

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΠΟΥΔΩΝ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΥΠΟΕΡΓΟ ΕΠΕΑΕΚ 1.1.ΣΤ.1.Γ2
ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ



ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

[Οδηγός εκπαιδευτικών]

Δ. Μελάς

Λέκτορας - Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ

Γ. Ασωνίτης

Διδάσκων - Τμήμα Πολιτικής Επιστήμης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Β. Αμοιρίδης

Φυσικός, Μ.Sc. Περιβαλλοντικής Φυσικής

**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΕΘΝΙΚΗΣ
ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ**
Β' ΚΟΙΝΟΤΙΚΟ ΠΑΡΑΞΙΟ ΣΤΗΡΙΞΗ



**ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**



Συγχρηματοδότηση: Ευρωπαϊκή
Επιτροπή, Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο, Δ/νση Α

**ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΑΘΗΝΑ 2000**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.0 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ	5
1.1 Ο καιρός και το κλίμα.....	5
1.2 Παράγοντες που διαμορφώνουν το κλίμα	5
1.3 Κλιματικές αλλαγές στην τελευταία χιλιετία.....	6
1.4 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	8
1.5 Θερμοκηπικά αέρια	9
1.6 Ο ρόλος των αιωρούμενων σωματιδίων	13
1.7 Εχει ξεκινήσει η κλιματική αλλαγή;.....	14
2.0 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΤΕ ΤΙΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ	15
2.1 Ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα.....	15
2.2 Το Φαινόμενο El Nino	16
2.3 Στάθμη της Θάλασσας.....	17
2.4 Υδάτινοι πόροι	19
2.5 Βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα.....	21
2.6 Λοιμώδη νοσήματα και υγεία	21
2.7 Γεωργία και τρόφιμα	22
2.8 Υποδομή, βιομηχανία και ανθρώπινοι οικισμοί.....	23
3.0 ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	25
3.1 Προσαρμογή στις νέες συνθήκες.....	25
3.2 Προσαρμογή και εκσυγχρονισμός της ενεργειακής τεχνολογίας και πολιτικής.....	25
3.3 Νέα προσέγγιση για τη γεωργία	29
3.4 Διεθνής συνεργασία για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών.....	29
3.5 Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές.....	30
3.6 Συνδιασκέψεις των Συμβαλλομένων Μερών.....	32
3.7 Τι μπορούμε να κάνουμε εμείς.....	34
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	36
ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ	37
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ	39

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Είναι γνωστό ότι το κλίμα διαμορφώνει την ιστορία. Επηρέασε καθοριστικά τις πιο βασικές δραστηριότητες του ανθρώπου –την εύρεση τροφής και στέγης- και επέβαλλε το πλαίσιο για την ανάπτυξη του πολιτισμού. Στις ακραίες εκφράσεις του, καταδίκασε ολόκληρες κοινωνίες σε παρακμή, ενώ στη γενναιόδωρη εκδοχή του επέτρεψε σε άλλες κοινωνίες και πολιτισμούς να ανθίσουν. Τελικά, η προσαρμογή της διαδικασίας εξέλιξης στο κλίμα βοήθησε τον άνθρωπο να επιβιώσει τις καταπονήσεις στα ακραία περιβάλλοντα στα οποία ζει. Φαίνεται ότι η ανάπτυξη πολλών διαφορετικών φυλών συνδέεται με τη διαδικασία επιλογής και προσαρμογής του ανθρώπου στο κλίμα και στο περιβάλλον που αυτό δημιουργεί.

Το κλίμα της γης αλλάζει συνεχώς. Βιώνοντας μόνο μια πολύ μικρή πράξη του έργου, δυσκολευόμαστε πολλές φορές να αντιληφθούμε τις μεγάλες αλλαγές του κλίματος της γης το οποίο χαρακτηρίζεται από πολλές περιόδους παγετώνων, οι οποίες διακόπτονται από σύντομα διαλείμματα ζέστης και ακμάζουσας ζωής. Οι κάτοικοι της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής, ζώντας στην πλειοψηφία τους σε ένα εύκρατο κλίμα, δεν μπορούν εύκολα να παραδεχθούν ότι μόλις πριν από 18,000 χρόνια τεράστιες εκτάσεις των περιοχών αυτών καλυπτόταν από πάγους. Από την άλλη μεριά, στη βορειοδυτική Ινδία, τίποτα δεν μαρτυράει ότι η ίδια περιοχή, στην οποία κυριαρχούν σήμερα οι αμμόλοφοι, χαρακτηριζόταν πριν από 4000 χρόνια από το χυμώδες πράσινο των δημητριακών και των δέντρων. Αυτή η εικόνα επικρατούσε στην περιοχή πριν το κλίμα αλλάξει και οι μουσώνες αναιρέσουν τις υποσχέσεις τους στον πολιτισμό της κοιλάδας του Ινδού.

Το παγκόσμιο κλίμα είναι αποτέλεσμα της πολύπλοκης αλληλεπίδρασης εκατοντάδων μεταβλητών που χαρακτηρίζουν από τη μια την κύρια πηγή ενέργειας (την ηλιακή ακτινοβολία) και από την άλλη ένα μεγάλο αριθμό γήινων χαρακτηριστικών και φαινομένων που το διαμορφώνουν (σύσταση της ατμόσφαιρας, άνεμοι και θαλάσσια ρεύματα, τοπογραφία, νέφη και υετός, ηφαιστειακές εκρήξεις, κτλ). Οποιαδήποτε επέμβαση του ανθρώπου στους παράγοντες που διαμορφώνουν το κλίμα μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή του. Λόγω όμως της πολυπλοκότητάς του, το παγκόσμιο κλίμα σπάνια στέλνει καθαρά σήματα. Σχεδόν το σύνολο των βραχυχρόνιων κλιματικών φαινομένων εμπίπτει μέσα στο μεγάλο εύρος της φυσικής κλιματικής μεταβλητότητας. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αβεβαιότητα που υπάρχει στον θεωρητικό υπολογισμό των επιπτώσεων, αποτελεί το βασικό επιχείρημα των σκεπτικιστών που αμφισβητούν, είτε το ίδιο το φαινόμενο, είτε το μέγεθος των επιπτώσεων. Παρ' όλα αυτά, τα τελευταία χρόνια πληθαίνουν οι ενδείξεις ότι οι ανθρωπογενείς εκπομπές ρυπογόνων ουσιών στην ατμόσφαιρα ωθούν το κλίμα σε μια νέα κατάσταση αστάθειας. Τα δεκατέσσερα θερμότερα έτη, από την εποχή που ξεκίνησαν οι μετρήσεις, συνέβησαν μετά το 1980. Τα τελευταία χρόνια σηματοδεύτηκαν από ασυνήθιστα ακραία φαινόμενα σε όλο τον κόσμο. Η μέση στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει τα τελευταία 140 χρόνια περίπου 10-25 εκατοστά. Οι παρατηρήσεις αυτές, σε συνδυασμό με τους θεωρητικούς υπολογισμούς, έχουν οδηγήσει σε μια ευρεία επιστημονική συναίνεση ότι η γη έχει ήδη περάσει σε μια περίοδο κλιματικής αστάθειας, η οποία θα έχει ευρείες περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις.

Ο οδηγός «Κλιματική Αλλαγή» γράφτηκε για τους εκπαιδευτικούς που συμβάλλουν στην περιβαλλοντική εκπαίδευση στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Ο σκοπός του οδηγού είναι να παρουσιασθούν με τρόπο συνοπτικό, παραστατικό, λειτουργικό και μη μαθηματικό οι βασικές συνιστώσες του προβλήματος της κλιματικής αλλαγής καθώς και πληροφορίες για σημαντικά συναφή θέματα, όπως είναι το φαινόμενο El-Nino. Παρά τους σημαντικούς περιορισμούς, που επιβάλλει το μικρό μέγεθος του οδηγού, έγινε μια προσπάθεια να καλυφθεί όχι μόνο η καθαρά επιστημονική πλευρά του προβλήματος αλλά παράλληλα και οι σοβαρές οικονομικές, κοινωνικές και πολιτικές διαστάσεις του. Έγινε ακόμα προσπάθεια να

παρουσιασθούν τα θέματα με τέτοιο τρόπο ώστε ο οδηγός να είναι χρήσιμος σε όσο το δυνατόν ευρύτερο κύκλο εκπαιδευτικών. Παρ' όλα αυτά, εκπαιδευτικοί με βασικές γνώσεις φυσικής και χημείας πιθανόν να βρουν τον οδηγό περισσότερο χρήσιμο.

Ο οδηγός χωρίζεται σε τρία κεφάλαια, τα οποία απαντούν στα τρία βασικά ερωτήματα: τα αίτια, τις συνέπειες και την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής. Στο τέλος, παρατίθεται ένας ευρύς κατάλογος βιβλιογραφίας τόσο έντυπης όσο και ηλεκτρονικής (διευθύνσεις διαδικτύου). Λαμβάνοντας υπόψη ότι η μεγάλη πλειοψηφία της βιβλιογραφίας είναι στην Αγγλική γλώσσα παρατίθεται στο σύντομο λεξικό βασικών εννοιών που κλείνει τον οδηγό και η αντίστοιχη Αγγλική ορολογία.

Θερμές ευχαριστίες στον καθηγητή Φυσικής της Ατμόσφαιρας Χρήστο Ζερεφό και τον καθηγητή Μετεωρολογίας του Α.Π.Θ. Θεόδωρο Καρακώστα για τις πολύτιμες παρατηρήσεις τους. Σημαντική ήταν η συμβολή των μεταπτυχιακών φοιτητών Φυσικής Περιβάλλοντος του Α.Π.Θ. Αλεξάνδρας Αλεξανδροπούλου, Θεόδωρου Ακαλίδη και Αναστασίας Μεταλληγού.

1.0 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

1.1 Ο καιρός και το κλίμα

Με τον όρο *καιρός* εννοούμε την κατάσταση της ατμόσφαιρας κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Σε αντιδιαστολή με το *κλίμα*, ο καιρός αναφέρεται στις βραχυχρόνιες μεταβολές της ατμόσφαιρας οι οποίες συμβαίνουν σε χρονικές κλίμακες από λίγα λεπτά ως λίγες εβδομάδες. Το κλίμα από την άλλη πλευρά αποτελεί τη σύνθεση του καιρού σε μία περιοχή, τον μέσο καιρό. Ορίζεται από το σύνολο των στατιστικών πληροφοριών οι οποίες περιγράφουν τις μεταβολές του καιρού σε μια περιοχή για κάποιο μεγάλο χρονικό διάστημα (τυπικά οι κλιματικές περίοδοι οι οποίες χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουμε το κλίμα μιας περιοχής εκτείνονται σε τριάντα χρόνια).

Καιρός είναι μια χιονοθύελλα. Τα ήπια καθώς και τα βίαια φαινόμενα που εμφανίζονται μια μέρα στην ατμόσφαιρα είναι επίσης καιρός. Από την άλλη πλευρά, μια περιοχή η οποία δεν δέχεται μεγάλες ποσότητες βροχής λέμε ότι έχει ξηρό κλίμα. Το μεσογειακό κλίμα χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες και θερμά και ξηρά καλοκαίρια.

Τα κύρια μετεωρολογικά στοιχεία που χρησιμοποιούμε για να ορίσουμε τον καιρό είναι τα παρακάτω:

- η ατμοσφαιρική πίεση,
- η θερμοκρασία του αέρα,
- η υγρασία του αέρα, και,
- η κίνηση του αέρα (άνεμος).

Υπάρχει ακόμα μια σειρά από μετεωρολογικά στοιχεία τα οποία, αν και είναι πολύ σημαντικά, εξαρτώνται γενικά από τα κύρια στοιχεία. Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται τα παρακάτω:

- η νέφωση,
- ο υετός (βροχή, χιόνι, χαλάζι),
- η ορατότητα κτλ

Η μέτρηση των παραπάνω μετεωρολογικών στοιχείων μας βοηθάει να ορίσουμε τον καιρό που επικρατεί κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Όταν οι μετρήσεις συνεχίζονται για μεγάλο χρονικό διάστημα τότε μπορούμε να αναλύσουμε στατιστικά το πειραματικό υλικό και να υπολογίσουμε το κλίμα της περιοχής των μετρήσεων.

1.2 Παράγοντες που διαμορφώνουν το κλίμα

Υπάρχουν πολλοί παράγοντες, τόσο φυσικοί όσο και ανθρωπογενείς, οι οποίοι προσδιορίζουν το κλίμα της γης. Κατά βάση, το κλίμα είναι το αποτέλεσμα της απορρόφησης και της αναδιανομής της ηλιακής ακτινοβολίας από το σύστημα ατμόσφαιρας-υδρόσφαιρας-γης. Η ηλιακή ακτινοβολία παρέχει την ενέργεια η οποία κινεί τα καιρικά φαινόμενα και διαμορφώνει το κλίμα. Περίπου το ένα τρίτο της ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται πίσω στο διάστημα ενώ το υπόλοιπο απορροφάται από τις διαφορετικές συνιστώσες του κλιματικού συστήματος: την ατμόσφαιρα, τους ωκεανούς, την ξηρά και τις διάφορες μορφές ζωής. Εκτός από την ανακλώμενη, μικρού μήκους κύματος, ηλιακή ακτινοβολία, η γη εκπέμπει υπέρυθρη ακτινοβολία προς το διάστημα.

Η λεπτή ισορροπία ανάμεσα στην εξερχόμενη ακτινοβολία και την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία προσδιορίζει το παγκόσμιο κλίμα. Οποιαδήποτε αλλαγή στους παράγοντες που επιδρούν τόσο στην εισερχόμενη όσο και την εξερχόμενη ακτινοβολία ή στον μηχανισμό αναδιανομής της ενέργειας οδηγούν σε αλλαγή του κλίματος.

Οι παράγοντες αυτοί συνοψίζονται παρακάτω:

- **Ηλιακή ακτινοβολία**

Οι μεταβολές της ηλιακής ακτινοβολίας, η οποία φθάνει στη γη, μπορεί να οφείλονται τόσο στην ηλιακή δραστηριότητα (κυρίως στον ενδεκαετή κύκλο των κηλίδων) όσο και σε βραδείες μεταβολές της γεωμετρίας της τροχιάς της γης, συμπεριλαμβανομένων και αλλαγών στην κλίση του άξονα της γης (χρονικές κλίμακες δεκάδων χιλιάδων ετών).

- **Ατμοσφαιρική σύσταση**

Η αλλαγή της σύστασης της ατμόσφαιρας οδηγεί σε αλλαγή του κλίματος κυρίως μέσα από δύο διαφορετικούς μηχανισμούς. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο θα αναλύσουμε λεπτομερέστερα στο επόμενο κεφάλαιο, οφείλεται στις εκπομπές κάποιων αερίων, όπως το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο, τα οποία περιορίζουν τις απώλειες ακτινοβολίας προς το διάστημα. Αντίθετη είναι η δράση των αιωρούμενων σωματιδίων, τα οποία εκπέμπονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές και τα οποία αντανακλούν ή/και απορροφούν την ηλιακή ακτινοβολία. Χαρακτηριστικά μπορεί να αναφερθούν οι εκρήξεις ηφαιστείων, οι οποίες εκτοξεύουν μεγάλες ποσότητες αερίων και σωματιδίων στα υψηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας. Τα σωματίδια αυτά μπορεί να παραμείνουν εκεί για πολλά χρόνια οδηγώντας σε μια ψύξη της κατώτερης ατμόσφαιρας, ιδιαίτερα αισθητή στο ημισφαίριο στο οποίο έγινε η έκρηξη.

- **Αλλαγές στη χρήση γης**

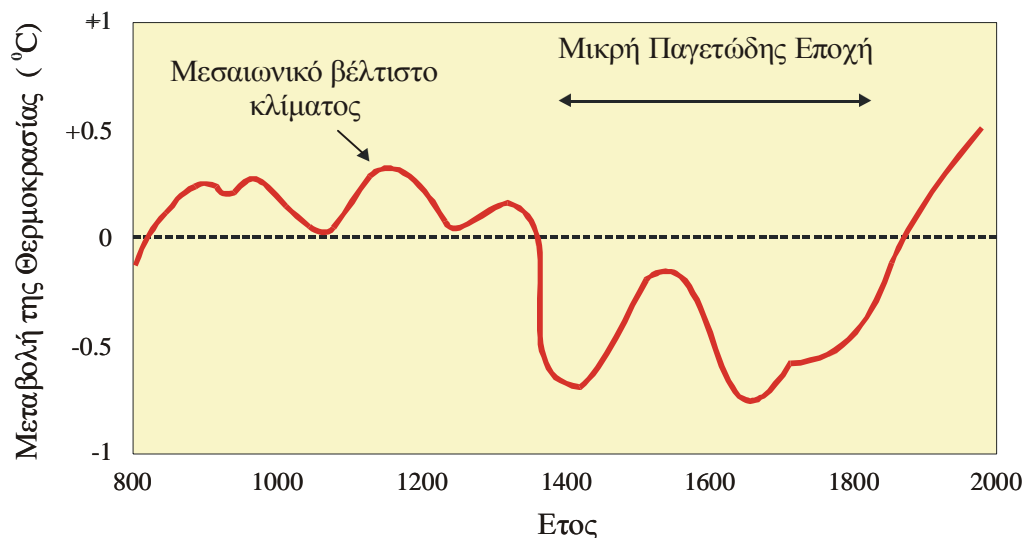
Οι άνθρωποι αντικαθιστούν δάση με καλλιεργημένες εκτάσεις ή ακόμα βλάστηση με τσιμέντο ή άσφαλτο επηρεάζοντας τον τρόπο που η επιφάνεια της γης απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Αυτές οι επεμβάσεις επηρεάζουν επίσης τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και κατ' επέκταση και τις βροχοπτώσεις.

1.3 Κλιματικές αλλαγές στην τελευταία χιλιετία

Σημαντικός παράγοντας για τη σωστή πρόβλεψη των χαρακτηριστικών της επαπειλούμενης κλιματικής αλλαγής είναι η γνώση των προηγούμενων κλιματικών μεταβολών. Το παρελθόν είναι πολλές φορές το κλειδί για το μέλλον.

Η τελευταία χιλιετία είναι η περίοδος για την οποία έχουμε αξιόλογες κλιματικές πληροφορίες για πολλές περιοχές του πλανήτη μας. Για τα τελευταία 300 περίπου χρόνια, υπάρχουν διαθέσιμες συστηματικές μετεωρολογικές μετρήσεις ενώ για παλιότερες περιόδους χρησιμοποιούνται διάφορες τεχνικές όπως η εξέταση των δακτυλίων ανάπτυξης των δέντρων, η έρευνα σε ιστορικά αρχεία, η εξέταση ιζημάτων σε λίμνες, η σύσταση πάγων καθώς και η έρευνα με ραδιοϊσότοπα.

Από στοιχεία, που έχουν συλλεχθεί στο Βόρειο ημισφαίριο, αποκαλύπτονται τρία συμβάντα κλιματικών αλλαγών. Υπάρχουν επιπλέον ενδείξεις, από χώρες όπως η Νέα Ζηλανδία και η Αυστραλία, που δείχνουν ότι οι παραπάνω αλλαγές ισχύουν και για το Νότιο ημισφαίριο. Στο σχήμα 1.1, που ακολουθεί, βλέπουμε τη διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας στη Δυτική Ευρώπη τα τελευταία 1200 χρόνια.

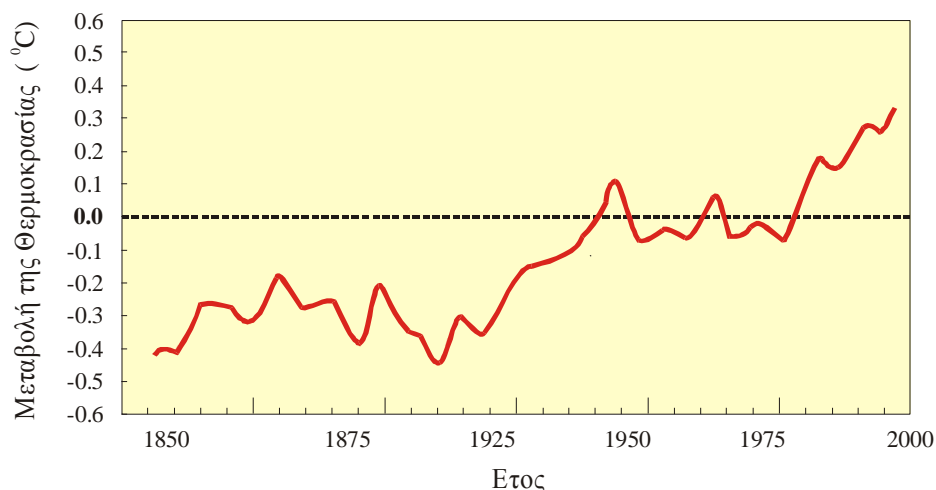


Σχήμα 1.1: Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη.

Ανάμεσα στον 10^ο και τον 14^ο αιώνα, το Βόρειο Ημισφαίριο βίωσε μια σχετικά θερμή και ξηρή περίοδο (Μεσαιωνική Θερμή Περίοδος) της οποίας το μέγιστο παρουσιάστηκε τον 12^ο αιώνα. Οι θερμοκρασιακές συνθήκες αυτής της περιόδου φαίνεται ότι είχαν, κυρίως ευεργετικές, συνέπειες στη χλωρίδα και πανίδα της γης. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αναπτύχθηκε η αμπέλος και ξεκίνησε η παραγωγή κρασιού στην Αγγλία. Την ίδια περίοδο, αποικίσθηκε από τους Βίκινγκς η Γροιλανδία και η Ισλανδία. Για τους παραπάνω λόγους αυτή η περίοδος ονομάζεται και Μικρή Περίοδος Κλιματικού Βέλτιστου ή Μεσαιωνικό Βέλτιστο Κλίματος.

Με το τέλος της Μεσαιωνικής Θερμής Περιόδου αρχίζει μια ψυχρή περίοδος, η Μικρή Παγετώδης Εποχή, η οποία εκτείνεται μεταξύ 14^{ου} και 19^{ου} αιώνα. Η εκτίμηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη για τις παραπάνω περιόδους είναι δύσκολο να γίνει με ακρίβεια. Υπολογίζεται πάντως ότι η πτώση της θερμοκρασίας σε σύγκριση με την προηγούμενη Μεσαιωνική Θερμή Περίοδο ήταν της τάξης του 1^ο C. Σημειωτέον ότι, η σημερινή θερμοκρασία είναι περίπου 5^ο C μεγαλύτερη από αυτή της Μικρής Παγετώδους Εποχής. Στη Βόρειο Αμερική και Ευρώπη παρατηρήθηκε μια προώθηση των παγετώνων κατά τον 14^ο, 16^ο και 17^ο αιώνα. Οι δακτύλιοι ανάπτυξης των δέντρων στον Καναδά, την Καλιφόρνια, τη Σκανδιναβία και την Ελβετία δείχνουν μια περίοδο με μικρή ανάπτυξη – άρα χαμηλές θερμοκρασίες – γύρω στο 1700. Την ίδια εποχή εγκαταλείφθηκαν αγροκτήματα σε λόφους σε πολλές περιοχές της Ελβετίας και της Σκωτίας.

Η τελευταία περίοδος της Μικρής Παγετώδους Εποχής συνέπεσε με την ανάπτυξη των μετεωρολογικών οργάνων. Η πιο μεγάλη χρονοσειρά παρατηρήσεων στην Ευρώπη αφορά την Κεντρική Αγγλία και αναπτύχθηκε από τον Gordon Manley από το 1659. Σύμφωνα με τις μετρήσεις αυτές, το ψυχρότερο έτος ήταν το 1740, με μέση ετήσια θερμοκρασία 6,8^ο C, και το θερμότερο το 1949 με θερμοκρασία 10,6^ο C. Το καλοκαίρι του 1816 ήταν το ψυχρότερο όλων των εποχών και δικαίως η χρονιά αυτή ονομάστηκε «χρονιά χωρίς καλοκαίρι». Στο σχήμα 1.2 βλέπουμε τη μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1850 έως το 1997 σύμφωνα με μετρήσεις από σταθμούς σε όλο τον κόσμο.



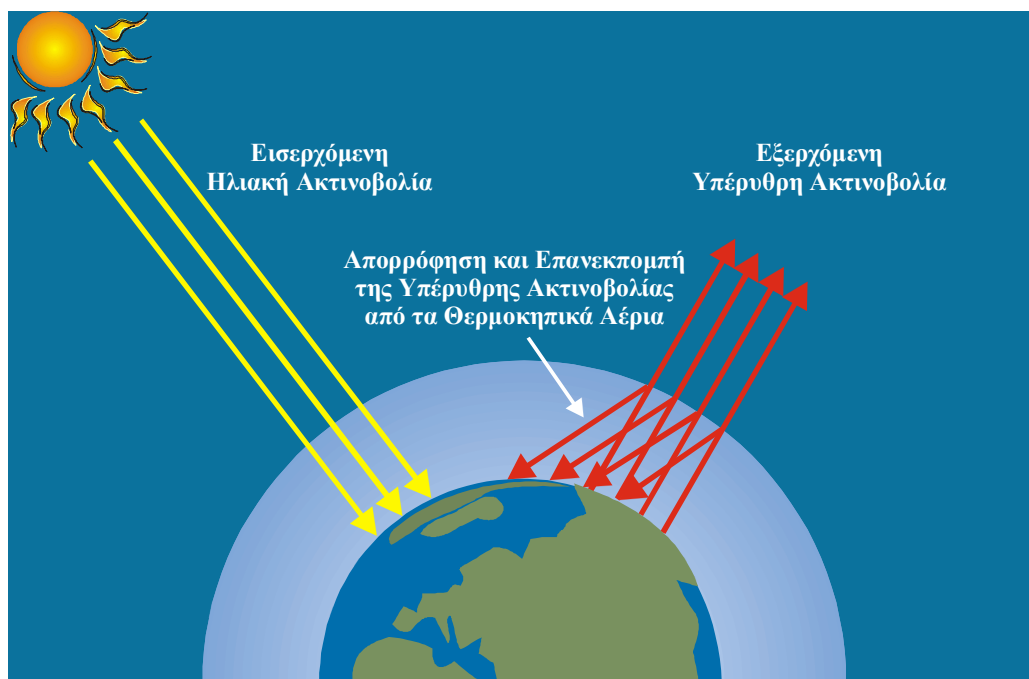
Σχήμα 1.2: Μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1850 έως το 1997. Η διακεκομμένη γραμμή αντιπροσωπεύει τη μέση θερμοκρασία της γης από το 1961 έως το 1990.

Στο διάγραμμα φαίνεται ότι, τα τελευταία εκατό χρόνια, έχουμε μία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Σημειώνεται επίσης ότι, από το 1940 έως το 1965, το Βόρειο ημισφαίριο ψύχθηκε κατά $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$, η ψύξη όμως αυτή υπερκαλύφθηκε από θέρμανση του Νότιου ημισφαιρίου κατά $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Τα τελευταία χρόνια, παρατηρείται μία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη, εκτός ίσως από περιοχές όπως η Ευρώπη και η Βόρειος Αμερική.

1.4 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Δεχόμενοι, σχεδόν καθημερινά, ένα καταγισμό συγκεκριμένων πληροφοριών, πολλοί από μας έχουν ταυτίσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου με την κλιματική αλλαγή. Όπως θα εξηγήσουμε σε αυτό το κεφάλαιο, το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι ένα φυσικό φαινόμενο με ευεργετικά αποτελέσματα στο κλίμα της γης. Η απειλή προέρχεται από την υπερβολή του φαινομένου, η οποία οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων.

Έχει εξακριβωθεί ότι ορισμένα αέρια της ατμόσφαιρας (γνωστά και ως *θερμοκηπικά αέρια*), επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη γη, ενώ αντίθετα απορροφούν και επανεκπέμπουν προς το έδαφος ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης. Αυτή η παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας (η οποία ειδήλλως θα χανόταν στο διάστημα) από τα συγκεκριμένα αέρια, ονομάζεται *φαινόμενο του θερμοκηπίου*. Πρόκειται για ένα γεωφυσικό φαινόμενο που είναι ουσιώδες και απαραίτητο για την ύπαρξη, διατήρηση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Χωρίς αυτόν το μηχανισμό η μέση θερμοκρασία της γης θα ήταν περίπου κατά 35°C χαμηλότερη, δηλαδή περίπου -20°C αντί για $+15^{\circ}\text{C}$ που είναι σήμερα και η ύπαρξη ζωής θα ήταν αδύνατη, τουλάχιστον στη μορφή που τη γνωρίζουμε σήμερα. Στο σχήμα 1.3, που ακολουθεί, επιχειρείται μία γραφική αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου.



Σχήμα 1.3: Σχηματική παράσταση της διαδικασίας που οδηγεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Όπως έγινε κατανοητό, το φαινόμενο του θερμοκηπίου, στις φυσικές του διαστάσεις, δεν είναι επιβλαβές, αντίθετα είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση των περιβαλλοντικών συνθηκών του πλανήτη. Το ανησυχητικό είναι η ενίσχυση του φαινομένου σαν αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης. Οι ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων αυξάνουν την υπέρυθη ακτινοβολία που παγιδεύεται από την ατμόσφαιρα, επιδρώντας έτσι στο κλίμα της γης. Το φυσικό επακόλουθο της αύξησης των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων από τον άνθρωπο είναι λοιπόν η ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου και συνεπώς η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, εκτός από τις ανθρωπογενείς εκπομπές θερμοκηπικών αερίων, σημαντικό ρόλο για την εξέλιξη του φαινομένου του θερμοκηπίου παίζει και η συνεχής εκτεταμένη καταστροφή των τροπικών δασών τα οποία έχουν σημαντική συμβολή στην ισορροπία των κυριότερων θερμοκηπικών αερίων στην ατμόσφαιρα. Πιο συγκεκριμένα:

- 1) Τα δάση, μέσω της φωτοσύνθεσης, δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα και παράγουν οξυγόνο.
- 2) Τα τροπικά δάση ρυθμίζουν τις ποσότητες των υδρατμών στην ατμόσφαιρα των τροπικών πλατών και κατά προέκταση και ολόκληρου του πλανήτη.

1.5 Θερμοκηπικά αέρια

Οι υδρατμοί έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρ' όλα αυτά η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Για το λόγο αυτό, η συζήτηση σε αυτό το κεφάλαιο θα περιορισθεί στα αέρια εκείνα των οποίων οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα αυξάνονται σημαντικά λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης.

Τα κυριότερα αέρια της ατμόσφαιρας που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου (ανθρωπογενής συνιστώσα), καθώς και ο βαθμός συνεισφοράς τους φαίνονται στον πίνακα 1.1, ενώ πληροφορίες για το κάθε αέριο ξεχωριστά δίνονται στις παραγράφους που ακολουθούν.

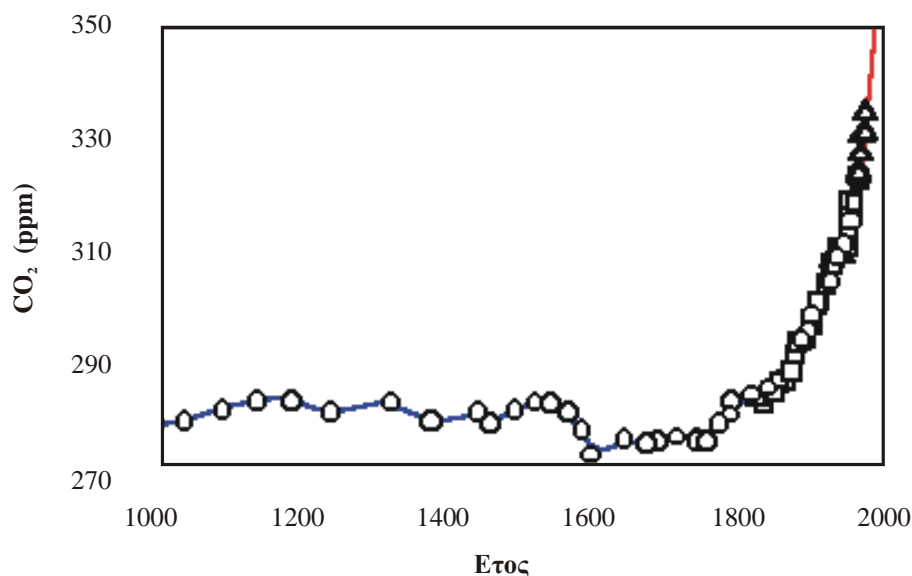
Πίνακας 1.1: Θερμοκηπικά αέρια και ο βαθμός συνεισφοράς τους

<i>Αέριο</i>	<i>Συνεισφορά (%)</i>
<i>Διοξείδιο του Άνθρακα</i>	<i>50-60</i>
<i>Χλωροφθοράνθρακες</i>	<i>15-25</i>
<i>Μεθάνιο</i>	<i>12-20</i>
<i>Υποξείδιο του Αζώτου</i>	<i>5</i>
<i>Οζον και Άλλα αέρια</i>	<i>11</i>

- **Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂)**

Η συνεισφορά του διοξειδίου του άνθρακα στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι καταλυτική. Εκλύεται άμεσα στην ατμόσφαιρα από τη χρήση ορυκτών καυσίμων και έμμεσα από την εκχέρσωση δασικών εκτάσεων. Τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εκτιμάται ότι αυξάνονται κατά 3 – 4% κάθε δεκαετία και κατά 0,4 – 0,5% περίπου κάθε χρόνο. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, αν συνεχίσει ο ίδιος ρυθμός αύξησης των καύσεων πάνω στον πλανήτη, η συγκέντρωση του CO₂ το έτος 2030 θα έχει διπλασιαστεί. Μία τέτοια αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ πιθανολογείται ότι θα προκαλέσει αύξηση της θερμοκρασίας κατά 3 – 5 °C. Όμως, ακόμη και αν σταματήσει η αυξανόμενη εκπομπή του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, η αποκατάστασή του στα επιθυμητά επίπεδα θα καθυστερήσει πολύ. Σημειώνουμε ότι το διοξείδιο του άνθρακα έχει χρόνο ζωής στην ατμόσφαιρα 5 – 7 χρόνια.

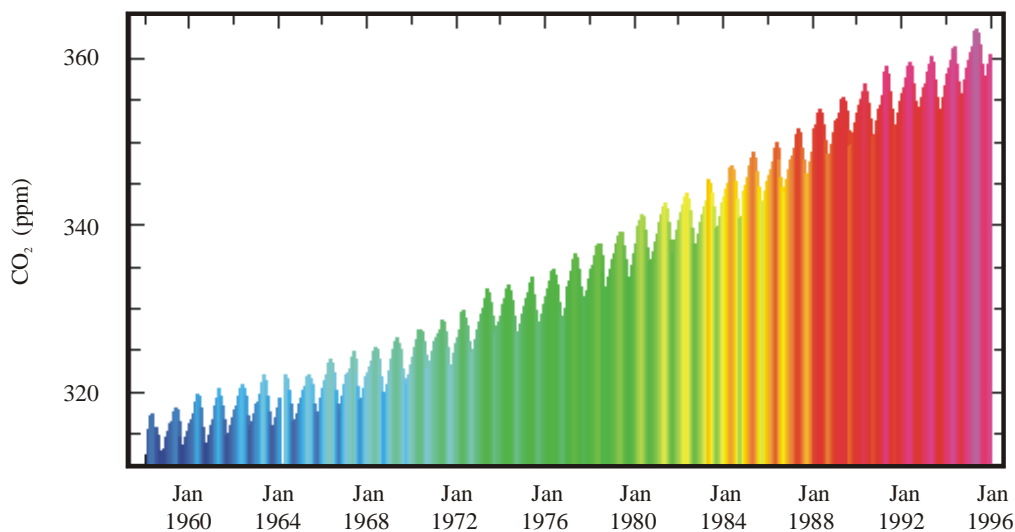
Οι συγκεντρώσεις του CO₂ στην ατμόσφαιρα είναι γνωστές με ακρίβεια από το 1958 αλλά, με βάση μετρήσεις στον πάγο και των ισοτόπων του άνθρακα στους δακτυλίους των δέντρων, έχουν υπολογιστεί και για τις τελευταίες χιλιετίες. Κατά τη διάρκεια της τελευταίας περιόδου των παγετώνων, οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα προσδιορίστηκαν στα 200 ppm (μέρη στο εκατομμύριο) αλλά, στο τέλος της περιόδου αυτής, πριν περίπου 15.000 χρόνια, βρέθηκε ότι εκτοξεύτηκαν στα 280 ppm. Ήταν η περίοδος που η γη άρχισε να ζεσταίνεται και σε λιγότερο από 10.000 χρόνια εξελίχθηκε από ένα πλανήτη στον οποίο πολύ μεγάλα ποσοστά της επιφάνειάς του ήταν καλυμμένα με πάγο, στον σημερινό, που ουσιαστικά είναι ελεύθερος από πάγους. Στο διάγραμμα του σχήματος 1.4, βλέπουμε τις συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα έτσι όπως εκτιμήθηκαν με βάση τις μετρήσεις στους πάγους της Ανταρκτικής.



Σχήμα 1.4: Εξέλιξη των συγκεντρώσεων του διοξειδίου του άνθρακα την τελευταία χιλιετία [πηγή: http://www.dar.csiro.au/info/material/info98_2.htm]

Η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα μετράται με πολύ καλή ακρίβεια από το 1957 σε δύο σταθμούς στον κόσμο. Ο πρώτος βρίσκεται στο Maunua Loa στη Χαβάη και ο δεύτερος στο Νότιο Πόλο. Και οι δύο σταθμοί παρέχουν σημαντικότερες πληροφορίες για τη διαχρονική εξέλιξη του διοξειδίου του άνθρακα. Από τις μετρήσεις αυτές (σχήμα 1.5), φαίνεται καθαρά η ανοδική πορεία της συγκέντρωσης του CO₂. Επίσης, μπορεί κανείς να παρατηρήσει μία μεταβολή στο ρυθμό αύξησης του CO₂ μετά το έτος 1968.

Το κατά πόσο μπορεί να προβλεφθεί η μελλοντική εξέλιξη των συγκεντρώσεων του CO₂, εξαρτάται από την ικανότητα εκτίμησης της ποσότητας των ορυκτών καυσίμων που θα καταναλωθούν κατά τα επόμενα έτη και του ποσοστού του εκπεμπόμενου CO₂ που θα παραμείνει στην ατμόσφαιρα. Αν η παγκόσμια κατανάλωση καυσίμων συνεχιστεί με τον ίδιο ρυθμό, εκτιμάται ότι θα παρατηρείται αύξηση του CO₂ κατά περίπου 4% ανά δεκαετία. Συγχρόνως όμως, αναμένεται μία ελάττωση της χρήσης των ορυκτών καυσίμων σαν συνέπεια της αυξανόμενης χρήσης των ήπιων μορφών ενέργειας. Επίσης, δεν θα πρέπει να λησμονήσουμε τη σημαντική συνεισφορά των ωκεανών στα επίπεδα του CO₂. Οι ωκεανοί λειτουργούν σαν μια τεράστια αποθήκη CO₂, το οποίο δεσμεύεται από το φυτοπλαγκτόν κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης. Με το θάνατο των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών, ένα μεγάλο ποσοστό του παραμένει κάτω από την επιφάνεια των ωκεανών. Μια αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας (λόγω φαινομένου του θερμοκηπίου) ενδέχεται να οδηγήσει σε άνθηση του φυτοπλαγκτού και κατά συνέπεια σε αύξηση της δέσμευσης του ατμοσφαιρικού CO₂. Παρόλα αυτά, δεν αναμένεται ο ρυθμός αύξησης του CO₂ στην ατμόσφαιρα να γίνει μικρότερος από 2% ανά δεκαετία, για τις πρώτες δεκαετίες του 21^{ου} αιώνα.

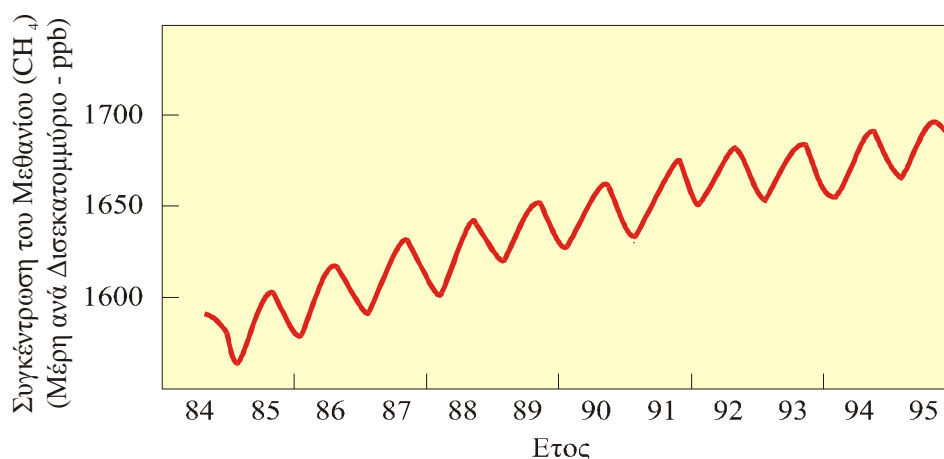


Ετος

Σχήμα 1.5: Μηνιαίες συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Οι μετρήσεις προέρχονται από το παρατηρητήριο Mauna Loa στη Χαβάη των Η.Π.Α. [πηγή: http://ingrid.ldgo.columbia.edu/SOURCES/KEELING/MAUNA_LOA.cdf/co2/]

• Μεθάνιο (CH_4)

Παράγεται κυρίως κατά τη βακτηριακή αποσύνθεση της οργανικής ύλης (αναερόβια σήψη) στις καλλιέργειες ρυζιού, στους χώρους απόθεσης απορριμμάτων και από το πεπτικό σύστημα των μηρυκαστικών ζώων. Αυξάνεται κάθε χρόνο κατά 1 – 2%, ως αποτέλεσμα της ολοένα αυξανόμενης κατανάλωσης τροφίμων από τους κατοίκους των ανεπτυγμένων περιοχών του πλανήτη. Το μεθάνιο έχει χρόνο ζωής 10 χρόνια και το ποσοστό συνεισφοράς του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου εκτιμάται ότι είναι 12 – 20%. Στο διάγραμμα του σχήματος 1.6, που ακολουθεί, βλέπουμε τις συγκεντρώσεις μεθανίου για το χρονικό διάστημα 1984 – 1996.



Σχήμα 1.6: Μέσες μηνιαίες συγκεντρώσεις του μεθανίου στην ατμόσφαιρα.

• Υποξείδιο του αζώτου (N_2O)

Παράγεται από βακτηριακή δράση στο νερό και το χώμα, από τη διάσπαση αζωτούχων λιπασμάτων και από την καύση των ορυκτών καυσίμων ως υποπροϊόν. Κάθε χρόνο τα επίπεδά του αυξάνονται κατά 0,25 – 0,4%, ενώ μπορεί να παραμείνει στην ατμόσφαιρα μέχρι και 170

χρόνια. Είναι μη τοξικό αέριο αλλά η συνεισφορά του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι περίπου 4 – 6%.

- **Τροποσφαιρικό όζον (O₃)**

Το 75% σχεδόν του τροποσφαιρικού όζοντος παράγεται με τη φωτοχημική δράση του ηλιακού φωτός σε αέριους ρύπους όπως τα οξειδία του αζώτου και οι υδρογονάνθρακες. Η ετήσια αύξησή του φτάνει το 2%, ενώ ο χρόνος παραμονής του στην ατμόσφαιρα δεν ξεπερνάει τις 3 εβδομάδες. Το ποσοστό συνεισφοράς του στο φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι 10 – 12%.

- **Χλωροφθοράνθρακες (CFC's) και halons**

Πρόκειται για χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούταν, μέχρι πρόσφατα, ευρέως στα ψυγεία και τα συστήματα κλιματισμού ως ψυκτικά υγρά και στα διάφορα σπρέι ως προωθητικά αέρια. Η συγκέντρωσή τους στην ατμόσφαιρα παρουσίαζε ετήσια αύξηση της τάξης του 6% ωστόσο, μετά την εφαρμογή των διεθνών συνθηκών, η παραγωγή τους έχει μειωθεί στο ελάχιστο. Ο χρόνος παραμονής τους στην ατμόσφαιρα ανέρχεται πιθανόν σε εκατοντάδες χρόνια και για το λόγο αυτό οι συνέπειές τους θα είναι αισθητές και τον αιώνα που διανύουμε. Είναι ευρύτερα γνωστά λόγω του ρόλου τους στην αραιώση της στρωμάδας του όζοντος. Συνεισφέρουν όμως και στο φαινόμενο του θερμοκηπίου κατά 15 – 25%.

ΠΗΓΕΣ ΕΚΠΟΜΠΗΣ

Τα αέρια, που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου, εκλύονται από ανθρώπινες δραστηριότητες που αφορούν κυρίως:

- 1) *Τον ενεργειακό τομέα (συμπεριλαμβανομένων και των μεταφορών), που με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο, βενζίνη κ.λ.π.) ευθύνεται για το 50% των συνολικών εκπομπών. Από τις εκπομπές αυτές, το 40% αφορά το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο 10% περιλαμβάνει άλλα αέρια, με κυριότερα το μεθάνιο, το τροποσφαιρικό όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα και άλλες ενώσεις.*
- 2) *Την παραγωγή και χρήση συνθετικών χημικών ουσιών, όπως οι χλωροφθοράνθρακες ή τα halons.*
- 3) *Την αποψίλωση δασικών εκτάσεων, που συνεισφέρει στην παραγωγή επιπλέον αερίων του θερμοκηπίου κατά 15%. Από τα αέρια αυτά, κυριότερο είναι το διοξείδιο του άνθρακα – που αποτελεί περίπου το 10% - ενώ η καύση και η αποσύνθεση των δασών αποτελούν πηγές υποξειδίου του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου, που καλύπτουν το υπόλοιπο 5%.*
- 4) *Τη γεωργία, που ευθύνεται για το 15% των εκπομπών, με κυριότερα αέρια το μεθάνιο, που προέρχεται από την εκτροφή βοοειδών και τις καλλιέργειες ρυζιού, το υποξείδιο του αζώτου, που απελευθερώνεται λόγω της χρήσης λιπασμάτων και το διοξείδιο του άνθρακα, που εκλύεται από γεωργικές βιομηχανίες.*

1.6 Ο ρόλος των αιωρούμενων σωματιδίων

Τα αιωρούμενα σωματίδια (αερολύματα) είναι υπεύθυνα για μια ακόμη ανθρώπινη επίδραση στο κλίμα. Σε αυτή την περίπτωση, όμως, το αποτέλεσμα είναι διαφορετικό. Τα αιωρούμενα σωματίδια αυξάνουν την ανακλαστικότητα της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα να φθάνει στην επιφάνεια της γης λιγότερη ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό έχει σαν συνέπεια την μείωση της θερμοκρασίας.

Τα αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να προέρχονται τόσο από φυσικές όσο και από ανθρωπογενείς πηγές. Τα φυσικά αιωρήματα – κυρίως σκόνη από τις ηπείρους και άλατα μαζί με θειούχες ενώσεις από τους ωκεανούς – έχουν σταθερή πυκνότητα τουλάχιστον κατά τον τελευταίο αιώνα. Επομένως δεν μπορεί να έχουν επιφέρει ανιχνεύσιμες αλλαγές στο κλίμα. Επίσης, τα αιωρούμενα σωματίδια ηφαιστειακής προέλευσης δεν επηρεάζουν το κλίμα για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Για παράδειγμα, η έκρηξη του Pinatubo το 1991 (εικόνα 1.7) είχε σαν αποτέλεσμα μια τοπική ψύξη διάρκειας λίγων ετών. Αντίθετα, τα ανθρωπογενή αιωρήματα στην ατμόσφαιρα έχουν αυξηθεί δραματικά, κυρίως μετά το 1950.



Σχήμα 1.7: Εκπομπή ηφαιστειακών αερίων από το ηφαίστειο του Pinatubo (12 Ιουνίου 1991). Η φωτογραφία έχει ληφθεί από απόσταση 20 km ανατολικά του ηφαιστείου. Ο θύσανος των αερίων φτάνει μέχρι το ύψος των 18 km. Ακολούθησε μία σειρά εκρήξεων, σε μία εκ των οποίων (15 Ιουνίου 1991) το ύψος του θυσάνου έφτασε τα 40 km. Τα ηφαιστειακά αέρια εισχώρησαν στην περίπτωση αυτή ψηλά στη στρατόσφαιρα.

1.7 Έχει ξεκινήσει η κλιματική αλλαγή;

Το κλίμα της γης εμφανίζει και φυσικές μεταβολές, οι οποίες δυσκολεύουν την αναγνώριση των μεταβολών που οφείλονται στην επίδραση του ανθρώπου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα, στο παρελθόν, να αμφισβητηθούν οι ενδείξεις που υπήρχαν για αλλαγή του κλίματος. Παρ' όλα αυτά, τα τελευταία χρόνια υπάρχει συμφωνία μεταξύ των επιστημόνων ότι το κλίμα της γης άρχισε ήδη να προσαρμόζεται στα υψηλά επίπεδα των θερμοκηπικών αερίων, τα οποία οφείλονται στις ανθρωπογενείς εκπομπές των προηγούμενων ετών. Οι ενδείξεις είναι σημαντικές:

- Οι μετρήσεις δείχνουν ότι η παγκόσμια θερμοκρασία αυξήθηκε κατά περίπου 0.3°-0.6°C από το 1860. Η θέρμανση αυτή δεν μπορεί να εξηγηθεί από τη φυσική μεταβλητότητα του κλίματος. Η αύξηση φαίνεται μικρή αλλά δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι αφορά τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη (όλα τα χρόνια κάποιες περιοχές είναι θερμότερες και κάποιες άλλες ψυχρότερες από το κανονικό).
- Τα δεκατέσσερα θερμότερα έτη, από την εποχή που ξεκίνησαν οι μετρήσεις, συνέβησαν μετά το 1980 (βέβαια το ρεκόρ καταρρίπτεται κάθε φορά μόνο για λίγα εκατοστά του βαθμού).
- Η μέση στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 10-25 εκατοστά.

2.0 ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΟΙ ΜΕ ΤΙΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ

2.1 Ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα

Ακραία ονομάζονται τα φαινόμενα τα οποία αποκλίνουν σημαντικά από τη φυσιολογική κατάσταση των καιρικών και κλιματικών συστημάτων. Σαν παραδείγματα τέτοιων φαινομένων μπορούν να αναφερθούν οι μεγάλες πλημμύρες, ξηρασίες, καύσωνες και παγετώνες.

Τα έντονα και ακραία καιρικά φαινόμενα μπορεί να αποτελούν τις πρώτες ενδείξεις περί κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμια κλίμακα. Ενώ άλλα τμήματα της γης, όπως παραδείγματος χάρη οι ωκεανοί, μπορεί να εμφανίσουν τις αλλαγές με καθυστέρηση δεκαετιών, η ατμόσφαιρα έχει μικρούς, σχετικά, χρόνους ανάδρασης. Έτσι λοιπόν, κατά τη μετάβαση από έναν τύπο κλίματος σε άλλον, το πρώτο πράγμα που αλλάζει, λειτουργώντας παράλληλα σαν δείκτης αλλαγής, είναι ο καιρός.

Τα τελευταία χρόνια πυκνώνουν οι ειδήσεις για ακραία καιρικά φαινόμενα σε διάφορα σημεία του πλανήτη. Μπορούμε να σταχυολογήσουμε μερικά γεγονότα των τελευταίων ετών:

Το καλοκαίρι του 1995, περισσότερα από 500 άτομα στην Ινδία πέθαναν λόγω ενός ασυνήθιστου καύσωνα. Το ίδιο καλοκαίρι, στη Μεγάλη Βρετανία, ήταν το θερμότερο από το 1659 (το έτος που ξεκίνησαν οι μετρήσεις) και το ξηρότερο από το 1721. Στα τέλη του έτους, οι αγώνες του παγκόσμιου πρωταθλήματος σκι, οι οποίοι επρόκειτο να διεξαχθούν στην Αυστρία, ακυρώθηκαν λόγω έλλειψης χιονιού. Την ίδια εποχή, χρειάστηκε η επέμβαση του στρατού για να απελευθερωθούν από τις πρωτοφανείς χιονοπτώσεις οι κάτοικοι του Sapporo της Ιαπωνίας.

Το 1996 σηματοδεύτηκε από πολλές πλημμύρες που έπληξαν διαφορετικές περιοχές του πλανήτη όπως τις Βορειοανατολικές Ηνωμένες Πολιτείες, τη Βόρεια Κορέα και τη Σόφια στη Βουλγαρία. Πολύ σημαντική ήταν η ξαφνική πλημμύρα στα Ισπανικά Πυρηναία τον Αύγουστο του 1996, από την οποία σκοτώθηκαν περισσότεροι από 60 άνθρωποι. Την ίδια εποχή, άλλες περιοχές των Ηνωμένων Πολιτειών βίωσαν μια παρατεταμένη ξηρασία, με αποτέλεσμα τα αποθέματα σιτηρών να βρεθούν στα χαμηλότερα επίπεδα των τελευταίων 50 ετών.

Τον χειμώνα του 1997, η Πορτογαλία βίωσε τη χειρότερη ξηρασία των 150 τελευταίων ετών με αποτέλεσμα να καταστραφεί το 70 % της χειμερινής παραγωγής δημητριακών. Τον Μάιο, μια καταρρακτώδης βροχή στη Μανίλα άφησε 120.000 αστέγους. Τον Ιούλιο, η χειρότερη πλημμύρα του αιώνα έπληξε την Πολωνία και τη Τσεχία. Τον Νοέμβριο, υπήρχαν 2500 νεκροί ή αγνοούμενοι από το πέρασμα τυφώνα στη Νοτιοανατολική Ασία (ο «όλεθρος του αιώνα», όπως αποκαλέστηκε στο Βιετνάμ). Στα τέλη του χρόνου, η Μόσχα έζησε τον ψυχρότερο Δεκέμβριο των τελευταίων 115 ετών (σε αντιδιαστολή με το προηγούμενο έτος οπότε και καταγράφηκε ο θερμότερος Δεκέμβριος στη ιστορία των μετρήσεων).

Το 1998 αποκαλέστηκε σαν το θερμότερο έτος της χιλιετίας. Το έτος ξεκίνησε με μια ασυνήθιστη σε ένταση παγοθύελλα, η οποία προκάλεσε μεγάλες καταστροφές και καθήλωσε τη βόρεια Νέα Αγγλία και το Κεμπέκ για ένα περίπου μήνα. Την άνοιξη, μεγάλες πυρκαγιές στη Βραζιλία και το Μεξικό προκάλεσαν καταστροφές στο τροπικό δάσος, το οποίο είναι πολύ δύσκολο να καεί. Το καλοκαίρι μεγάλοι καύσωνες εμφανίστηκαν στη Μέση Ανατολή και την Ινδία όπου πέθαναν 4000 άτομα. Το Μεξικό υπέφερε από τη χειρότερη ξηρασία των τελευταίων 70 χρόνων την οποία διαδέχθηκαν πλημμύρες, οι οποίες παρέλυσαν τη χώρα. Τον Σεπτέμβριο

και τον Οκτώβριο, ογκώδεις πλημμύρες στην Κίνα και το Μπανγκλαντές άφησαν δεκάδες εκατομμυρίων αστέγους.

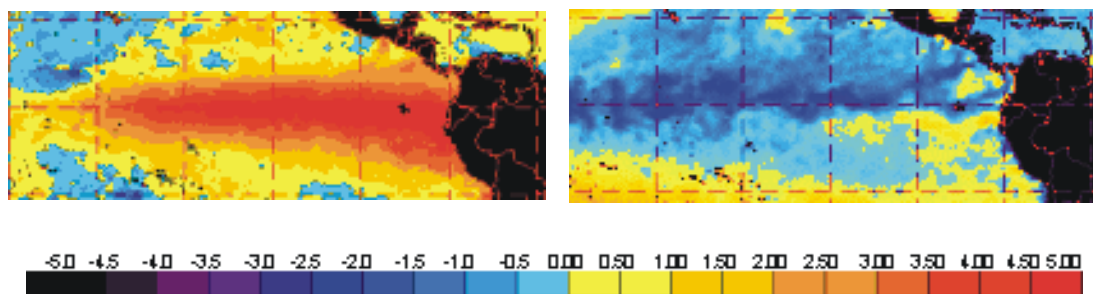
Το χειμώνα του 1999, τόσο η Ευρώπη όσο και η Βόρεια Αμερική, βίωσαν τις χειρότερες χιονοθύελλες των τελευταίων δεκαετιών. Άλλες περιοχές της γης, όπως η Κίνα και η Νέα Ζηλανδία, αντιμετώπισαν δραματικές εναλλαγές ξηρασίας και πλημμύρων. Τον Δεκέμβριο, καταιγίδες στη Γαλλία, την Ελβετία και τη Γερμανία συνοδεύτηκαν από ισχυρότατους ανέμους (ως 50 μέτρα το δευτερόλεπτο) σκοτώνοντας 120 ανθρώπους και προξενώντας ζημιές περίπου 1.2 τρισεκατομμυρίων δολαρίων (η μεγαλύτερη ασφαλιστική καταστροφή που σημειώθηκε ποτέ στην Ευρώπη).

Θα πρέπει εδώ να σημειώσουμε ότι υπάρχουν πολλοί επιστήμονες οι οποίοι αμφισβητούν την αύξηση των ακραίων φαινομένων τα τελευταία χρόνια. Σύμφωνα με τους επιστήμονες αυτούς, η κλιματική αλλαγή θα έχει μάλλον θετικά αποτελέσματα στον καιρό περιορίζοντας τη συχνότητα εμφάνισης ακραίων φαινομένων.

2.2 Το Φαινόμενο El Nino

Στις δυτικές ακτές της Νότιας Αμερικής, στον τροπικό Ειρηνικό Ωκεανό, επικρατεί συνήθως ένα ψυχρό ρεύμα το οποίο κατευθύνεται προς τα βόρεια. Άνεμοι νοτίων διευθύνσεων οδηγούν στην επιφάνεια ψυχρό, πλούσιο σε θρεπτικές ουσίες νερό το οποίο ευνοεί την ανάπτυξη μεγάλων πληθυσμών ψαριών. Περιστασιακά όμως, εμφανίζεται ένα θερμό θαλάσσιο ρεύμα με κατεύθυνση τις νοτιοδυτικές ακτές της Νότιας Αμερικής, το οποίο είναι φτωχό σε θρεπτικές ουσίες και ψάρια. Αυτό το θερμό ρεύμα γίνεται αντιληπτό στο Περού περίπου την περίοδο των Χριστουγέννων, γι' αυτό οι ψαράδες της περιοχής το ονόμασαν El Nino, που σημαίνει «το Θείο Βρέφος». Τα περισσότερα χρόνια, η θέρμανση διαρκεί μόνο για μερικές εβδομάδες (ως ένα μήνα) πριν η κατάσταση επανέλθει σε φυσιολογικά επίπεδα. Κάποιες χρονιές όμως, το φαινόμενο, έχει μεγαλύτερη ένταση και συνεχίζεται για αρκετούς μήνες οδηγώντας τους τοπικούς ψαράδες σε απόγνωση αλλά και δημιουργώντας, όπως θα αναλύσουμε παρακάτω, διαταραχές στη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Τα επεισόδια αυτά συμβαίνουν με μια περιοδικότητα 2-7 χρόνια και ονομάζονται Μεγάλα Επεισόδια El Nino (αν και πολλές φορές ονομάζονται απλώς El Nino). Χαρακτηριστικά αναφέρονται τα Μεγάλα Επεισόδια τις περιόδους 1982-83 και 1997-98.

Κατά τη διάρκεια του El Nino, για λόγους που ακόμα παραμένουν άγνωστοι, η ατμοσφαιρική πίεση στον δυτικό Ειρηνικό αυξάνεται και στα ανατολικά ελαττώνεται, ενώ συνήθως επικρατούν οι αντίστροφες συνθήκες. Η αναστροφή της κατανομής της πίεσης ονομάζεται Νότια Κύμανση και λόγω του γεγονότος ότι συμβαίνει σχεδόν ταυτόχρονα με το θερμό ωκεάνιο ρεύμα, οι επιστήμονες το ονομάζουν συχνά ENSO (El Nino / Southern Oscillation). Μια τεράστια περιοχή του νότιου Ειρηνικού γίνεται το κέντρο ενός εκτεταμένου τροπικού συστήματος, που τροποποιεί τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Λόγω αλλαγής της κυκλοφορίας, τα θερμά νερά του δυτικού Ειρηνικού κινούνται ανατολικά προς τις ακτές της νοτίου Αμερικής ανεβάζοντας τις θερμοκρασίες της θάλασσας μέχρι και 7°C. Η αύξηση αυτή εμποδίζει τα ψάρια, που αποτελούν την κυριότερη πλουτοπαραγωγική πηγή των περιοχών αυτών, να ανέβουν σε μικρά βάθη και έτσι η αλιεία υφίσταται μεγάλες απώλειες στη διάρκεια του El Nino. Τα θερμά νερά παρασύρουν μαζί τους μεγάλα σύννεφα βροχής. Όσο πιο υψηλή είναι η θερμοκρασία τόσο περισσότερες και εντονότερες είναι οι βροχές, οι οποίες πλημμυρίζουν τις περιοχές αυτές και προκαλούν πολλές καταστροφές.



Σχήμα 2.1: Η θερμοκρασία επιφανείας της θάλασσας κατά την διάρκεια ενός μεγάλου επεισοδίου El Niño τον Δεκέμβριο του 1997 (εικόνα στα αριστερά) και ενός επεισοδίου La Niña τον Μάρτιο του 2000 (εικόνα στα δεξιά). Η χρωματική κλίμακα δείχνει την απόκλιση της θερμοκρασίας της θάλασσας από την κανονική της τιμή.

Αντίθετα, στις δυτικές περιοχές του Ειρηνικού, όπου κανονικά θα υπήρχαν βροχές (περίοδος μουσώνων), επικρατεί ξηρασία, μέχρι και τις ακτές της ανατολικής Αφρικής. Όλες οι περιοχές, από την Αιθιοπία και το Σουδάν μέχρι την Ινδία, το Βόρνεο και την Αυστραλία, υπόκεινται σε εξοντωτική ξηρασία.

Το El Niño αποτελεί τη μεγαλύτερη μεμονωμένη καιρική διαταραχή στον πλανήτη και είναι η μεγαλύτερη αιτία μεταβλητότητας του κλίματος. Η εμφάνιση του συνοδεύεται από καταστροφικές πλημμύρες και ξηρασίες, στις διαφορετικές πλευρές του Ειρηνικού. Η έξαρση του φαινομένου, τα τελευταία χρόνια, οδηγεί στην σύνδεσή του με το φαινόμενο του θερμοκηπίου και την επακόλουθη κλιματική αλλαγή.

Μετά τη λήξη των επεισοδίων El Niño η κατάσταση συνήθως επανέρχεται στα φυσιολογικά της επίπεδα. Σε μερικές περιπτώσεις, όμως, το θαλάσσιο ρεύμα, το οποίο αντικαθιστά το El Niño, είναι ιδιαίτερα ψυχρό δημιουργώντας τις αντίθετες συνθήκες και ονομάζεται La Niña (το κοριτσάκι).

2.3 Στάθμη της Θάλασσας

Όπως γνωρίζουμε, κατά τη διάρκεια των εποχών των παγετώνων μεγάλες ποσότητες νερού μετατρέπονται σε μόνιμους πάγους πάχους πολλών εκατοντάδων μέτρων που καλύπτουν τεράστιες ηπειρωτικές αλλά και ωκεάνιες εκτάσεις της γης. Ακόμα και σήμερα, στις πολικές περιοχές της Αρκτικής και Ανταρκτικής, υπάρχουν μόνιμοι πάγοι.

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων 500 εκατομμυρίων ετών, έχουν γίνει πολλές αλλαγές από θερμές περιόδους, όπου το κλίμα ήταν ζεστότερο και υγρότερο από το σημερινό (π.χ. Λιθανθρακοφόρο, Ιουρασικό), σε περιόδους που μεγάλο τμήμα της γης καλύπτονταν από πάγους (π.χ. Πέρμιο). Κάθε φορά που είχαμε άνοδο της θερμοκρασίας, μεγάλο μέρος των παγετώνων έλιωνε ανεβάζοντας αισθητά τη στάθμη των ωκεανών. Κατ' αυτό τον τρόπο, η στάθμη της θάλασσας αυξάνει εδώ και 10.000 χρόνια δηλαδή από το τέλος της τελευταίας παγετωνικής περιόδου και την αρχή της εύκρατης εποχής που διανύουμε. Μέσα στα τελευταία 140 χρόνια, η στάθμη των ωκεανών ανέβηκε κατά 10-25 cm εξ' αιτίας της ανόδου της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας του αέρα στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Σήμερα ο ρυθμός ανόδου από 1,5mm ανά έτος που ήταν στις αρχές του αιώνα, έχει ανέβει στα 2,5mm ανά έτος (από εκτιμήσεις του 1980). Μέσα στα επόμενα 100 χρόνια, η πιο αισιόδοξη εκτίμηση που υπάρχει προβλέπει αύξηση κατά μισό μέτρο ενώ δεν λείπουν τα σενάρια που προβλέπουν ανύψωση της στάθμης των ωκεανών μέχρι και δύο μέτρα.

Το πρόβλημα προέρχεται κυρίως από τον παγετώνα του Βορείου Ωκεανού και της Γροιλανδίας. Ολόκληρο το σύστημα του βορείου Ατλαντικού είναι πολύ ευαίσθητο στις αλλαγές της θερμοκρασίας και αποτελεί ένα από τα πιο ζωτικά κύτταρα ωκεάνιας αλλά και ατμοσφαιρικής κυκλοφορίας. Ο παγετώνας λοιπόν της Γροιλανδίας έχει αρχίσει να λιώνει μετατρέποντας χιλιάδες τόνους πάγου σε νερό με άμεση συνέπεια την άνοδο της στάθμης των θαλασσών. Γεωλογικές έρευνες στους πάγους της Γροιλανδίας έδειξαν ότι παρόμοια γεγονότα συνέβαιναν συχνά στο παρελθόν και κυρίως στα τελευταία 150.000 χρόνια. Ο κίνδυνος λοιπόν είναι πραγματικός και δεν υφίσταται μόνο στα σενάρια των επιστημόνων. Ο παγετώνας αυτός, αποτελεί το 10% των ολικών μόνιμων πάγων, και σήμερα βρίσκεται σχεδόν σε δυναμική ισορροπία: όλη η αύξησή του από τη χειμερινή απόθεση χιονιού είναι περίπου ίση με τη μείωση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και την αποκόλληση τμημάτων πάγου με τη μορφή παγόβουνων, που είναι και η αιτία της αύξησης της θαλάσσιας στάθμης. Περαιτέρω θέρμανση θα επιταχύνει σημαντικά τη μείωσή του με πολύ δυσάρεστα αποτελέσματα.

Αντίθετα με τη Γροιλανδία, η Ανταρκτική δεν παρουσιάζει μεγάλο κίνδυνο, τουλάχιστον μέχρι τώρα. Μελέτες έχουν δείξει ότι, οι πάγοι της Ανταρκτικής, που είναι στην πλειοψηφία τους χειμαίοντες, παρουσίασαν εξαιρετική σταθερότητα κατά το παρελθόν και δεν έπαιξαν σημαντικό ρόλο στις διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας. Πρόσφατες όμως παρατηρήσεις από δορυφόρους έδειξαν ότι και οι Ανταρκτικοί πάγοι έχουν παρουσιάσει ύφεση και μερικά κομμάτια έχουν ήδη αρχίσει να λιώνουν. Οι πρώτες ανησυχίες εμφανίστηκαν το 1986 όταν μεγάλα κομμάτια πάγου αποκόπηκαν από τον ηπειρωτικό παγετώνα προς τη θάλασσα. Παρόμοια, μη αναμενόμενα περιστατικά, καταγράφηκαν το 1991, το 1993 και το 1995. Δεδομένου ότι η Ανταρκτική φιλοξενεί σχεδόν το 90% των συνολικών μόνιμων πάγων και το 70% των παγκοσμίων αποθεμάτων γλυκού νερού, σε περίπτωση ολικής τήξης, η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα φθάσει περίπου τα 60 μέτρα. Τήξη μόνο του παγετώνα της δυτικής Ανταρκτικής, ο οποίος δεν επιπλέει αλλά στηρίζεται στην υφαλοκρηπίδα και αποτελεί τον τελευταίο του είδους του (όλοι οι άλλοι έλιωσαν πριν 10.000 χρόνια), θα προκαλέσει άνοδο κατά 6 μέτρα. Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι, λόγω διαφορετικής χρονικής απόκρισης της θάλασσας σε σχέση με την ατμόσφαιρα, η άνοδος της στάθμης των ωκεανών θα συνεχίσει για αρκετές δεκαετίες αφότου σταματήσει η θέρμανση.

Οι συνέπειες από μια τέτοια ανύψωση είναι ποικίλες. Οι πρώτες άμεσες συνέπειες αφορούν κυρίως τη καταστροφή των παράκτιων οικισμών. Ήδη υπάρχουν περιοχές που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα αυτό εδώ και πάρα πολλά χρόνια (Ολλανδία, Βέλγιο κ.τ.λ). Ιδιαίτερο πρόβλημα θα αντιμετωπίσουν οι χώρες του τρίτου κόσμου λόγω του υψηλού κόστους κατασκευής προστατευτικών έργων αλλά και όλες οι παραθαλάσσιες μεγαλουπόλεις εξ' αιτίας της δυσκολίας μετακίνησης του τεράστιου αριθμού ανθρώπων που κατοικούν σε αυτές (περίπου ο μισός πληθυσμός της Γης).

Στη κατηγορία αυτή ανήκουν και οι κίνδυνοι για τη ναυσιπλοΐα από σκοπέλους και βραχονησίδες που ενδεχομένως να καλυφθούν από νερό, αλλά και παρόμοια προβλήματα σε πολλά μικρά νησιά που χρησιμοποιούνται είτε ως θέρετρα, είτε ως επιστημονικοί σταθμοί ή στρατιωτικές βάσεις.

Η δεύτερη κατηγορία αφορά τις επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα και την επίδραση-ανάδραση στο κλίμα. Οι παράκτιες περιοχές χρησιμοποιούνται ως βιότοποι από πολλά είδη πτηνών και ζώων, αλλά και από τους ανθρώπους σαν τόποι παραγωγής μεγάλης ποσότητας τροφίμων π.χ. αλιεία. Ακόμη σημαντικότερα είναι τα υποθαλάσσια οικοσυστήματα μερικά από τα οποία είναι πολύ ευαίσθητα και στη θερμοκρασία (π.χ. κοράλια) αλλά και στις άλλες παραμέτρους της κλιματικής αλλαγής.

Πολύ σημαντική, επίσης, είναι η επίδραση της μείωσης των πάγων πάνω στην αλλαγή του κλίματος. Οι πάγοι χαρακτηρίζονται από υψηλό ποσοστό ανακλαστικότητας της ηλιακής ακτινοβολίας. Η μείωση τους θα αυξήσει την απορρόφηση αυτής της ακτινοβολίας συμβάλλοντας περαιτέρω στη θέρμανση της γης. Από την άλλη πλευρά, η αύξηση των υδάτινων μαζών θα μειώσει την ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα καθώς είναι γνωστό ότι το αέριο αυτό απορροφάται από τη θάλασσα. Ακόμη θα πρέπει να ληφθεί υπόψη η δημιουργία νεφών που μειώνουν την ηλιακή ακτινοβολία στην κατώτερη ατμόσφαιρα. Τέλος, τεράστια είναι η σημασία των ωκεάνιων ρευμάτων στην εξέλιξη του κλίματος, ρεύματα που δημιουργούνται ή μεταβάλλονται από την τήξη των πάγων.

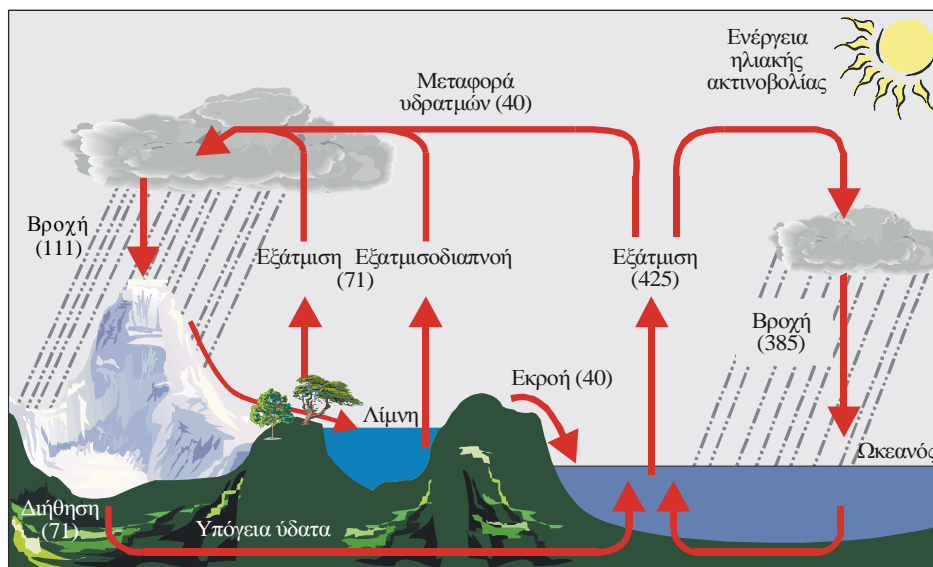


Σχήμα 2.2: Κομμάτια πάγου, που αποκολλώνται από τους παγετώνες, είναι υπεύθυνα για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

2.4 Υδάτινοι πόροι

Στον όρο υδάτινοι πόροι συμπεριλαμβάνονται όλα τα αποθέματα γλυκού νερού που είναι ή μπορούν να μετατραπούν σε πόσιμο. Όπως είναι γνωστό, το νερό βρίσκεται στη φύση σε μεγάλη αφθονία και στις τρεις μορφές του (πάγος, νερό, ατμός) και οι μορφές αυτές βρίσκονται σε διαρκή μεταβολή, δημιουργώντας έναν από τους γνωστότερους και σπουδαιότερους κύκλους στη φύση, τον κύκλο του νερού (σχήμα 2.7).

Όπως φαίνεται στο σχήμα αυτό, υπάρχουν δύο ειδών κινήσεις νερού. Η κατακόρυφη (βροχή – εξάτμιση) και η οριζόντια (επιφανειακά και υπόγεια ποτάμια). Στη διάρκεια της παρουσίας του στη Γη, ο άνθρωπος προσπάθησε επιτυχώς να εκμεταλλευτεί και τις δύο μετακινήσεις χωρίς να επηρεάσει σημαντικά ούτε την ποσότητα του νερού ούτε την πορεία του. Τι θα γίνει όμως ενόψει της κλιματικής αλλαγής;



Σχήμα 2.3: Ο κύκλος του νερού. Οι αριθμοί δηλώνουν χιλιάδες κυβικά χιλιόμετρα το χρόνο. Από το βιβλίο Atmosphere, Climate, and Change των T.E. Graedel και P.J. Crutzen.

Κάθε μεταβολή στη θερμοκρασία επηρεάζει την κατανομή του νερού, κυρίως των βροχοπτώσεων. Μια αύξηση της θερμοκρασίας θα οδηγήσει σε αύξηση των υδατοπτώσεων αλλά ταυτόχρονα θα έχουμε και περισσότερη εξάτμιση. Αν και δεν γνωρίζουμε ποιο φαινόμενο θα είναι ισχυρότερο το σίγουρο είναι ότι το αποτέλεσμα θα είναι ένας κόσμος υγρότερος.

Τα κλιματικά μοντέλα, με τα οποία υπολογίζουμε τα χαρακτηριστικά της κλιματικής αλλαγής, δεν μπορούν να μας δώσουν ακριβείς προβλέψεις για την κατανομή της βροχής αλλά σε άλλες περιοχές αναμένεται μείωση της ενώ αλλού πιθανόν να αυξηθεί. Εξ' άλλου η βροχή είναι από τα πιο ανομοιογενή φυσικά φαινόμενα και ο υδρολογικός κύκλος είναι εξαιρετικά πολύπλοκος. Αλλαγή των βροχοπτώσεων επιδρά στην επιφανειακή υγρασία, ανακλαστικότητα και βλάστηση, τα οποία επηρεάζουν την εξάτμιση και τη δημιουργία νεφών. Επιπλέον, διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να επηρεάσουν τον κύκλο αυτό όπως π.χ. η καταστροφή των δασών ή η υπερκατανάλωση νερού. Μια πρώτη ποιοτική πρόβλεψη αναγγέλλει αύξηση της έντασης των βροχοπτώσεων ενώ τα ξηρά κλίματα θα παρουσιάσουν μεγαλύτερη ευαισθησία στον παραπάνω κύκλο ειδικά στον τομέα της εξάτμισης και διαπνοής από την τοπική βλάστηση. Όσον αφορά τα τροπικά κλίματα είναι τα πιο δύσκολα για προβλέψεις και μέχρι τώρα κάθε κλιματικό μοντέλο δίνει διαφορετικά αποτελέσματα για την ένταση και την κατανομή της τροπικής βροχόπτωσης.

Μια νέα διάσταση στο πρόβλημα του νερού είναι δυνατό να παρουσιαστεί λόγω επιδείνωσης της κατάστασης από την κλιματική αλλαγή. Πολύ συχνά δύο ή περισσότερες χώρες μοιράζονται κάποια αποθέματα νερού όπως λίμνες, ποτάμια ή και υπόγεια νερά, τα οποία η κάθε μια θέλει να χρησιμοποιήσει για τις δικές της ανάγκες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα για τον Ελλαδικό χώρο αποτελεί ο ποταμός Αξίος. Μπορούμε επίσης να φανταστούμε την οξύτητα του προβλήματος για τις χώρες της μέσης Ανατολής και της Αφρικής που ήδη αντιμετωπίζουν προβλήματα λειψυδρίας εδώ και πολλά χρόνια.

Συμπερασματικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι, δεν υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις για έλλειψη του νερού σε παγκόσμια κλίμακα. Αντίθετα, η ανισότροπη κατανομή του, η οποία ανέκαθεν υπήρχε, αναμένεται να ενισχυθεί. Το πρόβλημα αυτό μπορεί να αντιμετωπιστεί όχι μόνο με την εύρεση νέων υδάτινων πόρων αλλά κυρίως με τη βελτίωση των ήδη υπάρχοντων. Απαιτείται βελτίωση τόσο της ποιότητας και μεταφοράς του νερού όσο και των αντιπλημμυρικών έργων, αλλά

κυρίως μια καλή διαχείριση του νερού ώστε να σταματήσει η άσκοπη σπατάλη του από τις αναπτυσσόμενες κυρίως χώρες.

2.5 Βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα

Η βιοποικιλότητα του πλανήτη γη, ανεκτίμητο περιβαλλοντικό και οικονομικό απόθεμα, αφού μόλις και μετά βίας ξέφυγε από την απληστία και αδιαφορία του ανθρώπου, απειλείται τώρα από την επερχόμενη κλιματική αλλαγή. Μια θέρμανση 1°C με 3,5°C, μέσα στα επόμενα 100 χρόνια, θα μετατοπίσει τις κλιματικές ζώνες κατά 150 ως 550 χιλιόμετρα προς τους πόλους και κατά 150 με 550 μέτρα προς μεγαλύτερα υψόμετρα, για τα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Καθώς το κάθε είδος πρέπει σε μικρό σχετικά χρονικό διάστημα να ανταποκριθεί στις νέες συνθήκες, η γεωγραφική εξάπλωση και σύνθεση των οικοσυστημάτων θα αλλάξει. Τα είδη που δεν θα μπορέσουν να προσαρμοστούν αρκετά γρήγορα θα κινδυνέψουν με εξαφάνιση.

Τα δάση, τα σημαντικότερα από όλα τα οικοσυστήματα, βρίσκονται ήδη σε μια αργή πορεία προς την εξαφάνιση, λόγω της πολύ αργής προσαρμογής τους στις κλιματικές αλλαγές. Γνωρίζουμε, από παρατηρήσεις αλλά και εργαστηριακά πειράματα, ότι μια αύξηση της μέσης θερμοκρασίας κατά 1°C επηρεάζει τη λειτουργικότητα και σύνθεση των δασών σε πολύ μεγάλο βαθμό. Υπολογίζεται ότι μέσα στον 21^ο αιώνα θα επηρεαστεί αρνητικά το ένα τρίτο των παγκόσμιων δασικών οικοσυστημάτων. Ολόκληρα είδη δασών μπορεί να εξαφανιστούν ενώ δεν αποκλείεται να εμφανιστούν καινούρια. Πυρκαγιές αλλά και διάφορες αρρώστιες των δέντρων είναι πολύ πιθανό να εμφανιστούν δυσχεραίνοντας την κατάσταση. Περισσότερο πάντως αναμένεται να επηρεαστούν τα φυλλοβόλα δάση που βρίσκονται κυρίως στην κεντρική Ευρώπη και τις ανατολικές ΗΠΑ, παρά τα τροπικά και τα μεσογειακά εφόσον τα γεωγραφικά πλάτη που βρίσκονται θα θερμανθούν περισσότερο. Η καταστροφή των δασών είναι ίσως το χειρότερο πλήγμα για το περιβάλλον αφού τα δάση επηρεάζουν σε τοπική, ηπειρωτική και παγκόσμια κλίμακα την παραγωγή οξυγόνου, τη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα, την υγρασία, τη θερμοκρασία του εδάφους, τις υδατοπτώσεις, τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής και πολλά άλλα φαινόμενα.

Παράλληλα με την ελάττωση των δασών αναμένεται να ενταθεί το φαινόμενο της ερημοποίησης. Το ερημικό κλίμα θα γίνει πιο ζεστό αλλά είναι αμφίβολο αν θα γίνει και πιο υγρό, απειλώντας έτσι τη λιγιστή αλλά σημαντική πανίδα των οικοσυστημάτων αυτών.

Τέλος, πρόβλημα θα παρουσιαστεί στις οριακές περιοχές που δεν έχουν περιθώρια μετατόπισης. Για παράδειγμα, αν άνθρωποι και οικοσυστήματα μεταναστεύσουν μισό χιλιόμετρο ψηλότερα, τότε τα εκεί υπάρχοντα οικοσυστήματα θα πρέπει να εξαφανιστούν. Μαζί τους θα εξαφανιστεί και κάθε είδους δραστηριότητα όπως χειμερινός τουρισμός, υλοτόμηση, φυσικές πηγές νερού και ενέργειας και όλα όσα ευδοκμούν σε μεγάλα υψόμετρα.

2.6 Λοιμώδη νοσήματα και υγεία

Η κλιματική αλλαγή αναμένεται να έχει επιπτώσεις και στα θέματα υγείας. Αγγειοκαρδιακές και αναπνευστικές παθήσεις επιδεινώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας όπως και άλλες αρρώστιες. Αυξημένοι τραυματισμοί, ψυχολογικές διαταραχές και απ' ευθείας θάνατοι μπορεί να επέλθουν από τα ισχυρά και εκτεταμένα κύματα καύσωνα αλλά και από πλημμύρες, καταιγίδες, και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα. Αν και ίσως σε πιο ψυχρά κλίματα θάνατοι από κρυοπαγήματα να μειωθούν ή εξαφανιστούν, το ποσοστό αυτό είναι πολύ μικρό για να εξισορροπήσει τις αρνητικές επιπτώσεις.

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις όμως θα είναι, όχι οι άμεσες αλλά, αυτές που θα ακολουθήσουν λόγω της διαταραχής των οικοσυστημάτων και των φυσικών πόρων σε συνδυασμό με την κακή ή ελλιπή ιατρική περίθαλψη. Ολοένα και περισσότεροι άνθρωποι εκτίθενται σε αρρώστιες από τη μόλυνση και ρύπανση του άμεσου περιβάλλοντος, όπως διάρροιες, υποσιτισμός και πείνα, άσθμα και άλλες αλλεργικές παθήσεις. Αύξηση της θερμοκρασίας θα προκαλέσει εξάπλωση των ασθενειών που μεταδίδονται από έντομα (π.χ. κουνούπια), δεδομένου ότι τα έντομα αυτά θα εξαπλωθούν σε μεγαλύτερα πλάτη αλλά και ύψη. Για παράδειγμα, σύμφωνα με τον παγκόσμιο οργανισμό υγείας, 300 εκατομμύρια κρούσματα ελονοσίας από κουνούπια εμφανίζονται κάθε χρόνο στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές όπου ζει το 45% του παγκόσμιου πληθυσμού. Από αυτά, τα δύο εκατομμύρια είναι θανατηφόρα. Μέχρι το τέλος του πρώτου μισού του 21^{ου} αιώνα, οι περιοχές αυτές θα καλύπτουν το 60% του πληθυσμού της Γης και τα κρούσματα προβλέπεται να ανέλθουν στα 350 με 380 εκατομμύρια το χρόνο.

Πιθανή είναι επίσης η αύξηση των επιδημιών. Αύξηση της θερμοκρασίας και της υγρασίας βοηθούν στην εξάπλωση των λοιμωδών ασθενειών, πολλές από τις οποίες είχαν σχεδόν εξαφανιστεί μέχρι τώρα όπως η χολέρα, η πανούκλα κτλ. Πολλά από τα βακτήρια που προκαλούν τέτοιες ασθένειες βρίσκουν καταφύγιο μέσα στα άλγη και τους ζωοπλακτονικούς οργανισμούς. Η αύξηση της θερμοκρασίας ευνοεί την άνθιση των άλγεων και επομένως τον πολλαπλασιασμό των βακτηρίων αυτών ενώ πολλές φορές μεταλλάσσονται γενετικά σε καινούρια και ανθεκτικότερα είδη. Οι λοιμώξεις αυτές μεταδίδονται κυρίως μέσω του νερού. Έτσι όταν το νερό είναι λίγο και κακής ποιότητας, και οι άνθρωποι πολλοί και απροστάτευτοι (χωρίς τροφή, εμβολιασμούς και περίθαλψη), το ξέσπασμα μιας επιδημίας μπορεί να αποβεί μοιραίο για χιλιάδες ανθρώπους, κυρίως παιδιά.

Παρόλα αυτά με σωστή μελέτη και έγκαιρη υποδομή μπορούμε όχι μόνο να προφυλαχθούμε αλλά και να θεραπεύσουμε τέτοιου είδους ασθένειες. Τουλάχιστον στις αναπτυγμένες και αναπτυσσόμενες χώρες υπάρχουν τόσο ο εξοπλισμός (νοσοκομεία, φάρμακα, κλιματισμός), όσο και το ανθρώπινο προσωπικό για τη σωστή αντιμετώπιση του προβλήματος της υγείας. Αυτό που ακόμα χρειάζεται είναι η μελέτη κάθε πιθανού σεναρίου σε σχέση πάντα με την κλιματική αλλαγή ώστε να είμαστε προετοιμασμένοι για όλα τα ενδεχόμενα πριν αυτά αρχίσουν να παρουσιάζονται.

2.7 Γεωργία και τρόφιμα

Όσον αφορά την εξέλιξη της γεωργικής εκμετάλλευσης σε σχέση με την επερχόμενη κλιματική αλλαγή, τα πράγματα είναι αρκετά περιπεπλεγμένα. Καθώς οι κλιματικές ζώνες θα μετατοπιστούν, θα συμπαρασύρουν και τις ζώνες βλάστησης. Η ευαισθησία των γεωργικών προϊόντων ποικίλει αρκετά από είδος σε είδος. Ενδεχομένως, κάποια είδη να μην μπορούν να ευδοκιμήσουν εκεί που καλλιεργούνταν μέχρι τώρα ενώ, κάποια άλλα να εμφανιστούν σε περιοχές που μέχρι πρόσφατα ήταν ακατάλληλες για αυτά. Γενικότερα όμως μπορούμε να πούμε ότι, κάποιες περιοχές θα ωφεληθούν ενώ κάποιες άλλες θα κινδυνέψουν. Μεγάλες θερμοκρασίες, μετατόπιση των μουσώνων και εκτεταμένες ξηρασίες, θα έχουν σίγουρα αρνητικό αντίκτυπο στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Αντίθετα, αύξηση της θερμής περιόδου, σε περιοχές όπως ο Καναδάς και η Βόρεια Ευρώπη, θα αποδώσουν καλύτερες και πλουσιότερες σοδειές.

Καθώς οι ζώνες βλάστησης μετακινούνται προς τους πόλους, αναγκαστικά, η συστηματική γεωργία θα πρέπει να ακολουθήσει. Τα προβλήματα που υπάρχουν δεν διαφέρουν από εκείνα των οικοσυστημάτων. Μια μετακίνηση των αγροτικών περιοχών θα βρεθεί πιθανόν αντιμετώπιση με ήδη κατοικημένες περιοχές αλλά και με ακατάλληλα εδάφη. Έτσι, η εντατική γεωργική εκμετάλλευση θα περιοριστεί –το κατά πόσο εξαρτάται από τη συγκεκριμένη περιοχή- από την

ακαταλληλότητα του εδάφους να υποστηρίξει μια τέτοια μορφή εκμετάλλευσης. Το σενάριο αυτό δεν είναι καθόλου εξωπραγματικό αν σκεφτούμε ότι τα βόρεια πλάτη (για το δικό μας ημισφαίριο) καλύπτονται από βαλτώδεις εκτάσεις τόσο στην ήπειρο της Αμερικής όσο και της Ευρασίας.

Ένα επιπλέον πρόβλημα θα δημιουργηθεί από τη μεταβολή της υγρασίας του εδάφους λόγω της μεγαλύτερης εξάτμισης που θα επιβάλουν οι νέες κλιματικές συνθήκες. Το γεγονός αυτό θα επηρεάσει περισσότερο τα μικρά γεωγραφικά πλάτη λόγω της ήδη υπάρχουσας ξηρασίας αλλά και της έλλειψης υδάτινων πόρων. Φυσικά αυτό έχει μεγάλο αντίκτυπο και στην κτηνοτροφία, για την οποία απαιτούνται τεράστιες ποσότητες νερού, ενώ η ιχθυοτροφία σε παγκόσμιο επίπεδο δεν αναμένεται να παρουσιάσει μεταβολές.

Πάντως, η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα αναμένεται να βοηθήσει την ανάπτυξη των φυτών. Γενικά, όσο περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα υπάρχει τόσο πιο έντονη γίνεται η φωτοσύνθεση των περισσότερων φυτών. Το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα έντονο στα λεγόμενα C3 φυτά, τα οποία αποτελούν την πλειοψηφία των φυτών στα υγρά και ψυχρά κλίματα, ενώ λιγότερο έντονο στα C4, που είναι τα φυτά των τροπικών περιοχών όπως ζαχαροκάλαμο, αραβόσιτος κτλ. Εργαστηριακά πειράματα έδειξαν ότι διπλασιασμός του διοξειδίου του άνθρακα, οδηγεί σε αύξηση της μέσης σοδειάς κατά 30%. Το ποσοστό αυτό μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί ανάλογα με την απόκριση του κάθε φυτού στους άλλους παράγοντες δηλαδή θερμοκρασία, ηλιοφάνεια, υγρασία κτλ.



Σχήμα 2.4: Βοσκός με κοπάδι προβάτων σε αναζήτηση τροφής στη Συρία. Η κλιματική αλλαγή θα πλήξει πρώτα απ' όλα ομάδες οι οποίες ήταν ήδη ευπαθείς στην έλλειψη τροφής.

2.8 Υποδομή, βιομηχανία και ανθρώπινοι οικισμοί

Γενικά, οι βιομηχανίες και τα προϊόντα τους είναι λιγότερο ευαίσθητες στις κλιματικές αλλαγές από τους υπόλοιπους τομείς, όπως η γεωργία και τα οικοσυστήματα. Μερικές όμως δραστηριότητες είναι αρκετά ευπαθείς σε αιφνίδια και έντονα καιρικά συμβάντα. Οι βιομηχανίες αγροτικών προϊόντων, η παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας και άλλων μορφών ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αλλά και οι περισσότερες μορφές συγκοινωνίας είναι μερικές από τις πιο ευάλωτες ανθρώπινες υποδομές. Επίσης σε επικίνδυνη κατάσταση βρίσκονται όλες οι εγκαταστάσεις (βιομηχανίες, λιμάνια, πολεοδομικά συγκροτήματα, τουριστικά θέρετρα κτλ.), που βρίσκονται σε παράκτιες περιοχές, λόγω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Τον ίδιο κίνδυνο διατρέχουν και πολλά μικρά νησιά. Ο κίνδυνος αυτός αναπόφευκτα θα προκαλέσει

μετανάστευση των παραθαλάσσιων πληθυσμών δημιουργώντας προβλήματα και στις ηπειρωτικές υποδομές.

Μια τεράστια οικονομική επίπτωση, που ήδη έχει αρχίσει να διαφαίνεται, αφορά τις ασφαλιστικές εταιρίες. Πολλές περιοχές αλλά και δραστηριότητες, που βρίσκονται σε υψηλή επικινδυνότητα, απαιτούν ασφάλεια με πολύ υψηλό κόστος. Επειδή είναι πολύ δύσκολο να προβλεφθεί ένα καταστρεπτικό συμβάν, η σωστή αξιολόγηση των ασφάλιστρων γίνεται ιδιαίτερα δύσκολη με αποτέλεσμα οι ασφαλιστικές εταιρίες αλλά και οι τράπεζες να παρουσιάσουν οικονομική κάμψη. Μια τέτοια οικονομική δυσκολία, λόγω της αλληλοσυσχέτισης των διαφόρων οικονομικών-παραγωγικών παραγόντων μπορεί να παρασύρει ένα πλήθος από βιομηχανίες και αγορές.

Επιπτώσεις θα υπάρξουν και στους ανθρώπινους οικισμούς καθώς, αργά ή γρήγορα, κάποιες περιοχές θα αναγκαστούν να μεταναστεύσουν προς οποιοδήποτε μέρος προσφέρει καλύτερες συνθήκες διαβίωσης. Μια τέτοια μετανάστευση θα έχει τεράστιες διαστάσεις και ακόμα μεγαλύτερες επιπτώσεις καθώς οι άνθρωποι αυτοί συνήθως οδεύουν προς μεγάλες αστικές περιοχές, αυξάνοντας έτσι τις ανάγκες των περιοχών αυτών για στέγη, τροφή, νερό, υγειονομική περίθαλψη κτλ. Είναι βέβαια φυσικό ότι περισσότερο θα πληγούν οι φτωχότερες οικονομικά τάξεις.

3.0 ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

3.1 Προσαρμογή στις νέες συνθήκες

Το κλιματικό σύστημα περιλαμβάνει συνιστώσες, όπως οι ωκεανοί, των οποίων η απόκριση στις αυξημένες συγκεντρώσεις των θερμοκηπικών αερίων είναι πολύ αργή. Λαμβάνοντας υπόψη και τους σχετικά μεγάλους χρόνους παραμονής αυτών των αερίων στην ατμόσφαιρα, μπορούμε να συμπεράνουμε ότι οι περιορισμοί στις εκπομπές των ρύπων δεν πρόκειται να έχουν άμεσο αποτέλεσμα. Οι εκπομπές του παρελθόντος εγγυώνται τη συνέχιση της κλιματικής αλλαγής, τουλάχιστον για τις πρώτες δεκαετίες του 21^{ου} αιώνα. Κατά συνέπεια, παρά τη ζωτική σημασία που έχει ο περιορισμός των εκπομπών, θα πρέπει παράλληλα να γίνουν προσπάθειες προσαρμογής στις νέες συνθήκες ώστε να περιορισθούν οι επιπτώσεις.

Η ίδια η φύση έχει στο παρελθόν προνοήσει για την προσαρμογή των φυτών και των ζώων στις μεταβαλλόμενες συνθήκες. Η διαφορά είναι ότι, οι χρονικές κλίμακες με τις οποίες συνέβαιναν οι φυσικές μεταβολές ήταν πολύ μεγαλύτερες ενώ αντίθετα η ανθρώπινη επίδραση απειλεί το κλιματικό σύστημα με αστάθεια η οποία μπορεί να επιταχύνει πολύ τις εξελίξεις. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητο να υπάρξει προγραμματισμός ώστε να μειωθούν στο ελάχιστο οι αρνητικές συνέπειες και να μεγιστοποιηθούν τα οφέλη από την επερχόμενη κλιματική αλλαγή.

Γενικά, μπορούν να εφαρμοστούν έξι στρατηγικές για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή:

1. Αποτροπή των ζημιών (π.χ. με την κατασκευή φραγμάτων προστασίας από την άνοδο της στάθμης των ωκεανών).
2. Περιορισμός των ζημιών σε ένα ανεκτό επίπεδο (π.χ. αναπτύσσοντας καλλιέργειες περισσότερο ανθεκτικές σε δυσμενείς συνθήκες).
3. Μειώνοντας την επιβάρυνση των περισσότερο εκτεθειμένων ομάδων μοιράζοντας ή διασπείροντας τις ζημιές.
4. Αλλάζοντας τις δραστηριότητες που δεν είναι πια βιώσιμες.
5. Μεταφέροντας τις δραστηριότητες.
6. Αποκαθιστώντας ένα χώρο, όπως ένα ιστορικό μνημείο, ο οποίος είναι ευάλωτος στα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής (π.χ. ακραία καιρικά φαινόμενα, πλημμύρες κλπ).

Η εκπόνηση και εφαρμογή κάποιου σχεδίου, το οποίο θα βασίζεται σε ένα συνδυασμό των παραπάνω στρατηγικών, θα μπορούσε να συμβάλει στην αντιμετώπιση των συνεπειών της κλιματικής αλλαγής. Επιπρόσθετα, ένα τέτοιο σχέδιο θα είχε ευεργετικές συνέπειες ακόμα και χωρίς την κλιματική αλλαγή μια και τα ακραία καιρικά και κλιματικά φαινόμενα προκαλούν μεγάλα προβλήματα ακόμα και με τα σημερινά δεδομένα.

3.2 Προσαρμογή και εκσυγχρονισμός της ενεργειακής τεχνολογίας και πολιτικής

Η καύση άνθρακα, πετρελαίου και φυσικού αερίου ευθύνεται για τα 3/4 σχεδόν της συνολικής εκπομπής του CO₂. Η εξόρυξη και χρήση ορυκτών καυσίμων παράγει το 1/5 των εκπομπών μεθανίου, αρκετό διοξείδιο του άνθρακα, και μεγάλες ποσότητες μονοξειδίου του άνθρακα και άλλων ρύπων. Περισσότερο του ενός τρίτου των συνολικών εκπομπών CO₂ στον πλανήτη, από τη καύση ορυκτών καυσίμων, προέρχεται από τη βιομηχανία, το 32% προέρχεται από τις καύσεις στα σπίτια (θέρμανση) και τον εμπορικό τομέα και το 21% (ποσοστό που συνεχώς αυξάνεται) από τις μεταφορές.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι για τον περιορισμό των ανθρωπογενών εκπομπών θερμοκηπικών αερίων, είναι απαραίτητη η προσαρμογή και ο εκσυγχρονισμός της ενεργειακής πολιτικής και τεχνολογίας. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, κυρίως, μέσα από δύο στόχους:

- την αποδοτικότερη χρησιμοποίηση της ενέργειας, και
- τη χρήση εναλλακτικών μορφών αυτής.

Αποδοτικότερη χρησιμοποίηση της ενέργειας

Η αποδοτικότερη χρησιμοποίηση της ενέργειας είναι ένα πολύπλοκο ζήτημα με πολλές συνιστώσες. Ενδεικτικά, θα μπορούσαν αναφερθούν τα παρακάτω:

- *Αύξηση της απόδοσης των μονάδων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας*

Η απόδοση στη μετατροπή ενέργειας από τις πρώτες ύλες, φτάνει κατά μέση τιμή παγκοσμίως το 30%, ποσοστό που θα μπορούσε τουλάχιστον να διπλασιαστεί. Σήμερα, μονάδες παραγωγής ενέργειας μετατρέπουν άνθρακα και φυσικό αέριο σε χρησιμοποιήσιμη ενέργεια με απόδοση 45% και 52%, αντίστοιχα.

- *Μείωση των διαφευγουσών εκπομπών*

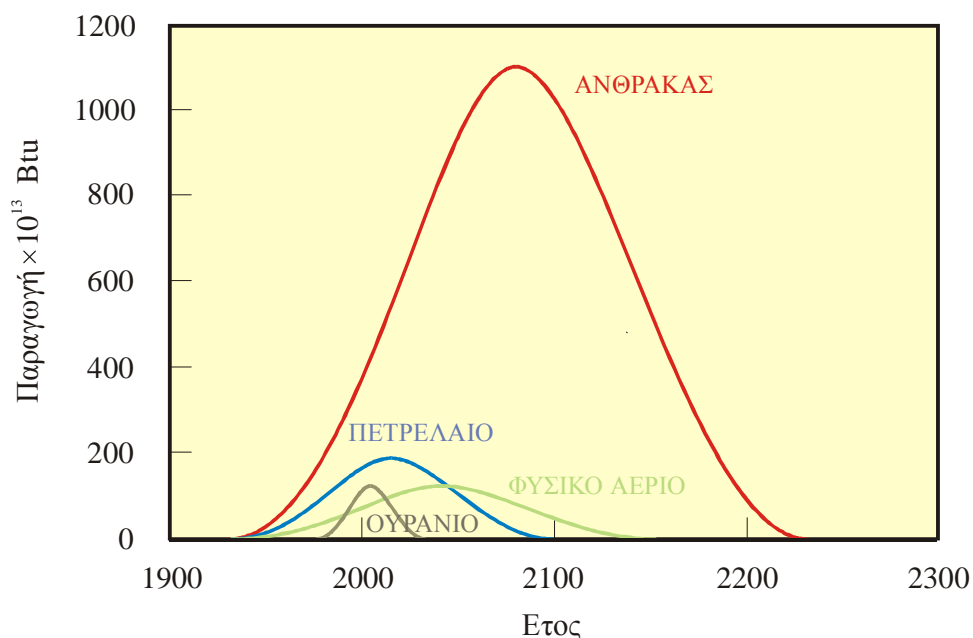
Ως διαφεύγουσες χαρακτηρίζονται οι εκπομπές που προέρχονται από διαρροές κατά τη διάρκεια βιομηχανικών διεργασιών και μεταφοράς υλικών. Διαφεύγουσες εκπομπές δημιουργούνται κατά την εξόρυξη, μεταφορά και αποθήκευση ορυκτών καυσίμων, τη λειτουργία ορυχείων και λατομείων, τους χωματόδρομους και, στις βιομηχανίες, από διαρροές σε αντλίες, βαλβίδες, φλάντζες ή όποια άλλα μηχανολογικά εξαρτήματα που μπορεί να δυσλειτουργούν. Χρησιμοποιώντας σύγχρονες τεχνικές είναι δυνατός ο περιορισμός αυτών των εκπομπών έως και κατά 90%.

- *Τροποποίηση - αλλαγή καυσίμων*

Οι εκπομπές των αερίων ρύπων, που προέρχονται από τη καύση κάρβουνου, πετρελαίου, μαζούτ, φυσικού αερίου και πυριτών στις μονάδες παραγωγής ενέργειας, θα μπορούσαν να μειωθούν σημαντικά αν αντικαθιστούσαμε το κάρβουνο με *φυσικό αέριο ή βιομάζα*. Εναλλακτική λύση αποτελούν επίσης τα περιβαλλοντικά καύσιμα, τα οποία προέρχονται από μετατροπές στη σύσταση της βενζίνης και του ντίζελ.

Εναλλακτικές πηγές ενέργειας

Οι κυριότερες πηγές ενέργειας που εκμεταλλευόμαστε από το περιβάλλον (όπως πετρέλαιο, ορυκτά καύσιμα, φυσικό αέριο, άνθρακας) δεν αναπληρώνονται ούτε παράγονται και χαρακτηρίζονται ως *μη ανανεώσιμες*. Στο σχήμα 3.1 εμφανίζονται οι προβλέψεις για τον ρυθμό παραγωγής των πηγών αυτών. Ταυτόχρονα, η χρήση αυτών των πηγών ενέργειας είναι υπεύθυνη, σε μεγάλο βαθμό, για τη ρύπανση της ατμόσφαιρας.



Σχήμα 3.1: Πηγές ενέργειας από το περιβάλλον.

- **Υδροηλεκτρική ενέργεια**

Το 1987, το 17% της παραγωγής ενέργειας στις ανεπτυγμένες χώρες και το 31% στις αναπτυσσόμενες, καλύπτονταν από υδροηλεκτρικούς σταθμούς. Εκτιμάται ότι, σήμερα, η πληρέστερη εκμετάλλευση των υδάτινων πόρων του πλανήτη θα μπορούσε να αποφέρει τη πενταπλάσια παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας



Σχήμα 3.2: Υδροηλεκτρικό φράγμα.

- **Ηλιακή ενέργεια**

Η ηλιακή ενέργεια παρουσιάζει μεγάλα πλεονεκτήματα γιατί είναι ανεξάντλητη και παρέχεται ομοιογενώς χωρίς να είναι απαραίτητη η μεταφορά της. Δεν είναι όμως συνεχώς διαθέσιμη και απαιτούνται μεγάλες επιφάνειες για τη συλλογή της. Ως βασικότερες διατάξεις για την εκμετάλλευση της ηλιακής ενέργειας αναφέρουμε τους ηλιακούς συλλέκτες, για τη θέρμανση μικρών ποσοτήτων νερού, τους ηλιακούς φούρνους, που αναπτύσσουν θερμοκρασίες έως 4000 °C, τα φωτοβολταϊκά στοιχεία, που μετατρέπουν την ηλιακή ενέργεια σε ηλεκτρισμό, και τις ηλιακές δεξαμενές που, χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση της ηλιακής ενέργειας για μεγάλα χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 3.3: Ηλιακοί συλλέκτες.

- **Αιολική ενέργεια**

Υπεύθυνη για τη δημιουργία του ανέμου είναι η ηλιακή ενέργεια, η οποία θερμαίνοντας αέριες μάζες, δημιουργεί διαφορές θερμοκρασίας και πίεσης με αποτέλεσμα τη κίνησή τους. Για την εκμετάλλευση της αιολικής ενέργειας, χρησιμοποιούνται ανεμογεννήτριες που μετατρέπουν τη μηχανική ταχύτητα του ανέμου σε ηλεκτρική. Για τη σωστή λειτουργία μιας ανεμογεννήτριας απαιτείται η σωστή προσαρμογή της γεωμετρίας και της θέσης του ανεμοκινητήρα της, στη διεύθυνση του ανέμου.

Οι προσπάθειες για βελτίωση της τεχνολογίας εκμετάλλευσης της αιολικής ενέργειας, που γίνονται σήμερα, εστιάζονται στη κατασκευή εξελιγμένων ανεμοκινητήρων, όπου θα ελέγχεται με ηλεκτρονικό τρόπο η περιστροφή τους, ώστε με τα εκάστοτε χαρακτηριστικά του ανέμου να μεγιστοποιείται η απόδοση των γεννητριών. Η χρήση νέων υλικών, ελαφρότερων και ανθεκτικότερων στην κατασκευή ελίκων έχει βοηθήσει και στη μείωση του θορύβου αλλά και την αύξηση της απόδοσης των γεννητριών.

- **Γεωθερμία**



Σχήμα 3.4: Ανεμογεννήτριες.

Αποτελεί μορφή ενέργειας που άρχισε να αναπτύσσεται τα τελευταία χρόνια. Πρόκειται για θερμική ενέργεια εγκλωβισμένη στο υπέδαφος που μπορεί να αξιοποιηθεί αν, με κατάλληλες

διεργασίες (συνήθως γεωτρήσεις), βρει διέξοδο προς την επιφάνεια της γης. Μπορεί να αξιοποιηθεί στη παραγωγή ηλεκτρισμού, σε ιχθυοκαλλιέργειες, θερμοκήπια, στην ξήρανση των ορυκτών, την τηλεθέρμανση και τηλεψύξη κατοικημένων περιοχών.

3.3 Νέα προσέγγιση για τη γεωργία

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η αποψίλωση των δασών και οι αλλαγές στην έκταση της καλλιεργήσιμης γης, συνεισφέρουν στην αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ στην ατμόσφαιρα. Η γεωργία, συγκεκριμένα, συμβάλλει κατά το ένα πέμπτο στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, όσον αφορά την ανθρωπογενή συνιστώσα του. Εντατικές αγροτικές εργασίες, όπως η εκτροφή μεγάλων ζώων, η καλλιέργεια ρυζιού και η λίπανση των εδαφών, προκαλούν το 50% των ανθρωπογενών εκπομπών μεθανίου και το 70% των εκπομπών οξειδίων του αζώτου. Κυρίως οι χώρες με ταχεία ανάπτυξη στη γεωργία είναι αυτές που προκαλούν τις μεγαλύτερες εκπομπές.

- με την αύξηση της αποδοτικότητας των ήδη χρησιμοποιούμενων λιπασμάτων ώστε να μειωθούν οι ποσότητες που χρησιμοποιούνται,
- με τη χρήση νέων τεχνικών λίπανσης, κατά τις οποίες το λίπασμα παρέχεται με ψεκάσμο από το φύλλωμα του φυτού, δεδομένου ότι η παραγωγή οξειδίων του αζώτου είναι ισχυρότερη στο έδαφος.

3.4 Διεθνής συνεργασία για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών

Η προστασία της ατμόσφαιρας, όπως άλλωστε διακήρυξε και η Παγκόσμια Διάσκεψη των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη, του Ρίο (1992), αφορά τη διασυνοριακή ρύπανση, τη μείωση της στοιβάδας του όζοντος και την αλλαγή του κλίματος. Διεθνείς συνθήκες έχουν ήδη συναφθεί και για τα τρία αυτά ζητήματα. Η προστασία της ατμόσφαιρας ξεφεύγει πλέον από τα στενά όρια ενός απλού τοπικού ή ακόμα και περιφερειακού προβλήματος και ανάγεται σε ζήτημα πλανητικού ενδιαφέροντος.

Όπως αναφέρει η Έκθεση Brundtland (1987), οι αναπτυσσόμενες χώρες πρέπει να λειτουργήσουν σε ένα κόσμο που οι αναπτυγμένες έχουν ήδη χρησιμοποιήσει ένα μεγάλο μέρος του οικολογικού κεφαλαίου του πλανήτη. Αν οι χώρες αυτές απεφάσιζαν να προσεγγίσουν τα επίπεδα της ενεργειακής χρήσης των αναπτυγμένων χωρών μέχρι το έτος 2025, θα απαιτείτο να αυξήσουν τις σημερινές ενεργειακές τους ανάγκες κατά πέντε φορές. Το πλανητικό οικοσύστημα δεν θα μπορούσε να ανταποκριθεί στις αρνητικές επιπτώσεις αν οι ενεργειακές αυξήσεις βασίζονται σε μη ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

Σύμφωνα με την άποψη των αναπτυσσόμενων χωρών, υπάρχει μια ουσιαστική αδικία όσον αφορά το πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών μεταξύ των πλούσιων και των φτωχών κρατών του πλανήτη. Τα κράτη των οποίων οι λαοί απολαμβάνουν υψηλές προδιαγραφές διαβίωσης είναι κυρίως υπεύθυνα για την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου. Είναι γεγονός αναμφισβήτητο ότι οι πρώτες βιομηχανοποιημένες χώρες (Ευρώπη, Αμερική και Ιαπωνία) δημιούργησαν τον πλούτο τους επιβαρύνοντας την ατμόσφαιρα με τεράστιες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου πριν ακόμη γίνουν κατανοητές οι συνέπειες από τις πράξεις αυτές.

Οι αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες βρίσκονται στα πρώτα στάδια της βιομηχανοποίησης, εκφράζουν φόβους ότι θα αναγκαστούν να περικόψουν βιομηχανικές δραστηριότητες αν τους ζητηθεί να θέσουν όρια στις εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου. Αυτό θα αποτελέσει αρνητικό παράγοντα για την εν γένει αναπτυξιακή τους πορεία, η οποία είναι ούτως ή άλλως προβληματική. Εναντιώνονται, επομένως, σε κάθε πρόταση επιβολής περιορισμών των εκπομπών αερίων που θα είχε αρνητικές επιπτώσεις στη βιομηχανική τους ανάπτυξη.

Σύμφωνα όμως με τη γενική άποψη των περισσότερων ανεπτυγμένων χωρών, η συμμετοχή των αναπτυσσομένων χωρών στο μετριασμό της αλλαγής του κλίματος είναι απαραίτητη προϋπόθεση για οποιαδήποτε αποτελεσματική δράση κατά της κλιματικής αλλαγής. Η δράση των βιομηχανικών χωρών που αποσκοπεί στη μείωση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, θα εξουδετερωνόταν από μια αύξηση των εκπομπών στις αναπτυσσόμενες χώρες εξαιτίας της οικονομικής ανάπτυξης και της πληθυσμιακής αύξησης.

3.5 Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις κλιματικές μεταβολές

Η αντίδραση τη διεθνούς κοινότητας στο φαινόμενο της αλλαγής του κλίματος δεν ήταν ούτε άμεση ούτε αποτελεσματική. Αρκετές κυβερνήσεις, μεμονωμένα, έχουν κατά καιρούς δεσμευτεί να σταθεροποιήσουν ή να μειώσουν τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου για τις οποίες ήταν υπεύθυνες, χωρίς όμως ουσιαστικό αποτέλεσμα.

Παρόλα αυτά, η διεθνής κοινότητα συμφώνησε για μια κατ' αρχήν κοινή και συστηματική αντίδραση στη διαφαινόμενη απειλή της κλιματικής μεταβολής. Στις 11 Δεκεμβρίου 1990, η Γενική Συνέλευση των Ηνωμένων Εθνών αποφάσισε να συστήσει μια Διακυβερνητική Επιτροπή Διαπραγμάτευσης με σκοπό τη σύνταξη ενός σχεδίου Σύμβασης-πλαισίου για τις κλιματικές μεταβολές. Η εν λόγω Επιτροπή προσπάθησε να συντάξει ένα γενικό σχέδιο διεθνούς Σύμβασης που θα είχε τη συναίνεση μιας ευρείας πλειοψηφίας κρατών και όχι ένα σχέδιο με λεπτομερείς πολιτικές που δεν θα επέτρεπε τη συμμετοχή όλων των κρατών.

Στη Διάσκεψη του Ρίο (Ιούνιος 1992), 154 χώρες, συμπεριλαμβανομένης της Ε.Ε., υπέγραψαν τη Σύμβαση-πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για τις Κλιματικές Μεταβολές (εφεξής η Σύμβαση) με στόχο τη δραστική μείωση των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου. Η Ελλάδα επικύρωσε τη Σύμβαση αυτή τον Απρίλιο του 1994. Μετά την επικύρωσή της από 50 κράτη, η Σύμβαση τέθηκε σε ισχύ στις 21 Μαρτίου 1994. Στις 12 Οκτωβρίου 1999, 181 κράτη, συμπεριλαμβανομένης της Ε.Ε., είχαν επικυρώσει τη Σύμβαση.

Η Σύμβαση αναγνωρίζει, μεταξύ άλλων, ότι το μεγαλύτερο μερίδιο των συνολικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου, κατά το παρελθόν και επί του παρόντος, προέρχεται από τις ανεπτυγμένες χώρες, ότι οι κατά κεφαλήν εκπομπές των αναπτυσσομένων χωρών είναι σχετικά χαμηλές και ότι το μερίδιο των συνολικών εκπομπών που προέρχονται από τις αναπτυσσόμενες χώρες θα αυξάνεται προκειμένου να καλυφθούν οι κοινωνικές και αναπτυξιακές τους ανάγκες.

Στόχο της Σύμβασης αποτελεί η σταθεροποίηση των "συγκεντρώσεων των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα σε ένα επίπεδο που να αποτρέπει τις επικίνδυνες ανθρωπογενείς παρεμβάσεις στο κλιματικό σύστημα". Η Σύμβαση δεν καθορίζει τις εν λόγω συγκεντρώσεις αλλά αναφέρει ότι πρέπει να είναι σε ένα επίπεδο που να μην είναι επικίνδυνο και θεωρεί ότι το επίπεδο αυτό "θα πρέπει να επιτευχθεί εντός επαρκούς χρονικού διαστήματος ώστε να επιτρέψει στα οικοσυστήματα να προσαρμοστούν φυσικά στις κλιματικές αλλαγές, να διασφαλίσει ότι η παραγωγή τροφίμων δεν απειλείται και να ενδυναμώσει την οικονομική ανάπτυξη κατά βιώσιμο τρόπο" (άρθρο 2).

Η Σύμβαση θέτει τις ακόλουθες κατευθυντήριες αρχές στις οποίες πρέπει να στηρίζονται τα μέτρα που θα πρέπει να λάβουν τα Συμβαλλόμενα Μέρη:

α) η προστασία του κλιματικού συστήματος θα πρέπει να γίνει ανάλογα με τις κοινές αλλά και τις διαφοροποιημένες ευθύνες και ικανότητες των Συμβαλλομένων μερών, με πρωταγωνιστές στη μάχη αυτή τις ανεπτυγμένες χώρες,

β) ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να επιδειχθεί στις αναπτυσσόμενες χώρες, ιδιαίτερα εκείνες που είναι ιδιαίτέρως ευάλωτες στις συνέπειες των κλιματικών αλλαγών,

γ) θα πρέπει να ληφθούν τα αναγκαία προληπτικά μέτρα μείωσης των αιτίων των κλιματικών αλλαγών και των δυσμενών επιπτώσεών τους,

δ) θα πρέπει να προωθηθεί η αειφόρος ανάπτυξη,

ε) θα πρέπει να εφαρμοστεί ένα διεθνές ελεύθερο οικονομικό σύστημα (άρθρο 3).

Η Σύμβαση περιέχει συγκεκριμένες υποχρεώσεις για τα Συμβαλλόμενα Μέρη, κυρίως όσον αφορά την ενημέρωση, τη δημοσίευση και τη διάχυση πληροφοριών για τις εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, την εφαρμογή εθνικών ή περιφερειακών προγραμμάτων που περιλαμβάνουν μέτρα για το μετριασμό των κλιματικών αλλαγών, τη συνεργασία για την ανάπτυξη, την εφαρμογή και διάδοση πρακτικών και διαδικασιών που ελέγχουν ή μειώνουν ή αποτρέπουν τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων θερμοκηπίου, την προαγωγή της ορθολογιστικής διαχείρισης, τη διατήρηση και αύξηση των καταβόθρων και ταμιευτήρων όλων των αερίων θερμοκηπίου, την ανάπτυξη ολοκληρωμένων σχεδίων διαχείρισης των παρακτιών ζωνών, των υδατικών πόρων και της γεωργίας, την προώθηση και ανταλλαγή επιστημονικών, τεχνικών και κοινωνικοοικονομικών ερευνών σχετικά με το κλιματικό σύστημα, την προαγωγή της κατάρτισης και ενημέρωσης του κοινού σχετικά με τις κλιματικές μεταβολές και την ενθάρρυνση της ευρείας συμμετοχής φορέων στη διαδικασία αυτή, συμπεριλαμβανομένων των μη κυβερνητικών οργανισμών (άρθρο 4.1)

Η Σύμβαση προβλέπει επίσης, μεταξύ άλλων, τις ακόλουθες ειδικότερες δεσμεύσεις για τις ανεπτυγμένες χώρες (κράτη μέλη του ΟΟΣΑ, πλην του Μεξικού και της Νοτίου Κορέας), μερικά κράτη της Κεντρικής και Ανατολικής Ευρώπης, που βρίσκονται στη διαδικασία μετάβασης στην οικονομία της αγοράς, και μερικά κράτη της πρώην Σοβιετικής Ένωσης (Παράρτημα Ι):

- τη λήψη μέτρων για το μετριασμό της αλλαγής του κλίματος, με στόχο τη μεταβολή των μακροπρόθεσμων τάσεων στις ανθρωπογενείς εκπομπές,
- την υποβολή, εντός εξαμήνου από την έναρξη ισχύος της και στη συνέχεια σε τακτά διαστήματα, λεπτομερών πληροφοριών για τις πολιτικές και τα ανωτέρω μέτρα με σκοπό να επαναφέρουν, το κάθε ένα χωριστά ή από κοινού, στα επίπεδα του 1990 τις εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα και των άλλων αερίων του θερμοκηπίου.
- τον συντονισμό, με άλλα ενδιαφερόμενα Συμβαλλόμενα Μέρη, των μέτρων και πολιτικών που εκπονούνται για την επίτευξη του σκοπού της, τον προσδιορισμό και την περιοδική επανεξέταση των πολιτικών αυτών.

Η Σύμβαση περιέχει ειδικές δεσμεύσεις για τις ανεπτυγμένες χώρες που αναφέρονται στο Παράρτημα ΙΙ (δηλαδή τα Κράτη μέλη του ΟΟΣΑ) όσον αφορά τις χρηματοδοτικές και τεχνολογικές μεταφορές προς τις αναπτυσσόμενες χώρες και συγκεκριμένα:

- την υποχρέωση παροχής νέων και επιπρόσθετων χρηματοδοτικών πόρων για την κάλυψη των πλήρων δαπανών, στις οποίες έχουν υποβληθεί, για την εκπλήρωση των υποχρεώσεων που απορρέουν από τη Σύμβαση (υποβολή εθνικού καταλόγου ανθρωπογενών εκπομπών από πηγές και απορροφήσεων από καταβόθρες όλων των αερίων θερμοκηπίου, γενική περιγραφή των λαμβανομένων μέτρων και κάθε άλλη πληροφορία χρήσιμη για την επίτευξη του σκοπού της Σύμβασης),
- την υποχρέωση παροχής βοήθειας υπέρ των αναπτυσσομένων χωρών, που είναι ιδιαίτερα ευπρόσβλητες από τις δυσμενείς επιπτώσεις των κλιματικών μεταβολών για την αντιμετώπιση των δαπανών προσαρμογής τους στις επιπτώσεις αυτές,

- τη χρηματοδότηση για τη μεταφορά τεχνολογίας και τεχνογνωσίας στις αναπτυσσόμενες χώρες ή την πρόσβασή τους σε αυτές για την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους που απορρέουν από τη Σύμβαση (άρθρο 4.3, 4.4, 4.5).

Επιπλέον η Σύμβαση υποστηρίζει την έννοια της "αειφόρου ανάπτυξης", καλεί για ανάπτυξη και διανομή καθαρών τεχνολογιών και τεχνογνωσίας και δίνει έμφαση στην εκπαίδευση των πολιτών στις κλιματικές αλλαγές.

Η ίδρυση μονίμων οργάνων απετέλεσε μία από τις σημαντικότερες επιτυχίες της Συνδιάσκεψης. Τα όργανα αυτά λειτουργούν ως μηχανισμός παρακολούθησης (follow-up mechanism) για την καλή εφαρμογή και την περαιτέρω ανάπτυξη των κυρίων διατάξεών της. Το πρώτο και σημαντικότερο όργανο είναι η Συνδιάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών (Conference of the Parties, εφεξής COP), στην οποία εκπροσωπούνται όλα τα Συμβαλλόμενα Μέρη. Συνεδριάζει μια φορά το χρόνο, με σκοπό να προωθεί και να παρακολουθεί την εφαρμογή της Συνθήκης και, αν χρειαστεί, να την ενδυναμώνει.

Η Σύμβαση αποτέλεσε το πρώτο βήμα μιας μακράς πορείας ελέγχου των κλιματικών μεταβολών του πλανήτη, μιας και ήταν ιδιαίτερα δύσκολο για τις κυβερνήσεις να αποδεχτούν μια συμφωνία επί ενός λεπτομερούς σχεδίου δράσης για να αντιμετωπιστεί το πρόβλημα των κλιματικών αλλαγών. Συνέστησε θεσμούς για να υποστηρίξουν τις προσπάθειες να δημιουργηθούν μακροπρόθεσμα δεσμεύσεις με σκοπό την εξάλειψη των προβλημάτων που ενδέχεται να προκληθούν από τις κλιματικές αλλαγές και καθόρισε ένα πλαίσιο και μια διαδικασία για να υπάρξει συμφωνία σε ορισμένες μελλοντικές δράσεις. Ιδρύοντας ένα πλαίσιο γενικών αρχών και θεσμών και μια διαδικασία μέσω της οποίας οι κυβερνήσεις θα μπορούσαν να ανταλλάσσουν απόψεις και να διαπραγματεύονται πολιτικές, σε τακτά μάλιστα διαστήματα, συνέβαλε στην απαρχή μιας μακράς διαδικασίας για τη στενότερη συνεργασία των κρατών προς αντιμετώπιση ενός τόσο σοβαρού περιβαλλοντικού προβλήματος.

3.6 Συνδιασκέψεις των Συμβαλλομένων Μερών

Η πρώτη Συνδιάσκεψη και η "Εντολή του Βερολίνου"

Η πρώτη Συνδιάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών (COP-1) έλαβε χώρα στο Βερολίνο, από τις 28 Μαρτίου ως τις 7 Απριλίου 1995. Στην COP-1, οι εκπρόσωποι των κρατών διαπίστωσαν ότι οι δεσμεύσεις, που απορρέουν από τη Σύμβαση, ήταν αναποτελεσματικές, σε σχέση με τον σκοπό της, επειδή πολλές χώρες του Παραρτήματος I δεν ικανοποιούσαν τα κριτήρια που είχαν τεθεί για το έτος 2000, ενώ τίποτε δεν προβλεπόταν στη συνέχεια. Ως εκ τούτου έλαβαν την απόφαση, γνωστή ως "Εντολή του Βερολίνου", να ξεκινήσει μια διαδικασία για την ενδυνάμωση των δεσμεύσεων της Σύμβασης με τη σύναψη ενός πρωτοκόλλου ή άλλου νομικού εργαλείου για να τεθούν ποσοτικοί περιορισμοί εκπομπών και στόχοι μείωσης για τη χρονική περίοδο μετά το 2000 και να διαμορφωθούν πολιτικές και μέτρα σχετικά με τις μειώσεις των εκπομπών. Έτσι αποφασίστηκε να συσταθεί μια Ομάδα *ad hoc* ανοικτής σύνθεσης, επιφορτισμένη με την "Εντολή του Βερολίνου" για να διαπραγματευτεί και να διαμορφώσει ένα συνολικό πλαίσιο και να συντάξει τις ειδικότερες διατάξεις του νέου εργαλείου. Μια σημαντική παράμετρος της "Εντολής του Βερολίνου" ήταν ότι δεν θα έμπαινε σε διαπραγμάτευση καμιά νέα δέσμευση για τις αναπτυσσόμενες χώρες κατά τη διαδικασία αυτή.

Η δεύτερη Συνδιάσκεψη και η "Διακήρυξη της Γενεύης"

Η δεύτερη Συνδιάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών έλαβε χώρα στη Γενεύη, τον Ιούλιο του 1996. Ψήφισε σημαντικές πολιτικές διακηρύξεις, όπως η "Διακήρυξη της Γενεύης", που

συμπεριέλαβε τα συμπεράσματα του Διακυβερνητικού Panel και κάλεσε τα κράτη να αναλάβουν δεσμευτικούς στόχους και να προβούν σε σημαντικές μειώσεις των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου.

Οι διαπραγματεύσεις για τη σύνταξη ενός Πρωτοκόλλου, στο πλαίσιο της Ομάδας ανοικτής σύνθεσης, επικεντρώθηκαν κυρίως σε μια πρόταση της Ε.Ε. για μείωση σε επίπεδο 15% ενός "καλαθιού" τριών αερίων θερμοκηπίου μέχρι το 2010 σε σύγκριση με εκείνα του 1990. Αντιθέτως, οι ΗΠΑ έδειξαν απροθυμία να συμφωνήσουν σε τόσο αυστηρά όρια μείωσης των αερίων και μάλιστα χωρίς "ουσιαστική συμμετοχή" των αναπτυσσομένων χωρών. Απαντώντας στην απαίτηση των ΗΠΑ, η Ομάδα των 77 και η Κίνα χρησιμοποίησαν κάθε μέσο για να αποτρέψουν τις αναπτυσσόμενες χώρες να συμφωνήσουν σε οτιδήποτε μπορούσε να ερμηνευθεί ως νέα δέσμευση για τις χώρες αυτές.

Η Τρίτη Συνδιάσκεψη και το Πρωτόκολλο του Κυότο

Η τρίτη Συνδιάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών (COP-3) έλαβε χώρα στο Κυότο της Ιαπωνίας, από 1 ως 11 Δεκεμβρίου 1997, με τη συμμετοχή 10.000 εκπροσώπων κυβερνήσεων, διεθνών οργανισμών, μη κυβερνητικών οργανισμών και του τύπου. Μετά από μιάμιση εβδομάδα έντονων επίσημων και ανεπίσημων διαπραγματεύσεων, συμπεριλαμβανομένης μιας συνεδρίασης που άρχισε το τελευταίο βραδινό και έληξε την επόμενη μέρα, η COP-3 ψήφισε το Πρωτόκολλο του Κυότο (εφεξής το Πρωτόκολλο) την 11η Δεκεμβρίου 1997. Στις 12 Οκτωβρίου 1999, 84 κράτη είχαν υπογράψει το Πρωτόκολλο και 16 το είχαν επικυρώσει. Σύμφωνα με το άρθρο 25, το Πρωτόκολλο θα αρχίσει να ισχύει μετά την επικύρωσή του από 55 Κράτη Συμβαλλόμενα Μέρη, συμπεριλαμβανομένων των κρατών του Παραρτήματος Ι που εξέπεμπαν το 55% τουλάχιστον του συνολικού ποσοστού εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα το έτος 1990.

Το Πρωτόκολλο περιέχει ουσιαστικές δεσμεύσεις και στους τρεις τομείς που αναφέρονται στην "Εντολή του Βερολίνου", δεσμευτικούς στόχους μείωσης εκπομπών για τις βιομηχανικές χώρες, δεσμεύσεις για τις βιομηχανικές χώρες για την υλοποίηση ή την περαιτέρω διαμόρφωση πολιτικών και μέτρων προς επίτευξη των ανωτέρω στόχων και διατάξεις που επαναβεβαιώνουν και αποσκοπούν στην εφαρμογή ορισμένων δεσμεύσεων για όλα τα Συμβαλλόμενα Μέρη. Το Πρωτόκολλο περιέχει επιπλέον διάφορους νέους μηχανισμούς για το διασυνοριακό εμπόριο εκπομπών και πιστώσεων, που προκύπτουν από τις μειώσεις των εκπομπών.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο, τα κράτη του Παραρτήματος Ι υποχρεούνται να μειώσουν τις συνολικές εκπομπές έξι αερίων θερμοκηπίου σε ποσοστό 5 % κάτω από τα επίπεδα του 1990, μεταξύ των ετών 2008 και 2012. Το ποσοστό μείωσης των ΗΠΑ θα είναι της τάξεως του 7%, της Ε.Ε. 8%¹ και της Ιαπωνίας 6%. Για μερικές χώρες ο στόχος είναι η σταθεροποίηση στην υπάρχουσα κατάσταση, ενώ σε τρεις χώρες επιτρέπεται αύξηση των εκπομπών. Μέχρι το έτος 2005, πρέπει να συντελεστεί απτή πρόοδος προς τον τελικό στόχο. Οι στόχοι περιστολής των εκπομπών αερίων των βιομηχανικών κρατών είναι νομικά δεσμευτικοί εν αντιθέσει προς τη Σύμβαση, που δεν προέβλεπε νομική υποχρέωση επαναφοράς των εκπομπών στα επίπεδα του

¹Τόσο η Ε.Ε. όσο και τα 15 Κράτη μέλη είναι Συμβαλλόμενα μέρη στην Σύμβαση. Βάσει του Πρωτοκόλλου, η Ε.Ε. οφείλει να επιτύχει ένα ποσοτικό στόχο - 8% όσον αφορά στις εκπομπές, την ίδια δε υποχρέωση υπέχει κάθε Κράτος μέλος. Ο επιμερισμός του βάρους της Ε.Ε. προβλέπεται από το άρθρο 4 του Πρωτοκόλλου, καλούμενο συνήθως ως "ενιαίο κοινοτικό κέλυφος", και το οποίο επιτρέπει στη ΕΕ και στα Κράτη μέλη να εκπληρώσουν τις υποχρεώσεις τους από κοινού, με διαφοροποίηση των υποχρεώσεων τους (επιμερισμός του βάρους). Οι όροι που θα διέπουν τον επιμερισμό αυτό πρέπει να γνωστοποιηθούν κατά την επικύρωση και να παραμείνουν ουσιαστικά αμετάβλητοι για την πρώτη περίοδο δέσμευσης (2008-2012). Αυτό σημαίνει ότι κάθε κράτος μέλος θα είναι νομικά δεσμευμένο να επιτύχει τον στόχο που του αναλογεί, βάσει του επιμερισμού του βάρους, αντί του επίσημου στόχου - 8% που καθορίζεται στο Πρωτόκολλο.

1990. Το Πρωτόκολλο προβλέπει επίσης εμπόριο των εκπομπών (άρθρο 17), "κοινή εφαρμογή" μεταξύ ανεπτυγμένων κρατών (άρθρο 6.1) καθώς και ένα "καθαρό αναπτυξιακό μηχανισμό" (άρθρο 12.2) με σκοπό να ενθαρρύνει την ανάληψη κοινών προγραμμάτων μείωσης των εκπομπών μεταξύ ανεπτυγμένων και αναπτυσσομένων χωρών.

Δυνάμει του Πρωτοκόλλου, οι χώρες του Παραρτήματος I πρέπει να δίνουν έναν υπολογισμό των καθαρών αλλαγών των εκπομπών που οφείλονται στην αλλαγή χρήσης γης και δασών και τις απορροφήσεις από τις καταβόθρες κατά τη δεσμευτική περίοδο που οφείλονται σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες και οι οποίες άρχισαν μετά το 1990. Το νέο αυτό υπολογιστικό σύστημα θα επιβραβεύσει τις χώρες που αυξάνουν τις δασικές τους καταβόθρες και θα τιμωρήσει εκείνες των οποίων οι καταβόθρες μειώνονται.

Η τέταρτη Συνδιάσκεψη και το Σχέδιο Δράσης του Μπουένος Άϊρες

Η τέταρτη Συνδιάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών συνήλθε στο Μπουένος Άϊρες της Αργεντινής, από 2-13 Νοεμβρίου 1998. Τη Συνδιάσκεψη παρακολούθησαν πάνω από 5.000 σύνεδροι. Δύο σημαντικά γεγονότα σημάδεψαν τη Συνδιάσκεψη του Μπουένος Άϊρες: η απόφαση της Αργεντινής να διαφοροποιηθεί από την Ομάδα των 77 και την Κίνα και να αναλάβει τη δέσμευση να περιορίσει τις εκπομπές των αερίων θερμοκηπίου με βάση το σχετικό άρθρο των "εθελουσίων δεσμεύσεων" και η απόφαση των ΗΠΑ να υπογράψουν, εντός 24 ωρών μετά την εξαγγελία της Αργεντινής, το Πρωτόκολλο του Κυότο.

Μετά από δραματικές διαπραγματεύσεις, η Συνδιάσκεψη υιοθέτησε το Σχέδιο Δράσης του Μπουένος Άϊρες. Σύμφωνα με αυτό, τα Μέρη διακήρυξαν την πεποίθησή τους να ενδυναμώσουν την εφαρμογή της Συνθήκης και να προετοιμάσουν τη μελλοντική έναρξη ισχύος του Πρωτοκόλλου και να επιδείξουν ουσιαστική πρόοδο για τους χρηματοδοτικούς μηχανισμούς, την ανάπτυξη και τη μεταφορά τεχνολογίας, την εφαρμογή των άρθρων 4.8 και 4.9 της Σύμβασης και των άρθρων 2.3 και 3.14 του Πρωτοκόλλου, τις κοινές δραστηριότητες, τους μηχανισμούς του Πρωτοκόλλου και τις προετοιμασίες για τη Συνδιάσκεψη / Συνάντηση των Μερών του Πρωτοκόλλου (MOP-1).

Η πέμπτη Συνδιάσκεψη

Η πέμπτη Συνδιάσκεψη των Συμβαλλομένων Μερών (COP-5) έλαβε χώρα στη Βόννη της Γερμανίας, από 25 Οκτωβρίου μέχρι 5 Νοεμβρίου 1999. Η COP-5 δημιούργησε ένα κλίμα αισιοδοξίας μεταξύ των αντιπροσώπων των κρατών και των παρατηρητών, κυρίως όσον αφορά την έναρξη ισχύος του πρωτοκόλλου μέχρι το 2002 που αποτελεί και το ορόσημο των 10 χρόνων από τη Διάσκεψη του Ρίο. Η COP-5 υιοθέτησε κατευθυντήριες αρχές για την προετοιμασία των ανακοινώσεων του Παραρτήματος I και για την τεχνική αναθεώρηση των καταγραφών GHG, συνέστησε ένα γνωμοδοτικό όργανο εμπειρογνομόνων από μέλη χωρών εκτός του Παραρτήματος I, με σκοπό να μετριάσει τους φόβους μερικών αναπτυσσομένων χωρών ότι τα δεδομένα θα χρησιμοποιηθούν για να ασκηθεί πίεση επιβολής στόχων, που θα καταλήξουν σε νέους όρους για την πρόσβαση σε χρηματοδότηση GEF, και τέλος υιοθέτησε αρχές για την ενδυνάμωση της έρευνας και της συστηματικής παρατήρησης του κλίματος, για την τεχνική αναθεώρηση των απογραφών των αερίων του θερμοκηπίου από τα Μέρη του Παραρτήματος I της Σύμβασης, τη μεταφορά τεχνολογίας και την κατάσταση της διαδικασίας διαβούλευσης καθώς και την ενδυνάμωση της ικανότητας των αναπτυσσομένων χωρών.

3.7 Τι μπορούμε να κάνουμε εμείς

Οι καταναλωτές, από τη δική τους μεριά, εμφανίζονται περισσότερο ευαισθητοποιημένοι σε θέματα περιβάλλοντος και ήδη αναζητούν στην αγορά προϊόντα ή υπηρεσίες με φιλικότερη

συμπεριφορά προς αυτό. Οι έμποροι με τη σειρά τους, καθιερώνουν τρόπους επισήμανσης των περιβαλλοντικών προδιαγραφών των προϊόντων, είτε με διαφήμιση, είτε με ταμπέλες πάνω στη συσκευασία τους.

Εισάγεται με το τρόπο αυτό η πολιτική της "περιβαλλοντικής σήμανσης". Πρόκειται για διαδικασίες που παρέχουν περιβαλλοντικές πληροφορίες στους καταναλωτές σχετικά με τη χρήση ενός προϊόντος, τη προώθησή του στην αγορά, την απόθεση ή ανακύκλωσή του.

Σήμερα, προγράμματα "περιβαλλοντικής σήμανσης" βρίσκονται σε εφαρμογή σε τριάντα περίπου χώρες, δεκαπέντε από τις οποίες είναι μέλη της ΕΟΚ. Η Ελλάδα συμμετέχει στο Κοινοτικό Σύστημα Απονομής Οικολογικού Σήματος, και τα προϊόντα τα οποία φέρουν το σήμα της ευρωπαϊκής μαργαρίτας, δηλώνουν ότι είναι οικολογικά και κορυφαία σε ευρωπαϊκό επίπεδο.

Κάθε πολίτης με δική του πρωτοβουλία, μπορεί επίσης να συμβάλλει στην αποδοτικότερη χρήση των πηγών ενέργειας που προσφέρει ο πλανήτης μας και την μείωση των εκπομπών θερμοκηπικών αερίων με διάφορους τρόπους όπως:

- κατασκευή κατοικιών με δημιουργία επιφανειών συλλογής ηλιακής ακτινοβολίας, εκμετάλλευσή της για θέρμανση και σωστή θερμομόνωση,
- επιλογή αγοράς αυτοκινήτου με αποδοτικότερη λειτουργία του κινητήρα και περιορισμένες εκπομπές ρύπων,
- χρήση των μέσων μαζικής μεταφοράς,
- προτίμηση στα προϊόντα με φιλική συμπεριφορά προς το περιβάλλον.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**A. ΕΛΛΗΝΙΚΗ**

Ζερεφός Χ. (1999): Το “Θείο Βρέφος” φέρνει και δώρα”; *National Geographic* Τόμος 2, τεύχος 3.

Καρτουλίδης Α. (1991): Φαινόμενο του θερμοκηπίου, επιπτώσεις και προτεινόμενες λύσεις, *Περισκόπιο της επιστήμης*, 140, 34-37.

Μάνουρα Τ. (1991) Ενέργεια από τον ήλιο, *Περισκόπιο της επιστήμης*, 138, 24-33.

Ευλοπαρκιώτης Κ. (1995): Ταξίδι στο κλιματολογικό παρελθόν, *Περισκόπιο της Επιστήμης*, 183, 34-43.

Προέδρου Μ. (1999): Οι Πάγοι της Ανταρκτικής. Δείκτες Κλιματικών Αλλαγών; *Περισκόπιο της Επιστήμης*, 226, 14-25.

Προέδρου Μ. (1995): El Nino: Διαταράσσοντας το κλίμα της Γης, *Περισκόπιο της Επιστήμης*, 202, 12-24.

Suplee, C. (1999): Ελ Νίνιο Λα Νίνια. *National Geographic* (Ελλάδα), Τόμος 2, τεύχος 3.

B. ΑΓΓΛΙΚΗ

Miller C. G and Berry A. L. (1995): *Air Alert, Rescuing the Earth's Atmosphere*. Atheneum Books for young readers.

Graedel T.E. and P.J. Crutzen (1997): *Atmosphere, Climate, and Change*. W H Freeman & Co.

Ahrens C.D. (1999): *Meteorology Today*. Brooks /Cole.

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΙΣΤΟΣΕΛΙΔΕΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

Διεθνείς Οργανισμοί και Υπηρεσίες Περιβάλλοντος

- Ιστοσελίδα του Προγράμματος των Ηνωμένων Εθνών για το Περιβάλλον (UNEP) με λεπτομερειακό υλικό για την κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της.
<http://www.unep.ch/iuc/submenu/infokit/factcont.htm>
- Ιστοσελίδα του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO). Περιλαμβάνει μεταξύ άλλων και πληροφορίες για τα φαινόμενα El Nino και La Nina.
<http://www.wmo.ch/>
- Ιστοσελίδα της UNESCO. Χρησιμοποιώντας την δυνατότητα αναζήτησης μπορούν να βρεθούν ενδιαφέροντα κείμενα σχετικά με την Κλιματική Αλλαγή
<http://www.unesco.org/>
- Ιστοσελίδα της Διακυβερνητικής Επιτροπής επί των κλιματικών αλλαγών (IPCC)
<http://www.ipcc.ch/>
- Κατάλογος της ευρωπαϊκής πολιτικής και νομοθεσίας για το περιβάλλον.
<HTTP://WWW.EE.GR/F/FAG.HTM>
- Ιστοσελίδα του ΥΠΕΧΩΔΕ σχετικά με το περιβάλλον.
http://www.minenv.gr/welcome_gr.html
- Ιστοσελίδα της Αμερικανικής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος για την κλιματική αλλαγή.
<http://www.epa.gov/globalwarming/climate/index.html>
- Ιστοσελίδα της Καναδικής Υπηρεσίας Περιβάλλοντος για την κλιματική αλλαγή.
<http://climatechange.gc.ca/english/html/index.html>

Ερευνητικά Κέντρα και Πανεπιστήμια

- Ιστοσελίδα της υπηρεσίας NOAA των Ηνωμένων Πολιτειών με εκτεταμένη παρουσίαση του φαινομένου El Nino/La Nina καθώς και κλιματικών στοιχείων.
<http://www.noaa.gov/>
- Κέντρο για τη μελέτη του Διοξειδίου του Άνθρακα και της κλιματικής αλλαγής. Περιλαμβάνει, μεταξύ άλλων, ενδιαφέροντα ιστορικά στοιχεία για το κλίμα της γης.
<http://www.co2science.org/>
- Κέντρο πληροφόρησης στο Πανεπιστήμιο του Pace σχετικά με την κλιματική αλλαγή με έμφαση στη διεθνή πολιτική και συνεργασία.
<http://www.law.pace.edu/env/energy/globalwarming.html>
- Κλιματική αλλαγή και δημόσια υγεία.
<http://www.jhu.edu/~climate/>

Περιβαλλοντικές Οργανώσεις

- Ιστοσελίδα της οργάνωσης «Δίκτυο Μεσόγειος S.O.S» η οποία μεταξύ άλλων περιλαμβάνει μια σύντομη παρουσίαση της κλιματικής αλλαγής και των επιπτώσεων της.
<HTTP://WWW.FORTHNET.GR/ECOREC/>
- Ιστοσελίδα της GREENPEACE για το κλίμα.
<http://www.greenpeace.org/~climate/>
- Ιστοσελίδα του Παγκόσμιου Ταμείου για τη Φύση (WWF) για το κλίμα.

<http://www.panda.org/resources/publications/climate/index.htm>

Διάφορες γρήσιμες διευθύνσεις

- Κατάλογος ιστοσελίδων με εκπαιδευτικό υλικό σχετικά με τις Επιστήμες της Γης και τις Παγκόσμιες Μεταβολές.
<http://gcmd.gsfc.nasa.gov/pointers/edu.html>
- Εκτεταμένος κατάλογος σχετικά με δεδομένα που αφορούν τις Επιστήμες της Γης και τις Παγκόσμιες Μεταβολές.
<http://gcmd.gsfc.nasa.gov/>
- Το νερό ως παράγων ύπαρξης του ανθρώπου και του φυσικού περιβάλλοντος.
<http://www.school.gr/board/disc4/00000075.htm>
- Ιστοσελίδα για την κλιματική αλλαγή με κατάλογο ακραίων καιρικών φαινομένων των πέντε τελευταίων ετών.
<http://www.heatisonline.org/hio1/weatherprofile.cfm>
- Ιστοσελίδα για τα πρώτα σημάδια της κλιματικής αλλαγής σε όλο τον πλανήτη.
<http://www.climatehotmap.org/>
- Μεγάλη συλλογή από ψηφιακές φωτογραφίες
<http://www.corbis.com/>

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΟΡΩΝ

Αειφόρος (Βιώσιμη) Ανάπτυξη (Sustainable Development): Ανάπτυξη η οποία στηρίζεται στην ορθολογική χρήση των φυσικών πόρων έτσι ώστε να μην διακυβεύεται η δυνατότητα χρήσης των πόρων αυτών και από τις μελλοντικές γενεές.

Αερολύματα (Aerosol): Στις περιβαλλοντικές επιστήμες ο όρος αερολύματα (ή αεροζόλ) αναφέρεται στα στερεά και υγρά σωματίδια που βρίσκονται σε αιώρηση στην ατμόσφαιρα. Ανάλογα με το μέγεθός τους και τις επικρατούσες μετεωρολογικές συνθήκες τα σωματίδια αιωρούνται στην ατμόσφαιρα από μερικά δευτερόλεπτα μέχρι και μερικούς μήνες. Η παρουσία των σωματιδίων στην ατμόσφαιρα οφείλεται τόσο σε φυσικές όσο και ανθρωπογενείς πηγές εκπομπής. Η αύξηση της συγκέντρωσης των αιωρούμενων σωματιδίων μπορεί να οδηγήσει σε ψύξη της ατμόσφαιρας.

Ανακλαστική ικανότητα ή λευκαύγεια (albedo): Το ποσοστό της ηλιακής ακτινοβολίας το οποίο ανακλάται.

Ατμόσφαιρα (Atmosphere): Το μίγμα των αερίων που περιβάλλει τον πλανήτη και τον ακολουθεί στο σύνολο των κινήσεών του.

Βενθικοί οργανισμοί (Benthic Organisms): Φυτικοί ή ζωικοί οργανισμοί που ζουν κοντά στον πυθμένα (βένθος) των ωκεανών, των ποταμών και των λιμνών.

Βιογεωχημικός κύκλος (Biogeochemical Cycle): Το σύνολο των χημικών αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ατμόσφαιρας, της υδρόσφαιρας, της λιθόσφαιρας και της βιόσφαιρας.

Βιομάζα (Biomass): Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί που βρίσκονται σε μια δεδομένη περιοχή. Ο όρος μπορεί επίσης να αναφέρεται και σε ενέργεια αποθηκευμένη με τη μορφή οργανικής ύλης: ξυλεία, ξυλάνθρακας, υπολείμματα γεωργικών δραστηριοτήτων και απεκκρίματα ζώων.

Βιομηχανική Επανάσταση (Industrial Revolution): Η αλλαγή στον οικονομικό και κοινωνικό τομέα που ξεκίνησε από την Αγγλία το 1760 και συνεχίστηκε αργότερα σε άλλες χώρες. Ήταν αποτέλεσμα της αντικατάστασης της χειρονακτικής εργασίας από μηχανές ισχύος και την παραγωγή μεγάλης κλίμακας.

Διοξείδιο του άνθρακα (Carbon dioxide), CO₂: Αέριο του οποίου τα μόρια αποτελούνται από ένα άτομο άνθρακα και δύο άτομα οξυγόνου. Το διοξείδιο του άνθρακα είναι απαραίτητο στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης η οποία αποτελεί και την κύρια διαδικασία παραγωγής οξυγόνου στο γήινο περιβάλλον. Είναι το κυριότερο θερμοκηπικό αέριο και εκλύεται στην ατμόσφαιρα από τις καύσεις που γίνονται για παραγωγή ηλεκτρισμού, μεταφορές και διάφορους βιομηχανικούς σκοπούς.

Ελ Νίνιο (El Nino): Σημαντικό μετεωρολογικό φαινόμενο κατά το οποίο η αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων του Ειρηνικού κατά μήκος του Ισημερινού, επηρεάζει τα θαλάσσια και ατμοσφαιρικά ρεύματα σε όλη την έκταση του ωκεανού και κατά συνέπεια το κλίμα ολόκληρης της γης. Οι επιστήμονες μόλις πριν από μερικές δεκαετίες άρχισαν να υποψιάζονται την παγκόσμια εμβέλεια του φαινομένου και να το συνδέουν με τους κύκλους ξηρασίας και πλημμύρων καθώς και με την καταστροφή των καλλιιεργειών σε πολλά μέρη της γης.

Ενεργειακό ισοζύγιο (Energy balance): Σε ένα σύστημα του οποίου η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται η εισερχόμενη και η εξερχόμενη ενέργεια είναι ίσες. Στο σύστημα γης-ατμόσφαιρας θα πρέπει η απορροφούμενη ηλιακή ακτινοβολία να είναι ίση με τη γήινη ακτινοβολία που εκπέμπεται προς το διάστημα.

Ηλιακή ακτινοβολία (Solar Radiation): Η ακτινοβολία που εκπέμπεται από τον ήλιο. Από την ακτινοβολία που φτάνει στο όριο της ατμόσφαιρας το 54% απορροφάται ή σκεδάζεται από τα σύννεφα ενώ από την ακτινοβολία που φτάνει στην επιφάνεια του εδάφους, το 50% είναι ορατό φως, το 45% υπέρυθη ακτινοβολία και μικρότερα ποσοστά υπεριώδους και άλλων μορφών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Καιρός και κλίμα (Weather and climate): Ο όρος *καιρός* υποδηλώνει την κατάσταση της ατμόσφαιρας κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Σε αντιδιαστολή με το *κλίμα*, ο καιρός αναφέρεται στις βραχυχρόνιες μεταβολές της ατμόσφαιρας οι οποίες συμβαίνουν σε χρονικές κλίμακες από λίγα λεπτά ως λίγες εβδομάδες. Το κλίμα από την άλλη πλευρά αποτελεί τη σύνθεση του καιρού σε μία περιοχή, τον μέσο καιρό.

Κλιματικό μοντέλο (Climate model): Υπολογιστικό πρόγραμμα το οποίο προσομοιώνει ατμοσφαιρικές και χημικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στη φύση. Χρησιμοποιούνται για την πρόγνωση των χαρακτηριστικών της κλιματικής αλλαγής.

Μεθάνιο (Methane), CH₄: Αέριο τα μόρια του οποίου αποτελούνται από ένα άτομο άνθρακα και τέσσερα άτομα υδρογόνου. Παράγεται κατά την αποσύνθεση απουσία οξυγόνου (αναερόβια σήψη). Πρόκειται για σημαντικό θερμοκηπικό αέριο του οποίου η συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα έχει διπλασιαστεί από την προβιομηχανική περίοδο.

Μεσαιωνική Θερμή Περίοδος (Medieval Warm Period): Σχετικά θερμή και ξηρή περίοδος ανάμεσα στον 10^ο και τον 14^ο αιώνα με ευεργετικές συνέπειες στη χλωρίδα και πανίδα της γης. Χρησιμοποιούνται ακόμη οι ονομασίες Μεσαιωνικό Βέλτιστο Κλίματος (Medieval Climatic Optimum) και Μικρή Περίοδος Κλιματικού Βέλτιστου (Little Age of Cilatic Optimum).

Μικρή Παγετώδης Εποχή (Little Ice Age): Περίοδος εξάπλωσης των ορεινών παγετώνων στις Άλπεις, Νορβηγία, Ισλανδία και Αλάσκα, τη χρονική περίοδο ανάμεσα στο 1350 και 1800.

Μουσώνες (Monsoon): Ονομασία που αποδίδεται σε εποχιακούς ανέμους που επικρατούν στην Αραβική Θάλασσα και πνέουν για έξι μήνες από τα βορειοανατολικά και έξι από τα νοτιοδυτικά. Γενεσιουργός αιτία αυτών των εποχιακών ανέμων είναι η μεγαλύτερη ετήσια μεταβολή της θερμοκρασίας πάνω από την ξηρά σε σχέση με αυτή πάνω από την παρακείμενες ωκεάνιες μάζες, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση της πίεσης πάνω από τη χέρσο το χειμώνα και σε έλλειμμα το καλοκαίρι. Το κλίμα χαρακτηρίζεται από μία "ξηρή" (χειμώνας-άνοιξη) και μια "υγρή" περίοδο (καλοκαίρι-αρχές φθινοπώρου).

Ξηρασία (Drought): Περίοδος με ασυνήθιστα ξηρό καιρό και τέτοια διάρκεια ώστε να προκαλούνται σοβαρές επιπτώσεις στην γεωργία και άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες.

Τροπόσφαιρα (Troposphere): Το στρώμα της ατμόσφαιρας το οποίο εκτείνεται από το έδαφος μέχρι το ύψος περίπου των 10-12 km.

Υπέρυθη ακτινοβολία (Infrared radiation): Ακτινοβολία με μήκη κύματος στην περιοχή 4 έως 200 μm. Εκπέμπεται από όλα τα αντικείμενα με θερμοκρασίες κοντά σε αυτή της γήινης επιφάνειας. Δεν είναι ακτινοβολία ορατή από το ανθρώπινο μάτι, την αντιλαμβάνεται όμως ο άνθρωπος από τη θέρμανση που προκαλεί στο δέρμα του. Η εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας από τη γη προς το διάστημα προκαλεί τη ψύξη της.

Υποξείδιο του αζώτου (*Nitrous oxide*) N_2O : Αέριο μη τοξικό του οποίου το μόριο αποτελείται από δύο άτομα αζώτου και ένα άτομο οξυγόνου. Προέρχεται από το έδαφος, όπου διάφοροι μικροοργανισμοί αποικοδομούν πρωτεϊνικές ενώσεις. Συμβάλλει στην κλιματική αλλαγή.

Φαινόμενο του θερμοκηπίου (*Greenhouse effect*): Θέρμανση των κατώτερων ατμοσφαιρικών στρωμάτων λόγω της παγίδευσης από την ατμόσφαιρα μέρους της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια της γης.

Φυτά τύπου C3 (*C3 plants*): Φυτά των οποίων τα προϊόντα δέσμευσης του άνθρακα περιέχουν τρία άτομα άνθρακα στο μόριό τους. Σε αντίθεση με τα φυτά τύπου C4, παρουσιάζουν αύξηση στη φωτοσυνθετική δράση με την αύξηση των συγκεντρώσεων του CO_2 (π.χ. σιτάρι, βαμβάκι).

Φυτά τύπου C4 (*C4 plants*): Φυτά των οποίων τα προϊόντα δέσμευσης του άνθρακα περιέχουν τέσσερα άτομα άνθρακα στο μόριό τους. Σε αντίθεση με τα φυτά τύπου C3, παρουσιάζουν μικρή αύξηση στη φωτοσυνθετική δράση με την αύξηση των συγκεντρώσεων του CO_2 πάνω από τα 340 ppm.

Φωτοσύνθεση (*Photosynthesis*): Διεργασία κατά την οποία τα φυτά συνθέτουν τη τροφή τους από H_2O και CO_2 με την επίδραση της ορατής ακτινοβολίας. Αποτελεί την κύρια διεργασία παραγωγής οξυγόνου στο γήινο περιβάλλον.