

**Ανώτατο Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Μεσολογίου**  
**Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας**  
**Τμήμα Θερμοκηπιακών Καλλιεργειών και Ανθοκομίας**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**ΘΕΜΑ: ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΚΑΙ**  
**ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ**  
**ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ**

**Εισηγητής: Καυγά Αγγελική**  
**Σπουδαστές: Φύκατας Ιωάννης (7176)**  
**Μιχαηλίδου Ιλόνα (9601)**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2011**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

## Εισαγωγή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου

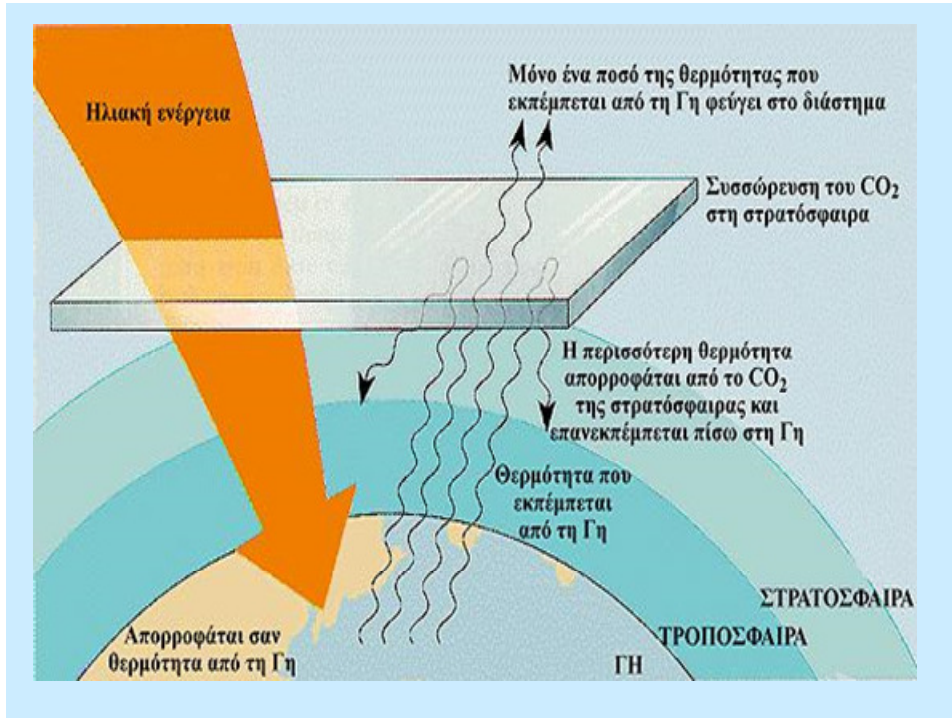
Το κλίμα παρουσίαζε, και θα παρουσιάζει πάντα, διακυμάνσεις που οφείλονται σε φυσικά αίτια. Πράγματι, η ενέργεια του ήλιου θερμαίνει την επιφάνεια της γης και, καθώς η θερμοκρασία αυξάνεται, η θερμότητα αντανακλάται στην ατμόσφαιρα ως ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας. Ένα μέρος της ενέργειας απορροφάται στην ατμόσφαιρα από τα «αέρια του θερμοκηπίου». Η ατμόσφαιρα λειτουργεί όπως τα τοιχώματα ενός θερμοκηπίου, αφήνοντας το ορατό ηλιακό φως να εισέλθει και απορροφώντας την εξερχόμενη ενέργεια υπεριώδους ακτινοβολίας, διατηρώντας ζεστό το εσωτερικό του. Αυτή η φυσική διαδικασία ονομάζεται "φαινόμενο του θερμοκηπίου". Χωρίς αυτό, η μέση θερμοκρασία στη γη θα ήταν  $-8^{\circ}\text{C}$ , ενώ αυτή τη στιγμή φθάνει τους  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Όμως, τα τελευταία 100 χρόνια, η μέση ατμοσφαιρική θερμοκρασία στην επιφάνεια του πλανήτη αυξήθηκε κατά  $0,74^{\circ}\text{C}$  παγκοσμίως και κατά σχεδόν  $1^{\circ}\text{C}$  στην Ευρώπη, γεγονός που συνιστά ασυνήθιστα ταχεία θέρμανση. Μάλιστα, ο 20ός αιώνας ήταν ο θερμότερος αιώνας και η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη δεκαετία των τελευταίων 1.000 ετών. Αυτή η τάση υπερθέρμανσης συνεχίζεται: τα έντεκα θερμότερα έτη έχουν καταγραφεί την τελευταία δωδεκαετία.

Οι **φυσικές αιτίες** της κλιματικής αλλαγής συμπεριλαμβάνουν τις ανεπαίσθητες μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, τις ηφαιστειακές εκρήξεις, οι οποίες μπορούν να καλύψουν τη γη με σκόνη που αντανακλά την ηλιακή θερμότητα στο διάστημα, καθώς και τις φυσικές αποκλίσεις του ίδιου του κλιματικού συστήματος. Όμως, οι φυσικές αιτίες μπορούν να εξηγήσουν μόνο ένα μικρό μέρος αυτής της θέρμανσης. Η συντριπτική πλειοψηφία των επιστημόνων συμφωνεί ότι οφείλεται στην αυξανόμενη συγκέντρωση αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα, τα οποία δεσμεύουν τη θερμότητα, και προέρχονται από ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι **ανθρωπογενείς δραστηριότητες** συντελούν στην αύξηση της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα αερίων του θερμοκηπίου, ιδιαίτερα διοξειδίου του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), μεθανίου και πρωτοξειδίου του αζώτου, τα οποία

ενισχύουν το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου και αυξάνουν τη θερμοκρασία.

## 1. 1. ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



Η γη δέχεται ηλιακή ακτινοβολία , που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 1366 W/τετρ. μέτρο στο όριο της ατμόσφαιρας , ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα . Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται , σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα , 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της γης .

Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται , κατά 16% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος ) , κατά 3% από τα νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό 51% από την επιφάνεια και τους ωκεανούς .

Ένα μέρος λοιπόν της ηλιακής ακτινοβολίας κατά την είσοδό της , περνά αναλλοίωτη στην ατμόσφαιρα , φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους και ακτινοβολείται προς τα πάνω με μεγαλύτερο μήκος κύματος . Ένα μέρος αυτής απορροφάται από την ατμόσφαιρα , την θερμαίνει και επανεκπέμπεται στην επιφάνεια του εδάφους . Το στρώμα των αερίων του θερμοκηπίου λοιπόν , επιτρέπει την διέλευση της ακτινοβολίας αλλά ταυτόχρονα την εγκλωβίζει , και έτσι μοιάζει με την λειτουργία ενός θερμοκηπίου και ο Γάλλος μαθηματικός Furrter το

ονόμασε το 1822 φαινόμενο του θερμοκηπίου . Το στρώμα αυτό βρίσκεται σε απόσταση 25 χιλιομέτρων από το έδαφος είναι αρκετά λεπτό και τα αέρια του είναι σε σχετικά σταθερή αναλογία .

Περίπου το 86% της κατακρατούμενης από την ατμόσφαιρα γήινης ακτινοβολίας ,οφείλεται στην παρουσία υδρατμών (H<sub>2</sub>O)& διοξειδίου του άνθρακα ( CO<sub>2</sub>)καθώς και νεφών .

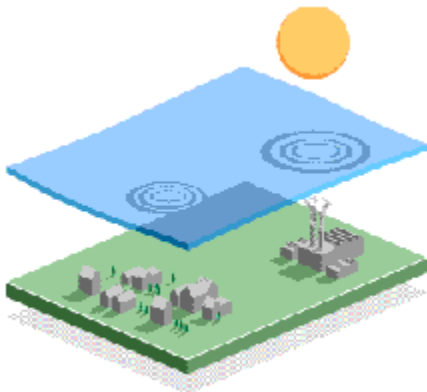
Οι υδρατμοί αποτελούν το πλέον ενεργό συστατικό , κατά ποσοστό 36-70%, το διοξείδιο του άνθρακα 9-26% ενώ μικρότερη συνεισφορά έχουν και τα αέρια μεθάνιο (CH<sub>4</sub>) 4-9% , υποξειδίου του αζώτου (N<sub>2</sub>O)και όζοντος (O<sub>3</sub>)περίπου 3-7%, αλλά και άλλα αέρια έχουν επιρροή στο φαινόμενο όπως τα φθοριούχα .

Το κλίμα της Γης διαμορφώνεται από μια συνεχή ροή ενέργειας από τον ήλιο .Η θερμική αυτή ενέργεια που προέρχεται από τις ακτίνες του ήλιου ,διέρχεται μέσα από την ατμόσφαιρα και θερμαίνει την επιφάνεια της Γης. Έτσι η γη έχει κατά μέσο όρο θερμοκρασία 15oC στην επιφάνεια του εδάφους. Με τον τρόπο αυτό οι άνθρωποι λαμβάνουμε θερμότητα από τον ήλιο , που είναι απαραίτητη για να επιβιώνουμε στην γη .

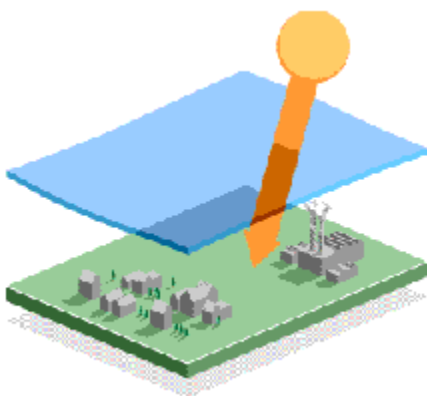
Λέγοντας σήμερα φαινόμενο του θερμοκηπίου δεν εννοούμε την φυσική διεργασία αλλά την έξαρση αυτής , λόγω της ρύπανσης της ατμόσφαιρας από ανθρωπογενείς δραστηριότητες

Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες είναι αυτές που αυξάνουν τις συγκεντρώσεις των θερμοκηπιακών αερίων και ιδιαίτερα του διοξειδίου του άνθρακα αλλά προκαλούν και την έκλυση νέων ιχνοστοιχείων . Αυτό έχει ως επακόλουθο την συγκράτηση μεγαλύτερης ποσότητας ακτινοβολίας και τελικά την αύξηση της θερμοκρασίας (υπολογίζεται ότι η μέση θερμοκρασία της γης τα επόμενα 100 χρόνια θα ανέβει από 1-4 oC . Ειδικότερα το διοξείδιο του άνθρακα αυξήθηκε κατά 31% κατά την περίοδο 1750-1998.Τα ¾ της ανθρωπογενούς παραγωγής CO<sub>2</sub> οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος , κυρίως μέσω της καταστροφής των δασών.

## 1. 1.α . Πως δημιουργείται το πρόβλημα με εικόνες

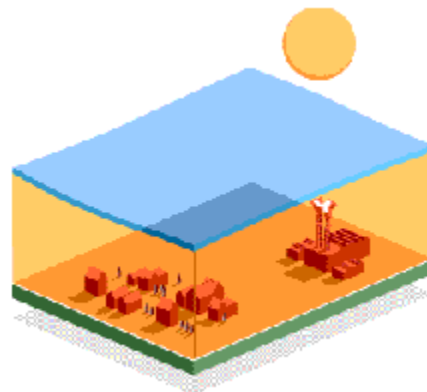


Οι υδρατμοί, το διοξείδιο του άνθρακα και μεθάνιο σχηματίζουν ένα φυσικό διαχωριστικό γύρω από τη Γη. Πάντως η καύση ορυκτών καυσίμων έχει οδηγήσει στην αύξηση του ποσού του CO<sub>2</sub> αλλά και άλλων αερίων όπως το μεθάνιο και οξείδια του αζώτου, που εκλύονται στην ατμόσφαιρα.



Η επιφάνεια της Γης θερμαίνεται από τον ήλιο. Καθώς θερμαίνετε, ανακλά πίσω προς την ατμόσφαιρα θερμότητα.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, η Γη να διατηρείται θερμή και να εμφανίζεται το φαινόμενο της ζωής. Αλλά οι αυξημένες ποσότητες των εκπομπών των αερίων, αλλάζουν την ισορροπία του σύνθετου αυτού συστήματος, προξενώντας την παγκόσμια άνοδο της θερμοκρασίας.



## **1.2. ΟΙ ΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ ΤΩΝ ΚΡΑΤΩΝ ΑΠΕΝΑΝΤΙ ΣΤΟ**

### **ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ**

Η Διεθνής Ομάδα για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), ένας οργανισμός του Ο.Η.Ε. που αποτελεί σημείο συνάντησης εκατοντάδων ειδικών επί του κλίματος από ολόκληρο τον κόσμο, προβλέπει ότι μέχρι το 2100 η μέση παγκόσμια θερμοκρασία είναι πολύ πιθανό να αυξηθεί περαιτέρω κατά 1,8°C έως 4°C -και στη χειρότερη περίπτωση έως 6,4°C- εκτός αν οι άνθρωποι αναλάβουν δράση για τον περιορισμό των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Η αλλαγή του κλίματος έχει ήδη εμφανή αποτελέσματα, που εκτείνονται από την αύξηση της θερμοκρασίας έως την άνοδο της στάθμης της θάλασσας σαν αποτέλεσμα της τήξης των πολικών παγετών, καθώς και τη συχνότερη εμφάνιση καταιγίδων και πλημμύρων. Εάν δεν αναλάβουμε δράση, η αλλαγή του κλίματος θα προκαλεί όλο και περισσότερο δαπανηρές ζημιές και θα διαταράσσει τη λειτουργία του φυσικού περιβάλλοντός μας, το οποίο μας παρέχει τροφή, πρώτες ύλες και άλλους ζωτικούς φυσικούς πόρους. Αυτό θα επιδράσει αρνητικά στις οικονομίες μας και θα μπορούσε να αποσταθεροποιήσει τις κοινωνίες σε ολόκληρο τον κόσμο.

#### **1.2.α Το Πρωτόκολλο του Κιότο**

Η γνωστή σε όλους Διεθνής Συνθήκη με το όνομα «Πρωτόκολλο του Κιότο» (1997), είναι και η μόνη συμφωνία παγκοσμίως, για τον περιορισμό του φαινομένου του θερμοκηπίου. Το πρωτόκολλο είναι ένα πρώτο βήμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής και αποτελεί τη βάση για το πώς πρέπει να πορευτεί η ανθρωπότητα, για το πώς πρέπει να δράσει σε τοπικό, σε εθνικό και διεθνές επίπεδο ενάντια στην αλλαγή του κλίματος και για τις προσεχείς δεκαετίες. Προκειμένου να αντιμετωπιστεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η αλλαγή του κλίματος, τα κράτη που υπογράφουν την συμφωνία δεσμεύονται με υποχρεωτικούς στόχους μείωσης των εκπομπών των Αερίων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου (ΑΦΘ) μέσω της υπογραφής ενός πρωτοκόλλου.

Το Πρωτόκολλο του Κιότο μπήκε σε εφαρμογή το 2005. Έχει επικυρωθεί συνολικά από 184 χώρες μέχρι σήμερα (1η Ιουνίου 2009). Δεν το έχουν υπογράψει ακόμα οι

Η.Π.Α., παρόλο που αποτελούν τον μεγαλύτερο ρυπαντή παγκοσμίως (εκπέμπουν το 1/4 των συνολικών εκπομπών CO<sub>2</sub> παγκοσμίως - 5,41 δις. τόνους CO<sub>2</sub>ετησίως). Στα κράτη που το υπογράφουν αντιστοιχούν εκπομπές στο 63,7% περίπου των συνολικών εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα.



*Έξοδος από τα έγκατα της γης. Κινέζος ανθρακωρύχος - διάλειμμα για ένα τσιγάρο.*

*Η Κίνα με τα τεράστια αποθέματα άνθρακα συγκαταλέγεται στις πλέον ρυπογόνες χώρες.  
Φωτ. REUTERS, 2008*

Το Πρωτόκολλο του Κιότο, ορίζει δεσμευτικούς στόχους για μειώσεις των αερίων του θερμοκηπίου. Οι χώρες δεσμεύονται να μειώσουν, στη διάρκεια της περιόδου 2008-2012, τις εκπομπές των έξι αερίων του θερμοκηπίου [το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>), το μεθάνιο (CH<sub>4</sub>), το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), και οι υδροφθοράνθρακες (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>)], τουλάχιστον κατά 5% σε σύγκριση με τα επίπεδα του 1990. Το πιο σημαντικό από αυτά είναι το διοξείδιο του άνθρακα το οποίο ευθύνεται για το 55% της έντασης του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ οι Χλωροφθοράνθρακες ευθύνονται για το 25%, το μεθάνιο για το 15% και το Οξείδιο του αζώτου για 5%. Το ποσοστό συμμετοχής του όζοντος δεν έχει ακόμη ποσοτικοποιηθεί. Κύριες πηγές παραγωγής του CO<sub>2</sub> είναι η καύση των ορυκτών

καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) για τη βιομηχανία, τις μεταφορές, τη θέρμανση, την παραγωγή ηλεκτρισμού και το μαγείρεμα.

Κάθε κράτος αναλαμβάνει διαφορετικό ποσοστό μείωσης εκπομπών στο πλαίσιο του γενικού στόχου. Για να επιτευχθεί ο γενικός στόχος δημιουργήθηκαν μια σειρά από «ευέλικτους μηχανισμούς», όπως το Σύστημα Εμπορίας Εκπομπών, ο Μηχανισμός Καθαρής Ανάπτυξης και η από κοινού Υλοποίηση. Ο κύριος μηχανισμός είναι το Εμπόριο Δικαιωμάτων Εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου και προβλέπει την εθνική υποχρέωση για μείωση των εκπομπών σύμφωνα με βάση ένα εθνικό ανώτατο όριο εκπομπών. Αν μια χώρα δεν εκπέμψει εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου που να φθάνουν το ανώτατο όριο εκπομπών που της αναλογεί, μπορεί να πουλήσει το αχρησιμοποίητο μέρος των εκπομπών της σε κάποια άλλη χώρα που έχει ξεπεράσει το δικό της επιτρεπτό ανώτατο όριο εκπομπών. Κάποιες χώρες συμφώνησαν να μειώσουν τις εκπομπές τους, άλλες να περιορίσουν την αύξησή τους και άλλες να τις κρατήσουν σταθερές σε σχέση με τις εκπομπές τους το 1990. Επίσης, κάθε χώρα μπορεί να αφαιρεί από το ποσοστό-στόχο της το CO<sub>2</sub> που απορροφάται από τις λεγόμενες «καταβόθρες CO<sub>2</sub>», όπως είναι τα δάση και η καλλιεργήσιμη γη.

Η τελευταία Παγκόσμια Διάσκεψη του ΟΗΕ για το Κλίμα πραγματοποιήθηκε το Δεκέμβριο του 2007 στο Μπαλί με τη συμμετοχή 187 χωρών, κατέληξε σε μία συμβιβαστική συμφωνία για τη διαδικασία διαβούλευσης, ώστε να συνταχθεί γενικά αποδεκτό κείμενο προτάσεως μείωσης των εκπομπών ΑΦΘ στην επόμενη δεκαετία. Το επόμενο ραντεβού έχει κλειστεί στην Κοπενχάγη στις 7 Δεκεμβρίου του 2009.

### **1.2.β Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα**

Το 2002, η Ευρωπαϊκή Ένωση των 15 επικύρωσε το Πρωτόκολλο του Κιότο και δεσμεύθηκε για συνολική μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου κατά 8% την περίοδο 2008 – 2012. Στο Ευρωπαϊκό Συμβούλιο του Μαρτίου 2007, υιοθετήθηκε μονομερώς ένα πιο προωθημένο και ολοκληρωμένο πρόγραμμα για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Το πρόγραμμα αυτό αποσκοπεί στο να μην υπερβεί η μέση αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη τους 2 °C μέχρι το



2100, σε σχέση με τα προβιομηχανικά επίπεδα (1850), καθώς πέραν των 2 °C, αυξάνονται σημαντικά οι πιθανότητες να σημειωθεί επικίνδυνη και απρόβλεπτη κλιματική μεταβολή. Ο στόχος του προγράμματος απαιτεί σημαντικές μειώσεις εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου και μετά το 2012, δηλαδή και μετά το πέρας της ισχύος του Πρωτοκόλλου του Κιότο, αρχικά από τα αναπτυγμένα κράτη και μακροπρόθεσμα από όλα τα κράτη παγκοσμίως.

Το πρόγραμμα της Ε.Ε. για την κλιματική αλλαγή περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων,

- \* την ενοποίηση των ενεργειακών και περιβαλλοντικών στόχων,
- \* την εξοικονόμηση ενέργειας κατά 20% μέχρι το 2020,
- \* τη μείωση μονομερώς των εκπομπών CO<sub>2</sub> από την ενέργεια κατά τουλάχιστον 20% μέχρι το 2020 σε σχέση με το 1990, και εφόσον άλλες χώρες εκτός Ε.Ε. αναλάβουν αντίστοιχες δεσμεύσεις μείωσης των εκπομπών τους, μέχρι και 30%,
- \* τον υποχρεωτικό στόχο 20% της ενέργειας από ΑΠΕ μέχρι το 2020,
- \* την υποχρεωτική χρήση 10% βιοκαυσίμων στα καύσιμα για μεταφορές μέχρι το 2020.

Ο διακανονισμός των επιμέρους υποχρεώσεων, και ο συγκεκριμένος στόχος κάθε χώρας καθορίζεται εσωτερικά με απόφαση καταμερισμού.

Το ευρωπαϊκό σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (ETS)», είναι ένα «σύστημα ανώτατου ορίου και εμπορίας» που σημαίνει ότι τα δικαιώματα κατανέμονται στις επιχειρήσεις από τις εθνικές κυβερνήσεις και ότι τα εθνικά σχέδια υπόκεινται στην έγκριση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής. Με το σύστημα αναπτύσσεται μια αγορά δικαιωμάτων εκπομπών άνθρακα και οι επιχειρήσεις μπορούν να πωλούν δικαιώματα, εάν μειώσουν τις εκπομπές τους, ή να τα αγοράζουν, εάν τα δικαιώματά τους δεν επαρκούν για την κάλυψη των εκπομπών τους. Το σύστημα αυτό καλύπτει περίπου 10 000 βιομηχανικές μονάδες σε ολόκληρη την Ε.Ε., που περιλαμβάνουν εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, διυλιστήρια πετρελαίου και χαλυβουργεία και παράγουν σχεδόν τις μισές εκπομπές CO<sub>2</sub> στην Ε.Ε.

Η σχέση κλιματικής αλλαγής και ενεργειακής πολιτικής έγινε εντονότερη μιας και οι εγκαταστάσεις έντασης ενέργειας εκπέμπουν το μισό της ρύπανσης στην Ευρώπη. Η ενεργειακή πολιτική της Ευρωπαϊκής Ένωσης, στο παρελθόν απέβλεπε

στη παραγωγή ενέργειας, με ελαχιστοποίηση της εξάρτησης, κυρίως από τα ορυκτά καύσιμα με τα νεότερα μέτρα ενσωματώνεται και η αντιμετώπιση των επηρεαζόμενων κλιματικών αλλαγών. Η εκμετάλλευση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας μαζί με την εξοικονόμηση ενέργειας αποτελούν το κυριότερο μέσο για την επίτευξη του διττού στόχου της μείωσης των εκπομπών και της ενίσχυσης της ενεργειακής ασφάλειας. Σήμερα το μερίδιο της ανανεώσιμης ενέργειας στην τελική κατανάλωση ενέργειας στην Ε.Ε. είναι 8,5% και ο στόχος είναι να αυξηθεί στο 20%. Σε συνδυασμό, πρέπει να εξοικονομηθεί το 20% της κατανάλωσης ενέργειας έως το 2020 με την ενεργειακή αποδοτικότητα.

### **1.2.γ Η Ελλάδα**

Η Ελλάδα είναι πλήρως συμβαλλόμενο μέρος της Σύμβασης για τις κλιματικές αλλαγές και έχει κυρώσει το Πρωτόκολλο με το νόμο (Ν. 3017/2002). Στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο, η Ελλάδα δεσμεύτηκε για τον περιορισμό της αύξησης των εκπομπών ΑΦΘ κατά την περίοδο 2008 - 2012 στο +25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης (εκπομπές 1990 για CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> και N<sub>2</sub>O - εκπομπές 1995 για HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>), και κύρωσε το Πρωτόκολλο το 2002 με το νόμο 3017/2002.

Το 2002 η Κυβέρνηση διαμόρφωσε το β' Εθνικό Πρόγραμμα για την Κλιματική Αλλαγή (2000-2010) για την επίτευξη του στόχου περιορισμού των εκπομπών των 6 ΑΦΘ (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>) στο πλαίσιο του Πρωτοκόλλου του Κιότο (+25% σε σχέση με τις εκπομπές βάσης). Το β' Εθνικό Πρόγραμμα εγκρίθηκε με την Πράξη Υπουργικού Συμβουλίου υπ. αρ. 5/27-2-2003.

Τον Δεκέμβριο του 2006, το ΥΠΕΧΩΔΕ παρουσίασε ένα Αναθεωρημένο Σχέδιο Μείωσης των Εκπομπών, το οποίο περιλάμβανε εκτιμήσεις της απόδοσης των πολιτικών και μέτρων που περιλαμβάνονται στο β' Εθνικό Σχέδιο μείωσης εκπομπών συν μερικά νέα προτεινόμενα μέτρα. Το μέσο ετήσιο συνολικό δυναμικό μείωσης των εκπομπών ΑΦΘ για την περίοδο 2008-2012 από την εφαρμογή πρόσθετων πολιτικών και μέτρων ανέρχεται σε 14,0 Mt CO<sub>2</sub> eq, εκ των οποίων πάνω από το 50% προέρχεται από την εφαρμογή του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπών (7,4 Mt CO<sub>2</sub>).

Με το 2ο αναθεωρημένο Εθνικό Σχέδιο απαιτείται από 150 επιχειρήσεις -που συμμετέχουν κατά 54% στην εκπομπή αερίων θερμοκηπίου- να μειώσουν κατά 8,9% τις εκπομπές τους κατά την περίοδο 2008-2012. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή, με απόφασή της, ζητά επιπλέον μείωση των συνολικών εκπομπών των επιχειρήσεων αυτών, όπως ζητά και από τα άλλα Κράτη – Μέλη.

**Οι πρώτες εκτιμήσεις (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) δείχνουν ότι αν συνεχιστεί ο σημερινός ρυθμός αύξησης των εκπομπών, η χώρα μας δεν πρόκειται να εκπληρώσει τις υποχρεώσεις της απέναντι στο Πρωτόκολλο του Κιότο, δίχως την αγορά δικαιωμάτων από άλλη χώρα.**

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

## 2. ΤΑ ΑΕΡΙΑ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Σύμφωνα με το **Πρωτόκολλο του Kyoto**, μιας διεθνούς συμφωνίας υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών (Kyoto, 1997), 160 κράτη τα οποία παράγουν περίπου το 60% των εκπεμπόμενων αερίων θερμοκηπίου, συμφώνησαν να λάβουν μέτρα με τα οποία μέχρι τα έτη 2008-2012 θα έχουν σταθεροποιήσει τις εκπομπές όλων των κύριων "αερίων του θερμοκηπίου" στα επίπεδα του 1990. Το πρωτόκολλο του Kyoto προβλέπει τη δυνατότητα αγοροπωλησίας άδειας εκπομπών μεταξύ των χωρών. Δηλαδή, εάν μια χώρα έχει περιθώρια περαιτέρω αύξησης των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου αλλά δεν προτίθεται να τα αξιοποιήσει, μπορεί τα περιθώρια αυτά να τα "πωλήσει" σε χώρες που δεν έχουν άλλα περιθώρια αύξησης των εκπομπών

Τα αέρια (και ομάδες αερίων) θερμοκηπίου, σύμφωνα με το Πρωτόκολλο του Kyoto είναι τα ακόλουθα:

- 1. Διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>** . Ανθρωπογενείς πηγές: Καύσεις άνθρακα και υδρογονανθράκων.
- 2. Μεθάνιο CH<sub>4</sub>** Ανθρωπογενείς πηγές: Ανθρακωρυχεία, διαρροές κατά τη διανομή φυσικού αερίου, χωματερές (βιοαέριο).
- 3. Υποξείδιο του αζώτου NO<sub>x</sub>** Ανθρωπογενείς πηγές: Νιτρικά λιπάσματα (παρέχουν N<sub>2</sub>O υπό την επίδραση βακτηριδίων ), αλλά και από τα οξείδια αζώτου που παράγονται κατά την καύση βενζίνης.
- 4 . Υδροφθοράνθρακες .HFCs** Ανθρωπογενείς πηγές: Διαρροές ψυκτικών αερίων ψυγείων και κλιματιστικών (αντικαθιστούν πλέον τους απαγορευμένους χλωριοφθοράνθρακες).
- 5. Υπερφθοράνθρακες PFCs** Ανθρωπογενείς πηγές: Ανεπιθύμητα παραπροϊόντα κατά την παραγωγή Al και από βιομηχανίες ημιαγωγών.

**6. Εξαφθοριούχο θείο SF6** Ανθρωπογενείς πηγές: Διαρροές υποσταθμών διανομής ηλεκτρικού ρεύματος και από μεταλλουργίες Mg και Al.

Οι **χλωροφθοράνθρακες (CFCs)** είναι αέρια που συμβάλλουν σημαντικά στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, ωστόσο τυπικά δεν υπάγονται στα αέρια θερμοκηπίου που ελέγχει το Πρωτόκολλο του Κyoto, δεδομένου ότι η παραγωγή τους έχει ήδη απαγορευθεί εξαιτίας της καταστρεπτικής τους δράσης στη στιβάδα του όζοντος.

**Αποτύπωμα Άνθρακα (Carbon Footprint)** αποτελεί το σύνολο των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου που εκλύονται άμεσα και έμμεσα από τις δραστηριότητες ενός ατόμου, μίας επιχείρησης ή ενός οργανισμού, αλλά και από τη διαδικασία παραγωγής ενός προϊόντος ή από τη διαδικασία παροχής μιας υπηρεσίας. Πρόκειται για ένα μέγεθος που υπολογίζεται λαμβάνοντας υπόψη ένα πλήθος παραγόντων. Το αποτέλεσμα ενός τέτοιου υπολογισμού εκφράζεται σε γραμμάρια, κιλά ή τόνους ισοδύναμου διοξειδίου του άνθρακα [CO<sub>2</sub>e].

Το ισοδύναμο διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>e) υπολογίζεται πολλαπλασιάζοντας τις εκπομπές καθενός από τα αέρια του θερμοκηπίου με το δείκτη Παγκόσμιας Θέρμανσης (GWP) .

**Δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη:**Είναι ένας δείκτης που περιγράφει χαρακτηριστικά ακτινοβολία καλά αναμεμιγμένων αερίων θερμοκηπίου και αντιπροσωπεύει το συνδυασμένο αποτέλεσμα των διαφορετικών χρόνων που τα αέρια αυτά παραμένουν στην ατμόσφαιρα και την σχετική τους αποτελεσματικότητα να απορροφούν εξερχόμενη υπέρυθη ακτινοβολία . Ο δείκτης αυτός προσεγγίζει το αποτέλεσμα θέρμανσης ολοκληρωμένο μέσα στον χρόνο , μιας μοναδιαίας μάζας ενός αερίου του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σήμερα, σε σχέση με εκείνο του CO<sub>2</sub>.

Με απλά και κατανοητά λόγια με τον όρο δυναμικό υπερθέρμανσης του πλανήτη εννοούμε έναν δείκτη που μας δείχνει πόσες φορές ισχυρότερο είναι ένα μόριο μιας ουσίας από τα αέρια του θερμοκηπίου πχ μεθάνιο , σε σχέση με ένα μόριο CO<sub>2</sub> του πιο γνωστού δηλαδή αερίου του θερμοκηπίου.

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζεται η σχετική δραστηριότητα (σε σχέση με το CO<sub>2</sub>) διάφορων αερίων, όπου φαίνεται η ιδιαίτερα μεγάλη συνεισφορά του SF<sub>6</sub> στο δυναμικό θέρμανσης του πλανήτη (Global Warming Potential, GWP).

**Δυναμικότητα Παγκόσμιας Θέρμανσης διαφόρων αερίων (σε σχέση με το CO<sub>2</sub>)**

Χημικός τύπος	Χρόνος ζωής (έτη)	Δυναμικό Θέρμανσης του Πλανήτη (GWP)* (Χρονικός ορίζοντας)		
		20 έτη	100 έτη	500 έτη
CO <sub>2</sub>	μεταβλητός **	1	1	1
CH <sub>4</sub>	12±3	56	21	6,5
N <sub>2</sub> O	120	280	310	170
CHF <sub>3</sub>	264	9100	11700	9800
CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5,6	2100	650	200
CH <sub>3</sub> F	3,7	490	150	45
C <sub>5</sub> H <sub>2</sub> F <sub>10</sub>	17,1	3000	1300	400
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> F	32,6	4600	2800	920
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	10,6	2900	1000	310
CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	14,6	3400	1300	420
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> F <sub>2</sub>	1,5	460	140	42
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	3,8	1000	300	94
C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	48,3	5000	3800	1400
C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> F	36,5	4300	2900	950
C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	209	5100	6300	4700
C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	6,6	1800	560	170
<b>SF<sub>6</sub></b>	<b>3200</b>	<b>16300</b>	<b>23900</b>	<b>34900</b>
CF <sub>4</sub>	50000	4400	6500	10000
C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10000	6200	9200	14000
C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	2600	4800	7000	10100
C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	2600	4800	7000	10100
κυκλο-C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	3200	6000	8700	12700
C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	4100	5100	7500	11000
C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	3200	5000	7400	10700

\* Το GWP μεθανίου περιλαμβάνει και την έμμεση δράση του επί της παραγωγής όζοντος στην τροπόσφαιρα και ατμών ύδατος στη στρατόσφαιρα.

\*\* Με βάση το μοντέλο του κύκλου άνθρακα του Bern.

Μαθηματικά ο δείκτης GWP ενός αερίου αποδίδεται από την εξίσωση:

$$GWP(x) = \frac{\int_0^{TH} a_x \cdot [x(t)] dt}{\int_0^{TH} a_r \cdot [r(t)] dt}$$

όπου: TH ο **χρονικός ορίζοντας** (time horizon) για τον οποίο εξετάζεται η τιμή GPW,  $a_x$  είναι η απόδοση ακτινοβολίας της μονάδας παρουσίας της ουσίας x στη ατμόσφαιρα (π.χ. σε  $W m^{-2} kg^{-1}$ ) και  $[x(t)]$  είναι η συνάρτηση που παρέχει τη μεταβολή της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας στην ουσία x.  $a_r$  και  $[r(t)]$  είναι οι αντίστοιχες παραστάσεις για την ουσία αναφοράς, που είναι το CO<sub>2</sub>. Αν δεν αναφέρεται διαφορετικά, ως χρονικός ορίζοντας θεωρούνται τα 100 έτη.

Δυστυχώς αποδείχθηκε ότι το κατά τα άλλα πολύτιμο αέριο SF<sub>6</sub> έχει τη μεγαλύτερη δυναμικότητα συμβολής στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σύμφωνα με έρευνες, το SF<sub>6</sub> είναι 22.200 φορές πιο δραστικό από το CO<sub>2</sub>, δηλαδή 1 kg SF<sub>6</sub> συμβάλει στο φαινόμενο του θερμοκηπίου όσο 22 τόνοι CO<sub>2</sub> ή όσο η καύση 6 τόνων άνθρακα .

## 2.1 CO<sub>2</sub> ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το διοξείδιο του άνθρακα (χημικός τύπος: CO<sub>2</sub>) είναι χημική ένωση που αποτελείται από δύο άτομα οξυγόνου ενωμένα με ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο άνθρακα. Είναι γραμμικό μόριο χωρίς διπολική ροπή. Περιέχει 27.3 % w/w άνθρακα και 72.7 % w/w οξυγόνο. Μπορεί να αποδοθεί με το συντακτικό τύπο : O=C=O. Είναι αέριο συστατικό της γήινης ατμόσφαιρας , άχρωμο, άοσμο και άγευστο σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας και επίσης είναι ένα από τα αέρια του Θερμοκηπίου.

Είναι ίσως το πιο σημαντικό από τα αέρια που διατηρούν ζεστή την ατμόσφαιρά μας. Τέσσερα δισεκατομμύρια χρόνια πριν η συγκέντρωσή του στην ατμόσφαιρα ήταν πολύ υψηλότερη από σήμερα (80% σε σχέση με την συγκέντρωση του σήμερα που είναι 0,03%). Όμως μέσω της φωτοσύνθεσης το ποσοστό της συγκέντρωσής του στην ατμόσφαιρα κατά την διάρκεια του χρόνου ελαττώθηκε κατά πολύ. Όλη αυτή η ποσότητα του διοξειδίου που εγκλωβίστηκε μέσα σε οργανισμούς , που στην συνέχεια σχημάτισαν ορυκτά , όπως οι γαιάνθρακες και το πετρέλαιο , στο στερεό φλοιό της γης. Αποτελεί υποπροϊόν όλων των καύσεων ορυκτών καυσίμων (κάρβουνου, πετρελαίου, βενζίνης, φυσικού αερίου κλπ.), αλλά και του ξύλου, πλαστικών κ.ά. οργανικών ενώσεων. Παράγεται ακόμα από την αποσύνθεση οργανικών ουσιών. Μεγάλες ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα εκπέμπονται επίσης από τα ηφαίστεια\* και από τις θερμές πηγές αλλά και από τη διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων.

Ενωμένο, με τη μορφή ανθρακικών αλάτων βρίσκεται σε μεγάλες ποσότητες στο στερεό φλοιό της γης. Τα κυριότερα ανθρακικά ορυκτά είναι οι διάφορες ποικιλίες του CaCO<sub>3</sub> (ασβεστόλιθοι, ασβεστίτης, μάρμαρο κ.ά.), ο μαγνησίτης MgCO<sub>3</sub>, ο σιδηρίτης FeCO<sub>3</sub>, ο δολομίτης CaCO<sub>3</sub>.MgCO<sub>3</sub> κ.ά. Παράγεται επίσης κατά την αναπνοή όλων των φυτών και των ζώων και από τους μύκητες και μικροοργανισμούς που εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τα φυτά για την τροφή τους.

(\*) Σύμφωνα με εκτιμήσεις του Γεωλογικού Ινστιτούτου των ΗΠΑ τα ηφαίστεια παράγουν σε παγκόσμιο επίπεδο 200 εκατομ. τόνους διοξειδίου του άνθρακα ετησίως.

Κατά την διάρκεια του φυσικού κύκλου του διοξειδίου του άνθρακα , η ποσότητα του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα διατηρείται σε ισορροπία . Μέσω της αναπνοής και της αποσύνθεσης των φυτών αλλά και των ηφαιστειακών εκρήξεων απελευθερώνεται



φυσικό CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα , όπου παραμένει για 100 περίπου χρόνια . Απομακρύνεται πάλι από την ατμόσφαιρα , μέσω της φωτοσύνθεσης των φυτών και μέσω της διάλυσης του στο νερό (για παράδειγμα στους ωκεανούς ) .

Η ποσότητα του φυσικά παραγόμενου CO<sub>2</sub> εξισορροπείται σχεδόν απόλυτα από την ποσότητα που αφαιρείται με φυσικό τρόπο .Οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες , όμως έχουν επίδραση σε αυτό το ισοζύγιο , και είναι αυτές που σε μεγάλο βαθμό ευθύνονται για την υπερθέρμανση του πλανήτη και τις κλιματικές αλλαγές .

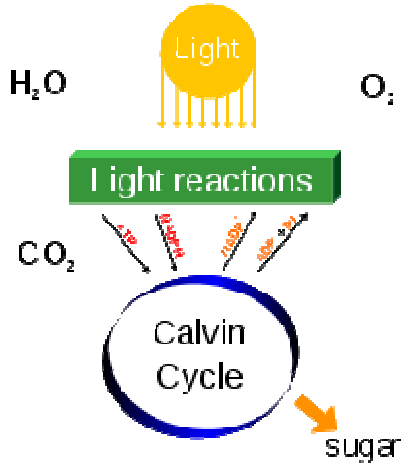
Η καταστροφή των δασών είτε από πυρκαγιές είτε από παράνομη υλοτόμηση έχει μεγάλες αρνητικές συνέπειες στην απορρόφηση του CO<sub>2</sub> . Το 97% των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τις βιομηχανικές χώρες προέρχεται από την καύση (με σκοπό την παραγωγή ενέργειας ) άνθρακα πετρελαίου και φυσικού αερίου . Παγκόσμια η παραγωγή ηλεκτρισμού ευθύνεται για το 37% των εκπομπών CO<sub>2</sub> ενώ η Ελλάδα για το 43%των αντίστοιχων εκπομπών .Το διοξείδιο του άνθρακα σήμερα ευθύνεται κατά ποσοστό 83% για το φαινόμενο του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες .

### **Βιολογικός ρόλος του CO<sub>2</sub>**

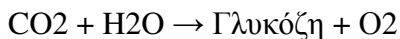
Το διοξείδιο του άνθρακα είναι τελικό προϊόν του μεταβολισμού των οργανισμών που παίρνουν την ενέργειά τους από τη διάσπαση με οξυγόνο των σακχάρων, των λιπών και των αμινοξέων με μια διαδικασία που είναι γνωστή ως κυτταρική αναπνοή. Στους οργανισμούς αυτούς περιλαμβάνονται όλα τα φυτά και τα ζώα, πολλοί μύκητες και ορισμένα βακτήρια. Στους ανώτερους οργανισμούς, το διοξείδιο του άνθρακα μεταφέρεται με το αίμα από τους ιστούς του σώματος στους πνεύμονες, από όπου και εκπνέεται.

## Ο ρόλος του CO<sub>2</sub> στη φωτοσύνθεση και στις φυτικές λειτουργίες

Κύριο άρθρο: Φωτοσύνθεση



Φωτοσύνθεση



Φωτοσύνθεση είναι η διαδικασία κατά την οποία τα φυτά που περιέχουν χλωροφύλλη, με τη βοήθεια του φωτός και με αρχικά αντιδρώντα το νερό και το CO<sub>2</sub>, μετατρέπουν ανόργανες ουσίες σε τροφή. Πρόκειται για μια φυσιολογική λειτουργία με την οποία τα πράσινα φυτά προμηθεύονται τον άνθρακα και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητα για τη θρέψη τους. Η φωτοσύνθεση είναι μια εξώθερμη διαδικασία, η συνολική χημική αντίδραση της οποίας είναι:  $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 + 2817 \text{ KJ}$ .

Ο μηχανισμός της φωτοσύνθεσης σε γενικές γραμμές είναι ο ακόλουθος: το νερό διαλύει και μεταφέρει το διοξείδιο του άνθρακα μέχρι τα κύτταρα και τους χλωροπλάστες των φύλλων. Εκεί με την ενέργεια του φωτός που απορροφά η χλωροφύλλη, διασπάται το νερό στα στοιχεία του. Το οξυγόνο απελευθερώνεται, ενώ το ατομικό υδρογόνο δεσμεύεται από διάφορα ένζυμα. Έπειτα το υδρογόνο συμμετέχει στις αντιδράσεις με το διοξείδιο του άνθρακα:  $\text{CO}_2 + \text{H} \rightarrow (\text{CH}_2\text{O})_x$ . Στο δεύτερο στάδιο αντιδράσεων δε χρειάζεται ηλιακή ενέργεια, γι' αυτό οι αντιδράσεις αυτές ονομάζονται "σκοτεινές". Με λίγα λόγια, οι χλωροπλάστες, με την βοήθεια του φωτός και του CO<sub>2</sub>, παράγουν οξυγόνο και ενέργεια απορροφώντας CO<sub>2</sub> κατά την φωτοπερίοδο η οποία δεν θα πρέπει να ξεπερνά τις 12 ώρες ημερησίως. Τις υπόλοιπες ώρες απορροφούν οξυγόνο και παράγουν CO<sub>2</sub>.

Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτά μπορούν να αναπτυχθούν μέχρι και 50% ταχύτερα σε συγκεντρώσεις 1000 ppm CO<sub>2</sub>. Ορισμένοι επιστήμονες πιστεύουν ότι αν αυξηθεί η συγκέντρωση CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα, αυτό θα οδηγήσει σε ταχύτερη ανάπτυξη των φυτών και, επομένως, σε αύξηση της παραγωγής τροφίμων. Μελέτες όμως έχουν δείξει ότι η αύξηση των εκπομπών CO<sub>2</sub> οδηγεί σε μείωση της χρήσης του νερού από τα φυτά και σε ελάττωση της συγκέντρωσης των ιχνοστοιχείων σ' αυτά. Αυτό μπορεί να έχει αλυσιδωτές συνέπειες σε άλλους οργανισμούς των οικοσυστημάτων, όπως τα φυτοφάγα ζώα τα οποία θα πρέπει να τρώνε περισσότερο για να αποκτήσουν την ίδια ποσότητα πρωτεϊνών.

Τα φυτά εκπέμπουν CO<sub>2</sub> κατά τη διαδικασία της αναπνοής. Αν και τα δάση θα μπορούσαν να απορροφήσουν πολλούς τόνους CO<sub>2</sub> κάθε χρόνο, μελέτες αναφέρουν ότι ένα ώριμο δάσος παράγει τόσο πολύ CO<sub>2</sub> κατά την αναπνοή και την αποσύνθεση των νεκρών δένδρων, όσο α χρησιμοποιείται στην βιοσύνθεση και στην καλλιέργεια των φυτών.

### **2.1.1. Χρήσεις**

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται από τη βιομηχανία τροφίμων, τη βιομηχανία πετρελαίου, και τη χημική βιομηχανία. Βρίσκει εφαρμογές σε πολλά καταναλωτικά προϊόντα που απαιτούν πεπιεσμένο αέριο γιατί είναι φθηνό και άφλεκτο, και λόγω του ότι μεταβαίνει από την αέρια φάση στην υγρή σε θερμοκρασία δωματίου και σε χαμηλή, σχετικά, πίεση. Τα σωσίβια γιλέκα συχνά περιέχουν CO<sub>2</sub> υπό πίεση. Πωλούνται επίσης μικρές κάψουλες από αλουμίνιο με συμπιεσμένο CO<sub>2</sub> για αεροβόλα όπλα, για φούσκωμα των ελαστικών των ποδηλάτων και για την παρασκευή αναβραζόντων δισκίων φαρμάκων. Η ταχεία εξάτμιση του υγρού διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιείται για ανατινάξεις σε ορυχεία άνθρακα. Οι υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την εξολόθρευση επιβλαβών εντόμων όπως είναι ο σκόρος των ρούχων.

### **Ποτά**

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται για την παραγωγή αεριούχων ποτών και σόδας. Η περιεκτικότητα των ανθρακούχων ποτών σε CO<sub>2</sub> οφείλεται σε φυσικούς λόγους (ζύμωση), μπορεί όμως να διοχετευθεί ανθρακικό και με τεχνητούς τρόπους. Σύμφωνα με έρευνες του 2009 από το Πανεπιστήμιο της Καλιφόρνια στο

Σαν Ντιέγκο και ερευνητών των αμερικανικών Εθνικών Ινστιτούτων Υγείας, τα μόρια διοξειδίου του άνθρακα ενεργοποιούν ένα ένζυμο που υπάρχει στους υποδοχείς της γλώσσας για την γεύση του ξινού, της καρβονική ανυδράση 4, παράγοντας την αίσθηση της αντίστοιχης γεύσης. Επίσης τα μόρια του ενεργοποιούν τους υποδοχείς αφής στο στόμα, αφήνοντας μια χαρακτηριστική αίσθηση.

## **Τρόφιμα**

Μια καραμέλα που ονομάζεται Pop Rocks συμπιέζεται με διοξείδιο του άνθρακα περίπου στα 40 bar. Όταν η καραμέλα μπαίνει στο στόμα, διαλύεται και απελευθερώνει φυσαλίδες αερίου. Η μαγιά της αρτοποιίας παράγει διοξείδιο του άνθρακα από τη ζύμωση των σακχάρων στο εσωτερικό της ζύμης, ενώ άλλα προϊόντα, όπως το baking powder και η μαγειρική σόδα, απελευθερώνουν διοξείδιο του άνθρακα όταν θερμαίνονται ή όταν εκτεθούν σε οξέα.

## **Πυροπροστασία**

Το διοξείδιο του άνθρακα επειδή είναι άφλεκτο χρησιμοποιείται υπό πίεση σε ορισμένους πυροσβεστήρες που είναι σχεδιασμένοι για κατάσβεση πυρκαγιών που οφείλονται σε ηλεκτρικά βραχυκυκλώματα. Επίσης ειδικοί πυροσβεστήρες με CO<sub>2</sub> χρησιμοποιούνται και για την πυροπροστασία πλοίων και μηχανοστασίων. Όμως τα συστήματα πυρασφάλειας που βασίζονται στο διοξείδιο του άνθρακα έχουν συνδεθεί και με πολλούς θανάτους.

## **Υδραυλικά συστήματα**

Το CO<sub>2</sub> είναι ένα από τα πιο συνηθισμένα αέρια που χρησιμοποιούνται κυρίως σε φορητά υδροπνευματικά συστήματα αλλά και σε ρομποτικά συστήματα που χρησιμοποιούν υδραυλικά συστήματα.

## **Συγκολλήσεις**

Το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία αδρανούς ατμόσφαιρας μέσα στην οποία γίνονται συγκολλήσεις, αν και στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται οξειδώνει τα περισσότερα μέταλλα. Η χρήση του στην αυτοκινητοβιομηχανία είναι πολύ συνηθισμένη επειδή είναι πιο φθηνό από το αέριο αργό ή το ήλιο. Πάντως, οι συγκολλήσεις που γίνονται μέσα σε ατμόσφαιρα

CO<sub>2</sub> είναι πιο εύθραυστες από αυτές που πραγματοποιούνται σε πιο αδρανή ατμόσφαιρα, και με το πέρασμα του χρόνου εξασθενούν λόγω σχηματισμού ανθρακικού οξέος.

### **Απομάκρυνση καφεΐνης**

Το υγρό διοξείδιο του άνθρακα είναι καλός διαλύτης για πολλές λιπόφιλες οργανικές ενώσεις, και χρησιμοποιείται για την αφαίρεση καφεΐνης από τον καφέ : Αρχικά οι πράσινοι κόκκοι καφέ εμποτίζονται με νερό και τοποθετούνται στην κορυφή στήλης ύψους 21 m. Στη συνέχεια, υπερκρίσιμο διοξείδιο του άνθρακα σε υγρή μορφή (περίπου 93 °C) διοχετεύεται από το κάτω μέρος της στήλης με αποτέλεσμα η καφεΐνη να διαχέεται από τους κόκκους μέσα στο διοξείδιο του άνθρακα.

### **Φαρμακευτικές και άλλες χημικές διεργασίες**

Το διοξείδιο του άνθρακα έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται στις φαρμακοβιομηχανίες ως λιγότερο τοξική εναλλακτική λύση στη θέση παραδοσιακών διαλυτών όπως είναι το χλωροφόρμιο (CHCl<sub>3</sub>) ή άλλες οργανοχλωριωμένες ενώσεις. Επίσης, για τους ίδιους λόγους, χρησιμοποιείται στο ξηρό καθάρισμα των ρούχων στα στεγνοκαθαριστήρια. Στη χημική βιομηχανία, το CO<sub>2</sub> χρησιμοποιείται για την παραγωγή ουρίας ανθρακικών και όξινων ανθρακικών αλάτων και σαλικυλικού νατρίου.

### **Γεωργικές, βιολογικές και ιατρικές εφαρμογές**

Τα φυτά χρειάζονται το CO<sub>2</sub> για τη φωτοσύνθεση . Λόγω της μικρής ατμοσφαιρικής του συγκέντρωσης, το CO<sub>2</sub> είναι πρακτικά ο περιοριστικός παράγοντας της ζωής στη Γη, σε σύγκριση με άλλα δύο εξίσου σημαντικά συστατικά το νερό και το ηλιακό φως. Ενώ τα μη καλλιεργήσιμα ("άγρια") φυτά είναι προσαρμοσμένα στο γεγονός αυτό, μεγάλες εγκαταστάσεις - θερμοκήπια μπορούν να εμπλουτίσουν την ατμόσφαιρα με περίσσεια CO<sub>2</sub> για τη διατήρηση της καλλιεργήσιμης χλωρίδας. Ο εμπλουτισμός με CO<sub>2</sub> δεν πρέπει όμως να είναι υπερβολικός για να μην δηλητηριαστούν τα φυτά. Σε πολύ υψηλές συγκεντρώσεις, το διοξείδιο του άνθρακα μπορεί να είναι τοξικό για τα ζώα. Έτσι η αύξηση της συγκέντρωσης κατά 1% και άνω για αρκετές ώρες, μπορεί να εξαλείψει βλαβερά ζώφια, αράχνες και ακάρεα στο θερμοκήπιο.

Μελετάται επίσης η διοχέτευση του διοξειδίου του άνθρακα, που προέρχεται από

την ηλεκτροπαραγωγή, σε ταμειυτήρες για την ανάπτυξη φυκιών που θα μπορούσαν στη συνέχεια να μετατραπούν σε καύσιμο βιοντίζελ. Χρησιμοποιείται επίσης ως η κύρια πηγή άνθρακα για τα φύκια σπιρουλίνα.

Στην ιατρική, το CO<sub>2</sub> προστίθεται στο καθαρό οξυγόνο μέχρι ποσοστού 5% για την τόνωση της αναπνοής μετά από επεισόδια άπνοιας για να σταθεροποιηθεί η ισορροπία O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> στο αίμα.

## **Lasers**

Ο συνηθέστερος τύπος βιομηχανικού αέριο Laser είναι το CO<sub>2</sub>.

## **Πολυμερή και πλαστικά**

Το CO<sub>2</sub> μπορεί να συνδυαστεί με το λεμονένιο της φλούδας των πορτοκαλιών ή με άλλα εποξειδία για τη δημιουργία πολυμερών και πλαστικών.

## **Εξόρυξη πετρελαίου**

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται στην άντληση του πετρελαίου συνήθως υπό συνθήκες υπερκρίσιμες. Λειτουργεί ταυτόχρονα ως προωθητικό υπό πίεση αλλά και για να μειώσει σημαντικά το ιξώδες του πετρελαίου επιτρέποντας έτσι την καλύτερη και γρηγορότερη ροή του προς την επιφάνεια της γεώτρησης. Το 97% των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τις βιομηχανικές χώρες προέρχεται από την καύση (με σκοπό την παραγωγή ενέργειας ) άνθρακα πετρελαίου και φυσικού αερίου . Παγκόσμια η παραγωγή ηλεκτρισμού ευθύνεται για το 37% των εκπομπών CO<sub>2</sub> ενώ η Ελλάδα για το 43% των αντίστοιχων εκπομπών .Το διοξείδιο του άνθρακα σήμερα ευθύνεται κατά ποσοστό 83% για το φαινόμενο του θερμοκηπίου από ανθρωπογενείς δραστηριότητες .

## Χρήσεις ως ψυκτικού



*Μικρά κομμάτια ξηρού πάγου*

Το υγρό και το στερεό διοξείδιο του άνθρακα είναι σημαντικά ψυκτικά μέσα, κυρίως στη βιομηχανία τροφίμων, όπου χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά και αποθήκευση παγωτών και άλλων κατεψυγμένων προϊόντων. Το στερεό διοξείδιο του άνθρακα ονομάζεται "ξηρός πάγος" και χρησιμοποιείται για μικρές μεταφορές στις οποίες δεν είναι πρακτικά τα ογκώδη ψυγεία. Το υγρό διοξείδιο του άνθρακα (που ονομάζεται στη βιομηχανία R744 ή R-744) χρησιμοποιήθηκε ως ψυκτικό μέσο, πριν από την ανακάλυψη του R-12. Οι φυσικές ιδιότητές του είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για κατάψυξη ή και απλή ψύξη. Λόγω της λειτουργίας τους σε πιέσεις μέχρι 130 bar, τα ψυκτικά συστήματα που χρησιμοποιούν CO<sub>2</sub> απαιτούν ιδιαίτερα ανθεκτικά εξαρτήματα. Στους κλιματισμούς των αυτοκινήτων, σε πάνω από το 90% του συνόλου των συνθηκών οδήγησης, το R744 λειτουργεί πιο αποτελεσματικά από τα συστήματα που χρησιμοποιούν R-134a .

Τα περιβαλλοντικά πλεονεκτήματα του CO<sub>2</sub> (μη τοξικό, μη εύφλεκτο, φθινό) θα μπορούσαν στο μέλλον να αποτελέσουν έναν καλό λόγο για την αντικατάσταση των σημερινών HFCs των ψυκτικών συστημάτων των αυτοκινήτων, των σούπερ-μάρκετ κλπ.

## Παραγωγή κρασιού

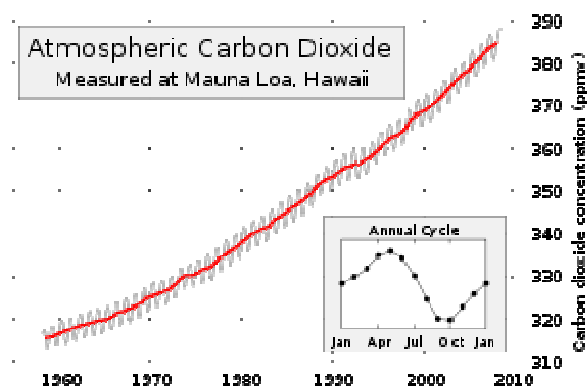
Το διοξείδιο του άνθρακα με τη μορφή του ξηρού πάγου χρησιμοποιείται συχνά στα οινοποιεία για τη γρήγορη ψύξη των σταφυλιών με σκοπό την αποτροπή της πρόωρης ζύμωσης. Το κύριο πλεονέκτημα της χρήσης του ξηρού πάγου σε σχέση με το παγωμένο νερό είναι ότι ψύχει τα σταφύλια χωρίς προσθήκη νερού το οποίο θα μπορούσε να αραιώσει τα σάκχαρα στο γλεύκος των σταφυλιών και, κατά

συνέπεια, να μειώσει τη συγκέντρωση αιθανόλης στο τελικό προϊόν. Το αέριο CO<sub>2</sub> που προκύπτει από την εξάχνωση του ξηρού πάγου, επειδή είναι βαρύτερο από τον αέρα, συσσωρεύεται στον πυθμένα των δεξαμενών, δημιουργώντας έτσι ένα περιβάλλον που βοηθά στην καταπολέμηση των βακτηρίων, που προέρχονται από τα σταφύλια μέχρι τη στιγμή κατά την οποία θα αρχίσει η ελεγχόμενη ζύμωση. Το διοξείδιο του άνθρακα τοποθετείται μερικές φορές στην κορυφή μπουκαλιών κρασιού ή άλλων δοχείων αποθήκευσης όπως βαρέλια για αποφυγή της οξείδωσης. Επειδή όμως υπάρχει κίνδυνος να διαλυθεί μέσα στο κρασί, αντικαθίσταται συνήθως από άλλα αέρια, όπως άζωτο ή αργό.

## Έλεγχος του pH

Το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται ως μέσο ελέγχου του pH των κολυμβητηρίων. Με τη συνεχή προσθήκη CO<sub>2</sub> στο νερό, διατηρείται το pH σε χαμηλά επίπεδα. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα αυτής της πρακτικής είναι και η αποφυγή χρήσης πιο επικίνδυνων οξέων.

## Το CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα



*Μετρήσεις συγκεντρώσεων CO<sub>2</sub> από το Παρατηρητήριο του Mauna Loa στη Χαβάι*

Από το ανθρωπογενές CO<sub>2</sub> που εκπέμπεται από τα ορυκτά καύσιμα: 50% διαλύεται στους ωκεανούς και απορροφάται από τα επίγεια οικοσυστήματα και το 50% διοχετεύεται στην ατμόσφαιρα.



Το διοξείδιο του άνθρακα στη γήινη ατμόσφαιρα θεωρείται ιχνοστοιχείο με μέση συγκέντρωση περίπου 385 ppm. Η συνολική μάζα των ατμοσφαιρικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα είναι περίπου  $3 \times 10^{15}$  kg (3000 γιγατόνοι). Η συγκέντρωση κυμαίνεται εποχικά (βλέπε διάγραμμα) αλλά και σε περιφερειακή βάση. Η διακύμανση αυτή οφείλεται κατά κύριο λόγο στην εποχική ανάπτυξη των φυτών στο Βόρειο Ημισφαίριο. Οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα στο βορρά μειώνονται κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού καθώς το καταναλώνουν τα φυτά και αυξάνονται το φθινόπωρο και το χειμώνα όταν τα φυτά πεθαίνουν και αποσυνθέτονται. Στις αστικές περιοχές οι συγκεντρώσεις είναι γενικά υψηλότερες.

Πεντακόσια εκατομμύρια χρόνια πριν, το διοξείδιο του άνθρακα ήταν 20 φορές περισσότερο από ό,τι σήμερα. Κατά τη διάρκεια της Ιουράσιας Περιόδου, μειώθηκε κατά 4 έως 5 φορές, στη συνέχεια παρατηρήθηκε αργή μείωση και μετά πριν 49 εκατομμύρια χρόνια περίπου, ταχεία μείωση.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η καύση ορυκτών καυσίμων και η αποψίλωση των δασών έχουν προκαλέσει αύξηση της ατμοσφαιρικής συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα κατά περίπου 35% από την αρχή της εποχής της εκβιομηχάνισης. Έως και το 40% των αερίων που εκπέμπονται από ορισμένες ηφαιστειακές δραστηριότητες είναι διοξείδιο του άνθρακα. Εκτιμάται ότι τα ηφαίστεια απελευθερώνουν περίπου 130-230 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα κάθε χρόνο. Το διοξείδιο του άνθρακα παράγεται επίσης από θερμές πηγές όπως αυτές στο Bossoleto κοντά στην Τοσκάνη της Ιταλίας. Οι εκπομπές του CO<sub>2</sub> από τις ανθρώπινες δραστηριότητες ανέρχονται σήμερα περίπου σε 27 δις. τόνους ετησίως και είναι πολύ περισσότερες από τις ποσότητες που εκλύονται από τα ηφαίστεια.

Το CO<sub>2</sub> θεωρείται αέριο θερμοκηπίου, αφού διαπερνάται από το ορατό φως αλλά απορροφά έντονα στην υπέρυθη και εγγύς υπέρυθη περιοχή του φάσματος.

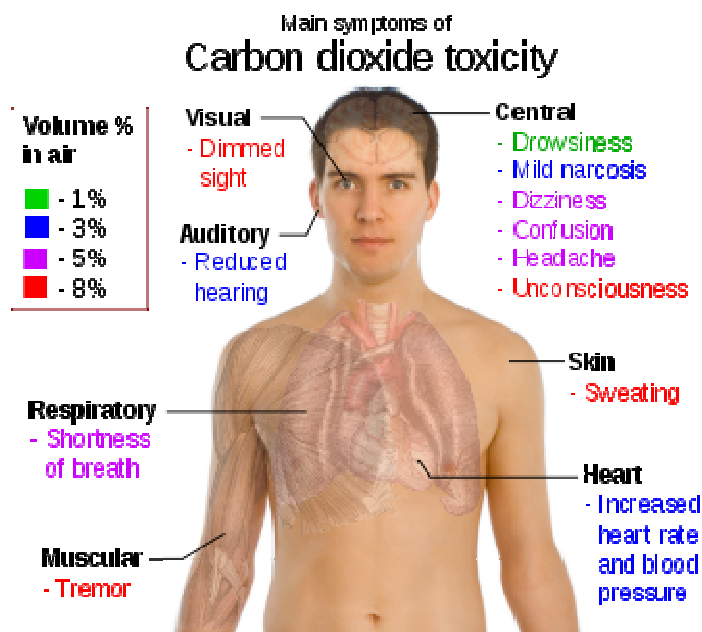
### **Το CO<sub>2</sub> στους ωκεανούς**

Η διάλυση του άνθρακα στους ωκεανούς με τη μορφή CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> και ιόντων HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> και CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> είναι περίπου 50 φορές μεγαλύτερη από ότι στην ατμόσφαιρα. Οι ωκεανοί ενεργούν ως μία τεράστια δεξαμενή άνθρακα, και δέχονται περίπου το ένα τρίτο των εκπομπών CO<sub>2</sub> από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η διαλυτότητα του CO<sub>2</sub> μειώνεται καθώς η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται. Ένα μέρος του

διαλυμένου CO<sub>2</sub> στους ωκεανούς καταναλώνεται για τη φωτοσύνθεση από οργανισμούς στο νερό, και ένα μικρό ποσοστό συντηρεί τον κύκλο του άνθρακα. Η αύξηση του CO<sub>2</sub> στην ατμόσφαιρα έχει οδηγήσει σε αύξηση της οξύτητας του θαλασσινού νερού και υπάρχει ανησυχία ότι αυτό μπορεί να επηρεάσει αρνητικά οργανισμούς με κελύφη που ζουν στο νερό, αφού είναι γνωστό ότι τα οξέα διαλυτοποιούν το ανθρακικό ασβέστιο από το οποίο είναι φτιαγμένο το κέλυφος.

## Τοξικότητα του CO<sub>2</sub> - Επιδράσεις στο νευρικό σύστημα

Η περιεκτικότητα του καθαρού αέρα σε CO<sub>2</sub> (κατά μέσο όρο μεταξύ της στάθμης της θάλασσας και μέχρι ύψους περίπου 30 Km) κυμαίνεται από 0,036 % (360 ppm) έως και 0,039% (390 ppm), ανάλογα με την τοποθεσία. Η παρατεταμένη έκθεση σε μέτριες συγκεντρώσεις μπορεί να προκαλέσει οξέωση και να έχει αρνητικές συνέπειες για το μεταβολισμό του ασβεστίου και του φωσφόρου. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι τοξικό για την καρδιά και προκαλεί αρρυθμίες.



Κύρια συμπτώματα της τοξικότητας του CO<sub>2</sub> από την αύξηση της περιεκτικότητάς του στον αέρα.

Η τοξικότητα και οι επιπτώσεις της αυξάνονται με την αύξηση της περιεκτικότητας του αέρα σε CO<sub>2</sub> :

- Σε περιεκτικότητα 1% v/v (γεμάτη αίθουσα με κακό εξαερισμό), το CO<sub>2</sub> μπορεί σε παρατεταμένη έκθεση να προκαλέσει υπνηλία. \* Σε περιεκτικότητα 2% v/v το CO<sub>2</sub> συμπεριφέρεται ως ήπιο ναρκωτικό. Προκαλεί αυξημένη αρτηριακή πίεση και καρδιακό ρυθμό, και μειώνει την ακοή.
- Σε περιεκτικότητα περίπου 5% v/v προκαλεί διέγερση του αναπνευστικού κέντρου, ζάλη, σύγχυση και δυσκολία στην αναπνοή συνοδευόμενη από κεφαλαλγία και δύσπνοια.
- Σε περιεκτικότητα 8% v/v προκαλεί κεφαλαλγία, εφίδρωση, παραισθήσεις, τρόμο και απώλεια συνείδησης μετά την έκθεση για πέντε έως δέκα λεπτά.

Λόγω των κινδύνων για την υγεία που συνδέονται με την έκθεση σε CO<sub>2</sub>, ο Οργανισμός Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας των Η.Π.Α., αναφέρει ότι η μέση έκθεση για υγιείς ενήλικες κατά την οκτάωρη εργασία δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5000 ppm (0,5%). Το μέγιστο επίπεδο ασφάλειας για βρέφη, παιδιά, ηλικιωμένους και άτομα με προβλήματα υγείας είναι σημαντικά μικρότερη. Για βραχυπρόθεσμες (κάτω των δέκα λεπτών) εκθέσεις, το όριο είναι 30000 ppm (3 %). Αν οι συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> υπερβαίνουν το 4% είναι άμεσα επικίνδυνες για την υγεία.

Η προσαρμογή σε αυξημένα ποσοστά CO<sub>2</sub> μεταβάλλεται από άνθρωπο σε άνθρωπο. Η συνεχής παραμονή σε ατμόσφαιρα με CO<sub>2</sub> μπορεί γίνει ανεκτή σε περιεκτικότητες 3 % τουλάχιστον για ένα μήνα και 4 % για πάνω από μια εβδομάδα. Υποστηρίχθηκε ότι συγκεντρώσεις 2 % θα μπορούσαν να γίνουν ανεκτές σε κλειστούς χώρους (π.χ. υποβρύχια), δεδομένου ότι η προσαρμογή είναι φυσιολογική και αναστρέψιμη. Μάλιστα δεν θα παρατηρηθεί μείωση της απόδοσης στην εργασία ή σε κανονική σωματική δραστηριότητα. Συγκεντρώσεις CO<sub>2</sub> μεταξύ 300 ppm και 2500 ppm, χρησιμοποιούνται ως δείκτες ποιότητας αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Σε κλειστούς χώρους με πολλούς ανθρώπους, συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1000 ppm θα προκαλέσουν δυσφορία σε ποσοστό πάνω από το 20 % των ανθρώπων. Σε 2000 ppm, η πλειοψηφία των ανθρώπων, θα αισθανθεί σε σημαντικό βαθμό ενόχληση, και πολλοί θα υποφέρουν από ναυτία και πονοκεφάλους. Παλιότερα, η ύπαρξη CO<sub>2</sub> σε χώρους όπου ζυμωνόταν το κρασί ή σε ορυχεία, γινόταν αντιληπτή από την τοξικότητά του : Οι εργάτες τοποθετούσαν στο πάτωμα του χώρου ένα κλουβί με καναρίνι που είναι πιο

ευαίσθητο από τον άνθρωπο. Το CO<sub>2</sub> επειδή είναι βαρύτερο από τον αέρα, συσσωρεύονται στα χαμηλά σημεία και αν το καναρίνι δηλητηριαζόταν, ο χώρος περιείχε αυξημένα ποσοστά CO<sub>2</sub>. Από τις αρχές 20ου αιώνα νευρολόγοι και ψυχίατροι είχαν διαπιστώσει ότι το διοξείδιο του άνθρακα επιδρά αρνητικά στο νευρικό σύστημα, προκαλώντας έντονη αγωνία και φόβο, έως και κρίσεις πανικού. Μέχρι το 2009 όμως δεν είχαν καταφέρει να βρουν μια ικανοποιητική νευροβιολογική εξήγηση του φαινομένου. Πρόσφατα μια ομάδα επιστημόνων από το Πανεπιστήμιο της Αϊόβα, στις ΗΠΑ, ανακάλυψε ότι ρόλο-κλειδί σε αυτήν τη διαδικασία κατέχει μια πρωτεΐνη, η λεγόμενη ASIC1a. Η πρωτεΐνη αυτή υπάρχει σε αφθονία στην αμυγδαλή, μια περιοχή του εγκεφάλου η οποία, μαζί με άλλες εγκεφαλικές δομές, συναποτελεί το μεταχαιμιακό σύστημα του εγκεφάλου, έναν από τους βασικούς ρυθμιστές ανώτερων ψυχικών λειτουργιών όπως τα συναισθήματα και η συμπεριφορά. Κάνοντας πειράματα με ποντικούς, οι ερευνητές διαπίστωσαν ότι όταν το εγκεφαλικό περιβάλλον γινόταν πιο όξινο η παραγωγή της πρωτεΐνης ASIC1a αυξανόταν στην αμυγδαλή, προκαλώντας συμπεριφορές με τυπικά φοβικά χαρακτηριστικά. Αντίθετα, όταν εξουδετερωνόταν η δράση της συγκεκριμένης πρωτεΐνης, οι συμπεριφορές αυτές δεν εκδηλώνονταν. Δεδομένου ότι μία από τις βασικές συνέπειες της εισπνοής διοξειδίου του άνθρακα είναι η αύξηση της οξίνισης του εγκεφαλικού περιβάλλοντος, και συνεπώς η άμεση παραγωγή της πρωτεΐνης ASIC1a, οι ερευνητές συμπέραναν ότι για τις κρίσεις πανικού που συνοδεύουν την εισπνοή μεγάλης ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα θα πρέπει να ευθύνεται η υψηλή συγκέντρωση της συγκεκριμένης πρωτεΐνης. Πιστεύουν, μάλιστα, ότι ανακαλύπτοντας την ακριβή δράση αυτής της πρωτεΐνης θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν και ένα άλλο σχετικό φαινόμενο, την αγχολυτική και άκρως χαλαρωτική επίδραση των αναπνευστικών ασκήσεων.

## 2.2 CH<sub>4</sub> ΤΟ ΜΕΘΑΝΙΟ

### Ιστορία του μεθανίου

Το **μεθάνιο** (CH<sub>4</sub>) είναι το μικρότερο σταθερό μόριο υδρογονάνθρακα με ένα άτομο άνθρακα. Είναι αέριο που καίγεται με χαρακτηριστική φλόγα κυανού χρώματος. Βρίσκεται σε

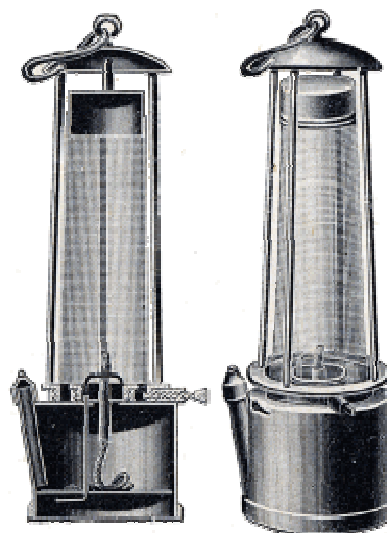


αφθονία στη φύση ως κύριο 75-90% συστατικό του φυσικού αερίου.

Το **φυσικό αέριο** (natural gas) δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια εκατομμυρίων χρόνων, όπως και το πετρέλαιο, δηλαδή με αναερόβια αποσύνθεση μικροσκοπικών θαλάσσιων οργανισμών και φυτικών υλών, που εγκλωβίσθηκαν σε βαθειά πετρώματα και λάσπες και υπέστησαν υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες. Το φυσικό αέριο εκλύεται κατά τις γεωτρήσεις και από τις πετρελαιοπηγές λόγω των υψηλών πιέσεών του στα υπόγεια στρώματα.

Η φυσική παραγωγή του μεθανίου είναι μια συνεχής διαδικασία και εξακολουθεί να παράγεται ως προϊόν σήψης οργανικής ύλης σε έλη και υδροβιότοπους υπό την επίδραση **μεθανογόνων** (methanogenic) βακτηρίων κάτω από συνθήκες απουσίας οξυγόνου και σχετικά υψηλές θερμοκρασίες. Το "πρόσφατο" μεθάνιο διακρίνεται εύκολα από το "αρχέγονο" με βάση την ισοτοπική περιεκτικότητα σε C-14.

Από τους αρχαιότατους χρόνους ο άνθρωπος χρησιμοποιούσε το μεθάνιο (ως φυσικό αέριο) ως μέσο θέρμανσης. Συστηματική χρήση του γινόταν από τους Κινέζους (10ος αιώνας π.Χ.), οι οποίοι το διαβίβαζαν μέσω καλαμιών μπαμπού και το έκαιγαν με σκοπό την εξάτμιση θαλασσινού νερού για παραγωγή αλατιού. Σε πολλές περιοχές που φυσικό αέριο εκλυόταν από σχισμές του εδάφους, ήταν γνωστό ότι όσοι το ανέπνεαν περιέρχονταν σε κατάσταση ημιαναισθησίας και μιλούσαν ασυνάρτητα. Αυτά



Λυχνία Davy (1815)

τα φαινόμενα αποδίδονταν σε υπερφυσικές δυνάμεις και συχνά στις θέσεις αυτές έκτιζαν ναούς και μαντεία. Φωτιστική χρήση του μεθανίου αναφέρεται να γίνεται από τον 2ο αιώνα μ.Χ

Μεθάνιο παράγεται και εκπέμπεται στην ατμόσφαιρα της Γης από **φυσικές** (έλη, τερμίτες) και **ανθρωπογενείς** (πετρελαιοπηγές, κτηνοτροφία, χωματερές) πηγές. Η μέση συγκέντρωσή του στον αέρα είναι πολύ μικρή, της τάξης του 1,6-1,8 ppmv (ppmv: μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο).

Το μεθάνιο ήταν ένα από τα πρώτα αέρια που χαρακτηρίστηκαν ως ξεχωριστές χημικές ενώσεις. Ήταν γνωστό ως "αέριο των ελών" ή "ελειογενές αέριο" (marsh gas) και ο πρώτος που το μελέτησε ήταν ο φυσικός **Alessandro Volta** (1745-1827), ο οποίος το απομόνωσε από έλη της Ιταλίας βασισμένος σε παρατηρήσεις που είχαν γίνει και καταγραφεί παλαιότερα από τον **Benjamin Franklin** (1706-1790).

Το μεθάνιο εκλύεται συχνά στα ανθρακωρυχεία και πολλές ζώες ανθρακωρύχων χάθηκαν εξ αιτίας του, αφού σε αναλογίες 5-15% κ.ό. στον αέρα αναφλέγεται εκρηκτικά. Η χρήση γυμνής φλόγας για το φωτισμό των στοών ήταν το αίτιο το αναφλέξεων αυτών. Το 1815 ο Βρετανός χημικός **Humphry Davy** (1778-1829) διαπίστωσε ότι το μεθάνιο αναφλέγεται μόνο υπό την επίδραση υψηλών θερμοκρασιών. Η παρατήρηση αυτή τον οδήγησε στην κατασκευή φωτιστικής λυχνίας, στην οποία η φλόγα περιβαλλόταν από μεταλλικό πλέγμα. Το πλέγμα επέτρεπε την είσοδο αέρα προς τη φλόγα, παρουσία μεθανίου γινόταν εσωτερική ανάφλεξη, αλλά το πλέγμα διέσπειρε τη θερμότητα και η ανάφλεξη αυτή δεν διαδιδόταν εκτός λυχνίας. Η λυχνία αυτή, γνωστή ως λυχνία Davy (Davy lamp) ήταν και ένα είδος ανιχνευτή επικίνδυνων αερίων. Παρουσία μεθανίου η φλόγα γινόταν εντονότερη και αποκτούσε κυανό χρώμα, ενώ παρουσία του ασφυκτικού διοξειδίου του άνθρακα η φλόγα έσβηνε. Χάρης στη λυχνία Davy σώθηκαν πολλές ζώες ανθρακωρύχων και επαναλειτούργησαν πολλά ανθρακωρυχεία, τα οποία είχαν εγκαταλειφθεί ως επικίνδυνα



Το μεθάνιο (πάντοτε ως φυσικό αέριο) χρησιμοποιείται και ως αέριο καύσης για τους λύχνους Bunsen στα χημικά εργαστήρια.

**Σύσταση (% κ.ό.) του επεξεργασμένου (LNG) φυσικού αερίου που χρησιμοποιείται στην Ελλάδα**

Συστατικό	Χώρα προέλευσης φυσικού αερίου	
	Ρωσία	Αλγερία
Μεθάνιο (CH <sub>4</sub> )	98	91,2
Αιθάνιο (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )	0,6	6,5
Προπάνιο (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )	0,2	1,1
Βουτάνιο (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	0,2	0,2
Πεντάνιο (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> ) + βαρύτερα	0,1	-
Άζωτο (N <sub>2</sub> )	0,8	1,0
Διοξείδιο του άνθρακα (CO <sub>2</sub> )	0,1	-
Ανωτέρα Θερμογόνας Δύναμη (kcal/m <sup>3</sup> )	8.600-9.200	9.640-10.650

## 2.2.1 Χρήσεις του μεθανίου

Τεράστιες ποσότητες μεθανίου χρησιμοποιούνται κυρίως υπό τη μορφή του φυσικού αερίου, του οποίου η ετήσια παραγωγή φθάνει περίπου τα 280 δισεκατομμύρια κυβικά μέτρα (2006H καύση του μεθανίου σύμφωνα με την αντίδραση:



είναι ισχυρά εξώθερμη ( $\Delta H = -891 \text{ kJ/mol}$ ) και από αυτή την άποψη το φυσικό αέριο θεωρείται ως καύσιμο υψηλής ποιότητας, το οποίο δεν παράγει ρύπους εφόσον καίγεται πλήρως. Επιπλέον, σε σχέση με τους άλλους υδρογονάνθρακες, το μεθάνιο είναι περιβαλλοντικά φιλικότερο, αφού παράγει το λιγότερο  $\text{CO}_2$  ανά μονάδα παραγόμενης θερμότητας.

Το φυσικό αέριο περιέχει και άλλους ελαφρούς υδρογονάνθρακες σε χαμηλά ποσοστά. Τυπικά μπορεί να περιέχει 75-90% μεθάνιο (κ.ό.), 5-15% αιθάνιο, 3-4% βαρύτερα αλκάνια). Επίσης, περιέχει σε πολύ μικρά ποσοστά και μη καύσιμα αέρια ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{He}$ ), όπως και αέρια που μπορεί να είναι τοξικά ή βλαπτικά τόσο για το δίκτυο διανομής, τους καυστήρες, αλλά και το περιβάλλον (π.χ.  $\text{H}_2\text{S}$ , ακόμα και ίχνη  $\text{Hg}$ ). Σχεδόν πάντοτε, το φυσικό αέριο υφίσταται κατεργασία για να απαλλαχθεί κατά το δυνατόν ανεπιθύμητα συστατικά και από τους βαρύτερους υδρογονάνθρακες ( $\text{C}_3\text{-C}_4$ ), οι οποίοι που διατίθενται χωριστά ως "υγραέριο" ή "υγροποιημένο αέριο πετρελαίου" (liquefied petroleum gas, LPG).

Αξιοσημείωτο είναι ό,τι το φυσικό αέριο ορισμένων περιοχών (κυρίως στις ΗΠΑ) μπορεί να περιέχει μέχρι και 7% κ.ό. ήλιο και αποτελεί ουσιαστικά τη

Μοναδική πηγή παραγωγής αυτού του εξαιρετικά χρήσιμου ευγενούς αερίου



Κρυογόνιο τάνκερ μεταφοράς και δεξαμενή αποθήκευσης υγροποιημένου φυσικού αερίου (LNG).

Το καθαρισμένο φυσικό αέριο μπορεί να υγροποιηθεί με ψύξη στους  $-163^{\circ}\text{C}$  (liquefied natural gas, LNG) και υπό πίεση να διοχετευθεί μέσω αγωγών σε μεγάλες αποστάσεις ή με κρυογόνα τάνκερ (cryogenic tankers) να μεταφερθεί μέσω θαλάσσης σε άλλες περιοχές. Η Ελλάδα διαθέτει σημαντικό σταθμό υγροποιημένου φυσικού αερίου στη νήσο Ρεβυθούσα απέναντι από την Πάχη των Μεγάρων

Το φυσικό αέριο χρησιμοποιείται κυρίως ως καύσιμο για βιομηχανική και οικιακή χρήση, όπως και για τη λειτουργία ορισμένων κινητήρων. Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται και ως καύσιμο για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Ως καύσιμο, το φυσικό αέριο είναι εξαιρετικά ασφαλές και εκρήξεις μπορούν να συμβούν μόνο όταν η συγκέντρωσή του στον αέρα βρίσκεται στην περιοχή 5 έως 15% (όρια ευφλεκτότητας) και εφόσον υπάρχει κάποια πηγή δημιουργίας υψηλής θερμοκρασίας (π.χ. κάποιος σπινθήρας). Το ίδιο το μεθάνιο είναι ουσιαστικά άοσμο και η γνωστή δυσάρεστη οσμή του φυσικού αερίου οφείλεται σε θειούχες ενώσεις (θειόλες και θειαιθέρες), όπως π.χ. η *t*-βουτανοθειόλη ( $(\text{CH}_3)_3\text{CSH}$  (με οσμή σάπιου λαχανικού), που σκόπιμα προστίθενται σε μικρές ποσότητες για λόγους ασφαλείας, ώστε να γίνεται εύκολα αντιληπτή μια διαρροή του.

Μεγάλες ποσότητες φυσικού αερίου χρησιμοποιούνται για την παραγωγή υδρογόνου, όπως και του αερίου σύνθεσης (Syngas) (αντίστροφη αντίδραση 4, γνωστή ως "steam reforming"), το οποίο είναι μίγμα  $\text{H}_2 + \text{CO}$  ιδιαίτερα χρήσιμο για τη σύνθεση πολλών χρήσιμων οργανικών ενώσεων. Μια τυπική εφαρμογή του Syngas στη σύνθεση της 2-αιθυλοεξανόλης-1 αναφέρεται στην Ένωση του Μήνα (Ιούλιος 2006): "Φθαλικός δι-(2-αιθυλοεξυλο) εστέρας".

Η αντίδραση φυσικού αερίου και ύδατος αποτελεί τον φθηνότερο τρόπο παραγωγής υδρογόνου σε βιομηχανική κλίμακα εκατομμυρίων τόννων. Το υγροποιημένο μεθάνιο, σε συνδυασμό με υγρό οξυγόνο, έχει δοκιμαστεί από τη NASA με επιτυχία ως καύσιμο πυραύλων. Παρουσιάζει τα εξής δύο πλεονεκτήματα έναντι του υδρογόνου: (α) το μεθάνιο (με σ.ζ.  $-161^{\circ}\text{C}$ ) μπορεί να συντηρηθεί σε υγρή κατάσταση ευκολότερα από το υδρογόνο (με σ.ζ.  $-253^{\circ}\text{C}$ ) και επομένως το κόστος θερμομόνωσης των δεξαμενών του στους πυραύλους θα είναι μικρότερο, (β) η πυκνότητα του υγρού μεθανίου ( $0,42 \text{ g/mL}$ ) είναι μεγαλύτερη από την πυκνότητα του υγρού υδρογόνου ( $0,07 \text{ g/mL}$ ) και επομένως για το ίδιο προωθητικό αποτέλεσμα θα απαιτούνται δεξαμενές πολύ μικρότερου μεγέθους.

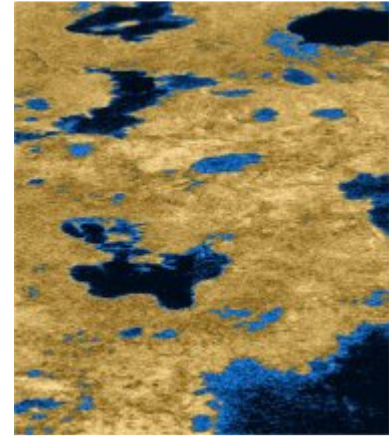




Το διαστημικό όχημα Cassini. Η πτήση του (2004-2007) αποκάλυψε πολλά μυστικά του Κρόνου και των δορυφόρων του.



Φωτογραφία του πάντοτε συννεφιασμένου δορυφόρου Τιτάνα. Η ατμόσφαιρά του αποτελείται κυρίως από άζωτο και μεθάνιο (~5%). Τα σύννεφα είναι από μεθάνιο και αιθάνιο.



Οι λίμνες μεθανίου στην επιφάνεια του Τιτάνα. Η εικόνα έχει ληφθεί με ραντάρ και έχει υποστεί "ψευδή χρωματισμό" με τη βοήθεια υπολογιστή.

### Λίμνες μεθανίου

Ήδη από τις αρχές του 20ου αιώνα φασματοσκοπικές παρατηρήσεις στο ανακλώμενο φως από τους πλανήτες Δία και Κρόνο, έδειξαν την παρουσία μεγάλων ποσοτήτων μεθανίου στην ατμόσφαιρά τους. Αργότερα διαπιστώθηκε ότι όλοι οι αεριώδεις γίγαντες του ηλιακού συστήματος (Δίας, Κρόνος, Ουρανός και Ποσειδών), αλλά και πολλοί δορυφόροι τους διαθέτουν ατμόσφαιρα με σημαντικά ποσοστά μεθανίου.

Στους εξώτατους πλανήτες εικάζεται ότι οι εξαιρετικά χαμηλές θερμοκρασίες στην επιφάνειά τους, θα κρατούν το μεθάνιο σε υγρή ή ακόμη και σε στερεή μορφή ("βράχια" μεθανίου).

Γενικά, το μεθάνιο είναι άφθονο στο ηλιακό σύστημα και θεωρείται ότι είναι προϊόν χημικών διεργασιών του πρωτογενούς ηλιακού νεφελώματος.

Η αποστολή του διαστημικού οχήματος Cassini στον Κρόνο και τους δορυφόρους του (2004-2007) αποκάλυψε λίμνες μεθανίου στην επιφάνεια του Τιτάνα, του μεγαλύτερου δορυφόρου του (διάμετρος: 5.150 km). Το διαστημόπλοιο "σάρωσε" περιοχή του βορείου ημισφαιρίου του δορυφόρου με ραντάρ, αφού η υψηλή και συνεχής νέφωση της ατμόσφαιρας του δορυφόρου δεν επιτρέπει την απλή φωτογράφιση. Εξέταση των καταγραφών του ανακλώμενου σήματος, έδειξε περιοχές περιορισμένης ανακλαστικότητας, οι οποίες ερμηνεύονται ως λίμνες με υγρό μεθάνιο. Μερικές λίμνες βρίσκονται μέσα σε κρατήρες και άλλες συνδέονται μεταξύ τους με κανάλια σαν ποτάμια.

## Το μεθάνιο ως "αέριο θερμοκηπίου"

Το μεθάνιο είναι ένα από τα αέρια που συνεισφέρουν σημαντικά στο **φαινόμενο του θερμοκηπίου** (greenhouse effect), δηλαδή στην παγίδευση από την ατμόσφαιρα μέρους της ανακλώμενης από την επιφάνεια της Γης ηλιακής ακτινοβολίας με αποτέλεσμα τη θέρμανση του πλανήτη. Το μεθάνιο είναι κατά **21 φορές δραστικότερο** (σε χρονικό ορίζοντα 100 ετών) από το διοξείδιο του άνθρακα, ως προς την ικανότητα παγίδευσης της θερμότητας. Σημειώνεται ότι το δραστικότερο αέριο είναι το καθαρά ανθρωπογενούς προέλευσης εξαφθοριούχο θείο (24.000 φορές δραστικότερο από το CO<sub>2</sub>).

Η δραστικότητα κάθε αερίου εκφράζεται ως **δυναμικό παγκόσμιας θέρμανσης** (Global Warming Potential, GWP) και εξαρτάται από χαρακτηριστικά όπως: (α) η απορροφητικότητα του αερίου στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος, (β) τη φασματοσκοπική περιοχή απορρόφησης και (γ) από τον χρόνο ζωής του αερίου στην ατμόσφαιρα. Η μέση ζωή του μεθανίου στην ατμόσφαιρα έχει εκτιμηθεί στα 12±3 έτη, με κύριο μηχανισμό απομάκρυνσης την οξείδωσή του, μέσω ριζών OH, στην τροπόσφαιρα, προς διοξείδιο του άνθρακα.

Μεταξύ των αερίων θερμοκηπίου που δημιουργούν οι δραστηριότητες του ανθρώπου και συμβάλλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη, το μεθάνιο έρχεται δεύτερο με σχετική συμβολή 9,3%, με πρώτο το διοξείδιο του άνθρακα με σχετική συμβολή 83%.

### Μήπως η επίδραση του μεθανίου στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ακόμη μεγαλύτερη;

Στα χημικώς δραστικά αέρια θερμοκηπίου περιλαμβάνεται το μεθάνιο και το όζον. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ουσιαστικά χημικώς ανενεργό. Όταν αναμιχθούν το μεθάνιο και το όζον, τα οποία παράγονται από φυσικές αλλά και από ανθρωπογενείς πηγές, τα δύο αέρια αντιδρούν. Αυτό σημαίνει ότι η συμβολή τους στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αλλάζει και επομένως η πραγματική συμβολή του κάθε αερίου είναι πολύ δύσκολο να εξακριβωθεί.

Σύμφωνα με νεότερους υπολογισμούς, η επίδραση του μεθανίου στο κλίμα μπορεί να είναι διπλάσια από εκείνη που αρχικά αποδιδόταν στο αέριο. Εκτιμάται ότι η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας από το 1750 (έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης) μέχρι σήμερα, κατά το 1/3 οφείλεται στο μεθάνιο, ενώ μέχρι τώρα, σύμφωνα με την έκθεση της IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή), η συμμετοχή του μεθανίου στην κλιματική μεταβολή περιοριζόταν στο 1/6



## **Φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας με μεθάνιο**

Επειδή το μεθάνιο συμβάλλει σημαντικά στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, οι πιθανές πηγές ρύπανσης της ατμόσφαιρας με το αέριο αυτό έχουν εξετασθεί διεξοδικά και διακρίνονται σε φυσικές και ανθρωπογενείς πηγές. Οι εκτιμήσεις ως προς τις ποσότητες μεθανίου που παρέχουν οι διάφορες πηγές διαφέρουν ανάλογα με το πότε και πού έγινε η μελέτη και τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε. Όλες οι μελέτες συμφωνούν στο ό,τι οι ποσότητες μεθανίου που εκλύουν οι ανθρωπογενείς πηγές είναι μεγαλύτερες από εκείνες των φυσικών πηγών.

Μια εκτίμηση της IPCC (2001) ανέφερε έκλυση 350 εκατομμυρίων τόννων/έτος από ανθρωπογενείς πηγές, έναντι 250 εκατομμυρίων τόννων/έτος από φυσικές πηγές. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι πηγές αυτές θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν ως "απρόσμενες". Οι ποσότητες αυτές υπερβαίνουν τις ποσότητες μεθανίου που χάνονται (κυρίως με οξείδωση μέσω των ριζών  $\text{OH}\cdot$ , αλλά και με απορρόφηση από τους ωκεανούς και τα εδάφη) οπότε συνολικά υπάρχει μια βραδεία, αλλά σταθερή αύξηση της μέσης περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε μεθάνιο.

### **ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ**

Οι εκπομπές μεθανίου από φυσικές πηγές καθορίζονται κυρίως από παράγοντες, όπως η θερμοκρασία και οι ποσότητες των κατακρημνίσεων. Αν και υπάρχει σημαντική αβεβαιότητα ως προς τη συμβολή κάθε φυσικής πηγής, οι διαθέσιμες πληροφορίες δείχνουν ότι οι φυσικές πηγές κατανέμονται ως εξής:

<p><b>Υδροτόποι (Wetlands).</b> Εκτιμώμενη σχετική συμβολή: 76%. Οι υδροτόποι (έλη, λίμνες) αποτελούν φυσικούς βιοτόπους των μεθανογόνων βακτηρίων, τα οποία παράγουν μεθάνιο κατά την αποσύνθεση οργανικής ύλης κάτω από συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Οι υδροτόποι αποτελούν τη σημαντικότερη φυσική πηγή μεθανίου.</p>
---

<p><b>Ωκεανοί.</b> Εκτιμώμενη σχετική συμβολή: 8%. Η φύση των ωκεάνιων πηγών μεθανίου δεν είναι απόλυτα εξακριβωμένη. Γενικά πιστεύεται ότι είναι αποτέλεσμα των αναερόβιων πεπτικές διαδικασιών των θαλάσσιων οργανισμών, όπως επίσης και η βακτηριακή μεθανογένεση σε θαλάσσια ιζήματα και στις παράκτιες περιοχές.</p>
---



<p><b>Τερμίτες.</b> Εκτιμώμενη σχετική συμβολή: 11%. Απρόσμενη αλλά σημαντική φυσική πηγή</p>
---






μεθανίου. Οι τερμίτες (λευκά μυρμήγκια) δημιουργούν μεθάνιο ως φυσικό προϊόν της διαδικασίας πέψης. Ερευνητές εκτιμούν ότι στον κόσμο υπάρχουν 250.000 δισεκατομμύρια τερμίτες που κατατρώνε το 1/3 της παγκόσμιας βλάστησης

**Υδρίτες μεθανίου.** Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: 5%. Προέρχεται από τη σταδιακή διάσπαση των υπεδάφινων υδριτών που αφθονούν σε περιοχές με μόνιμα παγωμένο έδαφος (permafrost) και στους πυθμένες των θαλασσών. Εφιαλτικά σενάρια υπερθέρμανσης του πλανήτη βασίζονται στην επιταχυνόμενη διάσπαση των υδριτών μεθανίου

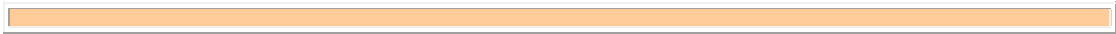
## ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΠΗΓΕΣ ΜΕΘΑΝΙΟΥ

Μεγάλες ποσότητες μεθανίου παράγονται από τις αγροτικές (κτηνοτροφία, καλλιέργειες) και τις βιομηχανικές δραστηριότητες του ανθρώπου. Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται οι κυριότερες ανθρωπογενείς πηγές. Τα αναφερόμενα ποσοστά έχουν μόνο ενδεικτική σημασία, αφού αφορούν της ανθρωπογενείς πηγές των ΗΠΑ (μελέτη 2003), για άλλες περιοχές του κόσμου μπορεί να υπάρχουν κάποιες διαφοροποιήσεις:

<p><b>Επιχώσεις απορριμμάτων (landfills).</b> Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: <b>24%</b>. Οι χωματερές είναι (παντού) οι σημαντικότερες ανθρωπογενείς πηγές μεθανίου. Στις σύγχρονες χωματερές (χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, ΧΥΤΑ) πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα αξιοποίησης ή καύσης του εκλυόμενου μεθανίου.</p>		<p><b>Απώλειες φυσικού αερίου.</b> Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: <b>23%</b>. Το μεθάνιο αποτελεί το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου. Απώλειες φυσικού αερίου αναπόφευκτα συμβαίνουν κατά την παραγωγή, επεξεργασία, αποθήκευση, μεταφορά και διανομή του.</p>	
--	---	---	---

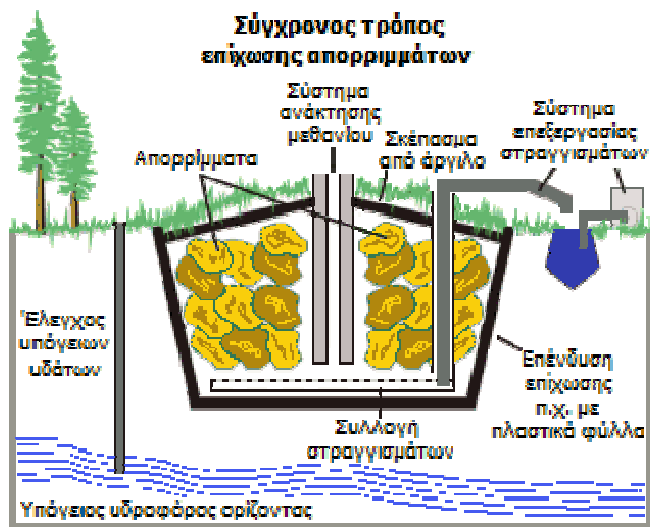
<p><b>Εντερική ζύμωση τροφών ζώων.</b>        Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: <b>21%</b>. Μια από τις "απρόσμενες" πηγές. Κάθε αγελάδα κατά την πέψη της τροφής της εκπέμπει 200 έως 400 g μεθανίου ημερησίως. Έχει εκτιμηθεί ότι, σε παγκόσμια κλίμακα, τα εντερικά αέρια οικιακών ζώων συνεισφέρουν ετησίως περί τα 80 έως 100 εκατομ. τόννους μεθανίου [</p>		<p><b>Ανθρακωρυχεία.</b>        Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: <b>10%</b>. Κατά τις κανονικές εργασίες εξόρυξης άνθρακα από υπόγεια ή επιφανειακά ανθρακοφόρα κοιτάσματα, εκλύεται παγιδευμένο αρχέγονο μεθάνιο.</p>	
<p><b>Διαχείριση ζωικών λιπασμάτων (κοπριά).</b>        Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: <b>7%</b>. Κατά την αναερόβια αποσύνθεση του οργανικού υλικού της κοπριάς στα επεξεργασίας υγρής κοπριάς σε δεξαμενές ή τεχνητές λίμνες εκλύονται σημαντικά ποσά μεθανίου. Αντίθετα, η κοπριά που προστίθεται ως βελτιωτικό εδάφους στις καλλιέργειες δεν εκλύει σημαντικά ποσά μεθανίου.</p>		<p><b>Επεξεργασία λημμάτων.</b>        Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: <b>7%</b>. Οι μονάδες επεξεργασίας αποβλήτων απομακρύνουν τη διαλυτή οργανική ύλη, αιωρούμενα συστατικά, παθογόνους οργανισμούς και χημικούς ρυπαντές από τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα. Σε περιπτώσεις ανεπαρκούς οξυγόνωσης κατά τη διαδικασία εκλύεται μεθάνιο.</p>	
<p><b>Παραγωγή - επεξεργασία πετρελαίου.</b>        Εκτιμούμενη σχετική συμβολή: <b>7%</b>.</p>		<p><b>Άλλες ανθρωπογενείς πηγές.</b> Σχετική συμβολή (υπόλοιπο) <b>5%</b>. Καλλιέργειες ρυζιού (ορυζώνες) μια ιδιαίτερα σημαντική πηγή μεθανίου - Στατικές πηγές - Παλιά</p>	

<p>Οι εργασίες αναζήτησης και άντλησης πετρελαίου συχνότατα συνοδεύονται από έκλυση φυσικού αερίου. Μεθάνιο εκλύεται και κατά τις διεργασίες διύλισης του ακάθαρτου πετρελαίου, όπως και κατά τη μεταφορά και αποθήκευσή του.</p>		<p>ανθρακωρυχεία - Κινητές πηγές - Παραγωγή πετροχημικών - Χαλυβουργεία - Καύση αγροτικών υπολειμμάτων</p>	
---	--	--	--



### Διάθεση απορριμμάτων και μεθάνιο

Η κυριότερη ανθρωπογενής πηγή μεθανίου είναι οι χώροι απόρριψης και επίχωσης των αστικών απορριμμάτων (χωματερές). Στις σύγχρονες χωματερές (χώροι υγειονομικής ταφής απορριμμάτων, ΧΥΤΑ) προβλέπεται ανάκτηση και αξιοποίηση του παραγόμενου **βιοαερίου** (biogas), το οποίο μπορεί να περιέχει 50 έως 75% μεθάνιο, π.χ. για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, θέρμανση χώρων ή για άλλους επωφελείς σκοπούς.



Σύγχρονος τρόπος επίχωσης απορριμμάτων (σχήμα από την

Σε κάθε περίπτωση είναι **περιβαλλοντικά προτιμότερη** η καύση του εκλυόμενου μεθανίου προς διοξείδιο του άνθρακα, παρά η απελευθέρωσή του στην ατμόσφαιρα, αφού (όπως αναφέρθηκε παραπάνω) το μεθάνιο είναι πολύ δραστικότερο από το διοξείδιο του άνθρακα ως προς τη δυναμικότητα θέρμανσης του πλανήτη.

## **Το εφιαλτικό σενάριο**

Η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου οδηγεί σε ένα φαύλο κύκλο: Η θέρμανση του **μόνιμα παγωμένου εδάφους** (permafrost) των αρκτικών περιοχών οδηγεί στη σταδιακή διάσπαση των υδριτών του μεθανίου, που από εκατομμύρια χρόνια βρίσκονται παγιδευμένοι εκεί. Το εκλυόμενο μεθάνιο συμβάλλει στην επιπλέον θέρμανση του πλανήτη και επομένως αυξάνει ακόμη περισσότερο τον ρυθμό έκλυσης μεθανίου.

Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας των ωκεανών "βάζει στο παιχνίδι" και τους υδρίτες μεθανίου των ωκεανών, οι οποίοι θα αρχίσουν να διασπώνται. Η διάσπαση των ωκεάνιων υδριτών του μεθανίου οδηγεί σε αποσταθεροποίηση των πυθμένων και σε υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, που εκθέτουν επιπλέον ποσότητες υδριτών σε χαμηλότερες πιέσεις διευκολύνοντας τη διάσπασή τους.

Είναι προφανές ότι το σενάριο αυτό οδηγεί σε μια εκθετική αύξηση της συγκέντρωσης του μεθανίου στην ατμόσφαιρα και επομένως της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη συνοδευόμενη με όλα τα καταστροφικά για την ανθρωπότητα αποτελέσματα.

Σύμφωνα με μια θεωρία, το πλέον εκτεταμένο συμβάν **μαζικής εξαφάνισης των ειδών** (mass extinction event), το οποίο έβαλε τέλος στην Πέρμια περίοδο πριν 250 εκατομμύρια χρόνια και κατά το οποίο εξαφανίστηκε το 90-95% των υδρόβιων οργανισμών και περίπου το 70% των χερσαίων οργανισμών, οφείλεται σε μαζική απελευθέρωση μεθανίου από τη διάσπαση των ωκεάνιων υδριτών του μεθανίου και πολλοί φοβούνται ότι "ό,τι συνέβη στο παρελθόν, μπορεί να συμβεί και στο μέλλον.

## **2.3. ΥΔΡΟΦΘΟΡΑΝΘΡΑΚΕΣ HFCs**

Ανήκουν στην ομάδα των φθοριούχων αερίων και χρησιμοποιούνται σε διάφορους τομείς και εφαρμογές ως ψυκτικά μέσα στον εξοπλισμό ψύξης, κλιματισμού και αντλιών θερμότητας, ως διογκωτικοί παράγοντες για αφρούς, ως μέσα πυρόσβεσης, προωθητικά αερολυμάτων και διαλύτες.

Οι υδροφθοράνθρακες είναι ισχυρότατα αέρια του θερμοκηπίου και εκτός από την μεγάλη συμβολή τους στην αλλαγή του κλίματος, εκφράζονται φόβοι ότι παράγονται τοξικά παραπροϊόντα από την διάσπαση των ουσιών αυτών. Οι πιο γνωστοί HFCs οι οποίοι αντικατέστησαν CFCs είναι οι ακόλουθοι: R 134 a που αντικατέστησε το R12, R407 που αντικατέστησε το R 22, R 410 a είναι μόνο για νέες συσκευές, R 413 a που αντικατέστησε το R12, R 417a που αντικατέστησε το R22, Forane FX 90 το οποίο αντικατέστησε το R22, Isceon 39 TC που αντικατέστησε το R12.

#### **2.4. ΥΠΕΡΦΘΟΡΑΝΘΡΑΚΕΣ PFCs**

Ανήκει και αυτό με την σειρά του στα φθοριούχα αέρια του θερμοκηπίου. Χρησιμοποιείται συνήθως στον τομέα των ηλεκτρονικών (για καθαρισμό δίσκων πυριτίου με πλάσμα) καθώς και στον τομέα των καλλυντικών και φαρμακευτικών προϊόντων (εξαγωγή φυσικών προϊόντων, όπως φαρμακοτρόφιμα και αρωματικές ουσίες). Επίσης χρησιμοποιούνται σε μικρό βαθμό σε εξοπλισμό ψύξης ως υποκατάστατα του CFC συχνά σε συνδυασμό με άλλα αέρια. Παλαιότερα είχαν χρησιμοποιηθεί ως μέσα πυρόσβεσης και εξακολουθούν να υπάρχουν ως σήμερα αλλά σε παλαιά συστήματα πυροπροστασίας.

Οι **χλωροφθοράνθρακες (CFCs)** είναι αέρια που συμβάλλουν σημαντικά στην επιδείνωση του φαινομένου του θερμοκηπίου, ωστόσο τυπικά δεν υπάγονται στα αέρια θερμοκηπίου που ελέγχει το Πρωτόκολλο του Kyoto, δεδομένου ότι η παραγωγή τους έχει ήδη απαγορευθεί εξαιτίας της καταστρεπτικής τους δράσης στη στιβάδα του όζοντος.

#### **2.5 ΟΞΕΙΔΙΑ ΤΟΥ ΑΖΩΤΟΥ**

Το υποξείδιο του αζώτου -που δεν περιλαμβανόταν στις ουσίες που απαγόρευσε η συμφωνία του Μόντρεαλ- δημιουργείται από τα αζωτούχα λιπάσματα στο χώμα, την κοπριά των ζώων, την επεξεργασία των αποβλήτων και λυμάτων, τις καύσεις βιομάζας και ορυκτών καυσίμων, καθώς και ορισμένες βιομηχανικές διαδικασίες που εμπλέκουν το άζωτο. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες είναι υπεύθυνες για το ένα τρίτο περίπου των συνολικών εκπομπών υποξειδίου του αζώτου στην ατμόσφαιρα. Τα υπόλοιπα δύο τρίτα παράγονται με φυσικό τρόπο, όταν τα βακτήρια στο έδαφος και τους ωκεανούς διασπούν τις ενώσεις που περιέχουν



άζωτο. Το εκπεμπόμενο αέριο ανυψώνεται στη στρατόσφαιρα, όπου το μεγαλύτερο μέρος του διασπάται από την ηλιακή ακτινοβολία σε αβλαβή μόρια αζώτου και οξυγόνου. Όμως ένα τμήμα του δεν διασπάται και μπορεί να παραμείνει επί εκατοντάδες χρόνια στην ατμόσφαιρα, όπου αντιδρά με υψηλής ενέργειας άτομα οξυγόνου και παράγει μια πιο καταστροφική ουσία, το μονοξείδιο του αζώτου, το οποίο καταστρέφει το όζον.

Οι αμερικανοί ερευνητές υπολόγισαν ότι η δυνατότητα του υποξειδίου του αζώτου να καταστρέφει το στρατοσφαιρικό όζον, είναι ανάλογη με αυτήν πολλών χλωροφθορανθράκων, όπως του τριχλωροφθορομεθανίου. Για το λόγο αυτό, προειδοποιούν ότι αν δεν ληφθούν μέτρα, το αέριο αυτό θα παραμείνει η κυριότερη αιτία καταστροφής του όζοντος στη διάρκεια όλου του 21ού αιώνα. Επειδή, παράλληλα, αποτελεί και "αέριο του θερμοκηπίου", δηλαδή συμβάλλει στην υπερθέρμανση του πλανήτη, ο περιορισμός του θα αποφέρει διπλό όφελος, κατά του επιστήμονες.

Το όζον της Γης μετά την ολοσχερή διακοπή της χρήσης χλωροφθορανθράκων το 1996- βρίσκεται σε φάση αποκατάστασης, τόσο όσον αφορά την "τρύπα" πάνω από τους πόλους, όσο και όσον αφορά το στρώμα του γύρω από όλο τον πλανήτη. Όμως η ανεξέλεγκτη αύξηση του υποξειδίου του αζώτου μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρό πισωγύρισμα, ακόμα και επιδείνωση της κατάστασης στο μέλλον. Σημειωτέον ότι κάθε χρόνο, λόγω των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, εκπέμπονται περίπου 10 εκατ. τόνοι υποξειδίου του αζώτου, έναντι μόλις ενός εκατ. τόνου χλωροφθορανθράκων. Από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης, οι εκπομπές υποξειδίου του αζώτου αυξάνονται 0.5% ετησίως.

Το "αέριο του γέλιου" χρησιμοποιείται κυρίως στην οδοντιατρική ως αναισθητικό. Χρησιμοποιείται επίσης ως οξειδωτικό αέριο για την παραγωγή φλόγας πολύ υψηλής θερμοκρασίας (2.600 - 2.800 βαθμών Κελσίου).

## **2.6. ΕΞΑΦΘΟΡΙΟΥΧΟ ΘΕΙΟ SF6**

Ένα αέριο που δεν το δημιουργεί η φύση, αλλά ο άνθρωπος, δηλαδή ένα **ανθρωπογενές αέριο**.

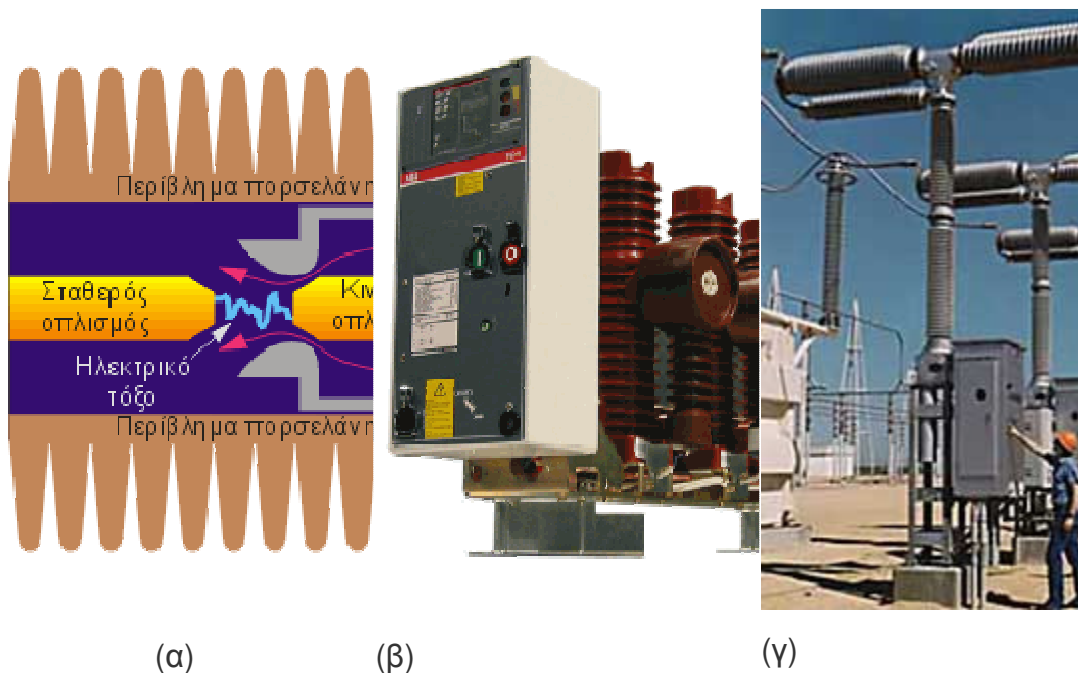
Το SF6 είναι το πιο δραστικό απ' όλα τα ανθρωπογενή αέρια ως προς τη δυναμικότητα επιδείνωσης του γνωστού ως "φαινόμενο του θερμοκηπίου"!

## 2.6 .1 Εφαρμογές του SF<sub>6</sub> στον ηλεκτρισμό

Σχεδόν το 80% της παραγωγής του SF<sub>6</sub> χρησιμοποιείται για διάφορες ηλεκτρικές εφαρμογές. Η μηδενική διπολική ροπή του το καθιστά άριστο διηλεκτρικό υλικό σε διακόπτες και αγωγούς υψηλών τάσεων. Η χρήση του σε διακόπτες υψηλών τάσεων (από λίγα kV έως και μερικές εκατοντάδες kV) αποτρέπει το σχηματισμό ηλεκτρικού τόξου, που καθιστά αναποτελεσματική τη διακοπή (συνεχίζει να κυκλοφορεί ρεύμα) και καταστρέφει τον διακόπτη λόγω ανάπτυξης υψηλών θερμοκρασιών. Το υπό πίεση SF<sub>6</sub> αντικαθιστά ως μονωτικό υλικό ελαιώδη υλικά, όπως τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCB), τα οποία απεδείχθησαν ιδιαίτερα επιβλαβή και επικίνδυνα για το περιβάλλον.

Το SF<sub>6</sub> ως αέριο υπό πίεση χρησιμοποιείται ως μονωτικό στους ονομαζόμενους **υποσταθμούς με μόνωση αερίου** (gas insulated switchgear, GIS), επειδή έχει πολύ πιο μεγάλη διηλεκτρική σταθερά από τον αέρα, γεγονός που καθιστά δύσκολη τη διάσπασή του υπό την επίδραση ισχυρού ηλεκτρικού πεδίου και επομένως την έναρξη ηλεκτρικού τόξου. Η ιδιότητα αυτή επιτρέπει τη μείωση του μεγέθους της ηλεκτρικής συσκευής, αφού δεν απαιτούνται μεγαλύτερες αποστάσεις για να αποφευχθεί η δημιουργία ηλεκτρικών τόξων.

Με το SF<sub>6</sub> καθίσταται δυνατή η κατασκευή ηλεκτρικών συσκευών ελέγχου υψηλών τάσεων (διακοπών, μετασχηματιστών κ.λπ.) μικρού σχετικά μεγέθους, κατάλληλων για κλειστούς χώρους, σε αντίθεση με τα αντίστοιχα συστήματα εξωτερικών χώρων που μονώνονται με αέρα και επομένως καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερο χώρο. Οι ηλεκτρικές συσκευές που μονώνονται με SF<sub>6</sub> αέριο δεν ρυπαίνουν το περιβάλλον, είναι ανθεκτικότερες στις αλλαγές του κλίματος και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής.



Οι διακόπτες ισχύος με SF<sub>6</sub> που χρησιμοποιούνται σε υποσταθμούς με μόνωση αερίου (GIS) χρησιμοποιούνται για να συνδέουν με το ηλεκτρικό δίκτυο ή να αποσυνδέουν από αυτό υψηλές ηλεκτρικές καταναλώσεις (υψηλές τάσεις/εντάσεις).

(α) Αρχή λειτουργίας: Κατά τη διακοπή του κυκλώματος, ρέει SF<sub>6</sub> από το δεξιό χώρο (υψηλότερης πίεσης) προς τα αριστερά και "σβήνει" το ηλεκτρικό τόξο. (β) Εξωτερική εμφάνιση τυπικού διακόπτη ισχύος βιομηχανικών μονάδων. (γ) Διακόπτες ισχύος υποσταθμών διανομής ηλεκτρικού ρεύματος.

### **Άλλες εφαρμογές του SF<sub>6</sub>**

Το SF<sub>6</sub> χρησιμοποιείται στη μεταλλουργία του μαγνησίου ως προστατευτικό αδρανές αέριο για να προλαμβάνεται η ανάφλεξη κατά τη χύτευσή του (βλέπε παραπλεύρως φωτογραφίες α και β)

Στη μεταλλουργία του αλουμινίου διαβιβάζεται SF<sub>6</sub> μέσω του τηγμένου μετάλλου για να απομακρύνει ακαθαρσίες και άλλα αέρια (κυρίως H<sub>2</sub>), που ο εγκλωβισμός τους κατά τη στερεοποίηση του μετάλλου θα προκαλούσε μείωση της μηχανικής αντοχής του λόγω σχηματισμού πόρων (βλέπε παραπλεύρως φωτογραφία γ).

Πλάσμα (ιοντισμένη κατάσταση της ύλης σε υψηλές θερμοκρασίες) SF<sub>6</sub> χρησιμοποιείται στη βιομηχανία ημιαγωγών για διαβρωτική χάραξη επιφανειών (etchant).

Σημαντικές φαίνεται ότι είναι οι εφαρμογές του SF<sub>6</sub> στην ιατρική. Η ιδιαίτερα χαμηλή διαλυτότητα του SF<sub>6</sub> στο αίμα, το κάνουν χρήσιμο στην οφθαλμολογική χειρουργική, όπου χρησιμοποιείται για μακροχρόνια κάλυψη σαν ταμπόν

(tamponade, plug ) οπών στις εγχειρίσεις αποκατάστασης αποκόλλησης αμφιβληστροειδή χιτώνα.

Μια άλλη πρακτική εφαρμογή του SF<sub>6</sub> είναι ότι χρησιμοποιείται ως **ουσία αντίθεσης** (contrast agent) κατά τη λήψη υπερηχογραφημάτων (ultrasound imaging). Μικροφουσαλίδες SF<sub>6</sub> χορηγούνται με ένεση σε περιφερική φλέβα. Οι μικροφουσαλίδες αυτές βελτιώνουν την ορατότητα των αιμοφόρων αγγείων μέσω υπερήχων. Η εφαρμογή αυτή χρησιμοποιείται για τη διαπίστωση δημιουργίας αιμοφόρων αγγείων σε καρκινικούς όγκους (αγγειογένεση).

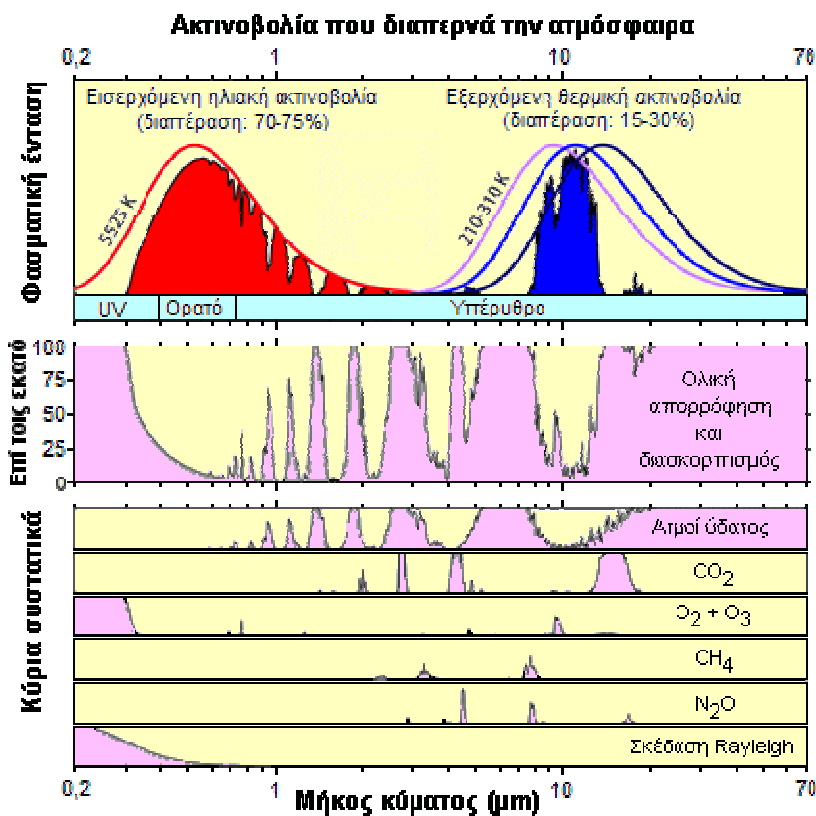
Χρησιμοποιείται ευρύτατα στους διπλούς θερμομονωτικούς υαλοπίνακες κατοικιών και άλλων κτηρίων. Λόγω της μικρής θερμικής αγωγιμότητάς παρεμβάλλεται στο κενό ανάμεσα στους δύο υαλοπίνακες με αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερης θερμομόνωσης.

Χρησιμοποιείται ως ιχνηθέτης στην ωκεανογραφία (tracer) και σε μελέτες εξαερισμού και ανακύκλωσης αέρα κτηρίων, λόγω της εξαιρετικής ευαισθησίας και ακρίβειας μέτρησης εξαιρετικά χαμηλών συγκεντρώσεών του. Συγκεντρώσεις λίγων ppt (μέρη στο τρισεκατομμύριο) στον αέρα μπορούν να μετρηθούν εύκολα αεριοχρωματογραφικά με **ανιχνευτή σύλληψης ηλεκτρονίων** (electron capture detector, ECD).

Αν και το SF<sub>6</sub> είναι αέριο μη τοξικό, ακίνδυνο και βρίσκεται ακόμη σε πολύ χαμηλά επίπεδα στην ατμόσφαιρα (στο σύνολό του θεωρείται ανθρωπογενούς προέλευσης), λόγω της μεγάλης δυναμικότητάς του ως "αέριο θερμοκηπίου" καταβάλλονται προσπάθειες να μειωθούν οι χρησιμοποιούμενες ποσότητές του, όπως και οι εκπομπές του από τις διάφορες χρήσεις του και κυρίως από τη βιομηχανία παραγωγής και διανομής ηλεκτρικής ενέργειας.

### **Η συμβολή του SF<sub>6</sub> στο φαινόμενο του θερμοκηπίου**

Όταν το ηλιακό φως φθάνει στην επιφάνεια της Γης, ένα μέρος του απορροφάται και θερμαίνει την επιφάνειά της. Η ακτινοβολία από τον ήλιο, λόγω της υψηλής θερμοκρασίας της επιφάνειάς του φθάνει στη Γη κυρίως στην υπεριώδη και ορατή περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (κόκκινη περιοχή στο παρακάτω σχήμα).



Σύμφωνα με τους νόμους ακτινοβολίας μέλανος σώματος, επειδή η θερμοκρασία της επιφάνειας της Γης είναι πολύ χαμηλότερη από εκείνη του ηλίου, η ακτινοβολούμενη από αυτή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία βρίσκεται σε περιοχές μεγαλύτερου μήκους κύματος (κυανή περιοχή στο παραπλεύρως σχήμα) και κυρίως στην περιοχή του υπέρυθρου. Η ισορροπία μεταξύ της εισερχόμενης ακτινοβολίας (ηλιακής) και της εξερχόμενης (ακτινοβολία επιφάνειας Γης) είναι απαραίτητη προϋπόθεση για τη διαχρονική σταθεροποίηση της μέσης θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας.

Η απορρόφηση μέρους αυτής της "ανακλώμενης" μακροκυματικής ακτινοβολίας από συστατικά της ατμόσφαιρας συμβάλλει στη θέρμανσή της. Το φαινόμενο αυτό είναι ευρύτερα γνωστό ως **φαινόμενο του θερμοκηπίου** (greenhouse effect) και τα συστατικά της ατμόσφαιρας που απορροφούν στις περιοχές αυτές (υπέρυθρο) αναφέρονται ως **αέρια θερμοκηπίου** (greenhouse gases, GHGs).

Στην απορρόφηση της "ανακλώμενης" ακτινοβολίας συμβάλλουν κυρίως οι υδρατμοί και το CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας. Πέραν αυτών στο φαινόμενο συμβάλλουν

και αέρια όπως το CH<sub>4</sub> και το N<sub>2</sub>O, που σε ιχνοποσότητες είναι φυσικά συστατικά της ατμόσφαιρας.

Στο παραπάνω σχήμα δείχνονται τα φάσματα της εισερχόμενης και εξερχόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, όπως και οι περιοχές απορρόφησης από διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας. Έτσι, π.χ. φαίνεται ότι ολόκληρες περιοχές του υπέρυθρης ακτινοβολίας απορροφούνται πλήρως από τους ατμούς ύδατος .

Μέχρι ένα σημείο το φαινόμενο του θερμοκηπίου όχι μόνο είναι ανεκτό αλλά και απαραίτητο για τη ζωή στον πλανήτη μας. Ό,τι όμως το επιτείνει συμβάλλει στην υπερθέρμανση της ατμόσφαιρας με όλα τα επακόλουθα καταστρεπτικά αποτελέσματα (κλιματικές αλλαγές, τήξη παγετώνων και πολικών πάγων, πλημμύρες). Και αυτό που το επιτείνει είναι η υπερβολική εκπομπή αερίων θερμοκηπίου λόγω των δραστηριοτήτων του ανθρώπου.

Αν και τη "μερίδα του λέοντος" στις εκπομπές λόγω ανθρωπίνων δραστηριοτήτων κατέχει το CO<sub>2</sub>, ιδιαίτερα δραστικά αποδείχθηκαν και άλλα αέρια τα οποία δεν δημιουργεί η φύση αλλά είναι ουσιαστικά 100% ανθρωπογενούς προέλευσης, όπως είναι διάφορα φθοροπαράγωγα υδρογονανθράκων αλλά και το SF<sub>6</sub>.

Η μέχρι στιγμής συγκέντρωση του SF<sub>6</sub> στην ατμόσφαιρα είναι πολύ μικρή και επομένως η συνεισφορά του στο φαινόμενο είναι ακόμη ελάχιστη, όμως φαίνεται ότι υπάρχει τάση αύξησής της

Αέριο θερμοκηπίου	Εκπομπές εκατομμύρια ισοδύναμου άνθρακα*	σε τόνους	Σχετική συμμετοχή %
CO <sub>2</sub>	1583,3		83,25
CH <sub>4</sub>	176,8		9,30
N <sub>2</sub> O	99,4		5,22
HFCs**	28,1		1,48
PFCs**	8,7		0,46
<b>SF<sub>6</sub></b>	<b>5,5</b>		<b>0,29</b>

\* Η ποσότητα άνθρακα που στη μορφή CO<sub>2</sub> θα είχε το ίδια την ίδια επίδραση με εκείνη

της ποσότητας του εκπεμπόμενου αερίου θερμοκηπίου. Όπως αναφέρεται στο κείμενο 1 kg SF6 ισοδυναμεί σε καύση 6 τόνων C.

*\*\* Μίγματα αερίων. Η τιμή GWP είναι η μέση τιμή σταθμισμένη (weighted) ως προς τις επιμέρους εκπεμπόμενες ποσότητες κάθε συγκεκριμένου τύπου αερίου.*

Το SF6 θα χρησιμοποιείται ευρύτατα κατά τις επόμενες δεκαετίες, μέχρις ότου βρεθούν άλλα υποκατάστατά του φιλικότερα προς το περιβάλλον. Οι προσπάθειες επικεντρώνονται στη χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν μικρότερων ποσοτήτων του με βελτίωση των σχετικών τεχνολογιών, όπως και στον περιορισμό των διαρροών του.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

## 3.ΑΡΝΗΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΣΕ ΕΛΛΑΔΑ-ΕΥΡΩΠΗ

### 3.1 Αναμενόμενες επιπτώσεις στην Ελλάδα

Παραθαλάσσιες πόλεις της Ελλάδας, όπως η Θεσσαλονίκη, αναμένεται να επηρεαστούν από την ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας, εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου, ενώ προβλήματα ενδέχεται να αντιμετωπίσουν από τις καθιζήσεις λιμάνια, παράκτιες εγκαταστάσεις, αεροδρόμια και δίκτυα αποχετεύσεων σε ολόκληρη τη χώρα. Τα 6.000 από τα 15.000 χιλιόμετρα της ελληνικής ακτογραμμής θα έχουν πλημμυρίσει μόνιμα μέχρι το τέλος του αιώνα. Η Θεσσαλονίκη θα γίνει Βενετιά, η λίμνη Βιστονίδα θα εξαφανιστεί, ο αρχαιολογικός χώρος του Ηραίου στη Σάμο θα καταποντιστεί και το Δέλτα του Αχελώου θα απολέσει πάνω από 4.000 στρέμματα γης. Οι κλιματικές αλλαγές θα προκαλέσουν θερμική διαστολή της θάλασσας και οι δυσμενείς επιπτώσεις από την άνοδό της καταγράφονται σε μελέτη που πραγματοποίησε, βάσει ιστορικών δεδομένων, η Σχολή Αγρονόμων - Τοπογράφων Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Τα επόμενα 50 χρόνια η μέση στάθμη της θάλασσας υπολογίζεται πως θα ανέβει κατά μισό μέτρο, εάν δεν μειωθούν οι εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου που έχουν προξενήσει μέσα σε έναν αιώνα δραστική μεταβολή του κλίματος.

Τα τελευταία 100 χρόνια η μέση στάθμη της θάλασσας ανέβηκε 18 εκατοστά και στα επόμενα 100 χρόνια εκτιμάται πως η άνοδός της θα αγγίξει το 1 μέτρο. Προς το τέλος του 21ου αιώνα στην Ελλάδα αναμένεται, σύμφωνα με την τελευταία έκθεση του Εθνικού Αστεροσκοπείου, άνοδος της θερμοκρασίας κατά 7 βαθμούς Κελσίου στην Αθηνά και κατά 8 βαθμούς στη Θεσσαλονίκη. Επίσης, από την αλλαγή του κλίματος θα αυξηθεί η ένταση των κυμάτων, ενώ στη



βόρεια και κεντρική Ευρώπη οι πολύ κρύοι χειμώνες θα είναι πολύ σπάνιο φαινόμενο, στη δεκαετία του 2020 και σχεδόν ανύπαρκτοι το έτος 2080. Τις παραπάνω δυσοίωνες προβλέψεις για τις συνέπειες στον πλανήτη από το φαινόμενο του θερμοκηπίου, ανακοίνωσαν επιστήμονες στη διάρκεια ημερίδας, με θέμα «Κλιματικές αλλαγές και επιπτώσεις στους υδρόβιους και χερσαίους οργανισμούς», που πραγματοποιήθηκε στη Θεσσαλονίκη το 2008 με πρωτοβουλία της επιτροπής ερευνών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης και του Δικτύου Μελετών της Επίδρασης των Κλιματολογικών Αλλαγών στους Οργανισμούς «Klimabio».

Όπως επισήμανε ο αναπληρωτής καθηγητής του τμήματος Βιολογίας του ΑΠΘ Βασίλης Μιχαηλίδης σύμφωνα με τις σημερινές έρευνες και προβλέψεις η αλλαγή του κλίματος στην Ελλάδα θα έχει ως αποτέλεσμα ορισμένες περιοχές να έχουν περισσότερες βροχοπτώσεις ή χαμηλότερες θερμοκρασίες. Επίσης, όσο θα ανεβαίνει η θερμοκρασία η ρύπανση της ατμόσφαιρας θα εντείνεται και σε περίπτωση που συνεχιστεί το φαινόμενο θα προκληθούν, καταστροφή των καλλιεργειών ελιάς και δημητριακών από την ξηρασία, ενώ και η εθνική οικονομία θα ζημιωθεί άμεσα, από τη μείωση της παραγωγής και της καταστροφής των υποδομών.

Στην Ευρώπη, σύμφωνα με τις σημερινές έρευνες και προβλέψεις, για κάθε δεκαετία που διανύουμε θα σημειώνεται αύξηση της μέσης ετήσιας θερμοκρασίας, που θα κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 0,4 βαθμών Κελσίου. Ταυτόχρονα, η βροχόπτωση και η χιονόπτωση θα αυξάνεται στη βόρεια Ευρώπη κατά 1-2% (ήδη κατά τον εικοστό αιώνα η βροχόπτωση στη βόρεια Ευρώπη αυξήθηκε σε ποσοστό 10-40%) κάθε δεκαετία που περνάει, και στο νότιο τμήμα της γηραιάς ηπείρου οι βροχές και τα χιόνια θα μειώνονται. Λόγω των ακραίων καιρικών φαινομένων προβλέπεται καταστροφή σημαντικών οικονομικών τομέων, όπως η αλιεία, οι υδατοκαλλιέργειες, αλλά και ο τουρισμός.

Άνοδος της θάλασσας κατά ένα μέτρο θα αναγκάσει περισσότερο από το 3% των κατοίκων στη Μέση Ανατολή και στη Βόρεια Αφρική να εγκαταλείψουν τις παράκτιες περιοχές, ενώ ταυτόχρονα θα επηρεάσει περίπου 2% των κατοίκων της Ανατολικής Ασίας. Συνολικά, η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας κατά θα οδηγήσει στην εξαφάνιση 194.000 τετραγωνικών χιλιομέτρων και θα αναγκάσει

1,28% του πληθυσμού των αναπτυσσόμενων χωρών (56 εκατομμύρια ανθρώπους) να εγκαταλείψουν τα σπίτια τους. Κατ' εκτίμηση το 1,3% του ΑΕΠ θα χανόταν για αυτές τις χώρες. Στην Αίγυπτο, το 25% του Δέλτα του ποταμού Νείλου θα βρεθεί κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας υποχρεώνοντας το 25% του πληθυσμού να εγκαταλείψει τις εστίες του, εξαφανίζοντας μέρος των καλλιεργήσιμων εκτάσεων και προκαλώντας οικονομική επιβράδυνση κατά 6%. Στο Βιετνάμ, κατ' εκτίμηση το 10,8% του πληθυσμού θα υποχρεωνόταν σε μετανάστευση, ενώ στο Μπαγκλαντές και στη Σρι Λάνκα το αντίστοιχο ποσοστό θα ανερχόταν στο 0,8% του συνολικού πληθυσμού. Τα παραπάνω αποτελούν μελέτη της Παγκόσμιας Τράπεζας που πραγματοποιήθηκε προκειμένου να υπολογιστεί το αντίτιμο που θα έχει η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας στις παράκτιες αναπτυσσόμενες χώρες, τόσο στους πληθυσμούς τους, όσο και στο Ακαθάριστο Εθνικό Προϊόν, τις καλλιέργειες, τις αστικές περιοχές και τους υγρότοπους.

### **1. Πανδημίες και επανεμφάνιση ξεχασμένων ασθενειών**

Καθώς οι βόρειες περιοχές του πλανήτη θα γίνουν πιο ζεστές έντομα θα μεταναστεύουν εκεί, φέρνοντας και τις ασθένειες των οποίων είναι φορείς. Ήδη επιστήμονες υποστηρίζουν πως εξαιτίας του φαινομένου η μαλάρια επανεμφανίστηκε στο Περού.



## **2. θέρμανση των υδάτων και δημιουργία συχνών και ισχυρών τυφώνων.**

Όσο η στάθμη και η θ/α των ωκεανών θα ανεβαίνει, τόσο θα αυξάνεται και η πιθανότητα δημιουργίας επικίνδυνων καιρικών φαινομένων.



## **3. Εμφάνιση και όξυνση του φαινομένου της “ερημοποίησης” και των κυμάτων έντονου καύσωνα.**

Την ίδια στιγμή που σε άλλες περιοχές του πλανήτη η στάθμη του νερού θα ανεβαίνει, άλλα κράτη θα έρχονται αντιμέτωπα με την ξηρασία και την έλλειψη πόσιμου νερού. Η Αφρική και περιοχές της Ασίας ήδη αντιμετωπίζουν το φαινόμενο, ενώ αξίζει να σημειωθεί πως ως συνέπεια έχει την δημιουργία ενός νέου τύπου προσφύγων που αποκαλούνται “περιβαλλοντολογικοί πρόσφυγες” και βέβαια την δημιουργία ταραχών και ένοπλων συγκρούσεων για τον έλεγχο πηγών νερού.



## **4.Οικονομικές συνέπειες.**

Η συνολική αντιμετώπιση του φαινομένου θα οδηγήσει τα κράτη να ξοδέψουν τεράστια χρηματικά ποσά . Η αντιμετώπιση ασθενειών που μέχρι τώρα θεωρούνταν

αδύνατον να πλήξουν τον ανεπτυγμένο κόσμο θα απαιτήσει την διάθεση αστρονομικών ποσών με συνέπεια η παγκόσμια οικονομία να πληγεί βαθιά.



##### **5. Το λιώσιμο των πάγων στους πόλους.**

Πρόκειται βέβαια για το πιο άμεσο και ορατό επακόλουθο της υπερθέρμανσης του πλανήτη, για το οποίο έχουν ειπωθεί πολλά και επηρεάζει άμεσα την εμφάνιση των παραπάνω. Αξίζει όμως να τονίσουμε πως επηρεάζει και την επιβίωση πολλών ειδών.



##### **6. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα μειώσει τη γεωργική παραγωγή**

Οι συνέπειες ενός πιο ζεστού πλανήτη στην παγκόσμια παραγωγή τροφίμων μπορεί να είναι τεράστιες. Από την άνοδο της θερμοκρασίας θα επηρεαστούν περισσότερο οι τροπικές περιοχές, όπου ζει το 60% του παγκόσμιου πληθυσμού. Οι επιπτώσεις

στη γεωργική παραγωγή λόγω της υπερθέρμανσης, σε συνδυασμό με την αύξηση του παγκόσμιου πληθυσμού (που αναμένεται να φτάσουν τα 7,8 δισεκατομμύρια ανθρώπους το 2020) θα οδηγήσουν σε ανεπάρκεια των κυριότερων καλλιεργειών. Σύμφωνα πάντα με μελέτες, η παραγωγή σταριού θα παρουσιάζει έλλειψη της τάξης του 14% σε σχέση με τη ζήτηση μέσα στην επόμενη δεκαετία. Στο ρύζι το ποσοστό αυτό θα είναι 11% και στο καλαμπόκι 9%. Η σόγια είναι το μοναδικό καλλιεργήσιμο προϊόν η παραγωγή του οποίου θα αυξηθεί κατά την ίδια περίοδο και έτσι θα παρουσιάζει πλεόνασμα κατά 5% σε σχέση με τη ζήτηση, επισημαίνει έρευνα που δημοσιεύεται από την Universal Ecological Fund, μια μη κυβερνητική οργάνωση που εδρεύει στην Αργεντινή.

### **Νυκτερινός φωτισμός και η συμβολή του στο φαινόμενο.**

Ο νυκτερινός φωτισμός πραγματοποιείται, σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα, με κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας. Για κάθε δαπανωμένη KWH η ατμόσφαιρα εμπλουτίζεται περίπου με ένα κιλό διοξειδίου του άνθρακα, δηλαδή με 509 L διοξειδίου του άνθρακα μετρημένα σε πρότυπες συνθήκες.

Τα παραπάνω ισχύουν για τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι χώρες αυτές διαθέτουν διαφόρων τύπων μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας. Από αυτές εκείνες που μετατρέπουν την αιολική ενέργεια σε ηλεκτρική, την ηλιακή σε ηλεκτρική, αυτές που παράγουν ηλεκτρική ενέργεια από υδατοπτώσεις και τα πυρηνικά εργοστάσια δεν επιβαρύνουν την ατμόσφαιρα με CO<sub>2</sub>. Όσες μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας όμως καταναλώνουν ορυκτά καύσιμα παράγουν μεγάλες ποσότητες CO<sub>2</sub>.

Για την Ελλάδα σύμφωνα με το ΤΕΙ Κοζάνης έχουμε:

Σύμφωνα όμως με έκθεση της WWF για τις 30 πιο ρυπογόνες μονάδες ηλεκτρισμού στην Ευρώπη το 2006, οι σταθμοί της ΔΕΗ στον Άγιο Δημήτριο και την Καρδιά Κοζάνης, καταλαμβάνουν την πρώτη και δεύτερη θέση αντίστοιχα στην επιβάρυνση της ατμόσφαιρας με αέρια του θερμοκηπίου.

Συγκεκριμένα, ο ΑΗΣ Αγίου Δημητρίου καταλαμβάνει την πρώτη θέση στον κατάλογο, με εκπομπές που φτάνουν τα 1.350 γραμμάρια διοξειδίου του άνθρακα ανά παραγόμενη κιλοβατώρα και 12,4 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub>

ετησίως. Στη δεύτερη θέση βρίσκεται ο ΑΗΣ Καρδιάς με 1.250 γραμμάρια CO<sub>2</sub> ανά κιλοβατώρα και 8,8 εκατομμύρια τόνους CO<sub>2</sub> ετησίως.

Συμπερασματικά μπορούμε να πούμε ότι η φωτορρύπανση πρέπει να ενταχθεί στις αιτίες που συμβάλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και έχουν σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις. Δεν πρέπει να θεωρείται μόνον πρόβλημα των αστρονόμων και των ερασιτεχνών αστρονόμων. Μόνον έτσι θα προβληματισθούν όλοι οι πολίτες και θα απαιτήσουν τη λήψη μέτρων για την αντιμετώπιση του φαινομένου.

Το νερό και το κλίμα, που διαδραματίζουν κεντρικό ρόλο στη γεωργική παραγωγή, θα επηρεαστούν ιδιαίτερα από την υπερθέρμανση. Επιπλέον, οι άνθρωποι εκμεταλλεύονται ήδη τις περισσότερες αρόσιμες γαίες σε όλο τον πλανήτη.

### **3.2. ΟΙ ΕΜΜΕΣΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ.**

Εκτός από τις άμεσες επιπτώσεις υπάρχουν και οι έμμεσες που μπορεί να αποβούν ακόμα πιο επικίνδυνες.

#### **Μικρόβια-περιβάλλον**

Είναι γνωστό ότι τόσο τα έντομα, όσο και τα μικρόβια αναπτύσσονται συνήθως σε ζεστό και υγρό περιβάλλον. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε μεγάλη κατηγορία από αυτά και οι παραμικρές μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών επιφέρουν μεταβολές. Αν δεν υπάρξει αναστροφή του φαινομένου ο αιώνας μας σίγουρα θα είναι η «**χρυσή περίοδος των μικροβίων**».

Η **Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας** το 1990 εκτίμησε ότι οι κλιματολογικές μεταβολές θα εξάρουν την εμφάνιση ασθενειών όπως: ελονοσία, λεμφική φλιαρίαση, ογκοκέρκωση, σχιστοσωμίαση, τρυπανοσωμίαση και λεσμινίανση. Μάλιστα, αναφερόμενη στην πιθανή μεταβολή της κατανομής τις διαβαθμίζει (και τις κατατάσσει) από πολύ, ως πάρα πολύ πιθανές. Στις τροπικές χώρες η ελονοσία για παράδειγμα ευθύνεται για 1 εκατομμύριο θανάτους το χρόνο. Άλλο

1 εκατομμύριο παιδιά, επίσης, χάνουν της ζωή τους νοτίως της Σαχάρας από την ίδια ασθένεια. Αν, σήμερα, η ελονοσία απειλεί 280 εκατ., σε τριάντα χρόνια θα απειλεί περίπου 2 δισ. Η ελονοσία, ως γνωστό, μεταδίδεται από τα κουνούπια για τα οποία οι άριστες συνθήκες, για να μολυνθούν και να μεταδώσουν τη μόλυνση βρίσκονται μεταξύ 20 και 30 βαθμών Κελσίου και υγρασία 60%.

### **Το πρόβλημα με τους ιούς**

Τα έντομα είναι αυτά που μεταδίδουν πάνω από 100 ιούς (οι μισοί μεταδίδονται μέσω των κουνουπιών)! Η γκάμα των ασθενειών είναι τεράστια και περιλαμβάνει από απλούς πυρετούς μέχρι τη θανατηφόρο εγκεφαλίτιδα. Όταν οι συνθήκες είναι ευνοϊκές τότε μπορεί οι ασθένειες όχι απλά να εξαπλωθούν τοπικά, αλλά να «ξεφύγουν» από κάθε έλεγχο. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της χολέρας πριν από μερικά χρόνια στην τροπική ζώνη. Οι επονομαζόμενοι διαβιβαστές των ιών επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, τις βροχοπτώσεις, την υγρασία, τους ανέμους και τα υπόγεια ύδατα. Η αύξηση της θερμοκρασίας και των βροχοπτώσεων π.χ. στην Αυστραλία είναι πιθανό να συνδυαστεί με εμφάνιση ή επέκταση ασθενειών που είτε δεν υπάρχουν, είτε είναι αυστηρά περιορισμένες σήμερα. Όσο για τις ΗΠΑ έχει εκτιμηθεί ότι η εγκεφαλίτιδα του St. Luis μπορεί να μεταφερθεί βορειότερα αν εξακολουθήσει να αυξάνεται η θερμοκρασία, όπως και η νόσος Lyme (που μεταδίδεται με τσιμπούρια).

### **Βροχοπτώσεις και λοιμώδεις ασθένειες**

Τα σενάρια για το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι πολλά, όπως. Σε κάτι όμως φαίνεται να υπάρχει στην επιστημονική κοινότητα- συμφωνία. Η αύξηση της θερμοκρασίας θα επηρεάσει τις βροχοπτώσεις, άρα και την κατανομή των επιφανειακών νερών και φυσικά των πλημμυρών. Αν λάβουμε το σενάριο αυτό ως δεδομένο, τότε είναι βέβαιο ότι σε πάρα πολλές περιοχές η ποιότητα των πόσιμων υδάτων θα υποβαθμιστεί δραματικά. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα την εξάπλωση της χολέρας, της διάρροιας και της δυσεντερίας. Χώρες φτωχές με υγειονομικά μέσα ανύπαρκτα που και σήμερα αδυνατούν να ανταπεξέλθουν στη στοιχειώδη αντιμετώπιση των παραπάνω ασθενειών είναι βέβαιο ότι θα κινδυνεύσουν με πλήρη αφανισμό. Αλλά ο αφανισμός αυτός θα συμπαρασύρει κι άλλες χώρες μια και η βροχή (και το θερμότερο κλίμα) θα αποτελέσουν τη μετάδοση των ασθενειών και σ' άλλες χώρες. Οι πλημμύρες που θα αυξηθούν θα προκαλέσουν επιδημικές εκρήξεις

στους τόπους φιλοξενίας των θυμάτων από τα ακραία καιρικά φαινόμενα, με άμεσο κίνδυνο μετάδοσής τους. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας έχει συνήθως συνδυαστεί με τις καταστροφές στις γεωργικές καλλιέργειες. Εμείς θα προσθέσουμε άλλη μια παράμετρο που δε συζητείται. Τι θα γίνει με τα απόβλητα των αποχετεύσεων;

Πολλοί είναι εξάλλου οι μελετητές που υποστηρίζουν ότι η έξαρση ακραίων καιρικών φαινομένων τις τελευταίες δεκαετίες είναι αποτέλεσμα της αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με επιστημονικές εκτιμήσεις, παρόλο που η μικρή αύξηση στη μέση θερμοκρασία της γης λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου μπορεί να θεωρείται μικρής σημασίας, είναι δυνατό να κινητοποιήσει πολλές αλλαγές που θα μπορούσαν να επιφέρουν σημαντικές επιπτώσεις ιδίως στο κλίμα μιας περιοχής.



Ένα καιρικό φαινόμενο χαρακτηρίζεται ως ακραίο είτε από την έντασή του, είτε από την διάρκεια του ή και από την συχνότητα επανεμφάνισής του. Οι συνέπειες ενός ακραίου καιρικού φαινομένου υπολογίζονται από την σχέση της έντασης του συγκεκριμένου φαινομένου με τη συχνότητα επανεμφάνισής του στην ίδια περιοχή. Αντικειμενικά είναι πολύ δύσκολο να ορισθεί μία τιμή μεγέθους πάνω από την οποία ένα καιρικό φαινόμενο θα μπορεί να χαρακτηρίζεται ως ακραίο και αυτό γιατί στο χαρακτηρισμό του συνηγορούν πολλοί παράγοντες. Σε πολλές περιπτώσεις ο χαρακτηρισμός αυτός είναι αποτέλεσμα των καταστροφών ή ακόμη και των θανάτων που προκάλεσε σε μία περιοχή.

Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν αναπτυχθεί πολλές θεωρίες οι οποίες υποστηρίζουν ότι η φυσική μεταβλητότητα του κλίματος συχνά οδηγεί σε ακραία καιρικά φαινόμενα και καταστροφές. Σε χρονική κλίμακα μερών, μηνών ή ακόμα και ετών, μπορεί να παράγονται κύματα καύσωνα, πλημμύρες, έντονες καταιγίδες



και άλλα ακραία φαινόμενα λόγω της φυσικής διακύμανσης του καιρού και του κλίματος. Όταν ένα ακραίο καιρικό συμβάν έχει σημαντικά δυσμενή επίπτωση στην ανθρώπινη ευμάρεια, τότε αυτό ονομάζεται κλιματική καταστροφή (“climatic disaster”). Σε μερικές περιοχές της Γης παρατηρούνται κλιματικές καταστροφές τόσο συχνά, ώστε θεωρούνται ότι αποτελούν τμήμα της φυσιολογικής μορφής του κλίματος. Είναι πιθανόν η κλιματική αλλαγή που προκαλείται εξαιτίας του φαινομένου του θερμοκηπίου να μεταβάλλει τη συχνότητα, το εύρος και τον χαρακτήρα των ακραίων καιρικών μαινόμενων και των κλιματικών καταστροφών.

Σύμφωνα με δεδομένα και παρατηρήσεις, πολλές περιοχές του κόσμου τις τελευταίες δεκαετίες έχουν υποστεί ακραία καιρικά φαινόμενα που ξεπερνούν τα φυσιολογικά όρια εμφάνισης. Παραδείγματα αποτελούν τα καλοκαιρινά κύματα καύσωνα που εμφανίστηκαν το 1995 στην Κέντρο-Δυτική περιοχή των ΗΠΑ και την Ινδία. Άνω των 700 ανθρώπων πέθαναν από θερμοπληξία στις ΗΠΑ, ενώ στην Ινδία 500 άνθρωποι πέθαναν όταν οι θερμοκρασίες που παρατηρήθηκαν τον Ιούνιο 1995 άγγιξαν τους 50°C. Νωρίτερα το χρόνο αυτό, οι πλημμύρες που παρατηρήθηκαν στην Ολλανδία προκάλεσαν εκκένωση των περιοχών. Ας σημειωθούν σε αυτό το σημείο, οι πλημμύρες του Αυγούστου 2002 στην Γερμανία, οι συχνές βροχοπτώσεις του Σεπτεμβρίου 2002 στην Ελλάδα κάτι που είχε χρόνια να παρατηρηθεί.

Το μεγαλύτερο κόστος από τα ακραία καιρικά φαινόμενα παρατηρήθηκε σε ανεπτυγμένες χώρες, ενώ τα περισσότερα θύματα σε αναπτυσσόμενες χώρες. Επίσης το μεγάλο οικονομικό κόστος δε συμβαδίζει απαραίτητα με πολλά θύματα από τα ακραία καιρικά φαινόμενα.

Μελετητές υποστηρίζουν ότι στο μέλλον η παγκόσμια κλιματική αλλαγή θα επηρεάσει σημαντικά τη συχνότητα, το εύρος και την τοποθεσία εκδήλωσης των ακραίων καιρικών φαινομένων, αναφέροντας ότι αναμένονται περισσότερα κύματα καύσωνα και λιγότερες περιόδους παγετώνων, ενώ εντονότερες βροχοπτώσεις μπορούν να οδηγήσουν σε αυξημένες πλημμύρες σε μερικές περιοχές.

Παρόλα αυτά, τα ακραία καιρικά φαινόμενα διαρκούν για σχετικά μικρό χρονικό διάστημα και είναι συνήθως τοπικής κλίμακας. Παράλληλα, ανθρώπινες παρεμβάσεις όπως η αστικοποίηση, το κλείσιμο των φυσικών ρευμάτων με σκουπίδια, οι ελλείψεις υποδομές και η άναρχη δόμηση έχουν σημαντική επίδραση στην αύξηση των καταστροφών που προκαλεί στις μέρες μας ένα καιρικό

φαινόμενο σε σχέση με αυτές που θα προκαλούσε το ίδιο φαινόμενο στο παρελθόν. Το γεγονός αυτό δυσκολεύει τους επιστήμονες να προβλέψουν με ακρίβεια το πώς αυτά σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Ειδικότερα, σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Changes), «δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα που να προσδιορίζουν αν έχουν παρατηρηθεί επίμονες και συνεχείς αλλαγές στην κλιματική μεταβλητότητα ή στα ακραία καιρικά φαινόμενα κατά τη διάρκεια του 20ου αιώνα». Συμπεραίνεται ότι έχουν εμφανιστεί μερικές τοπικές τάσεις αλλά «μερικές από αυτές τις αλλαγές έχουν τάση προς μεγαλύτερη μεταβλητότητα ενώ άλλες προς μικρότερη». Σε κάθε περίπτωση, η αυξανόμενη ανθρώπινη ευαισθησία στα ακραία καιρικά φαινόμενα, συνδυασμένη με τη μεταβολή του κλίματος, αποτελεί σημαντική πηγή ανησυχίας.

Σε αυτό πάντως που δεν διαφωνεί κανείς είναι ότι το κλίμα αλλάζει. Παρόλο που σήμερα χρησιμοποιούμε λιγότερο κάρβουνο απ' ό,τι στο παρελθόν και παρότι εκπέμπουμε λιγότερο άνθρακα ανά παραγόμενη μονάδα ενέργειας εξαιτίας της στροφής σε αποδοτικότερες τεχνολογίες και σε καύσιμα με λιγότερο άνθρακα εντούτοις κρίνεται αναγκαίο να αναλάβουμε δράση έτσι ώστε να μετριάσουμε την πιθανή ανθρώπινη επίδραση στη κλιματική μεταβολή επίδραση.

Δεδομένου ότι καμία ενεργειακή επιλογή δεν μπορεί από μόνη της να λύσει τα ενεργειακά και περιβαλλοντικά προβλήματα του πλανήτη και γνωρίζοντας ότι προβλήματα οι παγκόσμιες ανάγκες σε ενέργεια αυξάνονται συνεχώς, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού της γης και της οικονομικής ανάπτυξης. Οφείλουμε να κάνουμε συνετές ενεργειακές επιλογές με ισοζυγισμένη χρήση όλων των μορφών ενέργειας και ταυτόχρονα να ενισχύσουμε τη χρήση νέων λιγότερων ρυπογόνων, πιο αποδοτικών, πιο ασφαλών και πιο φθηνών τεχνολογιών. Η κλιματική αλλαγή βρίσκεται σε εξέλιξη τα τελευταία 50 χρόνια και ήδη τον τελευταίο αιώνα έχουμε μια αύξηση της τάξης των 0,75 βαθμών στη μέση παγκόσμια θερμοκρασία. Δεν είναι μάλιστα τυχαίο ότι, από το 1850 έως το 2006, τα 11 πιο θερμά έτη στον πλανήτη τα έχουμε τα τελευταία 12 χρόνια. Οι αλλαγές θα γίνουν όλο και πιο δραματικές, αν δεν μειώσουμε τις εκπομπές αερίων θερμοκηπίου. Θυμηθείτε τι έγινε πριν 2-3 χρόνια με τον τυφώνα Κατρίνα στις ΗΠΑ και στη Myanmar (Βιρμανία). Μπορεί τα φαινόμενα να μην αποδίδονται αποκλειστικά στην

κλιματική αλλαγή, αλλά τα ζούμε τώρα και δεν θα τα αντιμετωπίσουμε ξαφνικά το 2100

### **3.3. ΘΕΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ**

Η γεωργία στο μεγαλύτερο τμήμα της Ευρώπης και ιδιαίτερα στα μέσα γεωγραφικά πλάτη και στη βόρεια Ευρώπη, θα μπορούσε ενδεχομένως να ωφεληθεί από μια συντηρητική άνοδο της θερμοκρασίας. Ωστόσο, περιοχές της νότιας Ευρώπης είναι πιθανό να απειληθούν από την έλλειψη νερού. Επιπλέον, η πιθανή εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων, με μεγαλύτερη συχνότητα σε σχέση με το παρελθόν, μπορεί να οδηγήσει σε περισσότερες κακές σοδειές. Σημαντική παράμετρο αποτελεί γενικά η ικανότητα της γεωργίας να προσαρμοστεί σε μελλοντικές κλιματικές μεταβολές.

Η παγκόσμια θέρμανση θα οδηγήσει σε αύξηση του αριθμού των ημερών που θεωρούνται ιδανικές για την ανάπτυξη των φυτών.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

## 4. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΜΕΙΩΣΗ ΕΚΠΟΜΠΩΝ ΑΕΡΙΩΝ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Οποιαδήποτε προσπάθεια για μείωση της έκλυσης των αερίων του θερμοκηπίου συνεπάγεται αντίστοιχη προσπάθεια για περιστολή των δραστηριοτήτων που έχουν άμεση σχέση με τις βιομηχανικές διαδικασίες και την παραγωγή ενέργειας οπότε τελικά τίθεται υπό αμφισβήτηση το σύγχρονο αναπτυξιακό μοντέλο. Και εδώ έγκειται η δυσκολία επίλυσης του προβλήματος αυτού .

Ο αναπτυσσόμενος κόσμος, θα αυξήσει αρκετά τα επίπεδα αερίων του θερμοκηπίου μέσα από την διαδικασία ανάπτυξής του, άρα για να επιτευχθεί μείωσή τους θα πρέπει οι ήδη ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες περιορίσουν δραστικά τους αναπτυξιακούς τους ρυθμούς .

### Ο στόχος

Για να αποφευχθούν οι χειρότερες επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος, πρέπει να υιοθετηθεί διεθνώς ένας κοινός στόχος: η παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας να μην ξεπεράσει τους 2 οC συγκρινόμενη με τα προβιομηχανικά επίπεδα. Ο στόχος αυτός έχει ήδη υιοθετηθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση.

### 4.1.Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας

Οι ήπιες μορφές ενέργειας ή ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ΑΠΕ, ή (νέες πηγές ενέργειας ή πράσινη ενέργεια) είναι μορφές εκμεταλλεύσιμης ενέργειας που προέρχονται από διάφορες φυσικές διαδικασίες, όπως ο άνεμος , η γεωθερμία η κυκλοφορία του νερού και άλλες. Ο όρος «ήπιες» αναφέρεται σε δυο βασικά χαρακτηριστικά τους. Καταρχάς, για την εκμετάλλευσή τους δεν απαιτείται κάποια ενεργητική παρέμβαση, όπως εξόρυξη άντληση ή καύση όπως με τις μέχρι τώρα χρησιμοποιούμενες πηγές ενέργειας, αλλά απλώς η εκμετάλλευση της ήδη υπάρχουσας ροής ενέργειας στη φύση. Δεύτερον, πρόκειται για «καθαρές» μορφές

ενέργειας, πολύ «φιλικές» στο περιβάλλον, που δεν αποδεσμεύουν υδρογονάνθρακες διοξείδιο του άνθρακα όπως οι υπόλοιπες πηγές ενέργειας που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα. Έτσι οι ΑΠΕ θεωρούνται από πολλούς μία αφετηρία για την επίλυση των οικολογικών προβλημάτων που αντιμετωπίζει η Γη .

Ως «ανανεώσιμες πηγές» θεωρούνται γενικά οι εναλλακτικές των παραδοσιακών πηγών ενέργειας (π.χ. του πετρελαίου ή του άνθρακα), όπως η ηλιακή και η αιολική. Ο χαρακτηρισμός «ανανεώσιμες» είναι κάπως καταχρηστικός, μιας και ορισμένες από αυτές τις πηγές, όπως η γεωθερμική ενέργεια δεν ανανεώνονται σε κλίμακα χιλιετιών .Σε κάθε περίπτωση οι ΑΠΕ έχουν μελετηθεί ως λύση στο πρόβλημα της αναμενόμενης εξάντλησης των (μη ανανεώσιμων) αποθεμάτων ορυκτών καυσίμων . Τελευταία από την Ευρωπαϊκή Ένωση αλλά και από πολλά μεμονωμένα κράτη υιοθετούνται νέες πολιτικές για τη χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, που προάγουν τέτοιες εσωτερικές πολιτικές και για τα κράτη μέλη. Οι ΑΠΕ αποτελούν τη βάση του μοντέλου οικονομικής ανάπτυξης της πράσινης οικονομίας και κεντρικό σημείο εστίασης της σχολής των οικολογικών οικονομικών, η οποία έχει κάποια επιρροή στο οικολογικό κίνημα.

Οι ήπιες μορφές ενέργειας βασίζονται κατ' ουσίαν στην ηλιακή ακτινοβολία, με εξαίρεση τη γεωθερμική ενέργεια, η οποία είναι ροή ενέργειας από το εσωτερικό του φλοιού της γης, και την ενέργεια απ' τις παλίρροιες που εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα . Οι βασιζόμενες στην ηλιακή ακτινοβολία ήπιες πηγές ενέργειας είναι ανανεώσιμες, μιας και δεν πρόκειται να εξαντληθούν όσο υπάρχει ο ήλιος, δηλαδή για μερικά ακόμα δισεκατομμύρια χρόνια. Ουσιαστικά είναι ηλιακή ενέργεια "συσκευασμένη" κατά τον ένα ή τον άλλο τρόπο: η βιομάζα είναι ηλιακή ενέργεια δεσμευμένη στους ιστούς των φυτών μέσω της φωτοσύνθεσης, η αιολική εκμεταλλεύεται τους ανέμους που προκαλούνται απ' τη θέρμανση του αέρα ενώ αυτές που βασίζονται στο νερό εκμεταλλεύονται τον κύκλο εξάτμισης-συμπύκνωσης του νερού και την κυκλοφορία του. Η γεωθερμική ενέργεια δεν είναι ανανεώσιμη, καθώς τα γεωθερμικά πεδία κάποια στιγμή εξαντλούνται.

Χρησιμοποιούνται είτε άμεσα (κυρίως για θέρμανση) είτε μετατρεπόμενες σε άλλες μορφές ενέργειας (κυρίως ηλεκτρισμό ή μηχανική ενέργεια). Υπολογίζεται ότι το τεχνικά εκμεταλλεύσιμο ενεργειακό δυναμικό απ' τις ήπιες μορφές ενέργειας είναι πολλαπλάσιο της παγκόσμιας συνολικής κατανάλωσης ενέργειας. Η υψηλή όμως μέχρι πρόσφατα τιμή των νέων ενεργειακών εφαρμογών, τα τεχνικά προβλήματα

εφαρμογής καθώς και πολιτικές και οικονομικές σκοπιμότητες που έχουν να κάνουν με τη διατήρηση του παρόντος στάτους κβο στον ενεργειακό τομέα εμπόδισαν την εκμετάλλευση έστω και μέρους αυτού του δυναμικού. Ειδικά στην Ελλάδα που έχει μορφολογία και κλίμα κατάλληλο για νέες ενεργειακές εφαρμογές, η εκμετάλλευση αυτού του ενεργειακού δυναμικού θα βοηθούσε σημαντικά στην ενεργειακή αυτονομία της χώρας.

Το ενδιαφέρον για τις ήπιες μορφές ενέργειας ανακινήθηκε τη δεκαετία του 1970, ως αποτέλεσμα κυρίως των απανωτών πετρελαϊκών κρίσεων της εποχής, αλλά και της αλλοίωσης του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής από τη χρήση κλασικών πηγών ενέργειας. Ιδιαίτερα ακριβές στην αρχή, ξεκίνησαν σαν πειραματικές εφαρμογές. Σήμερα όμως λαμβάνονται υπόψη στους επίσημους σχεδιασμούς των ανεπτυγμένων κρατών για την ενέργεια και, αν και αποτελούν πολύ μικρό ποσοστό της ενεργειακής παραγωγής, ετοιμάζονται βήματα για παραπέρα αξιοποίησή τους. Το κόστος δε των εφαρμογών ήπιων μορφών ενέργειας πέφτει συνέχεια τα τελευταία είκοσι χρόνια και ειδικά η αιολική και υδροηλεκτρική ενέργεια, αλλά και η βιομάζα, μπορούν πλέον να ανταγωνίζονται στα ίσα παραδοσιακές πηγές ενέργειας όπως ο άνθρακας και η πυρηνική ενέργεια. Ενδεικτικά, στις ΗΠΑ ένα 6% της ενέργειας προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές, ενώ στην Ευρωπαϊκή Ένωση το 2010 το 25% της ενέργειας θα προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές (κυρίως υδροηλεκτρικά και βιομάζα).

#### 4.1.1 Είδη ανανεώσιμων πηγών ενέργειας

- **Αιολική ενέργεια.** Χρησιμοποιήθηκε παλιότερα για την άντληση νερού από πηγάδια καθώς και για μηχανικές εφαρμογές (π.χ. την άλεση στους ανεμόμυλους). Έχει αρχίσει να χρησιμοποιείται ευρέως για ηλεκτροπαραγωγή.
- **Ηλιακή ενέργεια.** Χρησιμοποιείται περισσότερο για θερμικές εφαρμογές (ηλιακοί θερμοσίφωνες και φούρνοι) ενώ η χρήση της για την παραγωγή ηλεκτρισμού έχει αρχίσει να κερδίζει έδαφος, με την βοήθεια της πολιτικής προώθησης των Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας από το ελληνικό κράτος και την Ευρωπαϊκή Ένωση.

- **Υδατοπτώσεις.** Είναι τα γνωστά υδροηλεκτρικά έργα, που στο πεδίο των ήπιων μορφών ενέργειας εξειδικεύονται περισσότερο στα μικρά υδροηλεκτρικά. Είναι η πιο διαδεδομένη μορφή ανανεώσιμης ενέργειας.
- **Βιομάζα.** Χρησιμοποιεί τους υδατάνθρακες των φυτών (κυρίως αποβλήτων της βιομηχανίας ξύλου, τροφίμων και ζωοτροφών και της βιομηχανίας ζάχαρης) με σκοπό την αποδέσμευση Υβριδικό αυτόνομο σύστημα ηλεκτρικής ενέργειας, αποτελούμενο από φωτοβολταϊκή συστοιχία, ανεμογεννήτρια, εφεδρικό H/Z και συσσωρευτή της ενέργειας που δεσμεύτηκε απ' το φυτό με τη φωτοσύνθεση. Ακόμα μπορούν να χρησιμοποιηθούν αστικά απόβλητα και απορρίμματα. Μπορεί να δώσει και βιοαέριο, που είναι καύσιμα πιο φιλικά προς το περιβάλλον από τα παραδοσιακά. Είναι μια πηγή ενέργειας με πολλές δυνατότητες και εφαρμογές που θα χρησιμοποιηθεί πλατιά στο μέλλον.
- **Γεωθερμική ενέργεια.** Προέρχεται από τη θερμότητα που παράγεται απ' τη ραδιενεργό αποσύνθεση των πετρωμάτων της γης. Είναι εκμεταλλεύσιμη εκεί όπου η θερμότητα αυτή ανεβαίνει με φυσικό τρόπο στην επιφάνεια, π.χ. στους θερμοπίδακες ή στις πηγές ζεστού νερού. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε απευθείας για θερμικές εφαρμογές είτε για την παραγωγή ηλεκτρισμού. Η Ισλανδία καλύπτει το 80-90% των ενεργειακών της αναγκών, όσον αφορά τη θέρμανση, και το 20%, όσον αφορά τον ηλεκτρισμό, με γεωθερμική ενέργεια.
- **Ενέργεια από παλίρροιες.** Εκμεταλλεύεται τη βαρύτητα του Ήλιου και της Σελήνης, που προκαλεί ανύψωση της στάθμης του νερού. Το νερό αποθηκεύεται καθώς ανεβαίνει και για να ξανακατέβει αναγκάζεται να περάσει μέσα από μια τουρμπίνα, παράγοντας ηλεκτρισμό. Έχει εφαρμοστεί στην Αγγλία, τη Γαλλία, τη Ρωσία και αλλού.
- **Ενέργεια από κύματα.** Εκμεταλλεύεται την κινητική ενέργεια των κυμάτων της θάλασσας.
- **Ενέργεια από τους ωκεανούς.** Εκμεταλλεύεται τη διαφορά θερμοκρασίας ανάμεσα στα στρώματα του ωκεανού, κάνοντας χρήση θερμικών κύκλων. Βρίσκεται στο στάδιο της έρευνας.

#### 4.1.2. Πλεονεκτήματα ΑΠΕ

- Είναι πολύ φιλικές προς το περιβάλλον, έχοντας ουσιαστικά μηδενικά κατάλοιπα και απόβλητα.
- Δεν πρόκειται να εξαντληθούν ποτέ, σε αντίθεση με τα ορυκτά καύσιμα.
- Μπορούν να βοηθήσουν την ενεργειακή αυτάρκεια μικρών και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και να αποτελέσουν την εναλλακτική πρόταση σε σχέση με την οικονομία του πετρελαίου.
- Είναι ευέλικτες εφαρμογές που μπορούν να παράγουν ενέργεια ανάλογη με τις ανάγκες του επί τόπου πληθυσμού, καταργώντας την ανάγκη για τεράστιες μονάδες παραγωγής ενέργειας (καταρχήν για την ύπαιθρο) αλλά και για μεταφορά της ενέργειας σε μεγάλες αποστάσεις.
- Ο εξοπλισμός είναι απλός στην κατασκευή και τη συντήρηση και έχει μεγάλο χρόνο ζωής.
- Επιδοτούνται από τις περισσότερες κυβερνήσεις

#### 4.1.3 Μειονεκτήματα ΑΠΕ

- Έχουν αρκετά μικρό συντελεστή απόδοσης, της τάξης του 30% ή και χαμηλότερο. Συνεπώς απαιτείται αρκετά μεγάλο αρχικό κόστος εφαρμογής σε μεγάλη επιφάνεια γης. Γι' αυτό το λόγο μέχρι τώρα χρησιμοποιούνται σαν συμπληρωματικές πηγές ενέργειας.
- Για τον παραπάνω λόγο προς το παρόν δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κάλυψη των αναγκών μεγάλων αστικών κέντρων.
- Η παροχή και απόδοση της αιολικής, υδροηλεκτρικής και ηλιακής ενέργειας εξαρτάται από την εποχή του έτους αλλά και από το γεωγραφικό πλάτος και το κλίμα της περιοχής στην οποία εγκαθίστανται.
- Για τις αιολικές μηχανές υπάρχει η άποψη ότι δεν είναι κομψές από αισθητική άποψη κι ότι προκαλούν θόρυβο και θανάτους πουλιών. Με την εξέλιξη όμως της τεχνολογίας τους και την προσεκτικότερη επιλογή χώρων εγκατάστασης (π.χ. σε πλατφόρμες στην ανοιχτή θάλασσα) αυτά τα προβλήματα έχουν σχεδόν λυθεί.

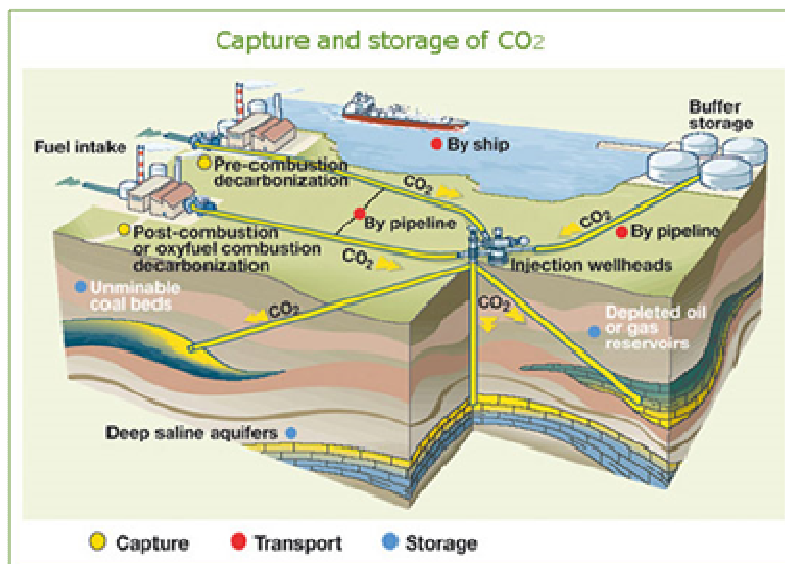


Για τα υδροηλεκτρικά έργα λέγεται ότι προκαλούν έκλυση μεθανίου από την αποσύνθεση των φυτών που βρίσκονται κάτω απ' το νερό κι έτσι συντελούν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

## 4.2 . Δέσμευση και Αποθήκευση του CO<sub>2</sub>.

Η δέσμευση και αποθήκευση άνθρακα είναι μέρος μιας τεχνολογίας που αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών ορυκτών καυσίμων με τη δέσμευση του διοξειδίου του άνθρακα που εκπέμπεται από σοβαρούς συντελεστές εκπομπής ρύπων (όπως μονάδες ηλεκτροπαραγωγής με βάση τον άνθρακα και το φυσικό αέριο και τη βιομηχανία χάλυβα) και στην υπόγεια αποθήκευσή του. Η μείωση του κόστους των νέων τεχνολογιών θα επιτρέψει την πλήρη εκμετάλλευση των δυνατοτήτων μείωσης εκπομπών της δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα και την παροχή βιώσιμης, ασφαλούς και ανταγωνιστικής ενέργειας.

Η πρακτική αυτή χρησιμοποιείται ήδη αλλά χαρακτηρίζεται ως "ανώριμη". Παρόμοιες μονάδες λειτουργούν πειραματικά ήδη στη Νορβηγία, τον Καναδά και την Αλγερία.



Καθώς το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα από τα αέρια που επιβαρύνουν σημαντικά την ατμόσφαιρα, η Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές θεωρεί ότι η τεχνολογία δέσμευσης και αποθήκευσης άνθρακα θα μπορέσει να μειώσει σημαντικά την εκπομπή αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά τις επόμενες δεκαετίες (από 15 έως 55% μέχρι το 2100) και να ενισχύσει τον αγώνα καταπολέμησης της κλιματικής αλλαγής.

Η μέθοδος δέσμευσης και αποθήκευσης του διοξειδίου του άνθρακα είναι αρκετά δαπανηρή (λόγω των εξόδων κατασκευής του εξοπλισμού που θα διαχωρίσει το διοξείδιο του άνθρακα, των υποδομών μεταφοράς του με πλοίο ή αγωγό προς τους κατάλληλους αποθηκευτικούς χώρους).

Άλλο μειονέκτημα της νέας τεχνολογίας είναι το γεγονός ότι καταναλώνει η ίδια ενέργεια, με αποτέλεσμα την απώλεια ενεργειακής απόδοσης. Ένα εργοστάσιο που χρησιμοποιεί αυτή τη μέθοδο χρειάζεται μεταξύ 10 και 40% περισσότερη ενέργεια σε σχέση με την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

Υπάρχει βέβαια και ο κίνδυνος διαρροών στην ατμόσφαιρα ή ξαφνικών εκρήξεων, οι οποίες θα μπορούσαν να θέσουν σε κίνδυνο τη δημόσια υγεία, καθώς οι υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα είναι επιβλαβείς τόσο για τους ανθρώπους όσο και για τα ζώα.

### **4.3. Ενεργειακή αποδοτικότητα**

- Ο φθηνότερος, καθαρότερος και ασφαλέστερος τρόπος για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι η ενεργειακή αποδοτικότητα ενός ευρέος φάσματος εξοπλισμού οικιακού αλλά και βιομηχανικού .
- Το μέσο νοικοκυριό μπορεί να αποτρέψει την έκκληση έως και 2 τόνων CO<sub>2</sub> ετησίως, απλά και μόνο εξοικονομώντας ενέργεια.
- Μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας σε παλιά κτίρια μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας έως 60%, ενώ σε νεόδμητα η μείωση μπορεί να φτάσει στο 90% εάν αντικατασταθεί ο καυστήρας πετρελαίου με αέριο εάν τοποθετηθούν κουφώματα με διπλά τζάμια , εάν υπάρχει επαρκής θερμομόνωση κλπ.
- Σε μελέτη που διεξήγαγε το 2001 ο ΟΟΣΑ, υπολογίστηκε ότι η κατανάλωση ηλεκτρικής ενέργειας από την κατάσταση αναμονής των ηλεκτρικών συσκευών (stand-by), η οποία είναι ως επί το πλείστον άσκοπη, ανέρχεται σε μέχρι και 13% της οικιακής χρήσης ηλεκτρικής ενέργειας στις χώρες του ΟΟΣΑ.

#### 4.4. Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης

Ως απάντηση στα περιβαλλοντικά προβλήματα που συνδέονται με την χρήση CFCS- HCFCs & HFCs έχουν αναπτυχθεί πολλά εναλλακτικά προϊόντα και τεχνικές . Τα σημαντικότερα είδη από αυτά τα προϊόντα και τις τεχνικές είναι τα ακόλουθα : οι υδρογονάνθρακες , η αμμωνία , το διοξείδιο του άνθρακα , το νερό και ο αέρας .

**Υδρογονάνθρακες:** Έχουν άριστες ψυκτικές ιδιότητες ενώ δεν καταστρέφουν το όζον και δεν συμβάλουν στην υπερθέρμανση του πλανήτη . Επιτυγχάνουν αυξημένη απόδοση των συσκευών ψύξης και κλιματισμού και μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για την υποκατάσταση ψυκτικών σε παλιές συσκευές χωρίς να χρειάζεται να αλλάξει λαδιών ή πολύπλοκες τεχνικές διαδικασίες .

Οι υδρογονάνθρακες είναι εύφλεκτοι αλλά στις πολύ μικρές συγκεντρώσεις που χρησιμοποιούνται στις συσκευές ψύξης δεν είναι δυνατή η ανάφλεξή τους . Οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενοι υδ/κες είναι το ισοβουτάνιο (R 600a) και το προπάνιο (R 290) ή και μείγμα των δύο .

**Αμμωνία :Η αμμωνία (R 717)** χρησιμοποιείται εδώ και δεκαετίες για την ψύξη τροφίμων στην βιομηχανία αλλά και σε κεντρικά συστήματα κλιματισμού .Έχει άριστη συμπεριφορά αλλά το μειονέκτημά της είναι η τοξικότητά της όμως η έντονη οσμή της δρα προληπτικά σε [επιπτώσεις ατυχημάτων .

**Διοξείδιο του άνθρακα (R 744)** . Σε ότι αφορά τις επιδόσεις του σε ζητήματα περιβαλλοντικά αλλά και σε ζητήματα ασφαλείας είναι άριστο ως ψυκτικό . Το βασικό μειονέκτημά του είναι ότι λόγω της χαμηλής κρίσιμης θερμοκρασίας , έχει σχετικά μικρό βαθμό απόδοσης . Αναμένεται δε να είναι το κυρίαρχο ψυκτικό μέσο για τα κλιματιστικά αυτοκινήτων και για μικρές κλιματιστικές μονάδες .

#### 4.5. Αποφυγή χρήσης υδροφθορανθράκων σε άλλες εφαρμογές

Στην περίπτωση της διόγκωσης αφρωδών υλικών σήμερα κυριαρχούν οι υδρογονάνθρακες και το διοξείδιο του άνθρακα το ίδιο και στις αντλίες θερμότητας .

Στις περιπτώσεις των εισπνεόμενων φαρμάκων σταθερών δόσεων οι υδροφθοράνθρακες έχουν αντικατασταθεί από δοσομετρητές ξηράς σκόνης .

Οι πυροσβεστήρες σήμερα γεμίζονται με διοξείδιο του άνθρακα και νερό και αφρό .

Στην περίπτωση των σπρέυ σήμερα γίνεται χρήση υδρογονανθράκων ενώ προς αποφυγή του χημικού καθαρισμού αυτός πρέπει να πραγματοποιείται με νερό μόνο του ή σε συνδυασμό με υδρογονάνθρακες .

#### 4.6. Ο ρόλος του πρασίνου στην <<πράσινη ανάπτυξη>>



Η μη επάρκεια του πρασίνου ως πνεύμονας οξυγόνου δημιουργεί ένα περίεργο και συνάμα δυσάρεστο ντόμινο αρνητικών επιπτώσεων αφού έτσι αυξάνεται το διοξείδιο του άνθρακα το μεθάνιο και άλλες επιβλαβείς ουσίες αλλά συνάμα συμβαίνουν συχνότερα επικίνδυνα φαινόμενα όπως οι πλημμύρες ή οι ξηρασίες .

Η αποδάσωση που παρατηρείται για τους σκοπούς της γεωργίας ή των υποδομών αλλά και λόγω των πυρκαγιών έχει σημαντικές επιπτώσεις στο

περιβάλλον ,αφού περιορίζει το ποσό του διοξειδίου του άνθρακα το οποίο απορροφούν τα δάση με την διαδικασία της φωτοσύνθεσης , συνεισφέροντας έτσι στην αύξηση του ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub> και ταυτόχρονα αυξάνοντας τις εκπομπές του μεθανίου που προκαλούν οι γεωργικές δραστηριότητες .Η απώλεια δασών αυξάνει την διάβρωση των εδαφών , μειώνει την παραγωγικότητα και την αυτάρκεια της καλλιέργειας ενώ λιγοστεύει τα αποθέματα πόσιμου νερού . Η απώλεια δασών έχει επιπτώσεις στην γενετική ποικιλομορφία των ειδών στην Γή και η καταστροφή μεγάλων τμημάτων θα οδηγήσει στην μείωση δεξαμενής γονιδίων και ειδών .

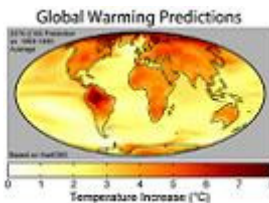
Οφείλουμε λοιπόν ως ανθρωπότητα να διαφυλάξουμε με κάθε μέσο τα δάση αλλά και να εμπλουτίσουμε με πράσινο κάθε σημείο που είναι δυνατή η φύτευση. Γιατί αν δεν φροντίζουμε το περιβάλλον είναι σαν να πριονίζουμε το κλαδί που καθόμαστε όλοι στην Γη .

## **ΦΙΛΟΞΕΝΙΑ ΑΛΛΩΝ ΑΠΟΨΕΩΝ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΩΝ**

Ο Δρ. Mc Canney και άλλοι ερευνητές είναι πεπεισμένοι ότι η αύξηση στην ηλιακή δραστηριότητα οφείλεται στον ηλεκτρομαγνητικό τομέα του πλανήτη X που αλληλεπιδρά με τον ηλεκτρομαγνητικό τομέα του ήλιου. Καθώς ο πλανήτης X έρχεται πιο κοντά, αναμένεται ότι οι ηλιακές φλόγες στον ήλιο θα συνεχίσουν να αυξάνονται και στη συχνότητα και στην ένταση. Πριν από πολλούς αιώνες ο Ησαΐας έγραφε:«...Επιπλέον το φως του φεγγαριού θα είναι ως φως του ήλιου και το φως του ήλιου θα είναι επταπλό ,ως φως επτά ημερών..." Ησαΐας 3026. Είναι ένα διαπιστωμένο στοιχείο ότι το φεγγάρι δεν έχει κανένα δικού του φως, αλλά είναι ένας ανακλαστήρας του φωτός του ήλιου. Αλλά ο ήλιος εκπέμπει μόνο το φως σύμφωνα με το ποσό του παραγωγής της θερμότητας από την ηλεκτρομαγνητική γεννήτρια πυρηνικής τήξης του .Ο nibiru ήδη επηρεάζει τη γη. Τα αποτελέσματα αναγνωρίστηκαν από τους πλανητικούς επιστήμονες από το 1995.Το μαγνητικό πεδίο του είχε άρχισε πιθανώς να επηρεάζει τη γη ακόμα νωρίτερα. Θυμηθείτε τον «Ελ Νίνιο» και τις πλημμύρες του 1993,Τα καιρικά φαινόμενα έχουν αλλάξει δραματικά, παράγοντας τον «παράξενο» καιρό .Οι κλιματολογικοί όροι αλλάζουν. Τα πολιτικά καλύμματα πάγου και οι παγετώνες λειώνουν. Έχει αποκαλυφθεί ότι το

1995 μια παγκόσμια εκστρατεία «παραπληροφόρησης» προωθήθηκε από την κυβέρνηση της Αμερικής να μπουν τα παράξενα καιρικά φαινόμενα στη «παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου». Αλλά διάφοροι ιδιαίτερα σεβαστοί επιστήμονες, απέρριψαν συνολικά τη θεωρία της «παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου.» Αφού επισήμαναν ότι τα πολικά καλύμματα πάγου και οι παγετώνες λειώνουν από κάτω από, όχι από την επιφάνεια. Γιατί; Λόγω της προσέγγισης του *nibiru*, οι ηλιακές φλόγες αυξάνονται στον ήλιο. Ο ήλιος εκτινάσσει τα μεγάλα ποσά ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας στο διάστημα. Μερικές από αυτήν την ηλεκτρομαγνητική ενέργεια προσελκύονται και απορροφώνται από το γήινο μαγνητικό πυρήνα ,αναγκάζοντας το λειωμένο πυρήνα σιδήρου της γης να θερμανθεί. Η αυξανόμενη θερμότητα από το γήινο πυρήνα φιλτράρεται μέσω του μανδύα της γης στην επιφάνεια, προκαλώντας την τήξη των καλυμμάτων πάγου και των παγετώνων από κάτω. Δεν υπάρχει καμία πρόκληση «παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου» και δεν έχει υπάρξει ποτέ. Monday, 11 October 2010

Αμερικανός φυσικός:"Η μεγαλύτερη επιστημονική απάτη της ιστορίας η υπερ-θέρμανση του πλανήτη"



Ο διακεκριμένος αμερικανός καθηγητής φυσικής **Harold Lewis** και καθηγητής του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνια, παραιτήθηκε από την ένωση αμερικανών φυσικών APS

(American Physical Society) καταγγέλλοντάς την ότι εξυπηρετεί αλλότρια συμφέροντα αλλά και κατηγορώντας τα μέλη της για χρηματισμό, για τη συντήρηση όπως λέει της μεγαλύτερης επιστημονικής απάτης αυτής της υπερθέρμανσης του πλανήτη.

Ο αμερικανός καθηγητής στην σχεδόν οργισμένη και λάβρα επιστολή παραίτησής του προς το πρόεδρο της APS ο Lewis αναφέρει:

«Για λόγους που θα φανούν στη συνέχεια καλύτερα η περηφάνια που είχα παλαιότερα όντας μέλος της ένωσης έχει εκπέσει σήμερα σε ντροπή και είμαι υποχρεωμένος, χωρίς πάντως καμιά ικανοποίηση να υποβάλλω την παραίτησή μου. Είναι φυσικά το μεγάλο ψέμα της παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη το οποίο κυριολεκτικά απορροφά τρισεκατομμύρια δολάρια, που έχει διαφθείρει

τόσους πολλούς επιστήμονες και έχει παρασύρει όλη την APS σαν ένα μεγάλο κύμα. Είναι η μεγαλύτερη και πιο "επιτυχημένη" επιστημονική απάτη που έχω δει σε όλη μου τη ζωή σαν φυσικός. Οποιοσδήποτε έχει την παραμικρή αμφιβολία για αυτό θα πρέπει να ανατρέξει στα παγκόσμια κλιματολογικά στοιχεία (Climate Gate documents). Δεν πιστεύω πως υπάρχει ούτε ένας φυσικός ούτε και επιστήμονας που θα διαβάσει τα στοιχεία αυτά χωρίς να νιώσει αποστροφή. Και τι έκανε ο APS σαν οργανισμός ενόψει αυτής της πραγματικότητας; Αποδέχθηκε την διαφθορά σαν κανόνα και πήγε μαζί με το ρεύμα.»

Ο Lewis στη συνέχεια επικρίνει την APS για συγκεκριμένες μεθοδεύσεις εναντίον όσων από την επιστημονική κοινότητα των ΗΠΑ επιχείρησαν να φέρουν προς συζήτηση. Στη συνέχεια παρατηρεί:

«Στο ενδιάμεσο διάστημα το σκάνδαλο της υπερθέρμανσης του πλανήτη ξέσπασε στα ΜΜΕ και οι μηχανισμοί αυτών που έκρουαν το κώδωνα του κινδύνου αποκαλύφθηκαν στον κόσμο. Ήταν μια απάτη που όμοιά της δεν έχω ξαναδεί και δεν έχω λόγια για να περιγράψω την έκτασή της. Και πια ήταν η επίπτωσή της στην στάση της APS; Καμία. Καμία τίποτα. **Αυτό δεν είναι επιστήμη. Άλλες δυνάμεις απεργάζονται σχέδια εδώ».**

Και ο παλαίμαχος αμερικανός φυσικός τελειώνει την επιστολή του λέγοντας: «Νιώθω την ανάγκη να προσθέσω και κάτι ακόμη και αυτό είναι εικασία καθώς είναι επικίνδυνο να σχολιάζει κανείς τα κίνητρα άλλων ανθρώπων. Αυτή η συνωμοσία όμως στο «αρχηγείο» της APS είναι τόσο παράξενη που δεν αρκεί μια απλή εξήγηση για αυτή την κατάσταση. Κάποιοι ισχυρίζονται πως οι σημερινοί φυσικοί δεν είναι τόσο έξυπνοι όσο ήταν παλιά. Αλλά δεν είναι αυτό το θέμα. Νομίζω πως είναι θέμα χρημάτων, ακριβώς αυτό που ο Eisenhower είχε προειδοποιήσει μισό περίπου αιώνα πριν. **Υπάρχουν στην πραγματικότητα τρισεκατομμύρια δολάρια που εμπλέκονται στην ιστορία για να μην πω τίποτα για τη φήμη και τη δόξα (αλλά και για μαγευτικά ταξίδια σε εξωτικούς προορισμούς)** που είναι συνυφασμένα με το να είσαι μέλος του κλαμπ. Το δικό σας τμήμα της φυσικής κύριε πρόεδρε, **θα χάσει εκατομμύρια δολάρια κάθε χρόνο, εάν η φούσκα της παγκόσμιας υπερθέρμανσης του πλανήτη σκάσει.** Όπως ένα παλιό ρητό λέει δεν χρειάζεται είσαι μετεωρολόγος για δεις προς τα που φυσά ο άνεμος, και καθώς δεν είμαι φιλόσοφος, δεν πρόκειται να επιχειρήσω να ανακαλύψω σε πιο σημείο συναντάται το προσωπικό συμφέρον με τη διαφθορά



αλλά μια προσεκτική ανάγνωση των δεδομένων των κλιματολογικών συνθηκών καθιστά σαφές πως αυτό δεν είναι μια Ακαδημαϊκή ερώτηση».

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

Εισαγωγή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.....	2
1.1 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου .....	3
1.1 <sup>α</sup> Πως δημιουργείται το πρόβλημα με εικόνες .....	4
1.2 Οι θέσεις και οι ενέργειες των κρατών απέναντι στο φαινόμενο .....	5
1.2α Το Πρωτόκολλο του Κιότο .....	5
1.2.β' Η Ευρωπαϊκή κοινότητα .....	7
1.2.γ Η Ελλάδα.....	9

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2. Τα αέρια του θερμοκηπίου .....	11
2.1 Το διοξείδιο του άνθρακα .....	15
2.1.1 Χρήσεις .....	18
2.2 Μεθάνιο.....	27
2.2.1 Χρήσεις .....	30
2.3 Υδροφθοράνθρακες.....	38
2.4 Υπερφθοράνθρακες .....	39
2.5 Οξείδια του Αζώτου .....	39
2.6 Εξαφθοριούχο θείο .....	40

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3. Αρνητικές επιδράσεις του φαινομένου .....	47
3.1 Αναμενόμενες επιπτώσεις στην Ελλάδα .....	47
3.2 Οι έμμεσες επιπτώσεις του φαινομένου.....	53
3.3. Θετικές επιδράσεις του φαινομένου .....	58

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4. Προτάσεις για μείωση εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου.....	59
4.1.Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας ΑΠΕ .....	59

4.1.1. Είδη ΑΠΕ.....	61
<b>ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ</b> (συνέχεια )	
4.1.2. Πλεονεκτήματα ΑΠΕ .....	63
4.1.3. Μειονεκτήματα .....	63
4.2. Δέσμευση και αποθήκευση του CO <sub>2</sub> .....	65
4.3. Ενεργειακή αποδοτικότητα .....	66
4.4. Φυσικά ψυκτικά και εναλλακτικές τεχνικές ψύξης .....	67
4.5. Αποφυγή χρήσης υδροφθορανθράκων σε άλλες εφαρμογές .....	67
4.6. Ο ρόλος του πρασίνου στην πράσινη ανάπτυξη .....	68
Φιλοξενία άλλων απόψεων και σχολίων .....	69

## Πηγές από το Διαδίκτυο – Βιβλιογραφία

1. Wikipedia: "Sulfur Hexafluoride"
2. Honeywell: "SF6 Technical Reference" (PDF, 2,24 MB)
3. Environmental Protection Agency (ICF Consulting, 2002): "Byproducts of Sulfur Hexafluoride (SF6) Use in the Electric Power Industry" (PDF, 273 KB)
4. Dervos CT, Vassiliou P: "Sulfur hexafluoride (SF6): Global environmental effects and toxic byproduct formation", J Air Waste Manag Assoc. 50:137-141, **2000**
5. Rollet P, Micozzi J: "SF6 recycling" (PDF, 23 KB)
6. Environmental Protection Agency (2006): "SF6 Emission Reduction Partnership for the Magnesium Industry"
7. Environmental Protection Agency (2006): "SF6 Emission Reduction Partnership for Electric Power Systems"
8. Wikipedia: "Greenhouse Gases"
9. Wikipedia: "Kyoto Protocol"
10. "Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change" (Πλήρες κείμενο συνθήκης)
11. United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC): "Global Warming Potentials"
12. Wikipedia: "Global Warming Potential"
13. Maiss M, Manfield Levin I, Ingeborg: "Global increase of SF6 observed in the atmosphere", Geophysical Research Letters 21:569-572, **1994**
14. Energy Information Administration (EIA), 2000 (USA) "Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2000"
15. ENERVAC Corporation: "SF6 Gas Leak Detector" (PDF, 55 KB)
16. LumaSense Technologies: "LumaSense SF6 Leak Detector"
17. Equipment Imaging and Solutions, Inc.: "Laser Imaging for SF6 Detection"
- 18.(α)Merck Index 12th edition (1996): "Methane". (β) Wikipedia: "Methane".
19. Bookrugs: "World of Chemistry: Methane".
- 20)(α) Wikipedia: "Alessandro Volta". (β) Corossion Doctors: "Alessandro Volta (1745-1827)".
21. (α)Wikipedia: "Davy lamp". (β) Durham Mining Museum: "Safety lamps".
22. (α)Wikipedia: "Flammability limits". (β) The Engineering Toolbox: "".
23. (α)Wikipedia: "Methanol". (β) McBride JM (Yale University): "Development of systematic names for the simple alkas".
24. (α)Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ): "Φυσικό αέριο: Σύσταση". (β) Energy Information Administration (USA): "Natural Gas Basic Statistics".
25. (α)Wikipedia: "Helium". (β) American Chemical Society: "The gas that wouldn't burn".
26. Center for Energy Economics (CEE): "Introduction to LNG" (updated Jan 2007).

27. (α) Ρυθμιστική Αρχή Ενέργειας: "Τεχνικά χαρακτηριστικά συστήματος φυσικού αερίου στην Ελλάδα". (β) Κτενάς Σπ.: "Η Ρεβουθούσα είναι έτοιμη" (Το Βήμα, 14/11/1999).
28. (α) Wikipedia: "Syngas". (β) Biofuel: "What is Syngas". (γ) Wikipedia: "Steam reforming".
29. Science and NASA: "Methane Blast", (Apr. 4, 2007).
30. (α) Chemical & Engineering News (Jan 8, 2007): "Methane lakes on Titan: [Cassini](#) spacecraft finds long-predicted bodies of liquid". (β) NASA, Jet Propulsion Laboratory: "Cassini-Huygens: Mission to Saturn and Titan". (γ) NASA: "Astronomy picture of the day" (Febr. 2007). (δ) Stofan ER *et al*: "The lakes of Titan", *Nature*, 445:61-64, **2007** (Abstract). (ε) Tobie G, Lunine JI, Sotting C: "Episodic outgassing as the origin of atmospheric methane on Titan", *Nature*, 440:61-64, **2006** (Abstract).
31. Ramanujan K (NASA): "Methane's impacts on climate change may be twice previous estimates" (Jul. 2005).
32. (α) Wikipedia: "Global warming potential". (β) Environmental Protection Agency: "Greenhouse gases and Global Warming Potential Values" (αρχείο PDF, 74 KB).
33. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): "Climate Change 2001: The scientific basis (subchapter 4.2.1.1: 'Methane')".
34. Environmental Protection Agency (USA): "Methane, Sources and Emissions: Where does methane come from?".
35. (α) Johnson DE, Ward GM: "Estimates of animal methane emissions", *Environmental Monitoring and Assessment*, 42:133-141, **2006** (Abstract). (β) Sun H *et al*: "Alcohol, volatile fatty acid, phenol, and methane emissions from dairy cows and fresh manure", *Journal of Environmental Quality*, 37:615-622, **2008** (Abstract). (γ) Pearce F: "Methane - the hidden greenhouse gas: Methane from cows, rubbish tips and rice fields is warming the Earth. Car exhausts may help the process. But methane from the Arctic tundra could be most damaging of all" (*New Scientist*, May 1989).
36. Borenstein S (*The Boston Globe*): "Climate 'time bomb' forecast: Methane bubbles out of permafrost at increased rate" (Sept. 7, 2006)
37. Greenhouse Gas News (GHG): "Methane Sources - Rice Paddies".
38. (α) Centre for Gas Hydrate Research (Heriot Watt University): "What are gas hydrate?". (β) U.S. Department of Energy: [The national methane hydrates R&D Program: All about hydrate](#) (γ) Wikipedia: "Clathrate hydrate". (δ) Long D (British Geological Survey): "Methane hydrates" (αρχείο PDF, 2,85 MB).
39. (α) U.S. Department of Energy: "Methane hydrate - The gas resource of the future". (β) U.S. Department of Energy: "Methane hydrate: Future energy within our grasp" (αρχείο PDF, 1,64 MB). (γ) U.S. Department of Energy: "World proved reserves of oil and natural gas, most recent estimates" (January 9, 2007).
40. Energy Kids page: "Energy & Waste - Landfilling".
41. (α) Mielke JE (Congressional Research Service): "RS20050: Methane Hydrates: Energy Prospect or Natural Hazard?" (Updated February 14, 2000 ). (β) Krause FK (Alaska Science Forum): "Catastrophic climate change: What is permafrost?". (γ) Hecht J: "Methane prime suspect for greatest mass extinction" (*New Scientist*, March 2002). (δ) Wikipedia: "Permian-Triassic extinction event".
42. wikipedia : To CO<sub>2</sub>
43. www.Greenpeace.gr Ψύξη και κλιματισμός χωρίς υπερθέρμανση ..γ' έκδοση .Σεπτ 2003
44. Europedia., mousis, Η Ε.Ε και το κλίμα .

## Ελληνική βιβλιογραφία

1. Αγοραστάκης Γ., αρθρο στο διαδύκτιο με τίτλο "Κλιματική αλλαγή , χρειαζόμαστε καθαρές λύσεις ",5 Ιουνίου 2009
2. Αλεξάνδρου Ν. Ε. "Γενική Οργανική Χημεία, Δομή-Φάσματα-Μηχανισμοί", Τόμοι 1ος και 2ος, Θεσσαλονίκη 1985.
3. Βασιλικιώτης Γ. Σ. "Χημεία Περιβάλλοντος", Θεσσαλονίκη 1986.
4. Μανωλκίδης Κ., Μπέζας Κ. "Χημικές Αντιδράσεις", Αθήνα 1976.
5. Γιαννακουδάκης Δ. Α. "Φυσική Χημεία Καταστάσεων της Ύλης και Θερμοδυναμική", Θεσσαλονίκη 1986.
6. Αλεξάνδρου Ν. Ε. "Γενική Οργανική Χημεία, Δομή-Φάσματα-Μηχανισμοί", Τόμοι 1ος και 2ος, Θεσσαλονίκη 1985.
7. Morrison R. T., Boyd R. N. "Οργανική Χημεία" Τόμοι 1ος,2ος,3ος, Μετάφραση:Σακαρέλλος-Πηλίδης-Γεροθανάσης, Ιωάννινα 1991.
8. Meislich H., Nechamkin H., Sharefkin J. "Οργανική Χημεία", Μετάφραση:Βάρβογλης Α., Αθήνα 1983.
9. Murrell J. N., Kettle S. F. A., Tedder J. N. "Ο Χημικός Δεσμός", Μετάφραση Σ. Φαράντος, Ηράκλειο 1992.
10. Γεωργάτσος Ι. Ε. "Βιοχημεία, Τόμος Β', Ενδιάμεση Ανταλλαγή της Ύλης-Μοριακή Πληροφορική", Θεσσαλονίκη 1985.
11. Τσίπης Κ. Α. "Εισαγωγή στην Κβαντική Χημεία, Τόμος Ι, Στοιχειώδης Μεθοδολογία και Ατομική Δομή", Θεσσαλονίκη 1984.
12. Μπόσκου Δ. "Χημεία τροφίμων με Στοιχεία Τεχνολογίας Τροφίμων", Θεσσαλονίκη 1986.
13. Βασιλικιώτης Γ. Σ. "Ποσοτική Ανάλυση", Θεσσαλονίκη 1980.
14. Μπαζάκης Ι. Α. "Γενική Χημεία", Αθήνα.
15. Pople J.A., Beveridge D.L. "Approximate Molecular Orbital Theory", New York 1970
16. Szabo A., Ostlund N. "Modern Quantum Chemistry", New York 1982
17. Μανουσάκης Γ.Ε. "Γενική και Ανόργανη Χημεία", Τόμοι 1ος και 2ος, Θεσσαλονίκη 1981.
18. Μανωλκίδης Κ., Μπέζας Κ. "Στοιχεία Ανόργανης Χημείας", Έκδοση 14η, Αθήνα 1984.
19. Νικόλα Μ. "Περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις οικιακών συσκευών ψύξης", Πτυχιακή μελέτη, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
20. Βαλαβανίδης Θ., Τομεθάνιο.ΕΚΠΑ,Τμήμα Χημείας, Ιούλιος 2008
21. Οδηγός πράσινων Προμηθειών της τράπεζας Πειραιώς, Αθήνα 2008
22. Περιβάλλον, Ενθετο της εφημερίδας REAL NEWS τις 24-01-2010
23. Κανονισμός (ΕΚ)αρ.842/2006 για ορισμένα φθοριούχα αέρια (σταθερά συστήματα πυροπροστασίας & πυροσβεστήρες)
24. Κολλέγιο Ψυχικού, Εφημερίδα Περιπλανήσεις "Ενέργεια και Αειφορία"
25. Εξοικονόμηση κατ'οίκον, Αρθρο της εφημερίδας REAL PLANET στις 13Φεβρουαρίου.