μείωση του ανθρωπογενούς φαινομένου του θερμοκηπίου σημαίνει κυρίως μείωση του διοξειδίου του άνθρακα. Όπως όμως εξηγήσαμε περισσότερες φορές στις προηγούμενες Ενότητες, το διοξείδιο του άνθρακα δημιουργείται κυρίως κατά την καύση των καυσίμων, κατά την οποία καύση δημιουργείται η θερμότητα, δηλαδή η ενέργεια με την οποία ο άνθρωπος εξυπηρετεί τις διάφορες ανάγκες του. Μέχρι πρότινος όμως η παραγωγή ενέργειας ήταν ο δείκτης προόδου μίας χώρας. Και τώρα απότομα λένε οι



επιστήμονες, ότι πρέπει να μειώσουμε την παραγόμενη ενέργεια, ώστε να μειώσουμε το βλαβερό «ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου». Αντιλαμβάνεστε σίγουρα, ότι κάτι τέτοιο κάθε άλλο παρά αυτονόητο είναι! Αυτό όμως προϋποθέτει για τις δυσκολίες που είχε η διεθνής κοινότητα μέχρι να καταλήξει σε μέτρα ενάντια στο ανθρωπογενές φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Τις επιπτώσεις του «ανθρωπογενούς Φαινομένου του Θερμοκηπίου» τις είχε προβλέψει με αξιοθαύμαστη ακρίβεια ήδη το 1896 ο Σουηδός Φύσικο-Χημικός Arrénius . Δυστυχώς όμως ο συναγεμώτης, που σήμανε ο Arrénius, δεν έφτασε πέρα από τον επιστημονικό κόσμο. Μοχλός ενεργοποίησης της Πολιτικής ακόμη και σε προβλήματα επιστημονικού περιεχομένου δεν είναι συνήθως οι επιστήμονες, αλλά η κοινή γνώμη. Και η κοινή γνώμη πρέπει να «ταρακουνηθεί» για να αντιδράσει.

Έτσι τη δεκαετία του 1980 τα Μέσα Μαζικής Επικοινωνίας παγκοσμίως ξεκίνησαν διάφορες προσπάθειες με σκοπό να «ταρακουνηθούν», όπως είπαμε, την κοινή γνώμη. Αυτό το επέτυχαν, έστω και αν στην αρχή υπερέβαλλαν.

Ήταν ίσως το εβδομαδιαίο γερμανικό περιοδικό «DER SPIEGEL» («Ο ΚΑΘΡΕΦΤΗΣ») με μία συνήθη έκδοση περισσότερων εκατομμυρίων αντιτύπων, που έκανε την αρχή. Σε ένα τεύχος του, που αναφερόταν στις επιπτώσεις του φαινομένου του θερμοκηπίου, απεικόνιζε στο εξώφυλλό του την κορυφή του περίφημου καθεδρικού ναού της Κολωνίας (ύψους 157 μέτρων) να προεξέχει μόλις λίγο του νερού λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Κατατρομαγμένοι οι Γερμανοί άρχιζαν να εξετάζουν σε τι υψόμετρο βρίσκονται τα σπίτια τους για να σιγουρευτούν, αν κινδυνεύουν από το φαινόμενο του θερμοκηπίου! Η συνέχεια ήταν φυσιολογική. Η κοινή γνώμη επηρέασε τα κόμματα, τα κόμματα την Πολιτική και το 1987 ιδρύθηκε η «Enquête-Kommission» του Γερμανικού Κοινοβουλίου στην οποία συμμετείχαν Πολιτικοί και Επιστήμονες. Στην Επιτροπή αυτή εκλήθησαν και εξέθεσαν τη γνώμη τους, τόσο γύρω από το «Φαινόμενο του Θερμοκηπίου», όσο και την «Τρύπα του Όζοντος», όλοι οι επιστήμονες που είχαν παγκοσμίως όνομα και αξίωμα.

Το αποτέλεσμα της εργασίας της Enquête-Kommission είναι μια μακρά σειρά δημοσιεύσεων σπουδαιότερες των οποίων είναι οι 6 τόμοι «Προστασία της Γήινης Ατμόσφαιρας», «Προστασία των Τροπικών Δασών», «Προστασία της Γης, Τόμος I και II», «Η Κλιματική Αλλαγή απειλεί την Παγκόσμια Ανάπτυξη» και «Περισσότερο Μέλλον για τη Γη», που μόνο αυτοί οι 6 τόμοι έχουν συνολικά 5040 σελίδες. Έτσι από το διάλογο της Επιστήμης και της Πολιτικής, προήλθε η ενεργοποίηση της Γερμανικής Πολιτικής, που έπαιξε διεθνώς έναν πρωτοποριακό ρόλο.

Προς αποφυγήν παρεξηγήσεων μέχρι να αναφέρουμε τι προλέγουν οι επιστήμονες για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (λιγότερο από 50 εκατοστά του μέτρου μέχρι το 2100), μην αρχίσετε να ερευνάτε το υψόμετρο του σπιτιού σας.

ΥΓ. Εγώ τα Ελληνικά τα έμαθα τη δεκαετία του 1950, που επικρατούσε η ωραία καθαρεύουσα. Γυρίζοντας στην Πατρίδα μου βρήκα τη δημοτική. Έτσι προσπαθώ να προσαρμοστώ στη δημοτική, αλλά σας παρακαλώ μην ενοχλείστε, αν βλέπετε και λέξεις, όπως π.χ. **ενεργοποίησης** (που απολαμβάνω, όταν τη γράφω) δίπλα σε άλλες, όπως **ανάφερα**.