

## ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Ένα από τα σοβαρότερα περιβαλλοντικά προβλήματα με πλανητικές επιπτώσεις που καλείται να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα στη σύγχρονη εποχή είναι η εντατικοποίηση του φαινομένου του θερμοκηπίου.

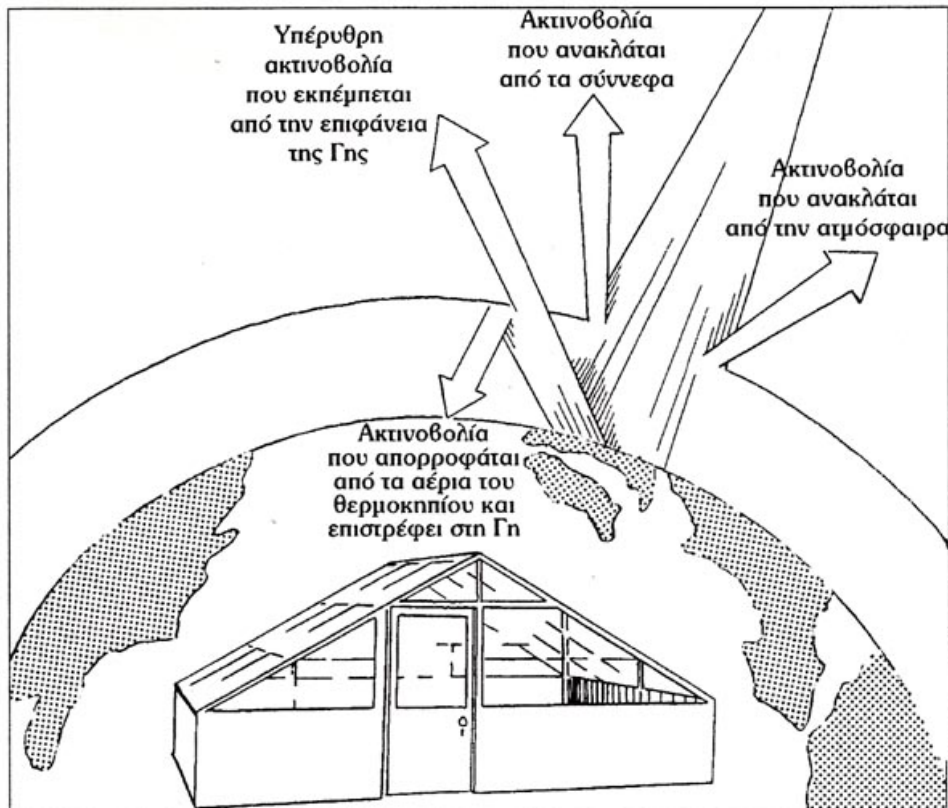
Φαινόμενο του θερμοκηπίου αποκαλείται η φυσική διαδικασία μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η διατήρηση των θερμοκρασιακών συνθηκών που επικρατούν στην επιφάνεια της Γης.

### Πώς λειτουργεί το φαινόμενο του θερμοκηπίου;

Το φως είναι ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που καλύπτει ένα φάσμα από μήκη κύματος, γνωστό ως φάσμα του φωτός. Η ορατή ακτινοβολία καλύπτει τη ζώνη από το ερυθρό μέχρι το ιώδες. Υπάρχει όμως και ακτινοβολία με μεγαλύτερα μήκη κύματος που καλύπτει τη ζώνη πέραν του ερυθρού και ονομάζεται υπέρυθρη και με μικρότερα μήκη κύματος που εκπέμπεται στη ζώνη πέραν του ιώδους, η υπεριώδης ακτινοβολία. Τόσο η υπέρυθρη όσο και η υπεριώδης ακτινοβολία δεν είναι ορατές.

Το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που εκπέμπει ο ήλιος και διασχίζει την ατμόσφαιρα χωρίς να απορροφηθεί καλύπτει την ορατή ζώνη του φάσματος. Ένα τμήμα της εισαγόμενης ηλιακής ενέργειας ανακλάται στο διάστημα ενώ ένα τμήμα της υπεριώδους ακτινοβολίας απορροφάται στη στρατόσφαιρα. Το υπόλοιπο φθάνει στη Γη με τη μορφή κυρίως του ορατού φωτός και θερμαίνει την επιφάνεια του εδάφους και της θάλασσας. Εφόσον η Γη θερμαίνεται εκπέμπει με τη σειρά της ενέργεια προς το διάστημα με τη μορφή όμως υπέρυθρης ακτινοβολίας. (Το μήκος κύματος της ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα σώμα εξαρτάται από τη θερμοκρασία του. Η επιφάνεια του ήλιου που είναι πολύ θερμή εκπέμπει σε μικρά μήκη κύματος κυρίως στην ορατή και υπεριώδη ζώνη του φάσματος. Η επιφάνεια της Γης, που είναι πάρα πολύ ψυχρότερη, εκπέμπει σε μεγάλα μήκη κύματος, στην υπέρυθρη ζώνη.)

Στη φυσιολογική σύσταση της ατμόσφαιρας υπάρχουν, σε πολύ μικρές ποσότητες, αέρια όπως το διοξείδιο του άνθρακα, το μεθάνιο, οι υδρατμοί και σε ίχνη οξείδια του αζώτου, τα οποία είναι διαφανή στο ορατό φως γι' αυτό και δεν εμποδίζουν την ακτινοβολία του ήλιου να διασχίσει την ατμόσφαιρα. Όμως δεν είναι διαφανή στην υπέρυθρη ακτινοβολία και απορροφούν το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας που εκπέμπεται από τη Γη προτού αυτή διαφύγει στο διάστημα. Τα αέρια αυτά με τη σειρά τους επιστρέφουν την ακτινοβολία που δέχθηκαν προς το περιβάλλον, συντελώντας έτσι στην άνοδο της θερμοκρασίας του συστήματος Γη - ατμόσφαιρα. Με τη διαδικασία αυτή η μέση θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας είναι περίπου 15°C. Τα θερμοσκοπικά αυτά αέρια ονομάζονται αέρια του θερμοκηπίου. Έχει υπολογιστεί ότι αν δεν υπήρχαν στην ατμόσφαιρα τα αέρια του θερμοκηπίου τα οποία παγιδεύουν τελικά τη θερμότητα κοντά στην επιφάνεια της Γης, η μέση θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν περίπου -18°C.



Σχήμα 21

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

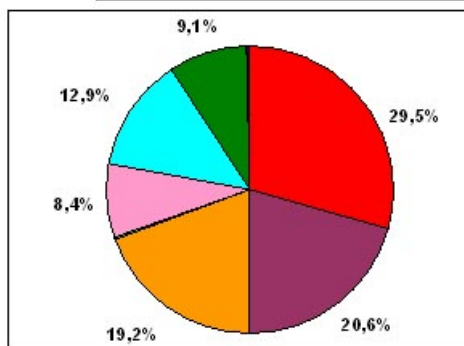
### Το πρόβλημα

Τις τελευταίες δεκαετίες παρατηρήθηκε από τους επιστήμονες ότι οι συγκεντρώσεις των θερμοσκοπικών αυτών αερίων στην ατμόσφαιρα αυξάνονται σε συνάρτηση με την ανάπτυξη ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου και η αντίστοιχη συμβολή τους στο φαινόμενο είναι: υδρατμοί (36-70%), διοξείδιο του άνθρακα (9-26%), μεθάνιο (4-9%) και όζον (3-7%). Άλλα αέρια του θερμοκηπίου με μικρότερη επιρροή στο φαινόμενο είναι το υποξείδιο του αζώτου (N<sub>2</sub>O), οι υδροχλωροφθοράνθρακες

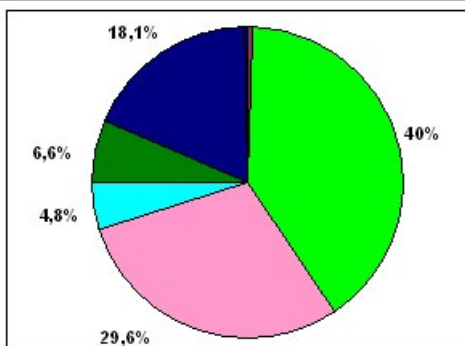
(HCFCs) οι υπερφθοράνθρακες (PFCs), οι υδροφθοράνθρακες (HFCs) και το εξαφθοριούχο θείο (SF<sub>6</sub>).

Το διοξείδιο του άνθρακα που είναι η βασικότερη αιτία του φαινομένου έχει αυξηθεί από την αρχή της βιομηχανικής επανάστασης κατά 35% εξαιτίας, κυρίως, της καύσης των ορυκτών καυσίμων και της αποδάσωσης.

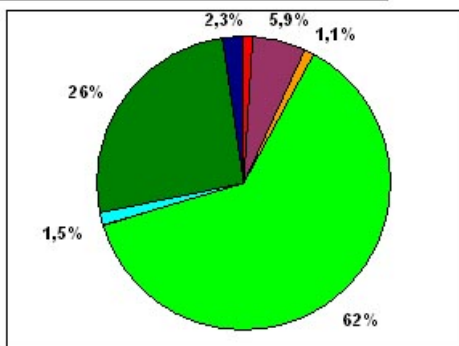
Οι τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας που ευθύνονται για την παραγωγή των αερίων του θερμοκηπίου και τα ποσοστά της συμμετοχής τους παρουσιάζονται στο Σχήμα 22. Φαίνεται λοιπόν ότι ο βασικότερος τομέας παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου είναι η παραγωγή ενέργειας. Ακολουθούν η βιομηχανική δραστηριότητα, οι μεταφορές και οι αγροτικές δραστηριότητες. Αντίστοιχα το ποσοστό συμμετοχής των κατοίκων των χωρών του πλανήτη στο φαινόμενο του θερμοκηπίου αποτυπώνεται στον Χάρτη 2. Ωστόσο, αυτό που αδυνατεί να δείξει ο συγκεκριμένος χάρτης είναι αφενός η συνολική ευθύνη κάθε χώρας στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και, ιδιαίτερα, η μελλοντική διάσταση με την προοπτική μιας ραγδαίας ανάπτυξης των τομέων παραγωγής αερίων του θερμοκηπίου σε αναπτυσσόμενες χώρες όπως η Κίνα και η Ινδία.



Διοξείδιο του άνθρακα (72%)



Μεθάνιο (18%)

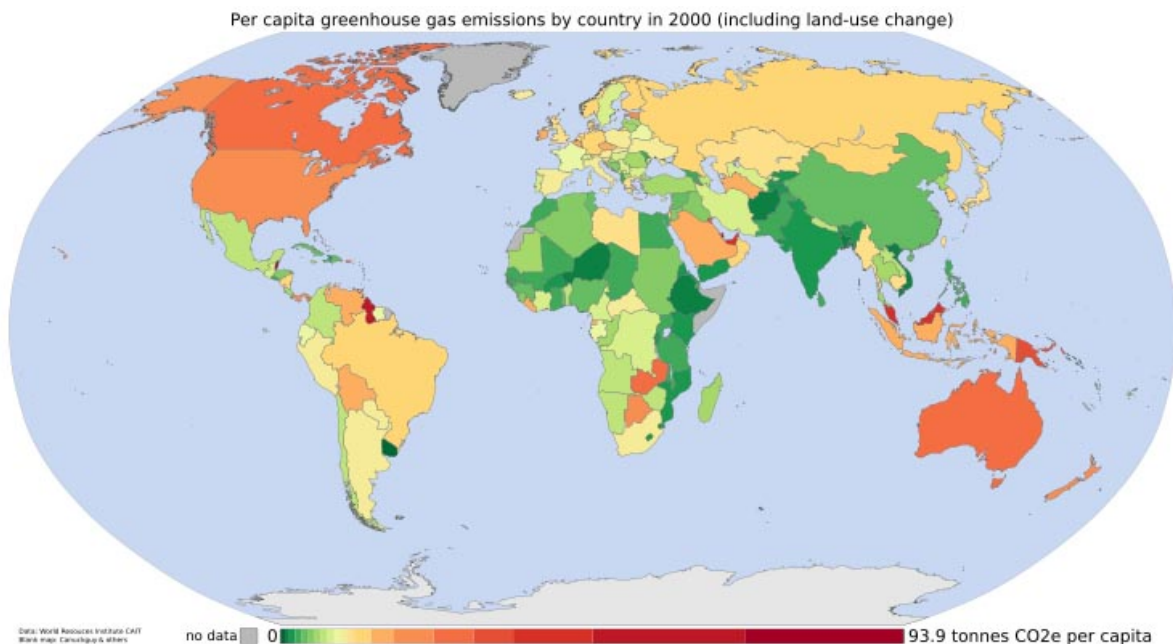


Υποξείδιο του αζώτου (9%)

Σχήμα 22

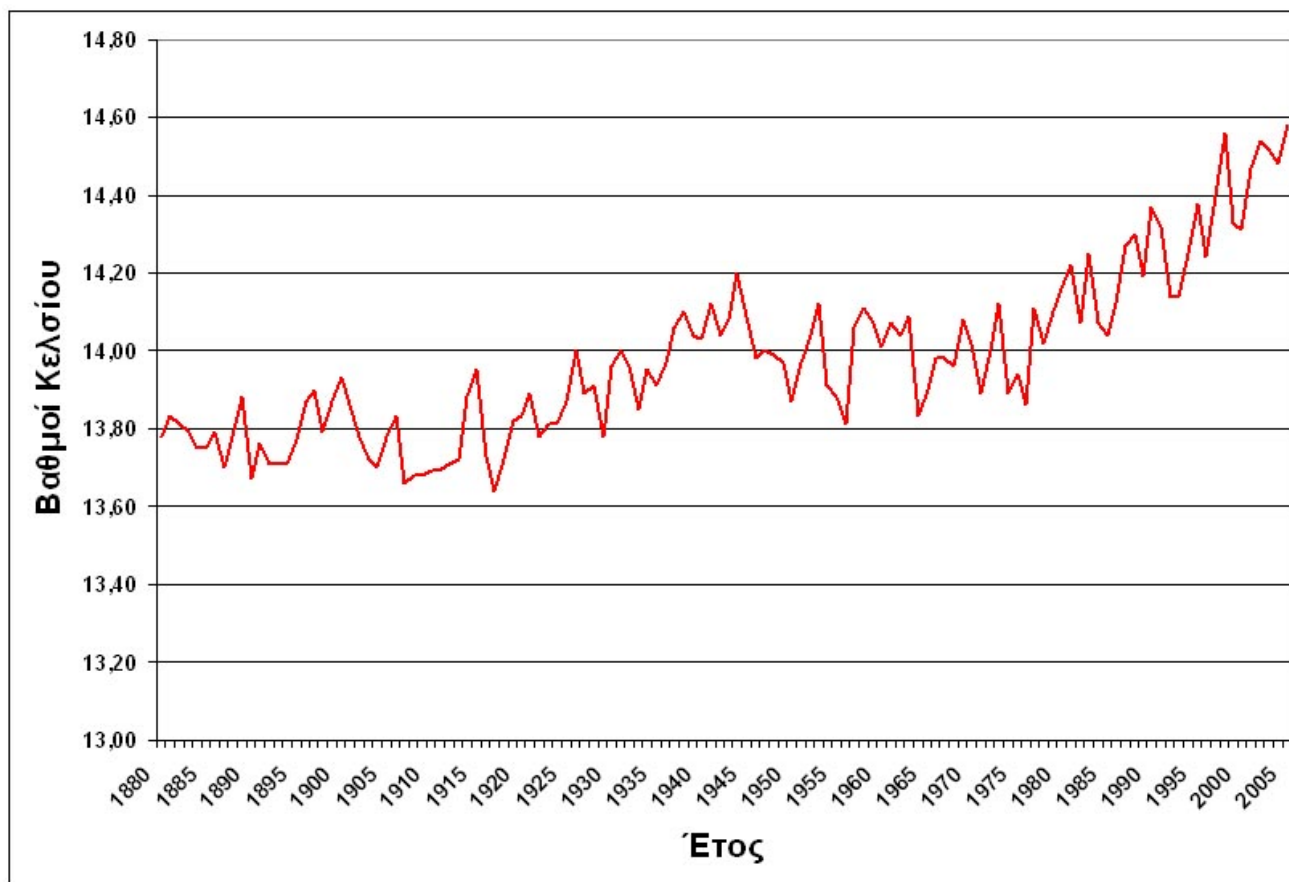
Ετήσιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά τομέα (έτος 2000)

Πηγή: [http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_gas](http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas)



Χάρτης 2  
 Εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου ανά άτομο (έτος 2000)  
 Πηγή: [http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse\\_gas](http://en.wikipedia.org/wiki/Greenhouse_gas)

Είναι προφανές ότι η συσσώρευση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα ενδέχεται να εντείνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου και να προκαλέσει περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας της Γης με αποτέλεσμα σημαντικές κλιματικές αλλαγές. Στο Σχήμα 23 φαίνεται η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1880 μέχρι το 2005.

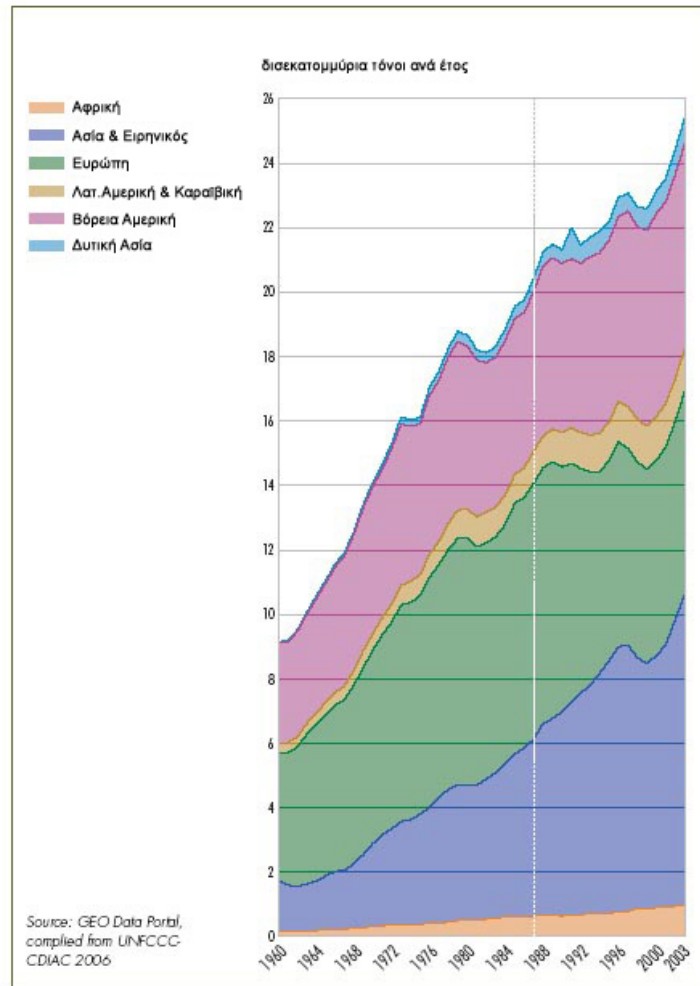


Σχήμα 23  
 Η εξέλιξη της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας της Γης (1880-2005)  
 Πηγή πρωτογενών δεδομένων: World Resources Institute (<http://earthtrends.wri.org/text/climate-atmosphere/data-tables.html>)

Σύμφωνα με υπολογισμούς επιστημόνων, η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη δεν θα 'ναι ομοιόμορφη. Στην τροπική ζώνη θα είναι μηδαμινή, ενώ στους πόλους η θερμοκρασία θα αυξηθεί μεταξύ 4°C και 7°C. Η μερική τήξη των πάγων και η διαστολή των ωκεάνιων υδάτων λόγω θέρμανσης τους θα ανυψώσουν τη στάθμη των θαλασσών μεταξύ 0,5 και 1,5μ. αν η μέση αύξηση της

πλανητικής θερμοκρασίας φτάσει τους 4°C. Κατάκλιση εύφορων χαμηλού ύψους εδαφών, αλάτωση των υδροφόρων οριζόντων, μετακίνηση προς τα βόρεια της ζώνης των βροχοπτώσεων (προς τα «νότια» για το νότιο ημισφαίριο) και ως εκ τούτου κατάρρευση της αγροτικής παραγωγής του πλανήτη θα 'ναι μερικά από τα αποτελέσματα.

Οποιαδήποτε προσπάθεια για μείωση της έκλυσης διοξειδίου του άνθρακα και των υπόλοιπων αερίων του θερμοκηπίου συνεπάγεται αντίστοιχη προσπάθεια για περιστολή των δραστηριοτήτων που έχουν άμεση σχέση με τις βιομηχανικές διαδικασίες και την παραγωγή ενέργειας οπότε τελικά τίθεται υπό αμφισβήτηση συνολικά το σύγχρονο μοντέλο της ανάπτυξης. Και εδώ έγκειται στην ουσία και η δυσκολία επίλυσης του προβλήματος αυτού. Επιπλέον, ο αναπτυσσόμενος κόσμος, θα αυξήσει αρκετά τα ποσά των αερίων του θερμοκηπίου που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, άρα για να επιτευχθεί συνολική μείωση τους, πρέπει οι ήδη ανεπτυγμένες βιομηχανικές χώρες να περιορίσουν δραστικά τους αναπτυξιακούς τους ρυθμούς. Στο Σχήμα 24 φαίνεται ξεκάθαρα η τεράστια αύξηση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην Ασιατική ήπειρο κατά τις τελευταίες δεκαετίες (UNEP 2007).



Σχήμα 24

Εκπομπές CO<sub>2</sub> από ορυκτά καύσιμα ανά περιοχή (1960-2003)

Πηγή: UNEP 2007.

Με ποιους τρόπους όμως θα γίνει αυτό;

Η απάντηση στο ερώτημα δεν έχει δοθεί παρόλο που τα τελευταία χρόνια κλιμακώνονται οι διαπραγματεύσεις μεταξύ των χωρών, μέσα από πολλές διενέξεις και αντιπαραθέσεις, με στόχο την υπογραφή μιας σύμβασης σχετικής με τις επικείμενες κλιματικές αλλαγές. Στη συνδιάσκεψη για το Περιβάλλον και την Ανάπτυξη που έγινε τον Ιούνιο του 1992 στο Ρίο ντε Τζανέιρο υπογράφηκε μια σύμβαση - πλαίσιο από τους εκπροσώπους 153 κρατών που συμμετείχαν, η οποία όμως δεν περιλαμβάνει καμιά υποχρέωση μείωσης των εκπομπών του διοξειδίου του άνθρακα αλλά περιορίζεται στην καθιέρωση βασικών αρχών που μεταθέτουν σιωπηρά τις σχετικές αποφάσεις στο μέλλον. Τον Δεκέμβριο του 1997 στο Κυότο της Ιαπωνίας υπεγράφη η σημαντικότερη μέχρι σήμερα διακρατική συμφωνία για τη μείωση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Το 'Πρωτόκολλο του Κυότο' μπήκε σε εφαρμογή το 2005 και μέχρι το Νοέμβριο του 2007 είχε επικυρωθεί από 174 χώρες, μεταξύ των οποίων όλες εκείνες που παράγουν τις σημαντικότερες ποσότητες αερίων του θερμοκηπίου. Θλιβερή εξαίρεση παρέμεναν μέχρι τότε οι ΗΠΑ, δηλαδή η δεύτερη μεγαλύτερη πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στον κόσμο μετά την Κίνα.