

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΩΝ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ ΥΠΟΛΟΜΗΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ  
ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ»**

**ΟΝΟΜΑΤΕΠΩΝΥΜΟ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ:**

**ΑΡΜΑΤΑΣ ΗΛΙΑΣ**

**ΓΙΑΜΠΑΖΟΛΙΑ ΙΩΑΝΝΑ**

**ΓΙΑΤΑΓΑΝΑΣ ΔΗΜΗΤΡΗΣ**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΥΚΟΥΡΓΙΩΤΗΣ ΣΩΤΗΡΗΣ**

**ΠΑΤΡΑ - 2012**

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 σημαδεύτηκαν 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.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της Πτυχιακής εργασίας είναι η παρουσίαση και η ανάδειξη ενός μείζονος φαινομένου που είναι η ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης μέσω επιστημονικών μεθόδων όπως είναι η ωκεανογραφία – υδρογραφία (Τοπογραφία), στην Μεσόγειο και κατά συνέπεια σε παγκόσμια κλίμακα .

Στην πτυχιακή εργασία έχουμε προσπαθήσει να εντάξουμε όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την πλήρη κατανόηση του θέματος. Περιγράφουμε αναλυτικά όλους του όρους και τις παραμέτρους που επηρεάζουν το φαινόμενο αυτό όπως η παλίρροια , ο υδρολογικός κύκλος , τα καιρικά φαινόμενα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου και το φαινόμενο El Nino.

Έπειτα συγκεντρώνουμε τα απαραίτητα επιστημονικά δεδομένα από έγκυρες και αξιόπιστες πηγές με σκοπό την μοντελοποίηση και παρουσίαση των επιπτώσεων των όλων προαναφερθέντων. Με πλήρη φωτογραφική και χαρτογραφική απεικόνιση παρουσιάζουμε το μέγεθος του φαινομένου και επισημαίνουμε τους κινδύνους που караδοκούν καθώς επίσης και τις αντιδράσεις τις παγκόσμιας κοινότητας ως προς το θέμα αυτό.

## ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

|   |    |
|---|----|
| ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....   | 2  |
| ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....  | 4  |
| ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ .....                                      | 5  |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ .....                                    | 7  |
| 1.1 Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....        | 7  |
| 1.2 ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ - ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ .....                             | 8  |
| 1.3 ΠΑΛΙΡΡΟΙΑ .....   | 14 |
| 1.4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ .....                                    | 18 |
| 1.5 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ .....                          | 21 |
| 1.6 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....                    | 27 |
| 1.7 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ EL NINO.....                                   | 32 |
| 1.8 ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ.....   | 34 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.....   | 36 |
| 2.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ..... | 36 |
| 2.2 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΑΛΤΙΜΕΤΡΙΑ.....                                  | 43 |
| 2.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΌ ΤΣΟΥΝΑΜΙ .....           | 46 |
| 2.4 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ .....            | 54 |
| 2.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ .....            | 59 |
| 2.6 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗΝ ΔΥΤ.ΕΛΛΑΔΑ .....            | 66 |
| 2.7 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΙΤΑΛΙΑ .....          | 76 |

|  |     |
|--|-----|
| 2.8 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ .....        | 86  |
| 2.9 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗ Ν.Δ. ΜΕΣΟΓΕΙΟ ..... | 98  |
| 2.10 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΑΙΓΙΟ ..... | 110 |
| ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3.....  | 123 |
| 3.1 ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ (MFSP).....          | 123 |
| 3.2 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΙΟС) .....        | 126 |
| 3.3 ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ .....                 | 131 |
| 3.4 ΑΡΘΡΟ 3/12/2008 .....                              | 138 |
| 3.5 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ ΠΟΛΙΤΙΣΜΩΝ ..... | 144 |
| ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....                                | 146 |
| ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....                                     | 149 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΑ

### 1.1 Η ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ - ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας οφείλεται κυρίως στις διακυμάνσεις λόγω παλίρροιας, κυμάτων, ανέμων και βαρομετρικών μεταβολών.

Η παλίρροια μέσω της πλημμυρίδας και αμπώτιδας επιδρά περιοδικά στην αυξομείωση της θαλάσσιας στάθμης. Η σταθερή πνοή του ανέμου για μεγάλο χρονικό διάστημα προς μία κατεύθυνση, έχει σαν αποτέλεσμα τη μετακίνηση των μαζών νερού προς τη διεύθυνση του ανέμου, γεγονός που προκαλεί την πτώση της στάθμης στην περιοχή απ' όπου πνέει ο άνεμος και μια παράλληλη αύξηση της στάθμης στην περιοχή προς την οποία πνέει, παρασύροντας τις μάζες του νερού. Αλλά και η μικρού χρονικού διαστήματος επίδραση του ανέμου μπορεί να προκαλέσει την λεγόμενη φουσκοθαλασσιά και να μεταβάλλει τη στάθμη της θάλασσας.

Οι βαρυτικές αλλαγές επίσης, είναι δυνατό σε μικρό χρονικό διάστημα να προκαλέσουν αξιοσημείωτες αυξομειώσεις της στάθμης της θάλασσας. Όσο πιο χαμηλή είναι η ατμοσφαιρική πίεση κατά τη διάρκεια του έτους, τόσο πιο υψηλή είναι ετήσια μέση θαλάσσια στάθμη. Σημειώνεται ότι μια μείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης κατά 1mbar αυξάνει την θαλάσσια στάθμη κατά 1cm (El-Din, et al. 2007).

## 1.2 ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ - ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΑ

**Ωκεανογραφία** ονομάζεται η επιστήμη η οποία ερευνά και μελετά τους ωκεανούς, τις θάλασσες και τις λίμνες, τον πυθμένα αυτών και τις ακτές που τα περιβάλλουν. Θεωρείται κλάδος της Γεωλογίας αλλά στην πραγματικότητα αποτελεί διεπιστημονικό πεδίο συνεργασίας πολλών επιστημονικών και τεχνικών κλάδων. Με την Ωκεανογραφία συμπληρώνεται η μελέτη της υδρογείας σφαίρας έναντι της γεωγραφίας που υπό στενή έννοια μελετά τις ηπείρους.

Η Ωκεανογραφία, σχετικά σύγχρονη επιστήμη, εξετάζει αφενός τη διαμόρφωση των μεγάλων ωκεάνιων λεκανών αλλά και όλων των θαλασσών και αφετέρου τις φυσικές και χημικές ιδιότητες, τα συντελούμενα φαινόμενα που συμβαίνουν στους χώρους αυτούς καθώς επίσης και τη μεγάλη ποικιλία των εμβίων όντων που ζούν σ' αυτούς, τα καλούμενα με τον γενικό όρο "υδρόβια". Ανάλογα με το βάθος τους οι θάλασσες διακρίνονται σε δυο κύριες περιοχές: στην παράκτια *υφαλοκρηπίδα* με βάθη έως 200 m και στον *βαθύ ωκεάνειο πυθμένα*. Συνήθως από τον τελευταίο διαφοροποιείται η *μεσοωκεάνεια ράχη*. Ο διαχωρισμός ανάμεσα στις δυο ζώνες είναι σχεδόν πάντα σαφής και αρκετά απότομος, για λόγους που ερμηνεύει η θεωρία των τεκτονικών πλακών. Στην βιολογική ωκεανογραφία ο ωκεάνιος χώρος διακρίνεται σε δύο κύριες ζώνες την *επιφανειακή ζώνη* που φθάνει σε βάθος μέχρι τα 200–250 m όπου και φθάνουν οι ακτίνες του ήλιου, και την υπ' αυτήν *αβυσσαία ζώνη* που περιλαμβάνει όλο το υπόλοιπο σε βάθος και έκταση τμήμα του χώρου αυτού. Επομένως στο μεγαλύτερο μέρος της υφαλοκρηπίδας ο πυθμένας ανήκει στην επιφανειακή ζώνη.

Η Ωκεανογραφία διακρίνεται σε τέσσερεις βασικούς κλάδους:

1. Στη Φυσική ωκεανογραφία που ασχολείται με την καταγραφή της θερμοκρασίας και αλατότητας των υδάτων, τα ρεύματα, τις παλίρροιες και τον κυματισμό. Ειδικοί κλάδοι ασχολούνται με την διάδοση ηχητικών κυμάτων, φωτός και ραδιοηλεκτρικών κυμάτων στο θαλάσσιο περιβάλλον και έχουν αναπτυχθεί λόγω της μεγάλης σημασίας των φαινομένων αυτών στις ναυτικές πολεμικές επιχειρήσεις.
2. Στη Χημική ωκεανογραφία, δηλαδή στη μελέτη της χημικής συμπεριφοράς των θαλασσίων υδάτων και την αλληλεπίδραση τους με την ατμόσφαιρα. Συνήθως οι καταγραφές των χημικών χαρακτηριστικών των θαλασσίων υδάτων διεξάγονται παράλληλα με αυτές της φυσικής ωκεανογραφίας. Η χημική ωκεανογραφία επίσης μας παρέχει πληροφορίες σχετικά με τη ρύπανση των θαλασσών από ανθρώπινες δραστηριότητες.



3. Στην Γεωλογική ωκεανογραφία, δηλαδή τη μελέτη της γεωλογίας και ορυκτολογίας του θαλάσσιου πυθμένα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η τεκτονική γεωλογία των πυθμένων των ωκεανών και η μελέτη της ηφαιστειακής δραστηριότητας στα μεγάλα βάθη.
4. Στη Βιολογική ωκεανογραφία ή Υδροβιολογία. Αυτή έχει αποκτήσει μεγάλο ενδιαφέρον λόγω της συνεισφοράς της στη συστηματική ωκεάνειο αλιεία, που αποτελεί πηγή πλούτου για πολλές χώρες. Ο κλάδος γνώρισε ιδιαίτερη άνθηση μετά την επινόηση της αυτόνομης καταδυτικής συσκευής από τον Ζάκ Υβ Κουστά το 1943, που επιτρέπει την παρακολούθηση των θαλάσσιων οργανισμών στο φυσικό τους περιβάλλον.
5. Ορισμένοι συγγραφείς ομαδοποιούν τις διάφορες εφαρμογές της ωκεανογραφίας στην επίλυση συγκεκριμένων πρακτικών προβλημάτων στην Εφαρμοσμένη ωκεανογραφία. Ο κλάδος συνεχώς επεκτείνεται καθώς συνεχώς εμφανίζονται νέες εμπορικές και στρατιωτικές εφαρμογές.
6. Με τον ειδικότερο όρο Υδρογραφία σήμερα χαρακτηρίζεται η συστηματική εργασία που περιλαμβάνει γεωδαιτικές αποτυπώσεις, βαθυμετρήσεις και μετρήσεις παλιρροιών και ρευμάτων με έμφαση στην παραγωγή δημοσιεύσεων χρήσιμων για την ναυσιπλοΐα. Το μεγαλύτερο μέρος των υδρογραφικών εργασιών διεξάγεται σε παράκτιες ζώνες και σε αβαθή ύδατα, τα οποία αποτελούν κινδύνους για την ναυσιπλοΐα.
7. Είναι εμφανές ότι η Ωκεανογραφία αποτελεί διεπιστημονική δραστηριότητα, στην οποία εμπίπτουν αντικείμενα έρευνας άρκετών επιστημών και τεχνολογικών κλάδων, όπως η Υδρογραφία, η Γεωλογία, η Βιολογία (Ζωολογία και Βοτανική), η Φυσική, η Χημεία, η Γεωδαισία, η Χαρτογραφία κ.ά. Επίσης υπάρχει σημαντική σύνδεση με την Μετεωρολογία και την Κλιματολογία.

Η Ωκεανογραφία χρησιμοποιεί μεγάλη ποικιλία τεχνικών μέσων, τα οποία περιλαμβάνουν:

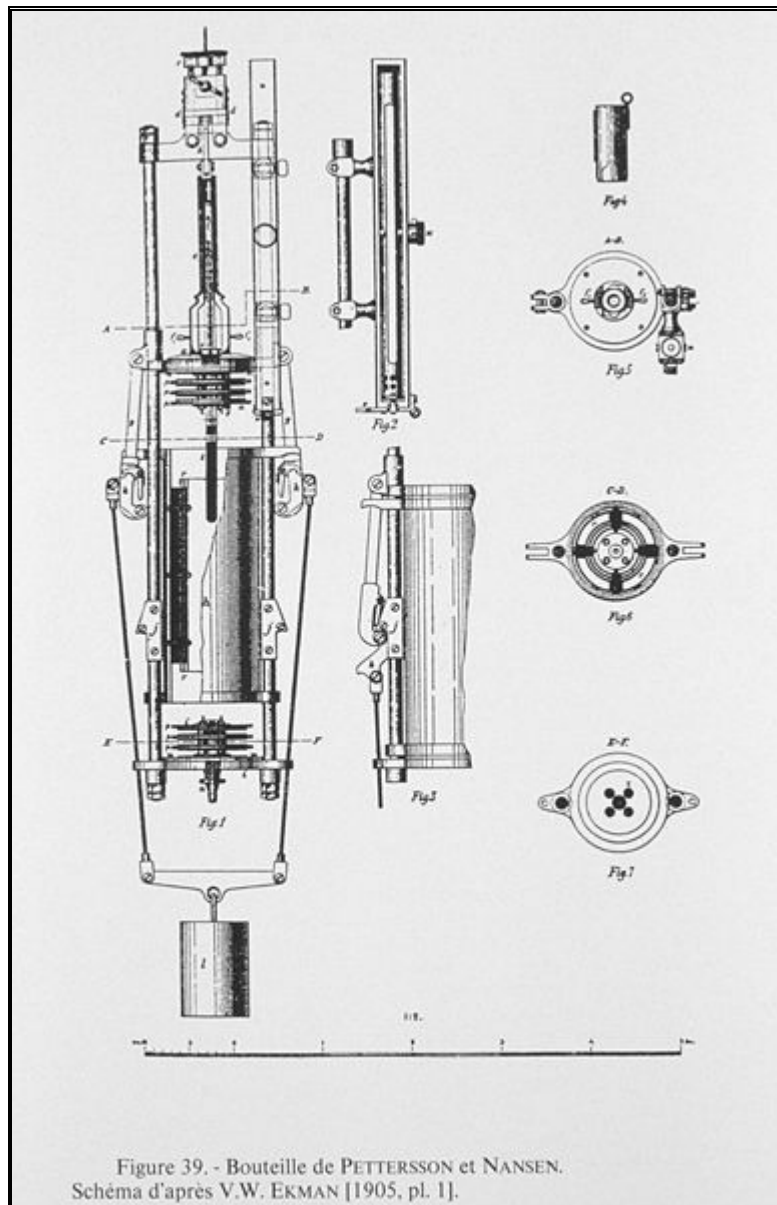
1. Ειδικά πλοία, είτε εκ κατασκευής είτε εκ μετατροπής μεγάλων αλιευτικών. Χαρακτηρίζονται ως Ωκεανογραφικά, Υδρογραφικά ή Ερευνητικά. Αυτά διαθέτουν ενδιαιτήσεις για πρόσθετο επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό, χώρους για εργαστήρια, βαρούλκα, ειδικό εξοπλισμό αποστολής κλπ.

2. Μισθωμένα σκάφη (συνήθως αλιευτικά) και ακάτους.
3. Υποβρύχια, επανδρωμένα και μη.
4. Βαθυσκάφη.
5. Λοιπά πλωτά μέσα, σημαντήρες, εξέδρες.
6. Όργανα μετρήσεων πεδίου (θερμογράφοι, sonar πλευρικής σάρωσης, ηχοβολιστικά βυθόμετρα, παλιρροιογράφοι κλπ)
7. Τοπογραφικά όργανα και συστήματα προσδιορισμού θέσης (π.χ. GPS).
8. Εργαστηριακό εξοπλισμό (εργαστήρια φυσικών και χημικών μετρήσεων σε δείγματα, εργαστήρια βιολογίας).
9. Καταδυτικός εξοπλισμός, ιδιαίτερα χρήσιμος στην Υδροβιολογία.
10. Υποβρύχιες φωτογραφικές μηχανές και μηχανές εικονοληψίας.

Σημαντική είναι η χρήση κατά τις τελευταίες δεκαετίες της δορυφορικής τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Πληροφορικών Συστημάτων (GIS).

Στην Ελλάδα με την επιστήμη της Ωκεανογραφίας και τις συναφείς επιστήμες και δραστηριότητες ασχολούνται:

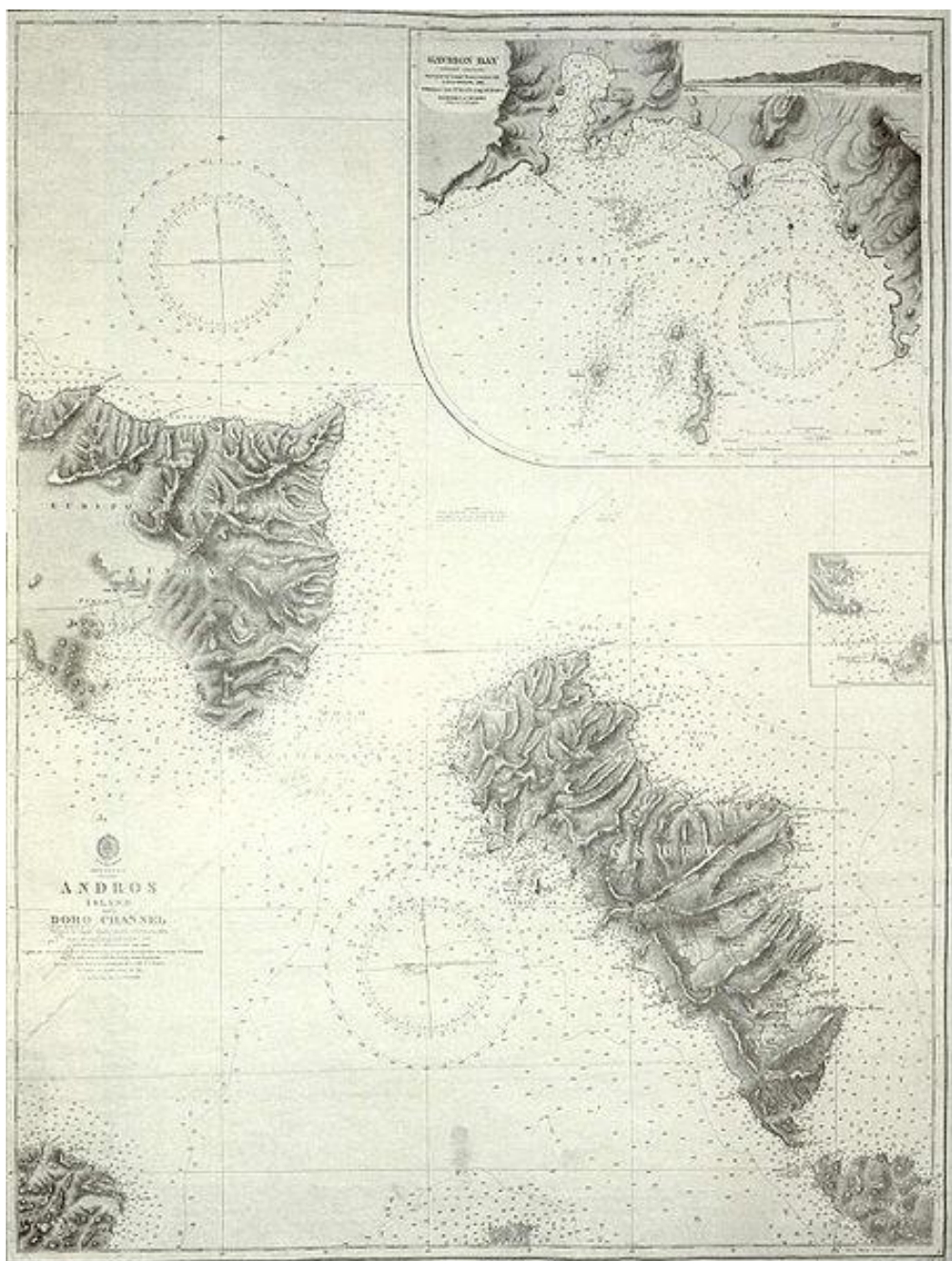
1. Η Υδρογραφική Υπηρεσία του Πολεμικού Ναυτικού. Επικεντρώνεται στις υδρογραφικές και χαρτογραφικές εργασίες. Είναι υπεύθυνη για την έκδοση των επίσημων Ελληνικών Ναυτικών Χαρτών και συναφών εκδόσεων (Φαροδείκτης, Πλοηγοί) και των Αγγελιών προς Ναυτιλομένους. Διαθέτει τρία υδρογραφικά-ωκεανογραφικά πλοία, τα *Υ/Γ-Ω/Γ Ναυτίλος*, *Υ/Γ-Ω/Γ Πυθέας*, *Υ/Γ Στράβων* και την *Υδρογραφική Άκατο-14*. Επίσης συλλέγει και διανέμει στο Αρχηγείο Στόλου ειδικά ωκεανογραφικά δεδομένα που απαιτούνται για τις ναυτικές επιχειρήσεις.
2. Το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), με έμφαση στη Βιολογική Ωκεανογραφία. Το ΕΛΚΕΘΕ προήλθε από συγχώνευση του Εθνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΚΘΕ) και του Ινστιτούτου Θαλασσίας Βιολογίας Κρήτης (ΙΘΑΒΙΚ). Διαθέτει τα ερευνητικά πλοία *Αιγαίο* και *Φιλία* και το υποβρύχιο *Θέτις*. Πρόσφατα εξέδωσε και τον *Άτλαντα ανέμου και κύματος των ελληνικών θαλασσών*.
3. Εργαστηριακές μονάδες και ερευνητικά προγράμματα διαφόρων πανεπιστημιακών και πολυτεχνικών σχολών.



Εικόνα 1. Φιάλη Ekman. Χρησιμοποιείται για δειγματοληψία και μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού σε διάφορα βάθη



Εικόνα 2. Πλωτός σημαντήρας με ωκεανογραφικούς αισθητήρες



Εικόνα 3. Υδρογραφικός χάρτης του Βρετανικού Ναυαρχείου για την περιοχή Στενού Καφηρέα - Ν. Άνδρου (1844)

## 1.3 ΠΑΛΙΡΡΟΙΑ

Ως παλίρροια ορίζουμε τις διαδοχικές εναλλασσόμενες ανόδους και καθόδους του επιπέδου της θάλασσας σε σχέση με την ξηρά, που δημιουργούνται από τη βαρυτική έλξη που ασκούν η σελήνη και ο ήλιος στη γη (Αλμπανάκης, 1999).

Οι μεταβολές της στάθμης των Ελληνικών θαλασσών, λόγω του φαινομένου της παλίρροιας είναι σχετικά μικρές και ως εκ τούτου υπερκαλύπτονται σε ορισμένες περιπτώσεις από αντίστοιχες μεταβολές που προκαλούνται από τα μετεωρολογικά φαινόμενα, την ατμοσφαιρική πίεση, τον άνεμο κ.τ.λ (Ξένος, 2000). Τέτοιου είδους μεταβολές, στη Μεσόγειο, σπάνια ξεπερνούν σε μέση τιμή τα 0,25m (Savvidis et al. 2005), τα 0,3 m (Αλμπανάκης, 1999).

Οι παλίρροιες είναι ένα φαινόμενο φυσικής προέλευσης, το οποίο έχει άμεση σχέση με την ελκτική δύναμη της σελήνης και του ήλιου πάνω στη γη. Εκδηλώνεται σε όλες τις θαλάσσιες ακτές, στους κόλπους, στους πορθμούς, στους ισθμούς και στις λίμνες. Γίνεται φανερή μέσω της ανύψωσης και ταπείνωσης της στάθμης του νερού στην επιφάνεια της γης (Haslett, 2000).

Για κάθε θαλάσσια ακτή ή λιμάνι, η μορφή με την οποία εμφανίζεται η παλίρροια είναι διαφορετική. Σ' αυτό συντελούν διάφοροι παράγοντες και προπάντων η μορφολογία των ακτών, τα βάθη των θαλασσών και των λιμνών, η διαμόρφωση του πυθμένα (η διεύθυνση του ανέμου που επικρατεί στο συγκεκριμένο χώρο), οι γεωγραφικές συντεταγμένες κ.α που μεταβάλλουν το φαινόμενο της παλίρροιας και παίζουν σημαντικό ρόλο στο εύρος και στο χρόνο άφιξης αλλά και το ύψος της παλίρροιας σε μια περιοχή (Λεοντάρης, 1995, Αλμπανάκης, 1999).

### Τύποι παλιρροιών

Καθώς η γη δεν είναι τελείως καλυμμένη από νερό, οι παλίρροιες, κυρίως εξαιτίας της ύπαρξης των ηπείρων, συμπεριφέρονται διαφορετικά από ότι στην περίπτωση κατά την οποία η γη ήταν τελείως καλυμμένη από νερό. Συνεπώς οι παλίρροιες διαφέρουν από μέρος σε μέρος ανάλογα με την τοποθεσία, το σχήμα και το βάθος της θαλάσσιας λεκάνης. Έτσι ανάλογα με τον ρυθμό εμφάνισής τους διαχωρίζονται σε τρεις τύπους.

Ημήμερησιες παλίρροιες, παρουσιάζουν δυο πλήμμες και δύο ρηχίες κάθε μέρα. Τέτοιες παλίρροιες συναντώνται στην ανατολική ακτή της βόρειας Αμερικής και το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης και της Αφρικής.

Μικτές παλίρροιες, έχουν δυο ολοκληρωμένες πλήμμες αλλά διαφορετικού ύψους η κάθε μία. Συναντώνται σε περιοχές όπως οι δυτικές ακτές των Ηνωμένων Πολιτειών και του Καναδά.

Ημερήσιες παλίρροιες, εμφανίζονται με μία μόνο πλήμμη και μία ρηχία κάθε ημέρα. Τέτοιες παλίρροιες συναντώνται στον Κόλπο του Μεξικού και κατά μήκος

των ακτών της Ανταρκτικής καθώς και σε ορισμένα τμήματα του Ειρηνικού Ωκεανού.

Στην περίπτωση ημήμερισου τύπου παλίρροιας, η στάθμη της θάλασσας ανέρχεται και κατέρχεται περιοδικά δυο φορές την ημέρα. Πιο ειδικά, για έξι περίπου ώρες η επιφάνεια του νερού ανέρχεται και τότε έχουμε την πλημμυρίδα, ενώ στη συνέχεια για έξι περίπου ώρες κατέρχεται και έχουμε την άμπωτη. Οι στάθμες των επιπέδων της πλήμης αλλά και της ρηχίας μεταβάλλονται όχι μόνο με το χρόνο αλλά και με το γεωγραφικό τόπο, (Δασκαλάκης, 1999). Το συνολικό αυτό φαινόμενο της πλημμυρίδας και της άμπωτιδας συνιστά τη γνωστή παλίρροια. Η διαφορά ύψους μεταξύ της πλημμυρίδας και της ρηχίας ονομάζεται εύρος παλίρροιας και όπως αναφέρθηκε στη Μεσόγειο δεν ξεπερνά τα 0,30 m. (Αλμπανάκης, 1999).

Η περιοδική αυτή κύμανση γίνεται δύο φορές στις 24 ώρες 50' και 30'' (Λεοντάρης, 1995, Αλμπανάκης, 1999). Αυτή η περίοδος είναι ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ δυο διαδοχικών διαβάσεων της σελήνης από το μεσημβρινό του τόπου, όπου συμβαίνει το φαινόμενο της παλίρροιας. Έτσι γίνεται φανερό πως η παλίρροια συνδέεται άμεσα με τη σελήνη και αποτελεί φυσική συνέπεια της δράσης της επάνω στο περίβλημα της γης που αποτελείται από νερό. Ταυτόχρονα και ο ήλιος δημιουργεί παλιρροιακές διογκώσεις με τον ίδιο τρόπο όπως η σελήνη. Αν και ο ήλιος είναι πολύ μεγαλύτερος από τη σελήνη, λόγω της μεγάλης του απόστασης από τη γη, περίπου 400 φορές πιο μακριά από τη σελήνη, η επίδρασή του στη δημιουργία των παλιρροιών είναι περίπου μόνο η μισή από αυτήν της σελήνης. Ενώ λοιπόν η βαρυτική έλξη του Ηλίου είναι 178 φορές ισχυρότερη από τη βαρυτική έλξη της Σελήνης, η Σελήνη είναι εκείνη που κυριαρχεί τον παλιρροιακό μηχανισμό (Castro, 1991).

Ο χρόνος δύο διαδοχικών πλημμυρίδων δεν είναι ίσος με το χρόνο δύο διαδοχικών άμπωτιδων, γιατί η θάλασσα χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να κατέβει παρά για να ανέβει. Ο χρόνος αυτός εξαρτάται από το σχήμα των ακτών. Έτσι παρατηρούνται σημαντικές διαφορές στο χρόνο ανόδου και καθόδου των θαλασσών, από τόπο σε τόπο, π.χ. στη Χάβρη η διαφορά αυτή είναι 2 ώρες και 8', ενώ στην Βρέστη είναι μόνο 16'.

Η μεγαλύτερη παλίρροια παρουσιάζεται όταν η Σελήνη η Γη και ο Ήλιος ευθυγραμμίζονται. Τότε οι παλιρροϊκές δυνάμεις της Σελήνης και του ήλιου προστίθενται και μάλιστα με τη μεγαλύτερη δυνατή ένταση.

Η ανύψωση των θαλασσών από την παλίρροια είναι αρκετά περίπλοκο φαινόμενο, γιατί συμβαίνουν ταυτόχρονα πολλά φαινόμενα που συμβάλλουν στην τελική διαμόρφωση της στάθμης των θαλασσών. Ένα τέτοιο παράλληλο φαινόμενο είναι η αυξομείωση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Με την εμφάνιση της πλημμυρίδας αυξάνεται η ατμοσφαιρική πίεση εξαιτίας της συσσώρευσης μαζών αέρα, με αποτέλεσμα τη μικρότερη ανύψωση των θαλασσών.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η παλίρροια δεν έχει πάντα το ίδιο ύψος, ακόμα και μέσα στην ίδια μέρα. Η διαφορά ύψους των παλιρροιών κατά την ίδια ημέρα, ονομάζεται ημερήσια ανισότητα, (Δασκαλάκης, 1999). Η ημερήσια ανισότητα

οφείλεται στην κίνηση της Σελήνης βόρεια ή νότια του Ισημερινού, οπότε η επίδραση της Σελήνης είναι διαφορετικού βαθμού (εκτός από την περίπτωση που η Σελήνη βρίσκεται ακριβώς πάνω από τον Ισημερινό). Αξιοσημείωτη ημερήσια ανισότητα παρατηρείται στον Ινδικό και Ειρηνικό Ωκεανό, ενώ στο Βόρειο Ατλαντικό είναι μόνο ελαφρά ορατή. Στις παλίρροιες της Ευρώπης το φαινόμενο αυτό είναι πολύ λιγότερο σύνθετο παρά σε άλλες περιοχές της γης.

Όταν ο Ήλιος, η Γη και η Σελήνη βρίσκονται σε ευθεία γραμμή, όπως στη Νέα Σελήνη και την Πανσέληνο (εικόνα 1), οι παλιρροιακές δυνάμεις του Ήλιου και της Σελήνης προστίθενται. Έτσι έλκουν προς την ίδια κατεύθυνση και αναγκάζουν τις πλημμυρίδες να είναι υψηλότερες από τις μέσες, και τις αμπώτιδες να είναι χαμηλότερες από τις μέσες. Αυτές οι ισχυρότερες παλίρροιες ονομάζονται μέγιστες παλίρροιες ή παλίρροιες συζυγιών (Spring tides). Οι παλίρροιες συζυγιών χαρακτηρίζονται από μεγάλες τιμές εύρους παλίρροιας, πλήμμης και ρηχίας. Με τη Σελήνη στο πρώτο ή τελευταίο τέταρτο (εικόνα 1), η παλιρροιακή δύναμη της Σελήνης ενεργεί σε μια κάθετη κατεύθυνση στην παλιρροιακή δύναμη του Ήλιου (αφαιρείται η παλίρροια που προκαλείται από την έλξη του Ήλιου). Αυτό κάνει τις παλίρροιες μικρότερες από τις μέσες, και ονομάζονται ελάχιστες παλίρροιες ή παλίρροιες τετραγωνισμών (Neap tides).

Οι παλίρροιες τετραγωνισμών χαρακτηρίζονται από μικρές τιμές εύρους παλίρροιας, πλήμμης και ρηχίας.

### Παλίρροια και ρεύμα

Κατά την ανύψωση και την πτώση της στάθμης των νερών η παλίρροια συνοδεύεται από περιοδική οριζόντια κίνηση του νερού, που ονομάζεται παλιρροιακό ρεύμα (tidal current ή tidal stream). Οι δυο κινήσεις, παλίρροια (με την ευρύτερη έννοια του κύματος) και παλιρροιακό ρεύμα, βρίσκονται σε στενή σχέση. Αποτελούν μέρη του ίδιου φαινομένου, που δημιουργείται από τις παλιρροιακές δυνάμεις του ήλιου και της σελήνης κυρίως.

Είναι εν τούτοις, απαραίτητο να γίνει σαφής διάκριση μεταξύ παλίρροιας και παλιρροιακού ρεύματος, επειδή η σχέση τους δεν είναι απλή ούτε και παντού η ίδια. Οι ναυτικοί χρησιμοποιούν την τεχνική ορολογία: παλίρροια (tide) για την κατακόρυφη ανύψωση και πτώση του νερού και παλιρροιακό ρεύμα (tidal current) για την οριζόντια ροή. Η παλίρροια έχει πλημμυρίδα και αμπώτιδα, ενώ το παλιρροιακό ρεύμα κατευθύνεται από την ανοικτή θάλασσα προς την ακτή οπότε παρατηρείται η πλημμυρίδα του παλιρροιακού ρεύματος και από την ακτή προς την ανοικτή θάλασσα, οπότε παρατηρείται η αμπώτιδα του παλιρροιακού ρεύματος (Ζαφειρόπουλος, 2001).

Το ανέβασμα ή το κατέβασμα της στάθμης των νερών, δεν προέρχεται από κατακόρυφες κινήσεις των μορίων του νερού που οφείλονται στις δυνάμεις της γέννησης των παλιρροιών, γιατί οι τελευταίες αυτές είναι εντελώς ανεπαρκείς για να εξουδετερώσουν τις δυνάμεις της βαρύτητας. Η ανύψωση της ελεύθερης στάθμης των νερών οφείλεται σε οριζόντιες κινήσεις των μορίων οι οποίες



κατευθύνονται από τα μακρύτερα ευρισκόμενα σημεία προς τα αμέσως κάτω από τη Σελήνη σημεία της γήινης σφαίρας (Δασκαλάκης, 1999).

### Παλίρροιες σε κόλπους και λιμάνια

Ένας κόλπος ή μια λιμνοθάλασσα, που συνδέονται με τον ωκεανό μέσω ενός μικρού λιμανιού παρουσιάζουν παλίρροια πολύ μικρότερη από αυτή που παρουσιάζεται στον ίδιο τον ωκεανό. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η ροή του νερού μειώνεται λόγω της μικρής εισόδου του λιμανιού που συνδέει τον κόλπο με τον ωκεανό. Επίσης υπάρχουν και απώλειες ενέργειας οι οποίες οφείλονται σε τριβές κατά την είσοδο και έξοδο του νερού και που περιορίζουν τη παλίρροια ενός κόλπου. Τέλος, η παλίρροια ενός κόλπου καθυστερεί από την αντίστοιχη του ωκεανού γιατί χρειάζεται κάποιος χρόνος για να γεμίσει η λιμνοθάλασσα (Αλμπανάκης, 1999).

Στο λιμάνι Gallegos της Αργεντινής το εύρος της παλίρροιας φτάνει τα 18 m και στην Granville της Γαλλίας φθάνει τα 16,80 m. Το εύρος της παλίρροιας είναι πολύ μικρό ή εντελώς αμελητέο σε εσωτερικές ή κλειστές θάλασσες και λίμνες, τέτοιες θάλασσες είναι η Μεσόγειος, κ.α (Μέμος, 2000).

## 1.4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΚΥΚΛΟΣ

Ο υδρολογικός κύκλος (hydrologic cycle) περιλαμβάνει μια σειρά διαδικασιών με τις οποίες το νερό κυκλοφορεί μεταξύ υδρόσφαιρας, ατμόσφαιρας, ξηράς και θάλασσας. Σε αυτή την αλυσίδα το νερό εμφανίζεται με όλες τις μορφές: υγρό, αέριο (υδρατμοί), στερεό (χιόνι, χαλάζι). Το σύνολο της ενέργειας που κατευθύνει τον κύκλο του νερού προέρχεται σχεδόν αποκλειστικά από τον ήλιο.

Το συνολικό φαινόμενο της κυκλοφορίας και κατανομής του νερού στην ατμόσφαιρα και τη γη μπορεί να εκφρασθεί από τη σχέση:  $P=R+E+I$

Όπου:

$P$  = τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα (precipitation)

$E$  = η πραγματική εξατμισοδιαπνοή (evapotranspiration)

$R$  = η επιφανειακή απορροή (runoff)

$I$  = η κατείσδυση (infiltration)

Τα παραπάνω μεγέθη μπορούν να εκφραστούν σε ύψος νερού (mm) ή σε όγκο νερού ( $m^3$ ) ή σε ποσοστό επί τοις εκατό (%).

Το νερό στην ατμόσφαιρα βρίσκεται με τη μορφή υδρατμών και αφού υποστεί συμπύκνωση πέφτει στην επιφάνεια της γης σε υγρή (βροχή) ή στερεή μορφή (χαλάζι, χιόνι). Με τον όρο ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα περιλαμβάνονται όλες οι μορφές με τις οποίες το νερό φθάνει στη γη (βροχή, χιόνι, χαλάζι κ.λπ.). Όλες οι μορφές κατακρημνισμάτων ανάγονται σε ισοδύναμο ύψος βροχής. Όσον αφορά τη χιονόπτωση, όταν δεν υπάρχουν ακριβή στοιχεία (πυκνότητα χιονιού), θεωρείται ότι 10 mm ύψος χιονιού ισοδυναμούν με 1 mm ύψος βροχής (αναλογία 10:1).

Η εξατμισοδιαπνοή αντιπροσωπεύει τις ποσότητες του νερού, που επανέρχονται στην ατμόσφαιρα με τη συνδυασμένη δράση της εξατμίσσης και της διαπνοής.

Εξάτμιση είναι η διαδικασία μεταφοράς, με τη μορφή υδρατμών, του νερού από την επιφάνεια της γης στην ατμόσφαιρα με σύγχρονη κατανάλωση ηλιακής ενέργειας, απαραίτητης για την αλλαγή της φάσης του νερού από υγρή σε αέρια. Με τον όρο διαπνοή εννοούνται οι διαδικασίες εκείνες με τις οποίες το νερό μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια φάση διαμέσου του σώματος των φυτών.

Η εξατμισοδιαπνοή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως: θερμοκρασία εδάφους-αέρα, υγρασία εδάφους-αέρα, ταχύτητα ανέμου, βαρομετρική πίεση, ηλιακή ακτινοβολία, είδος χλωρίδας, πορώδες, κ.λπ. Υπάρχουν πολλοί εμπειρικοί τύποι υπολογισμού της πραγματικής ή δυνητικής εξατμισοδιαπνοής (Turc, Coutagne, Thornthwaite κ.ά).

Η δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι ένας κλιματικός δείκτης και εκφράζει τη

μέγιστη ποσότητα νερού που θα εξατμιζόταν ή διαπνεόταν από τα φυτά, αν τα αποθέματα ήσαν αρκετά για να αναπληρώσουν τις απώλειες.

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή σε πολλές ημίξηρες λεκάνες της Ελλάδας ανέρχεται σε 70-85% του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης, ενώ στις ορεινές περιοχές φθάνει έως 55%.



Εικόνα 4. Υδρολογικός κύκλος.

Η απορροή αντιπροσωπεύει το μέρος των κατακρημνισμάτων το οποίο, αφού πέσει στην επιφάνεια της γης και ένα μέρος του κατακρατηθεί για τη συμπλήρωση των αναγκών του εδάφους, παραλαμβάνεται από τους χειμάρρους και οδηγείται με τη βαρύτητα στους τελικούς αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες). Η ολική απορροή περιλαμβάνει τόσο την επιφανειακή, όσο και την υπόγεια απορροή δηλ. το νερό το οποίο αφού αρχικά διηθηθεί βρίσκει διέξοδο και επανέρχεται στην επιφάνεια προστιθέμενο στα επιφανειακά νερά.

Κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν την επιφανειακή απορροή είναι: κλιματικοί (ένταση βροχοπτώσεων, υγρασία αέρα, άνεμοι, εξάτμιση), γεωμορφολογικοί (κλίση λεκάνης απορροής, υδρογραφική πυκνότητα), λιθολογικοί (είδος πετρωμάτων, περατότητα), καθώς και το είδος της φυτοκάλυψης.

Η κατείσδυση αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία για τον καθορισμό της υδρο-οικονομίας μιας περιοχής γιατί συμβάλλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων. Αντιπροσωπεύει το μέρος εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους αφού κάποια ποσότητα δεσμευτεί ως νερό κατακράτησης και φθάνει στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες προστιθέμενο στα αποθέματα των υπόγειων νερών και μετέχει στις κινήσεις του υπόγειου νερού. Η ικανότητα κατείσδυσης (infiltration capacity) εξαρτάται από την υγρασία του εδάφους, τη

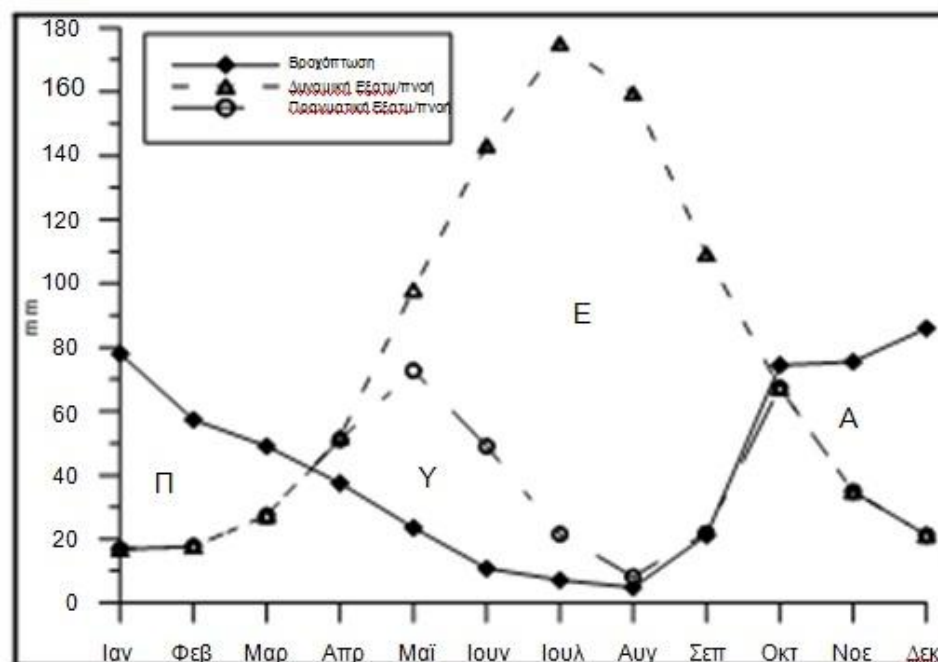
λιθολογία, την κλίση και τον τύπο του εδάφους, τη βλάστηση, την ένταση και κατανομή των βροχοπτώσεων κ.λπ.

Μέτρο της κατεισδυσης είναι ο συντελεστής κατεισδυσης, ο οποίος εκφράζει το ποσοστό του νερού που κατεισδύει σε σχέση με την ολική βροχόπτωση. Οι τιμές του συντελεστή κατεισδυσης κυμαίνονται από 3% (φλύσχης, φυλλίτες, σχιστόλιθοι, γενέσιοι, ηφαιστειακά πετρώματα) έως 60% (ανθρακικά πετρώματα).

Στη παρακάτω εικόνα παρουσιάζεται το μέσο υδρολογικό ισοζύγιο με βάση τα στοιχεία του σταθμού Ναυπλίου. Προκύπτει ότι, πλεόνασμα νερού (ενεργή κατεισδυση) παρατηρείται τους μήνες Δεκέμβριο έως Μάρτιο, χρησιμοποίηση της υγρασίας του εδάφους γίνεται τους μήνες Απρίλιο έως Ιούνιο, έλλειμμα νερού καταγράφεται τους μήνες Ιούλιο έως Σεπτέμβριο και η αναπλήρωση της υγρασίας του εδάφους γίνεται τον Οκτώβριο και Νοέμβριο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ένταση και η συχνότητα του κύκλου εξαρτώνται από το κλίμα και τη γεωγραφική θέση της περιοχής. Ο χρόνος πραγματοποίησης του κύκλου δεν είναι σταθερός, στη διάρκεια π.χ. μιας παρατεταμένης ξηρασίας ο κύκλος φαίνεται ότι έχει διακοπεί. Ο κύκλος μπορεί να συντομευθεί όταν τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα πέφτουν απευθείας στη θάλασσα /λίμνες, οπότε δεν υπάρχει επιφανειακή απορροή.

Η μελέτη του υδρολογικού κύκλου γίνεται στη λεκάνη απορροής ενός ποταμού ή υδρολογική λεκάνη. Η λεκάνη απορροής καθορίζεται από τον υδροκρίτη και είναι η εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής, μέσω διαδοχικών ρευμάτων και ποταμοχειμάρρων και παροχετεύεται στη θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού, εκβολές ή δέλτα.



Εικόνα 5. Μέσο υδατικό ισοζύγιο του σταθμού Ναυπλίου

## 1.5 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΟΥ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ

Φαινόμενο του θερμοκηπίου ονομάζεται η φυσική διαδικασία κατά την οποία η ατμόσφαιρα ενός πλανήτη συμβάλλει στη θέρμανσή του. Ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά από τον Γάλλο μαθηματικό και φυσικό Ζοζέφ Φουριέ, το 1824, ενώ διερευνήθηκε συστηματικά από τον Σβάντε Αρρένιους το 1896. Τα τελευταία χρόνια, ο όρος συνδέεται με την παγκόσμια θέρμανση (global warming), ενώ θεωρείται πως το φαινόμενο έχει ενισχυθεί σημαντικά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Παρατηρείται σε όλους τους πλανήτες που διαθέτουν ατμόσφαιρα αλλά για λόγους απλότητας θα αναφερόμαστε αποκλειστικά στην περίπτωση της Γης.

Η Γη δέχεται συνολικά ηλιακή ακτινοβολία, που αντιστοιχεί σε ροή περίπου 1366 βατ ανά τετραγωνικό μέτρο, στο όριο της ατμόσφαιρας. Ένα μέρος αυτής απορροφάται από το σύστημα Γης-ατμόσφαιρας, ενώ το υπόλοιπο διαφεύγει στο διάστημα. Περίπου το 30% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας ανακλάται, σε ποσοστό 6% από την ατμόσφαιρα, 3% από τα νέφη και 4% από την επιφάνεια της Γης. Το 70% της ηλιακής ακτινοβολίας απορροφάται, κατά 16% από την ατμόσφαιρα (συμπεριλαμβανομένου και του στρατοσφαιρικού στρώματος του όζοντος), κατά 3% από τα νέφη και κατά το μεγαλύτερο ποσοστό (51%) από την επιφάνεια και τους ωκεανούς.

Λόγω της θερμοκρασίας της, η Γη εκπέμπει επίσης θερμική ακτινοβολία (κατά τρόπο ανάλογο με τον Ήλιο), η οποία αντιστοιχεί σε μεγάλα μήκη κύματος, σε αντίθεση με την αντίστοιχη ηλιακή ακτινοβολία, που είναι μικρού μήκους κύματος. Η ατμόσφαιρα της Γης, διαθέτει μεγάλη αδιαφάνεια στην, μεγάλου μήκους κύματος, γήινη ακτινοβολία, έχει δηλαδή την ικανότητα να απορροφά το μεγαλύτερο μέρος της, ποσοστό περίπου 71%. Η ίδια η ατμόσφαιρα, επανεκπέμπει θερμική ακτινοβολία μεγάλου μήκους κύματος, μέρος της οποίας απορροφάται από την επιφάνεια της Γης, η οποία θερμαίνεται περαιτέρω. Η γήινη ατμόσφαιρα, συμπεριφέρεται με τον τρόπο αυτό, ως μία δεύτερη - μαζί με τον Ήλιο - πηγή θερμότητας.

Αποτέλεσμα του συνολικού φαινομένου είναι η αύξηση της μέσης επιφανειακής θερμοκρασίας, γεγονός που καθιστά τη Γη κατοικήσιμη. Χωρίς το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου, η θερμοκρασία της γήινης επιφάνειας θα ήταν σε παγκόσμια και ετήσια βάση περίπου -18 βαθμοί Κελσίου.

Ο μηχανισμός του φαινομένου ταυτίζεται συχνά με τη λειτουργία ενός πραγματικού θερμοκηπίου, ωστόσο η ταύτιση αυτή αποτελεί υπεραπλούστευση, καθώς τα θερμοκήπια στηρίζονται στην "απομόνωση" της θερμότητας και την εξάλειψη φαινομένων μεταφοράς της.

Ως αίτια του «φαινομένου του θερμοκηπίου» μπορούν να θεωρηθούν όλες εκείνες οι γεωλογικές, φυσικοχημικές, βιολογικές και «πολιτισμικές» δραστηριότητες, που προκαλεί ο άνθρωπος στην φύση, ώστε να αποκλείσουμε

από την αρχή της θεωρία της Αμερικάνικης σχολής, ότι οφείλεται σε περιοδικές μεταβολές φυσικών φαινομένων.

Οι δραστηριότητες αυτές προκαλούν εκπομπές των λεγομένων «αερίων του θερμοκηπίου» (από καύσεις ακίνητων και κινητών πηγών), είτε αντιστρατεύονται την «αφομοιωτική ικανότητα» του περιβάλλοντος που θα μπορούσε να μειώσει την παρουσία τους στην ατμόσφαιρα. (π.χ. απορρόφηση τόνων διοξειδίου του άνθρακα από τα δένδρα, τα οποία υπερ εκμεταλλευόμαστε).

Σχετικά με τις πηγές εκπομπής διοξειδίου του άνθρακα, εκτιμάται ότι μόνο κατά το 1998, περίπου 5,66 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα εισήλθαν στην ατμόσφαιρα από καύση ορυκτών καυσίμων (κυρίως: πετρελαίου, ορυκτού άνθρακα, λιγνίτη) –περισσότερο δηλαδή από 1 τόνο ανά κάτοικο Γης – ενώ άλλα 1,6 περίπου δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα προέκυψαν από την αποδάσωση και τις πυρκαγιές κυρίως των τροπικών δασών στη Νότια Ασία και την Κεντρική Αφρική. Η ευθύνη για τις καύσεις ανήκει κατά 45% στις ανεπτυγμένες βιομηχανικά χώρες της Δύσης, κατά 27% στις χώρες με καθεστώς κεντρικού σχεδιασμού και κατά 28% στις αναπτυσσόμενες χώρες. Αν βεβαίως ληφθεί υπόψη ο πληθυσμός των χωρών αυτών, τότε διαπιστώνεται ότι τη μερίδα του λέοντος την έχουν οι δυτικές χώρες με 2-5 τόνους κατά κεφαλήν ετησίως, ενώ στην Ανατολική Ευρώπη η κατανάλωση αυτή πέφτει στο μισό περίπου της Δυτικής. Παράλληλα, στον Τρίτο κόσμο η ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση καυσίμου κυμαίνεται από 0,1 τόνο για την Αφρική και την Ινδία μέχρι 0,4 –0,5 τόνους για την Βραζιλία και την Κίνα.

Σχετικά τώρα με τις προοπτικές μεταβολής αυτών των μεγεθών, διαγράφεται μια σταθερή τάση αύξησης της κατανάλωσης του καυσίμου κατά 3% το χρόνο, πράγμα που σημαίνει διπλασιασμό της στα επόμενα 20 χρόνια. Είναι φανερό ότι κάτι τέτοιο θα ήταν άμεσα καταστρεπτικό για την παγκόσμια θέρμανση. Η χωρική κατανομή των αυξήσεων δείχνει μια λίγο πολύ σταθεροποιημένη κατανάλωση με ελαφρά πτωτικές τάσεις στο δυτικό κόσμο, η οποία εν πολλοίς οφείλεται σε μια αύξηση κατά 25% περίπου ,αύξηση σ' όλα αυτά τα χρόνια της « ενεργειακής αποδοτικότητας» των κοινωνιών του, καθώς και σε μια ελαφρά αύξηση στην Ανατολική Ευρώπη. Εκεί όμως όπου τα πράγματα είναι δραματικά είναι στον Τρίτο Κόσμο, όπου παρατηρούνται ρυθμοί αύξησης της κατανάλωσης άνω του 4% το χρόνο, με αποτέλεσμα στη δεκαετία 1978-1988 να αυξηθεί η κατανάλωση καυσίμου κατά 50% ή κατά 1 δισεκατομμύριο τόνους άνθρακα.. Είναι φανερό ότι αν συνεχισθεί ο ρυθμός αυτός, τότε θα προκύψει ένας διπλασιασμός της παγκόσμιας κατανάλωσης καυσίμου στα επόμενα 35 χρόνια, προερχόμενος αποκλειστικά από τον Τρίτο Κόσμο. Δεδομένου δε ότι το ενεργειακό χάσμα που τον χωρίζει από τους αναπτυγμένους είναι της τάξης του 1:10, φαίνεται ως απόλυτα φυσικός και δικαιολογημένος ένας τέτοιος διπλασιασμός.

Οι χρήσεις για τις οποίες προορίζεται προς το παρόν οι παραπάνω αναφερόμενες καύσεις είναι οι ακόλουθες:

- α) Παραγωγή ηλεκτρισμού: καταναλίσκει το 54% περίπου του συνολικού καυσίμου και το σύνολο σχεδόν του ορυκτού άνθρακα.
- β) Κίνηση – οχήματα: 400 εκατομμύρια αυτοκίνητα καταναλίσκουν 550 εκατομμύρια τόνους το χρόνο, δηλαδή το 10% των συνολικών καυσίμων.
- γ) Βιομηχανία: καταναλίσκει περίπου το 24% του καυσίμου, κυρίως για την εξυπηρέτηση θερμικών διαδικασιών.
- δ) Θέρμανση: εκτιμάται ότι καταναλίσκει το 12% του καυσίμου και αφορά κυρίως τις χώρες του Βορρά.

Όλα τα αέρια συστατικά της ατμόσφαιρας που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, αναφέρονται συνολικά με τον όρο αέρια του θερμοκηπίου. Απορροφούν την μεγάλη μήκους κύματος γήινη ακτινοβολία και επανεκπέμπουν θερμική ακτινοβολία θερμαίνοντας την επιφάνεια. Ορισμένα αέρια, όπως το όζον, έχουν αδιαφάνεια και στην ηλιακή ακτινοβολία, με αποτέλεσμα να απορροφούν ένα μέρος της, συμβάλλοντας σε ένα βαθμό και στην ψύξη της γήινης επιφάνειας.

Περίπου το 86% της κατακρατούμενης από την ατμόσφαιρα γήινης ακτινοβολίας, οφείλεται στην παρουσία υδρατμών (H<sub>2</sub>O), διοξειδίου του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) και νεφών. Οι υδρατμοί αποτελούν το πλέον ενεργό συστατικό, κατά ποσοστό 60%, ενώ μικρότερη συνεισφορά έχουν και τα αέρια μεθανίου (CH<sub>4</sub>), οξειδίου του νατρίου (N<sub>2</sub>O) και όζοντος (O<sub>3</sub>) (περίπου 8%).

| Αέρια θερμοκηπίου με τη μεγαλύτερη αύξηση συγκέντρωσης (Πηγή: IPCC) |              |                    |                 |
|---|--------------|--------------------|-----------------|
| Αέριο   | Επίπεδα 1998 | Αύξηση από το 1750 | Ποσοστό αύξησης |
| Διοξείδιο του άνθρακα   | 365 ppm      | 87 ppm             | 31%             |
| Μεθάνιο   | 1,745 ppb    | 1,045 ppb          | 150%            |
| Οξείδιο του Αζώτου  | 314 ppb      | 44 ppb             | 16%             |

Πίνακας 1. Αέρια θερμοκηπίου με τη μεγαλύτερη συγκέντρωση

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου είναι φυσικό, ωστόσο ενισχύεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, η οποία συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου καθώς και στην έκλυση άλλων ιχνοστοιχείων, όπως οι χλωροφθοράνθρακες (CFC's). Τα τελευταία χρόνια, καταγράφεται μία αύξηση στη συγκέντρωση αρκετών αερίων του θερμοκηπίου, ενώ ειδικότερα στην περίπτωση του διοξειδίου του άνθρακα, η αύξηση αυτή ήταν 31% την περίοδο 1750-1998. Τα τρία τέταρτα της ανθρωπογενούς παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα, οφείλεται σε χρήση ορυκτών καυσίμων, ενώ το υπόλοιπο μέρος προέρχεται από αλλαγές που συντελούνται στο έδαφος, κυρίως μέσω της αποδάσωσης.

Στα μέσα της δεκαετίας του '70 και στην περιοχή γύρω από τον Νότιο Πόλο παρατηρήθηκε για πρώτη φορά το φαινόμενο της καταστροφής του όζοντος της στρατόσφαιρας, από τους φθοροχλωράνθρακες. Ήταν η πρώτη φορά που οι επιστήμονες μίλησαν για τη γνωστή "τρύπα", που επέτρεπε σε μεγαλύτερο ποσοστό υπεριώδους ακτινοβολίας να φτάνει στην επιφάνεια της γης.

Ποτέ πια δεν θα βλέπαμε τον ήλιο με τα ίδια μάτια, καθώς "η πηγή ζωής" που μας δίδασκαν στο σχολείο, μετατράπηκε σε δυνητικό εχθρό.

Το πρόβλημα δεν σταματά εκεί. Η καταστροφή του όζοντος αλληλεπιδρά με το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η αύξηση της υπεριώδους ακτινοβολίας κοντά στο έδαφος οδηγεί στην αύξηση του ποσού θερμότητας που παρακρατείται από τα θερμοκηπικά αέρια.

Λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου η θερμότητα εγκλωβίζεται στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας με αποτέλεσμα η στιβάδα του στατοσφαιρικού όζοντος να ψύχεται και να υπόκειται σε περαιτέρω καταστροφή.

Μέχρις στιγμής η ανθρωπότητα έχει αντιδράσει με τρεις τρόπους στην απειλούμενη αύξηση της θερμοκρασίας παγκόσμια: α) Με την αντίληψη του « βλέποντας και κάνοντας», β) Με την προετοιμασία για την « προσαρμογή» και γ) Με την προετοιμασία αποτροπής του φαινομένου.

Η στρατηγική «**βλέποντας και κάνοντας**» δεν φαίνεται ν' αντέχει στα νεότερα δεδομένα και στο μέγεθος του προβλήματος και υπαγορεύεται κυρίως από συντηρητικά και οικονομικά συμφέροντα που θίγονται από τη λήψη μέτρων αντιμετώπισής του. (π.χ, πρόεδρος Μπούς και οι πετρελαιάδες σύμβουλοί του).

Η στρατηγική της **προετοιμασίας** για προσαρμογή ξεκινά από την αντίληψη ότι πρακτικά είναι αδύνατο να ληφθούν όλα εκείνα τα μέτρα που αποτρέπουν την έλευση του φαινομένου και των συνεπειών του. Κατά συνέπεια, προτείνεται η ανάληψη μέτρων προσαρμογής στις νέες συνθήκες. Δηλαδή, προσαρμογή των ζωνών βροχοπτώσεων, με ένα σύστημα επαναδιανομής του νερού προς τις ζώνες που θα εμφανίζουν απώλειες σε βροχοπτώσεις, καθώς και αποθάρρυνση νέων δραστηριοτήτων στις υπό ξηρασία περιοχές. Ενώ για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα πρέπει να αρχίσουν έργα φραγμάτων και επιχωματώσεων, που θα αντισταθμίζουν την χρόνο με χρόνο άνοδό της.

Αυτά όμως θεωρητικά στέκονται, στην πράξη όμως δεν έχουν καμιά επιστημονική βάση, αν αναλογιστούμε τις συνέπειες του Τυφώνα « Κατρίν» στην περιφραγμένη Ορλεάνη.

Η στρατηγική της **αποτροπής** του φαινομένου βασίζεται στη λήψη μέτρων που θα μειώσουν τη συσσώρευση των «αερίων του θερμοκηπίου» στην ατμόσφαιρα, στοχεύοντας στη διατήρηση των υπαρχουσών κλιματικών συνθηκών του πλανήτη. Η στρατηγική αυτή συνίσταται στην παρέμβαση και δραστική μείωση όλων των διαδικασιών που παράγουν «αέρια του θερμοκηπίου» είτε με τη βελτίωση τους ή με την υποκατάσταση τους από άλλες



καθαρότερες. Παράλληλα επιδιώκεται και η αύξηση της απορροφητικότητας σε διοξείδιο του άνθρακα. Το βασικό πρόβλημα μιας τέτοιας στρατηγικής είναι οι μεγάλες μειώσεις εκπομπών που απαιτεί, οι οποίες δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν μόνο με «τεχνολογικά» μέτρα αλλά απαιτούν μια παγκόσμια αναδιάταξη των οικονομικών δραστηριοτήτων καθώς και αλλαγή των σχέσεων αναπτυγμένων- αναπτυσσομένων χωρών.

Λόγω της υπερθέρμανσης του πλανήτη, στο μέλλον μόνιμο χαρακτηριστικό του κλίματος της Αυστραλίας θα είναι οι καύσωνες, οι συχνότερες πυρκαγιές, μεγάλες περίοδοι ξηρασίας, πλημμύρες και καταστροφικές καταιγίδες... Αυτό επισημαίνει Έκθεση της Διακυβερνητικής Επιτροπής Κλιματολογικών Αλλαγών (Inter-Governmental Panel on Climate Change) του ΟΗΕ. Αλλά απογοητευτικές είναι οι προβλέψεις και για τον υδροφόρο ορίζοντα της χώρας αφού προβλέπεται σταθερή μείωση των υδάτινων πόρων και μείωση της ποσότητας νερού στην λεκάνη του Murray - Darling. Έως το 2050 η θερμοκρασία στις παράκτιες περιοχές θα ανέβει κατά 3,4 βαθμούς Κελσίου και πάνω από 6 βαθμούς ως το 2080 αναφέρει η Έκθεση για τα μελλοντικά δεδομένα του κλίματος της Αυστραλίας, της οποίας προσχέδιο διέρρευσε στα ΜΜΕ μία εβδομάδα προ της επίσημης παρουσίασής της από την ειδική ομάδα του ΟΗΕ που ασχολείται με το κλίμα της γης. Όσο για τον Κοραλλιογενή Ύφαλο, η Έκθεση προβλέπει ότι το 97% αυτού θα χάσει το χρώμα του μέσα στα επόμενα χρόνια.

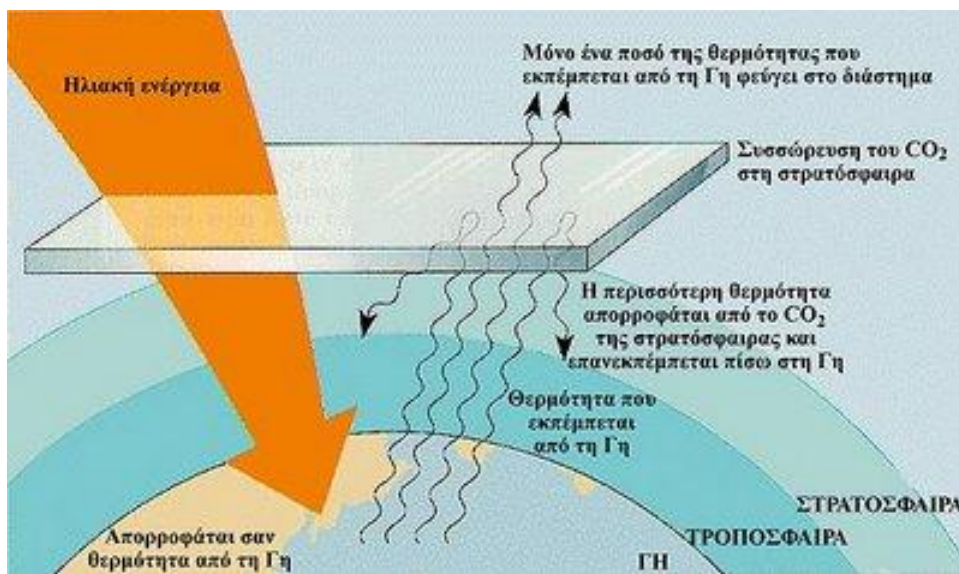
Πάντως παρά τις απογοητευτικές προβλέψεις της Επιτροπής, ο πρωθυπουργός της χώρας Τζον Χάουαρντ, που "δεν διάβασε το προσχέδιο της έκθεσης" όπως ανέφερε, εμφανίστηκε επιφυλακτικός. "Οι καύσωνες και οι πλημμύρες δεν είναι καινούριο φαινόμενο στην Αυστραλία. Όλες οι χώρες πρέπει να λάβουν μέτρα για να αντιμετωπίσουν αυτά τα φαινόμενα αλλά αυτό πρέπει να γίνει με σύνεση και μέτρο" δήλωσε.

Ωστόσο ο καθηγητής Ρίτσαρντ Λέβιν, πρόεδρος του πανεπιστημίου Yale, δήλωσε ότι μπορεί αυτή την στιγμή να βρίσκεται σε μειονεκτική θέση επειδή χρησιμοποιεί κάρβουνο για την παραγωγή ενέργειας, ωστόσο έχει την δυνατότητα να στραφεί σε εναλλακτικές πηγές παραγωγής ενέργειας όπως τον ήλιο και τον άνεμο που υπάρχουν άφθονα στην χώρα. Ο κ. Λέβιν επεσήμανε ότι "Η Αυστραλία έχει ήλιο και ανέμους και μπορεί να μειώσει τις εκπομπές αερίων στο περιβάλλον οποιαδήποτε στιγμή θέλει. Αν η Αυστραλία θέλει να μειώσει τις εκπομπές αερίων προκειμένου αυτές να φτάσουν τα επίπεδα που προβλέπει το Πρωτόκολλο του Κιότο μπορεί να το κάνει εύκολα και φθηνά". Σύγκρινε επίσης την Αυστραλία με την Κίνα τονίζοντας ότι μία από τις χώρες που δεν έχουν τις ίδιες δυνατότητες με την Αυστραλία να μειώσει τις εκπομπές αερίων και να το κάνει χωρίς μεγάλο οικονομικό κόστος, είναι η ενεργειακά διψασμένη Κίνα

Η μεθοδική μελέτη της εξέλιξης και των επιπτώσεων του Φαινομένου του Θερμοκηπίου άρχισε το 1988 υπό την αιγίδα των Ηνωμένων Εθνών και αποτέλεσε ένα από τα κύρια θέματα στη Διάσκεψη του Ρίο, το 1992.

Για την αξιολόγηση των επιστημονικών στοιχείων σχετικών με τις κλιματικές μεταβολές έχει συσταθεί από τον ΟΗΕ η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), η οποία αποτελείται από κορυφαίους επιστήμονες.

Σύμφωνα με την τρίτη έκθεση εκτιμήσεων, η μέση θερμοκρασία της επιφάνειας του πλανήτη προβλέπεται ότι θα αυξηθεί κατά 1,4 έως 5,8 βαθμούς Κελσίου μεταξύ των ετών 1990 και 2100, εφόσον δεν μεταβληθούν τα σημερινά δεδομένα, ενώ η στάθμη της θάλασσας αναμένεται να ανέλθει κατά 9 έως 88 εκατοστά.



Εικόνα 6. Φαινόμενο του θερμοκηπίου.

## 1.6 ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

### 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.

## **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 υπέρυθη 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 ηφαιστειών, 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

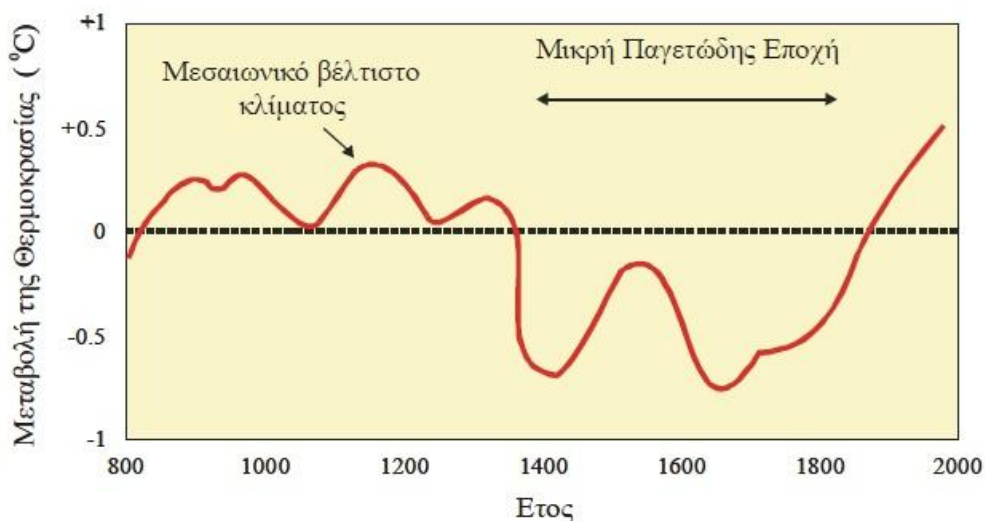
Οι άνθρωποι αντικαθιστούν δάση με καλλιεργημένες εκτάσεις ή ακόμα βλάστηση με τσιμέντο ή άσφαλτο επηρεάζοντας τον τρόπο που η επιφάνεια της γης απορροφά την ηλιακή ακτινοβολία και θερμαίνει την ατμόσφαιρα. Αυτές οι επεμβάσεις επηρεάζουν επίσης τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και κατ' επέκταση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

## 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. Στη εικόνα 4, που ακολουθεί, βλέπουμε τη διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας στη Δυτική Ευρώπη τα τελευταία 1200 χρόνια.



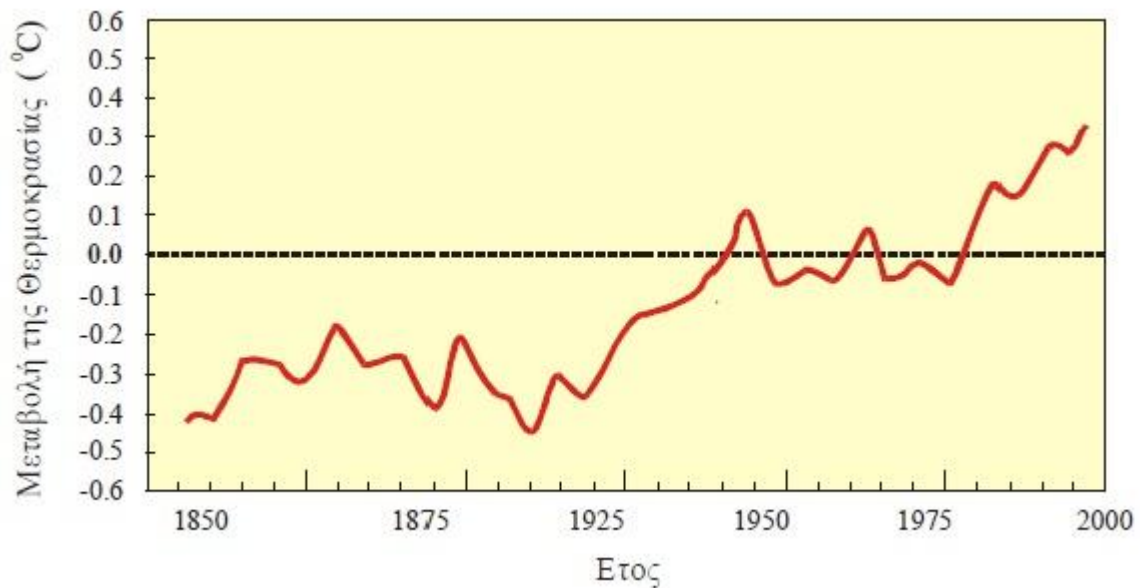
Εικόνα 7. Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη.

Ανάμεσα στον 10ο και τον 14ο αιώνα, το Βόρειο Ημισφαίριο βίωσε μια σχετικά θερμή και ξηρή περίοδο (Μεσαιωνική Θερμή Περίοδος) της οποίας το μέγιστο παρουσιάστηκε τον 12ο αιώνα.

Οι θερμοκρασιακές συνθήκες αυτής της περιόδου φαίνεται ότι είχαν, κυρίως ευεργετικές, συνέπειες στη γλωρίδα και πανίδα της γης. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, αναπτύχθηκε η άμπελος 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 14ου και 19ου 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 0C. Σημειωτέον ότι, η σημερινή θερμοκρασία είναι περίπου 5 0C μεγαλύτερη από αυτή της Μικρής Παγετώδους Εποχής. Στη Βόρειο Αμερική και Ευρώπη παρατηρήθηκε μια προώθηση των παγετώνων κατά τον 14ο, 16ο και 17ο 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 0C, και το θερμότερο το 1949 με θερμοκρασία 10,6 0C. Το καλοκαίρι του 1816 ήταν το ψυχρότερο όλων των εποχών και δικαίως η χρονιά αυτή ονομάστηκε «χρονιά χωρίς καλοκαίρι». Στη εικόνα 4 βλέπουμε τη μεταβολή της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1850 έως το 1997 σύμφωνα με μετρήσεις από σταθμούς σε όλο τον κόσμο.



Εικόνα 8. 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.

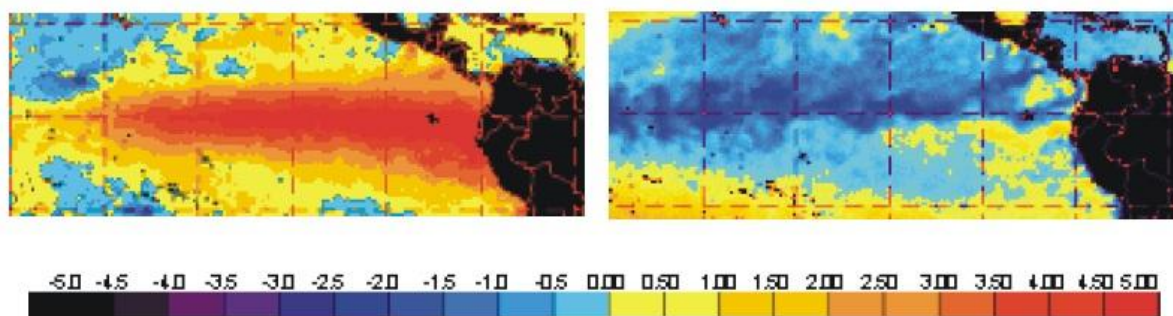
Στο διάγραμμα φαίνεται ότι, τα τελευταία εκατό χρόνια, έχουμε μία αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κατά 0,6 0C. Σημειώνεται επίσης ότι, από το 1940 έως το 1965, το Βόρειο ημισφαίριο ψύχθηκε κατά 0,2 0C, η ψύξη όμως αυτή υπερκαλύφθηκε από θέρμανση του Νότιου ημισφαιρίου κατά 0,4 0C. Τα τελευταία χρόνια,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

## 1.7 ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ 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.





Εικόνα 9. Η θερμοκρασία επιφανείας της θάλασσας κατά την διάρκεια ενός μεγάλου επεισοδίου El Nino τον Δεκέμβριο του 1997 (εικόνα στα αριστερά) και ενός επεισοδίου La Nina 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.

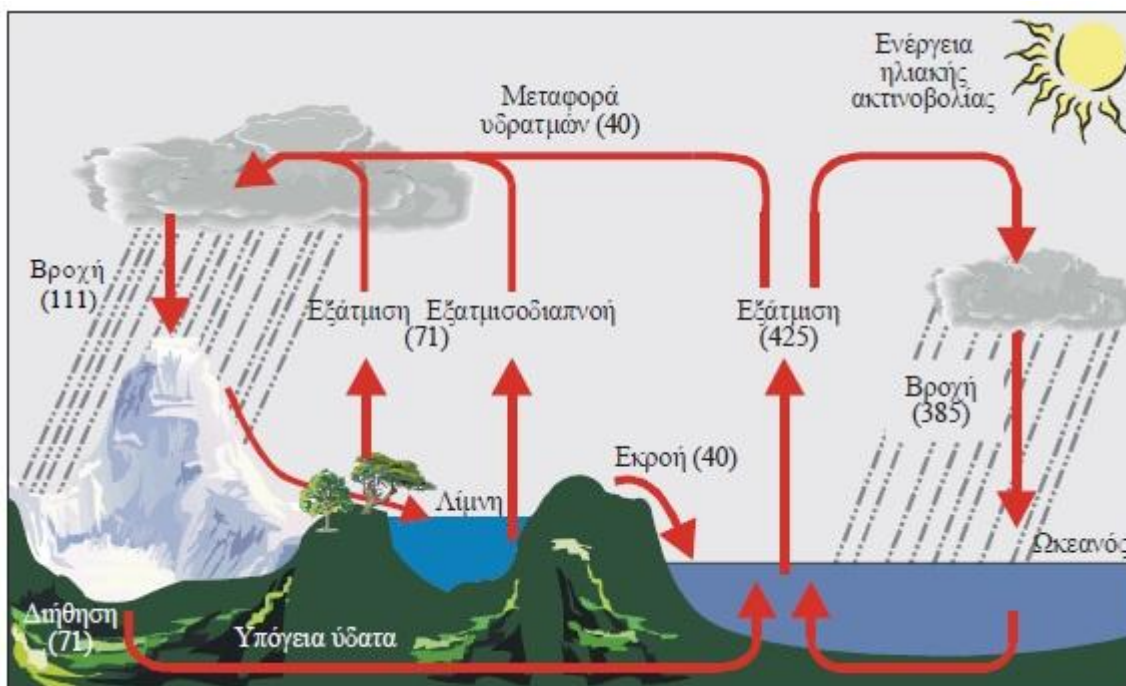
Το El Nino αποτελεί τη μεγαλύτερη μεμονωμένη καιρική διαταραχή στον πλανήτη και είναι η μεγαλύτερη αιτία μεταβλητότητας του κλίματος. Η εμφάνιση του συνοδεύεται από καταστροφικές πλημμύρες και ξηρασίες, στις διαφορετικές πλευρές του Ειρηνικού. Η έξαρση του φαινομένου, τα τελευταία χρόνια, οδηγεί στην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

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

## 1.8 ΥΔΑΤΙΝΟΙ ΠΟΡΟΙ

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 .

Όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα, 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;



Εικόνα 10. 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 Αξιός. 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 υπαρχόντων. 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 αναπτυγμένες κυρίως χώρες.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.

### 2.1 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι «σκεπτικιστές του κλίματος», αυτοί που αρνούνταν πεισματικά την ύπαρξη του προβλήματος, είναι πλέον ελάχιστοι. Η επιστήμη έχει μιλήσει, με σχεδόν απόλυτο βαθμό συναίνεσης, για τα αίτια, τις επιπτώσεις και την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών. Η αμφισβήτηση των πορισμάτων της επιστήμης στο ζήτημα αυτό δεν είναι πλέον δυνατή.

Οι κλιματικές αλλαγές έχουν αποκτήσει τεράστια σημασία και όχι μόνο περιβαλλοντική. Έχουν σημασία οικονομική, κοινωνική και πολιτική. Έχουν σημασία στους τομείς της υγείας, της εξωτερικής πολιτικής και της διεθνούς ασφάλειας. Στην Ευρώπη και στον κόσμο πρόκειται για ζήτημα που απασχολεί τις πολιτικές ηγεσίες πλέον σε επίπεδο κορυφής. Είναι δεδομένο, παρά τα όσα μπορεί να διατείνονται ορισμένοι, ότι δεν πρόκειται για θέμα επικαιρότητας που θα χαθεί κάποια στιγμή από τον πολιτικό ορίζοντα. Το ζήτημα αυτό θα είναι μαζί μας, δυστυχώς, για πολύ καιρό. Χρειάζεται επομένως η συνεχής ενεργοποίηση όλων, πολιτών, κυβερνήσεων, κοινοβουλίων, μέσων μαζικής επικοινωνίας, διεθνών οργανισμών, τοπικών κοινωνιών, εκπαιδευτικών ιδρυμάτων, επιχειρήσεων, μη κυβερνητικών οργανώσεων, ώστε να λαμβάνονται τα σωστά μέτρα και να εφαρμόζονται αποτελεσματικά.

Η αντίφαση, που υποστήριζαν αρκετοί ως και πρόσφατα, ότι υφίσταται ανάμεσα στην οικονομική ανάπτυξη και την προστασία του περιβάλλοντος και ειδικότερα την καταπολέμηση των κλιματικών αλλαγών απλώς δεν υπάρχει. Η ανάπτυξη της οικονομίας μπορεί και πρέπει να γίνει με σεβασμό προς το περιβάλλον και την αρχή της αειφορίας και με ενσωμάτωση κλιματικών παραμέτρων στις διάφορες πολιτικές. Μάλιστα η μεταμόρφωση των οικονομιών που συντελείται σήμερα με τη μετάβαση σε μια εποχή χαμηλών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα δημιουργεί νέες οικονομικές ευκαιρίες. Προωθείται η οικολογική καινοτομία και δημιουργούνται νέες θέσεις εργασίας σε τομείς όπως είναι οι καθαρές τεχνολογίες.

Η πιο δυνατή ίσως εικόνα που έχουμε σχηματίσει όλοι για τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών είναι το λιώσιμο των πάγων στην Αρκτική. Γενικότερα, πάντως, οι αρνητικές συνέπειες των κλιματικών αλλαγών γίνονται αντιληπτές ολοένα και πιο καθαρά. Και αν δεν ληφθούν έγκαιρα και σε παγκόσμιο επίπεδο τα κατάλληλα μέτρα, οι συνέπειες θα είναι καταστροφικές. Πρέπει δε να θυμόμαστε ότι οι κλιματικές αλλαγές οδηγούν σε

αποσταθεροποίηση του κλίματος, και σε ακραία, ανεξέλεγκτα φαινόμενα – όχι σε μια γραμμική, προβλέψιμη υπερθέρμανση.

Υπάρχουν βεβαίως και οι παραδοξολόγοι – ελάχιστοι ευτυχώς. Αυτοί που υποστηρίζουν ότι η αλλαγή του κλίματος και η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να αποτελεί ενδεχομένως ακόμη και θετική εξέλιξη, αφού π.χ. θα φύγει ο τουρισμός από τη Μεσόγειο και θα γίνει τουριστικός προορισμός η Βόρεια Θάλασσα. Ή, ακόμη, ότι στη Σιβηρία, που θα έχει γίνει εντωμεταξύ θερμότερη, θα μπορούν να καλλιεργούνται μπανάνες. Αν δεν ήταν άποψη ενός συμβούλου του Ρώσου Προέδρου, δημοσιευμένη στο διεθνή τύπο, θα ηχούσε απλά ως αστείο... Η αποσταθεροποίηση του κλίματος, που ανέφερα πριν, σημαίνει με απλά λόγια ότι δεν είναι γνωστό ποιές περιοχές θα γίνουν θερμότερες ή ψυχρότερες και ποιό θα υποφέρουν περισσότερο.

Πάντως είναι ενδιαφέρον να συγκρατήσουμε ότι στο επίπεδο του πλανήτη, η κλιματική αλλαγή είναι «κοινωνικά άδικη»: πλήττονται πολύ περισσότερο οι φτωχότερες χώρες, και ιδιαίτερα εκείνες που ιστορικά δεν έχουν ίχνο ευθύνης για την δημιουργία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Αλλά, στη ζώνη της Μεσογείου, και σε χώρες όπως η Ελλάδα, θα υπάρξουν σοβαρές επιπτώσεις. Η μέση ετήσια θερμοκρασία στην περιοχή έχει αυξηθεί περίπου κατά 1 βαθμό Κελσίου, ενώ η αντίστοιχη παγκόσμια αύξηση είναι 0,74 βαθμοί Κελσίου. Οι επιπτώσεις θα αφορούν σε πολλούς τομείς και θα επιφέρουν πλήγμα στους διαθέσιμους φυσικούς πόρους, στην οικονομία και στον τρόπο ζωής. Θα επιταθεί το πρόβλημα της ξηρασίας, της λειψυδρίας και θα υπάρξει επιτάχυνση της ερημοποίησης. Παραθαλάσσιες πόλεις, όπως περιοχές της Θεσσαλονίκης και του Μεσολογγίου, θα βρεθούν πιθανώς κάτω από την στάθμη του νερού. Όσον αφορά στη φύση και τη βιοποικιλότητα θα υπάρξει π.χ. μετανάστευση πτηνών από το Ταίναρο, πέρα από τα Ελληνικά σύνορα, βορειότερα. Θα υπάρξουν επιπτώσεις στην αγροτική παραγωγή και στις καλλιέργειες. Θα υπάρξει μεγαλύτερο πρόβλημα από τις φωτιές, που θα οδηγούν στην απώλεια δασών και στην έκλυση διοξειδίου του άνθρακα. Θα έχουμε επιπτώσεις στον τομέα της υγείας, με επανεμφάνιση ασθενειών που απαντώνται σήμερα μόνο σε θερμότερα κλίματα. Θα δεχθεί χτύπημα ο τουρισμός.

Δεν πρέπει να λησμονούμε ότι το ζήτημα των κλιματικών αλλαγών αποτελεί παγκόσμιο πρόβλημα, και ως τέτοιο απαιτεί παγκόσμια λύση. Στο ζήτημα αυτό η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει πρωταγωνιστικό ρόλο σε διεθνές επίπεδο. Στο Μπαλί, τον περασμένο Δεκέμβριο, στην Σύνοδο των Ηνωμένων Εθνών για το κλίμα, και μετά από πολύ δύσκολη διαπραγμάτευση, πετύχαμε τους στόχους που είχαμε θέσει ως Ευρωπαϊκή Ένωση. Αρχίζουν πλέον οι διαπραγματεύσεις για μια νέα διεθνή συμφωνία, που πρέπει να έχουν ολοκληρωθεί ως το τέλος του 2009.

Έχουμε πολλή δουλειά μπροστά μας τα επόμενα δύο χρόνια. Η «διπλωματία του κλίματος» είναι ιδιαίτερα έντονη. Η διαδικασία των Ηνωμένων Εθνών θα έχει βεβαίως πρωτεύοντα λόγο. Θα έχουμε όμως ενεργό

παρουσία και συμμετοχή σε μια σειρά από διεθνή fora, όπως το G8, και θα δώσουμε ιδιαίτερη έμφαση στους διμερείς διαλόγους και συναντήσεις κορυφής της Ευρωπαϊκής Ένωσης με σημαντικούς παίκτες στο διεθνές σύστημα, όπως είναι οι ΗΠΑ, η Ρωσία, η Κίνα, η Ινδία.

Στις επικείμενες πλέον σκληρές διαπραγματεύσεις στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι να υπάρξει συμφωνία όλων των κρατών, ώστε να περιορισθεί η άνοδος της θερμοκρασίας παγκοσμίως όχι περισσότερο από 2 βαθμούς. Για να επιτευχθεί αυτό, θα πρέπει οι παγκόσμιες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου να περιορισθούν ως το 2050 κατά το ήμισυ σε σχέση με τα επίπεδα του 1990.

Τον περασμένο Μάρτιο, οι Ευρωπαίοι αρχηγοί κρατών και κυβερνήσεων δεσμεύτηκαν να μειώσουν τις εκπομπές της Ευρωπαϊκής Ένωσης κατά 30% ως το 2020, με την προϋπόθεση ότι και οι άλλες ανεπτυγμένες χώρες θα κάνουν το ίδιο, στο πλαίσιο της νέας διεθνούς συμφωνίας. Μέχρι, όμως, να συναφθεί αυτή η διεθνής συμφωνία, η Ευρωπαϊκή Ένωση έχει δεσμευθεί να μειώσει μονομερώς τις εκπομπές της κατά τουλάχιστο 20% σε σχέση με τα επίπεδα του 1990 ως το 2020, ανεξάρτητα από το τι θα πράξουν οι άλλες χώρες. Ο ηγετικός ρόλος, η αξιοπιστία και η αποτελεσματικότητα της δράσης της Ένωσης στο διεθνές πεδίο κρίνεται, σε μεγάλο βαθμό, από τα μέτρα που λαμβάνει στο εσωτερικό της.

Πρώτα από όλα, η Ένωση βρίσκεται σε πολύ καλό δρόμο και θα επιτύχει το στόχο της για την πρώτη περίοδο του Κιότο, που λήγει το 2012. Ο στόχος αυτός είναι 8%. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή υιοθέτησε ακόμη πρόσφατα, στις 23 Ιανουαρίου, μια πολύ σημαντική δέσμη προτάσεων για μέτρα σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές και την ενέργεια, ώστε να επιτευχθούν οι στόχοι που είχαν τεθεί από το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο πέρυσι.

Σε αυτή τη δέσμη μέτρων περιλαμβάνεται: Πρόταση αναθεώρησης της οδηγίας για το κοινοτικό σύστημα εμπορίας δικαιωμάτων εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου. Πρόταση για δίκαιη κατανομή βαρών επί τη βάση του κατά κεφαλή ΑΕΠ, σχετικά με τις προσπάθειες που πρέπει να καταβάλουν τα κράτη-μέλη για μειώσεις εκπομπών στους τομείς της οικονομίας που δεν καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας. Ακόμη, προτάσεις σχετικά με την αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στο 20% ως το 2020, τη βελτίωση της αποδοτικότητας και της εξοικονόμησης ενέργειας κατά 20% ως το 2020, και, τέλος, τη διαμόρφωση νομικού πλαισίου για τη γεωλογική δέσμευση και αποθήκευση του διοξειδίου του άνθρακα, με στόχο την προστασία του περιβάλλοντος από την εφαρμογή αυτής της τεχνολογίας. Τέλος, αξίζει να υπενθυμίσουμε ότι η Επιτροπή έχει προτείνει ήδη και άλλα σημαντικά μέτρα στην ίδια κατεύθυνση. Αναφέρω ενδεικτικά τις προτάσεις για την καλύτερη ενεργειακή απόδοση και εξοικονόμηση ενέργειας των αυτοκινήτων, τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα στα καύσιμα, τις αεροπορικές μεταφορές, ακόμη για την τελική διάθεση απορριμμάτων, το γνωστό δηλαδή ζήτημα των χωματερών.

Για όσους δεν είναι και τόσο εξοικειωμένοι με τη διαδικασία λήψης αποφάσεων στο «λαβύρινθο» των Βρυξελλών, το επόμενο στάδιο, μετά την πρόταση της Επιτροπής, είναι η διαδικασία της συναπόφασης, δηλαδή της συζήτησης και ψήφισης της πρότασης από το Συμβούλιο Υπουργών και το Κοινοβούλιο. Έχει πολύ μεγάλη σημασία, για την επίτευξη των στόχων μας, η όσο το δυνατόν ταχύτερη ψήφιση των μέτρων αυτών.

Από το «παγκόσμιο» και το «ευρωπαϊκό» θα ήθελα να επανέλθω στο «τοπικό» και στην Ελλάδα. Θα ήθελα να διατυπώσω, σε αδρές γραμμές, ορισμένες σκέψεις για την αντιμετώπιση του ζητήματος των κλιματικών αλλαγών στην Ελλάδα.

*Πρώτο.* Η Ελλάδα θα πρέπει να υλοποιήσει με συστηματικό τρόπο τους στόχους της, με βάση το πρωτόκολλο του Κιότο. Ο στόχος για την Ελλάδα είναι +25%. Ενώ ο συνολικός στόχος της Ευρωπαϊκής Ένωσης είναι μείωση -8%. Για ορισμένα κράτη-μέλη, μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα, έχει επιτραπεί αύξηση των εκπομπών. Ήδη το 2005 είχε αύξηση εκπομπών στο 25,4%. Με προβολή στο 2010, και επί τη βάση του συνόλου των μέτρων που έχουν ήδη ληφθεί, οι εκπομπές της Ελλάδας θα ανέλθουν στο +34,7%. Χρειάζεται μεγάλη προσοχή επομένως στο σημείο αυτό, γιατί μόνο με εφαρμογή πρόσθετων μέτρων, που σχεδιάζονται, θα επιτύχει η Ελλάδα -και έχει ασφαλώς αυτή τη δυνατότητα- το στόχο του Κιότο και σύμφωνα με υπολογισμούς να φθάσει ελάχιστα κάτω από το 25%, στο +24,9%. Αυτό είναι ένα στοιχείο που πρέπει να ληφθεί υπόψη σε οποιοσδήποτε νέες μεγάλες επενδυτικές αποφάσεις, ιδίως στον ενεργειακό τομέα, που θα επιβάρυναν ενδεχομένως αρνητικά το ισοζύγιο του διοξειδίου του άνθρακα. Επίσης, για το 2020, πέραν των μειώσεων που θα επιτευχθούν από τη λειτουργία του συστήματος εμπορίας, θα χρειασθεί και μείωση κατά 4% από το επίπεδο του 2005, για εκείνες τις εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα που προέρχονται από εγκαταστάσεις και τομείς που δεν καλύπτονται από το σύστημα εμπορίας.

*Δεύτερο.* Η εφαρμογή της δέσμης μέτρων έχει κόστος για όλα τα κράτη-μέλη. Αλλά η κατανομή αυτού του κόστους στην πρόταση της Επιτροπής έχει γίνει με δίκαιο τρόπο. Το κόστος εφαρμογής για την Ελλάδα θα προσεγγίσει το 0,6% του ΑΕΠ. Υπάρχει πάντως γενική συναίνεση ότι όποιος κάνει γρήγορες και έξυπνες κινήσεις σε αυτό το πεδίο, θα έχει μικρότερο κόστος. Εξάλλου, το απαιτούμενο κόστος εν γένει υπερεκτιμάται, διότι δεν λαμβάνονται υπόψη οι παράπλευρες θετικές επιπτώσεις. Για παράδειγμα η μείωση της χρήσης των ορυκτών ενεργειακών πόρων, ιδίως του πετρελαίου, θα μειώσει το κόστος της σχετικής δαπάνης εισαγωγής των εν λόγω πόρων και θα ενισχύσει ουσιαστικά την ασφάλεια του ενεργειακού εφοδιασμού. Παράλληλα, η μείωση των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα θα συμβάλει στη βελτίωση της ποιότητας του ατμοσφαιρικού αέρα, δημιουργώντας έτσι τεράστιο όφελος για την υγεία.

*Τρίτο.* Γίνεται πολλές φορές έντονη συζήτηση για το δύσκολο δίλημμα που προκύπτει ανάμεσα στην εξασφάλιση των ενεργειακών αναγκών της χώρας από τη μια πλευρά και της πολιτικής περιβάλλοντος και κλιματικών αλλαγών

από την άλλη. Όμως, σήμερα, στους διάφορους τομείς πολιτικής πρέπει να ενσωματώνονται το περιβάλλον και οι κλιματικές αλλαγές. Πρέπει, ακόμη, το ισοζύγιο διοξειδίου του άνθρακα να αποτελεί κρίσιμο κριτήριο των επιχειρηματικών και οικονομικών σχεδιασμών. Στο πλαίσιο αυτό, ασφαλή οδηγό για επενδυτικές αποφάσεις αποτελεί η εφαρμογή των κοινοτικών πολιτικών, με την έννοια ότι η σωστή εφαρμογή τους δημιουργεί προϋποθέσεις για επίτευξη ακόμη και κερδών, π.χ. με την πώληση δικαιωμάτων εκπομπών μέσω του συστήματος εμπορίας δικαιωμάτων, που βασίζεται στους μηχανισμούς της αγοράς. Αντίθετα, στην περίπτωση που δεν τηρηθούν οι υποχρεώσεις μείωσης εκπομπών, προκύπτει οικονομική επιβάρυνση για εκείνους που αδράνησαν.

*Τέταρτο.* Για την Ελλάδα, σε ένα μεσοπρόθεσμο ορίζοντα, μεγάλη σημασία θα έχει η βελτίωση της αποδοτικότητας και η εξοικονόμηση ενέργειας. Υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες σε αυτόν τον τομέα. Ευρύτερα, άλλωστε, η αποδοτικότητα και η εξοικονόμηση ενέργειας είναι γρηγορότερη, αποτελεσματικότερη, οικονομικότερη και προβάλλει ολοένα και περισσότερο ως μια αποτελεσματική λύση, αν μη τι άλλο, σε ένα ενδιάμεσο χρόνο ως την ακόμη ευρύτερη διάδοση φθηνότερων ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Σύμφωνα με πρόσφατη μελέτη της εταιρίας συμβούλων McKinsey, επενδύσεις σε ετήσια βάση στον τομέα της εξοικονόμησης ενέργειας, ύψους 170 δις δολαρίων σε παγκόσμιο επίπεδο θα απέδιδαν ετήσιο κέρδος περίπου 17% ή 29 δις δολάρια. Αυτές οι επενδύσεις, που θα περιλάμβαναν μόνο χαμηλού κόστους, εύκολης εφαρμογής και άμεσης απόδοσης μέτρα εξοικονόμησης ενέργειας, θα οδηγούσαν σε πολύ σημαντικές μειώσεις εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Υπάρχουν π.χ. μεγάλα περιθώρια για τη βελτίωση της αξιοποίησης της ενέργειας στα εμπορικά κτίρια και τις κατοικίες, και μάλιστα όχι μόνο στις νέες κατασκευές αλλά και στις παλιές. Έχει υπολογισθεί ότι 40% των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα οφείλεται στα κτίρια.

*Πέμπτο.* Η Ελλάδα, όπως και οι άλλες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, ανέλαβε τη δέσμευση, ως το 2020, το 20% της κατανάλωσης ενέργειας να προέρχεται από ανανεώσιμες πηγές. Ο στόχος για την Ελλάδα είναι 18% έναντι του 2005, οπότε το μερίδιο των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, συμπεριλαμβανομένης της υδροηλεκτρικής, ανήρχετο στο 8%. Η αύξηση του μεριδίου των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι σημαντική. Για να το επιτύχει αυτό, η χώρα μας πρέπει να χαράξει ολοκληρωμένη στρατηγική. Η γεωμορφολογία της χώρας παρέχει μεγάλες δυνατότητες εκμετάλλευσης των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, οι οποίες καλύπτουν σήμερα ένα σχετικά μικρό μερίδιο των αναγκών σε ενέργεια. Μπορεί να δοθεί έμφαση, πέρα από την ηλιακή και την αιολική, και σε άλλες μορφές, όπως είναι η γεωθερμία και η βιομάζα. Οι τοπικές κοινωνίες πρέπει να συμμετέχουν σε αυτές τις διαδικασίες με σωστή πληροφόρηση για τα περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη που αποφέρουν οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.



Αν και με βάση τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κάθε κράτος μέλος είναι μόνο αρμόδιο για την επιλογή των πηγών ενέργειας και του τύπου εγκατάστασης των μονάδων παραγωγής, η χρήση διαφόρων ορυκτών καυσίμων για την ηλεκτροπαραγωγή πολλαπλασιάζει την παραγωγή αερίων του θερμοκηπίου και εξουδετερώνει τις προσπάθειες μείωσης που καταβάλλουν οι λοιποί βιομηχανικοί και άλλοι κλάδοι για περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου. Είναι προς το συμφέρον της χώρας να στραφεί σε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και είναι θετικό ότι αυτή είναι η πολιτική της κυβέρνησης.

*Έκτο.* Υπάρχουν συγκεκριμένοι στόχοι τους οποίους πρέπει να πετύχουν τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε ό,τι αφορά και τα βιοκαύσιμα. Από ενεργειακή άποψη, τα βιοκαύσιμα θα μπορούσαν να συμβάλουν στη σταδιακή απεξάρτηση της Ένωσης από τις εισαγόμενες πηγές ενέργειας. Έχουν σημασία στην χώρα μας και για τους αγρότες που καλλιεργούν π.χ. ζαχαρότευτλα. Πρέπει όμως να είμαστε προσεκτικοί στο θέμα των βιοκαυσίμων. Η μαζική χρήση τους ενδέχεται να έχει αρνητικές συνέπειες, τόσο περιβαλλοντικές όσο και κοινωνικές. Για παράδειγμα, κατά την παραγωγή τους, η κατανάλωση ενέργειας και η αντίστοιχη εκπομπή διοξειδίου του άνθρακα ενδέχεται να είναι μεγαλύτερη από την ενέργεια που υποτίθεται ότι εξοικονομείται κατά την τελική χρήση τους ως καύσιμη ύλη. Επίσης, η αναμενόμενη ραγδαία αύξηση της ζήτησής τους μπορεί να οδηγήσει στον επαναπροσδιορισμό του αγροτικού προγραμματισμού σε μια χώρα, δηλαδή στην εγκατάλειψη παραδοσιακών καλλιεργειών και στην αναζήτηση νέων καλλιεργήσιμων εκτάσεων, με αρνητικές συνέπειες στα οικοσυστήματα, αλλά και στην επάρκεια ορισμένων αγροτικών προϊόντων. Τα τροπικά δάση κινδυνεύουν να θυσιαστούν προς όφελος ενεργειακών καλλιεργειών. Επίσης, η αναμενόμενη άνοδος των τιμών, ως συνέπεια της ενεργειακής ζήτησης, σε πολλά αγροτικά είδη πρώτης ανάγκης θα δημιουργήσει σοβαρές κοινωνικές αναταράξεις σε φτωχές χώρες, γιατί δεν θα είναι δυνατή η εξασφάλιση τροφής για μεγάλα τμήματα του πληθυσμού. Από περιβαλλοντική άποψη, τα λεγόμενα βιοκαύσιμα δεύτερης γενιάς αναμένεται να έχουν καλύτερα αποτελέσματα. Γι' αυτό εξάλλου το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο όρισε ότι τα βιοκαύσιμα πρέπει να είναι βιώσιμα. Η Επιτροπή στη δέσμη μέτρων της για το κλίμα και την ενέργεια έχει συμπεριλάβει την εισαγωγή αυστηρών κριτηρίων βιωσιμότητας και αειφορίας.

*Έβδομο.* Θα πρέπει να συνοδεύεται πάντα η πολιτική για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών από σειρά μέτρων σε πολλούς τομείς. Αυτό θα σήμαινε π.χ. στον τομέα των μεταφορών αντιμετώπιση του κυκλοφοριακού, επιβολή ειδικού φόρου στους κατόχους αυτοκινήτων αναψυχής μεγάλου κυβισμού 4X4, κίνητρα για την απόσυρση των παλιών αυτοκινήτων και την ενίσχυση αγοράς φθηνών αυτοκινήτων, ώστε να ανανεωθεί ο στόλος με αυτοκίνητα καθαρής τεχνολογίας. Θα σήμαινε, επίσης, την αντιμετώπιση του προβλήματος των χωματερών. Θα σήμαινε την ενίσχυση της πράσινης

επιχειρηματικότητας για πιο καθαρά προϊόντα. Θα σήμαινε διατήρηση όσο το δυνατόν πιο πολλών ελεύθερων χώρων πρασίνου.

*Ογδοο.* Μεγάλη σημασία, τέλος, έχει η ευαισθητοποίηση των πολιτών. Είναι καθήκον μας να καλλιεργήσουμε την οικολογική συνείδηση – οι γονείς στα παιδιά, οι δάσκαλοι στους μαθητές, οι πολιτικοί στους πολίτες. Σήμερα ο πολίτης εκφράζεται ως ψηφοφόρος και ως καταναλωτής. Η περιβαλλοντική ευαισθησία του αντανακλάται στις πολιτικές του επιλογές και στις καταναλωτικές του συνήθειες. Για να ανταποκριθούν στο γεγονός αυτό, τα κόμματα και οι επιχειρήσεις πρέπει να ενσωματώσουν το περιβάλλον στο μακροπρόθεσμο σχεδιασμό τους, στις πολιτικές τους, στην καθημερινή τους πρακτική. Ακόμη, μπορεί και πρέπει να διαδοθεί περισσότερο η περιβαλλοντική εκπαίδευση στα σχολεία. Σύμφωνα με στοιχεία που δημοσιεύθηκαν πρόσφατα, το περιβάλλον είναι προαιρετικό μάθημα στα σχολεία και ο αριθμός των μαθητών που το παρακολουθεί είναι πολύ μικρός, μόνο 7% των μαθητών του Γυμνασίου.

Τελειώνοντας, θα ήθελα να πω ότι χαίρομαι πραγματικά που περιβαλλοντικές ανησυχίες έχουν μπει για τα καλά στην πολιτική ζωή της χώρας μας. Η σημερινή εκδήλωση συμβάλλει στην προώθηση της περιβαλλοντικής πολιτικής συνείδησης στην Ελλάδα. Θα ήθελα να συγχαρώ, για μια ακόμη φορά, το Ινστιτούτο Δημοκρατίας Κωνσταντίνος Καραμανλής για την εξαιρετική πρωτοβουλία του. Το περιβάλλον, όπως και η δημοκρατία είναι άλλωστε δείγμα πολιτισμού. Περιβάλλον, Δημοκρατία, ανθρώπινα δικαιώματα και κοινωνική δικαιοσύνη είναι άρρηκτα συνδεδεμένα μεταξύ τους. Η Ελλάδα και εδώ οφείλει να είναι πάντα πρωτοπόρος.

## 2.2 ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΗ ΑΛΤΙΜΕΤΡΙΑ

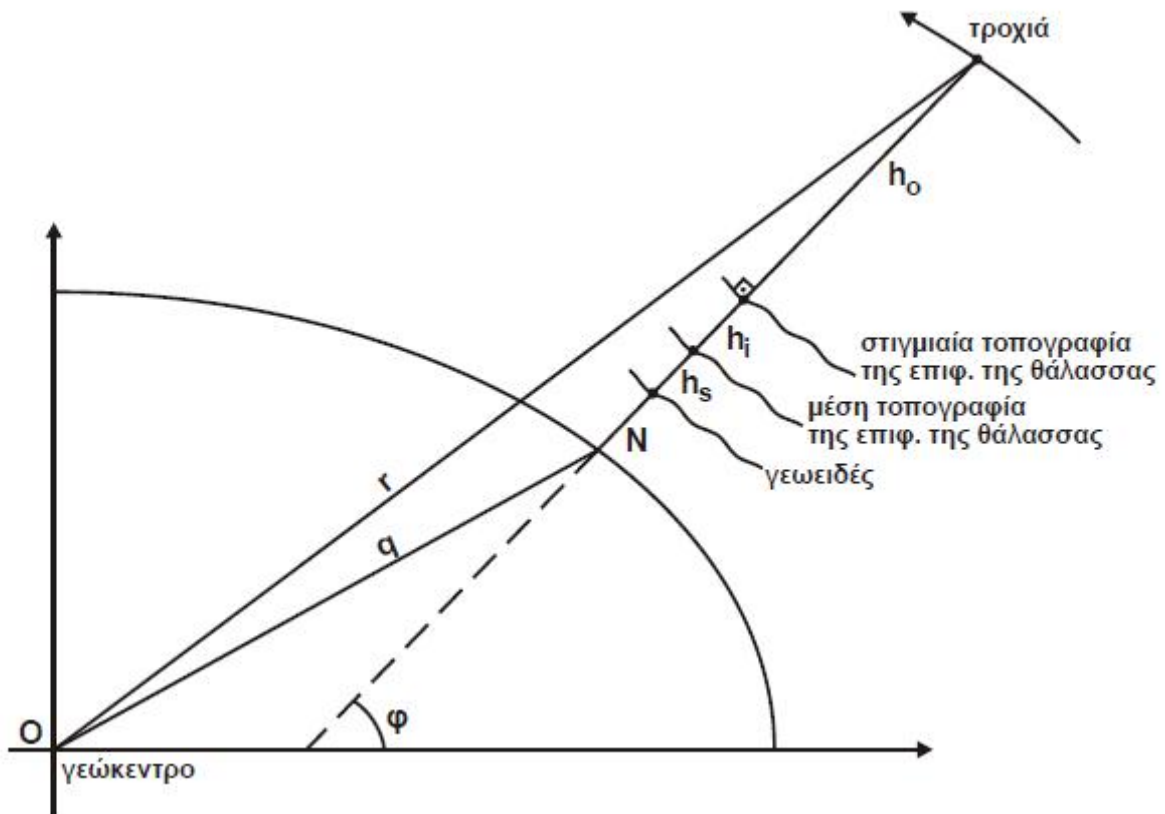
Η δορυφορική αλτιμετρία είναι μία από τις σύγχρονες προηγμένες γεωδαιτικές τεχνικές, που η ανάλυση των δορυφορικών της στοιχείων δίνει υψόμετρα του γεωειδούς για τις θαλάσσιες περιοχές. Το γεωειδές, ως επιφάνεια αναφοράς, παρουσιάζει σημαντικές εφαρμογές στην υδρογραφία.

Η μέθοδος της δορυφορικής αλτιμετρίας βασίζεται σε ένα ραντάρ-αλτίμετρο, που εκπέμπει παλμικά κύματα κατά την κατακόρυφη διεύθυνση προς την επιφάνεια της γης, τα οποία ανακλώνται κάθετα από την επιφάνεια της θάλασσας. Στη συνέχεια, με κατάλληλη επεξεργασία υπολογίζεται η απόσταση ανάμεσα στον τεχνητό δορυφόρο και τη *στιγμιαία επιφάνεια της θάλασσας*, ή όπως διαφορετικά ονομάζεται, τη *στιγμιαία τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας* (*instantaneous sea surface topography*). Η απόσταση αυτή είναι η  $h$  στη εικόνα 8 και είναι διορθωμένη για τα μετεωρολογικά φαινόμενα της υστέρησης του σήματος και της υστέρησης που οφείλεται στα διάφορα ηλεκτρικά κυκλώματα.

Η απόσταση ανάμεσα στη στιγμιαία τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας και τη μέση στάθμη της θάλασσας ή μέση τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας (*mean sea surface topography*), απόσταση  $i$   $h$  στη εικόνα 8 οφείλεται σε πολλούς παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι οι γήινες παλίρροιες, τα θαλάσσια ρεύματα και τα μετεωρολογικά φαινόμενα.

Ορισμένοι από τους παράγοντες αυτούς μπορεί να υπολογιστούν αναλυτικά μέσω μοντέλων με μετρήσεις δυναμικών μεγεθών, όπως π.χ. οι παλίρροιες. Η απόσταση ανάμεσα στη μέση τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας και το γεωειδές,  $S$   $h$  στη εικόνα 8, οφείλεται σε διάφορα φαινόμενα, όπως είναι η θερμοκρασία, η αλατότητα και η πυκνότητα του θαλάσσιου νερού, αλλά και η ύπαρξη σταθερών φορτίσεων της θάλασσας από εξωτερικούς παράγοντες, όπως π.χ. τα ρεύματα που δημιουργούν οι ποταμοί στην περιοχή της εκβολής τους στη θάλασσα. Η διαφορά του γεωειδούς αναφορικά με τη μέση στάθμη της θάλασσας δεν υπερβαίνει τα 2m σε παγκόσμια κλίμακα.

Οι ωκεανογράφοι ονομάζουν αυτή την απόσταση *δυναμική θαλάσσια τοπογραφία* και την προσδιορίζουν από μετρήσεις θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης στην επιφάνεια της θάλασσας, αλλά και σε κάποιο συγκεκριμένο βάθος, όπου η πίεση είναι 1000 mbar.



Εικόνα 11. Αρχή της δορυφορικής αλτιμετρίας

### Το αλτιμετρικό γεωειδές

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, η παλιρροϊκή συνιστώσα  $i h$  και η δυναμική συνιστώσα  $S h$  (βλ. εικόνα 8) είναι ποσότητες που προκύπτουν από διάφορα μοντέλα διαρκώς βελτιούμενα. Το υψόμετρο του γεωειδούς  $N$  μπορεί να υπολογιστεί από τη σχέση:

$$N = C - (h_o + h_i + h_s)$$

όπου

$$C = r - q - \frac{q}{8} \left( 1 - \frac{q}{r} \right) e^4 \sin^2 2\phi$$

Στις παραπάνω σχέσεις είναι:

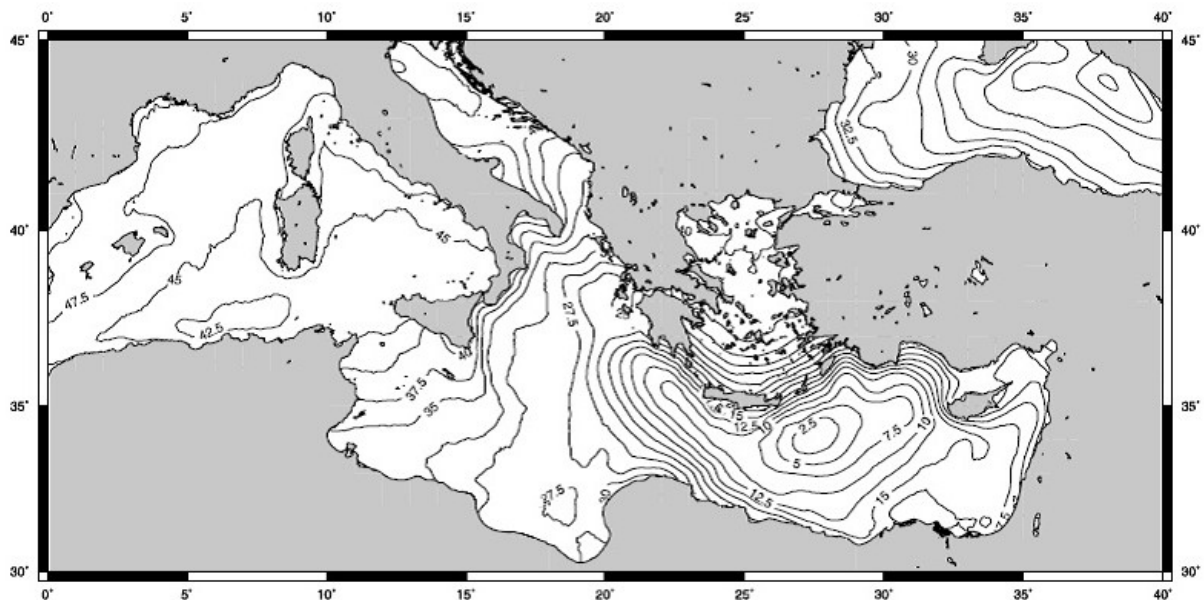
$R$  η απόσταση του δορυφόρου από το γεώκεντρο, υπολογιζόμενη από τα γνωστά δορυφορικά τροχιακά στοιχεία,

$q$  η απόσταση του γεώκεντρο από την προβολή του δορυφόρου στο

χρησιμοποιούμενο ελλειψοειδές αναφοράς (με πρώτη κύρια εκκεντρότητα  $e_2$ ) και ο  $h$ ,  $i h$ ,  $S h$  οι συνιστώσες της τοπογραφίας της επιφάνειας της θάλασσας που σχολιάστηκαν προηγουμένως.

Αξίζει να σημειωθεί ότι το υψόμετρο του γεωειδούς στη θάλασσα μπορεί να προσδιοριστεί από διάφορες πηγές δεδομένων (π.χ. μετρήσεις βαρύτητας που γίνονται με ειδικά όργανα στη θάλασσα και από αεροπλάνα) και με διάφορες μεθόδους (ολοκληρωματικές, στοχαστικές, κ.λπ.). Με τον υπολογισμό των υψομέτρων του γεωειδούς στις θαλάσσιες περιοχές σε τοπική, περιφερειακή και παγκόσμια κλίμακα, είμαστε σε θέση να χαρτογραφήσουμε σήμερα θάλασσες και ωκεανούς.

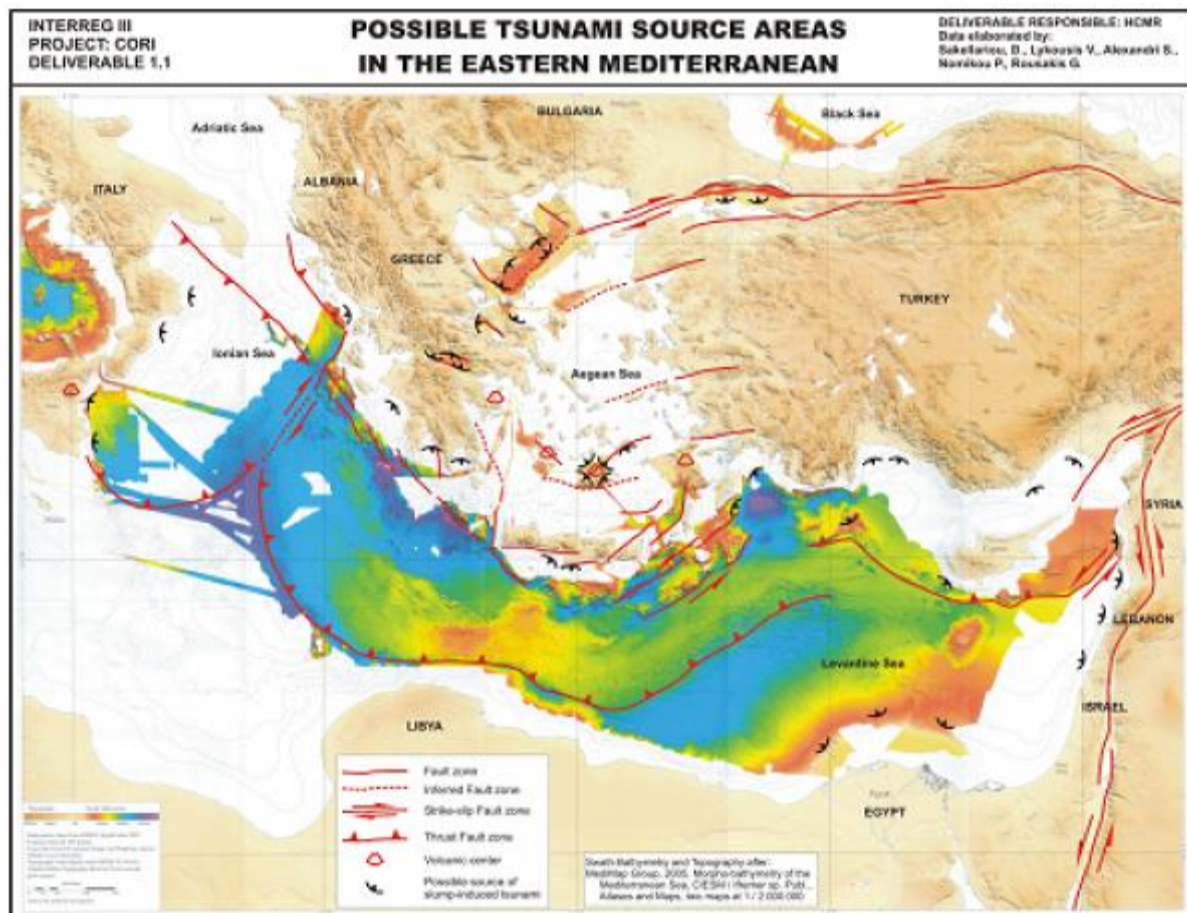
Οι πρώτοι αλτιμετρικοί δορυφόροι που χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση της επιφάνειας των θαλασσών χρονολογούνται από τις αρχές της δεκαετίας του '70 (δορυφόροι GEOS3, SEASAT), με ακρίβειες στον προσδιορισμό του θαλάσσιου γεωειδούς της τάξης του ενός μέτρου. Οι ακρίβειες αυτές προοδευτικά βελτιώθηκαν με τα δεδομένα μεταγενέστερων δορυφορικών αποστολών (GEOSAT, ERS-1/ERS-2), για να είναι διαθέσιμες σήμερα προσεγγίσεις της τοπογραφίας της θάλασσας και του θαλάσσιου γεωειδούς με ακρίβειες της τάξης των ορισμένων εκατοστών (1 – 3 cm), από τα δεδομένα της δορυφορικής αποστολής TOPEX/POSEIDON. Στη εικόνα 9 δίνεται μία αναπαράσταση του αλτιμετρικού γεωειδούς για τη Μεσόγειο από δεδομένα της δορυφορικής αποστολής ERS-1.



Εικόνα 12. Αλτιμετρικό γεωειδές για τη Μεσόγειο από δεδομένα του δορυφόρου ERS-1.

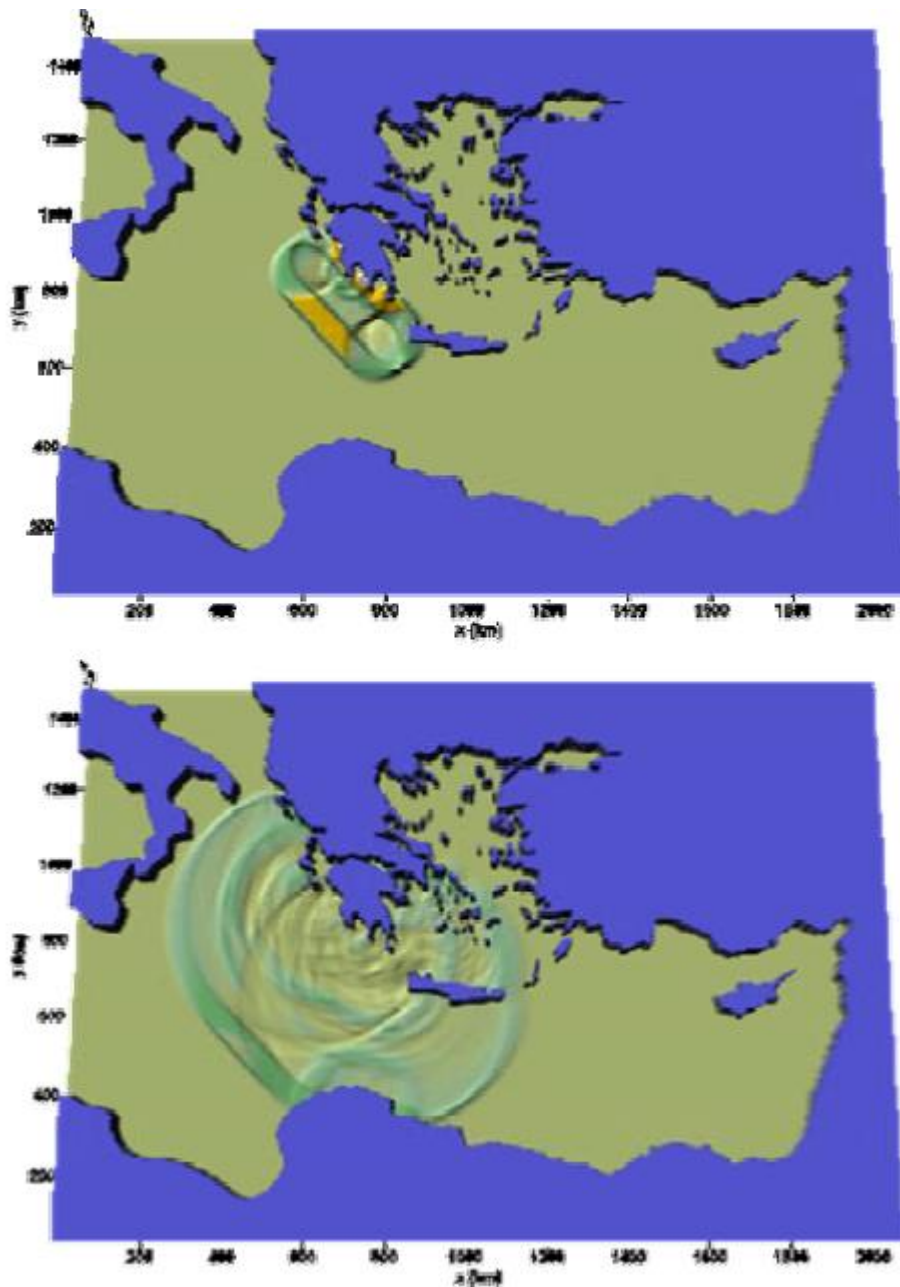
## 2.3 ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΑΠΟ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Αρχικά έγινε ο προσδιορισμός των πιθανών περιοχών, της Ανατολικής Μεσογείου, γένεσης tsunamis λόγω υποθαλάσσιων σεισμών και κατολισθήσεων υποβρύχιων ή παράκτιων εδαφών. Η έρευνα βασίστηκε σε Γεωλογικές-Γεωφυσικές μεθοδολογίες και τεχνικές, και κατέληξε στην χαρτογράφηση σαράντα (40) περιοχών υποβρυχίων ρηγμάτων και πιθανών ασταθών πρανών όπου θα μπορούσαν να συμβούν όπως και να λάβουν χώρα κατολισθήσεις (εικόνα 13).



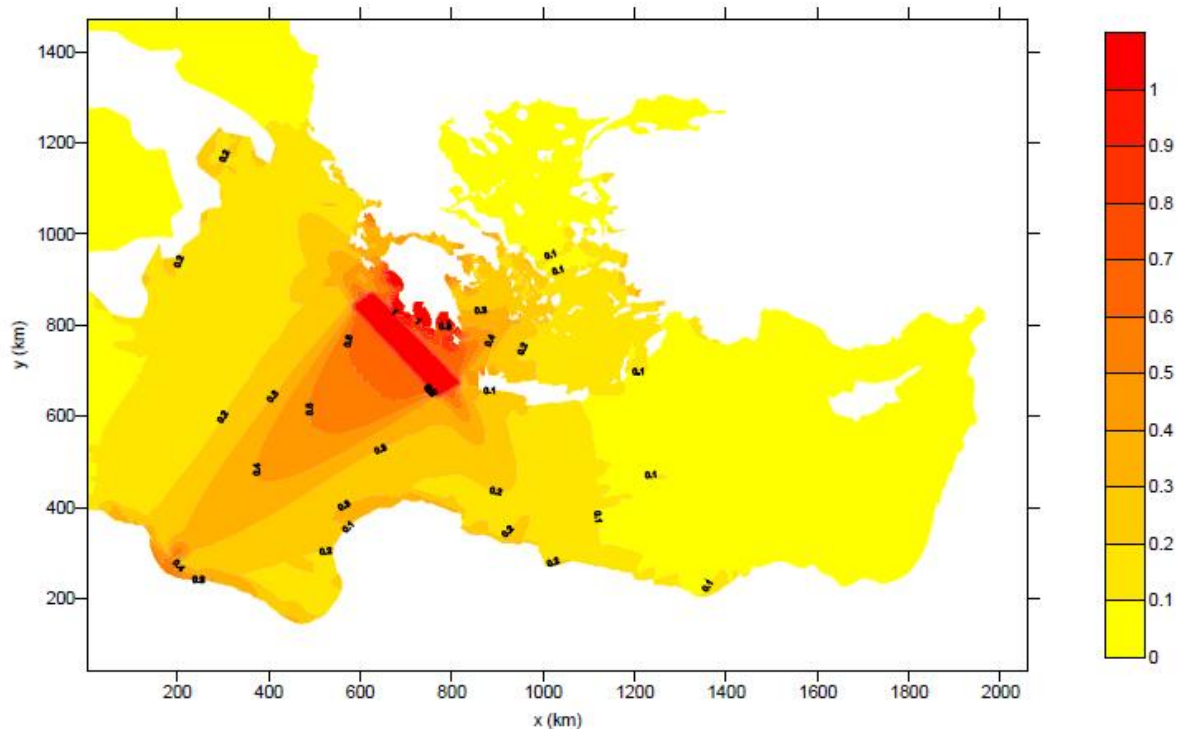
Εικόνα 13. Πιθανές τσουναμογενείς περιοχές στην Ανατολική Μεσόγειο.

Με βάση τα παραπάνω ακολούθησε η εφαρμογή ενός δισδιάστατου μαθηματικού μοντέλου διάδοσης μη γραμμικών διασπειρόμενων κυματισμών (CORI, 2008, Koutitas and Karambas, 2005). Το μοντέλο περιγράφει την γένεση ενός τσουνάμι, τη μετάδοσή του στην ανοιχτή θάλασσα, την επίδραση της ρηχότητας, τη (μερική ή ολική) ανάκλαση, τη θραύση και την αναρρίχηση του στην ακτή (εικόνα 14).



Εικόνα 14. Προσομοίωση της γένεσης και μετάδοσης τσουνάμι ΝΔ της Πελοποννήσου.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου ήταν η εκτίμηση της μέγιστης ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας στις παράκτιες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου, που οδήγησε στη δημιουργία 40 χαρτών ευπάθειας (vulnerability maps). Ένα παράδειγμα ενός χάρτη ευπάθειας δίνεται στην εικόνα 15.



Εικόνα 15. Μέγιστη ανύψωση της στάθμης της θάλασσας λόγω του τσουνάμι.

## ΔΙΑΧΥΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ – ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΚΟΙΝΟΥ

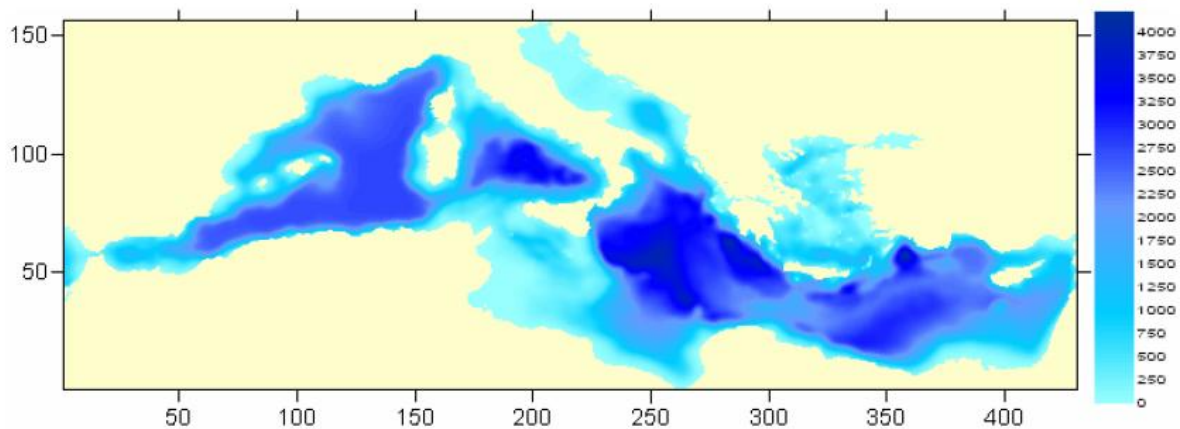
Για τη διάχυση των αποτελεσμάτων και την ενημέρωση του κοινού τα αποτελέσματα του προγράμματος παρουσιάστηκαν στο διαδίκτυο και σε δύο ημερίδες. Επίσης υλοποιήθηκαν δύο φυλλάδια που διανέμονται στις τοπικές αρχές, στους ειδικούς που ασχολούνται με τη διαχείριση των παράκτιων περιοχών και στο ευρύ κοινό. Στο φυλλάδιο που διανέμεται στις τοπικές αρχές και στους ειδικούς που ασχολούνται με τη διαχείριση των παράκτιων περιοχών εξηγούνται οι επιπτώσεις ενός τσουνάμι στην παράκτια ζώνη και παρουσιάζονται όλοι οι χάρτες ευπάθειας της Αν. Μεσογείου. Στο φυλλάδιο που διανέμεται στο ευρύ κοινό περιγράφεται ο τρόπος γένεσης ενός τσουνάμι, εξηγείται γιατί το τσουνάμι είναι επικίνδυνο κύμα, και δίνονται οδηγίες για το πώς πρέπει να αντιδράσει κάποιος σε περίπτωση ενός περιστατικού τσουνάμι.



## ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΣΕ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΛΟΓΩ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ

### ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Με τη χρήση ενός διδιάστατου υδροδυναμικού μοντέλου προσομοιώθηκαν οι μεταβολές στάθμης σε κάρναβο C, διαστάσεων 1/10οx1/10ο (εικόνα 16).



Εικόνα 16. Βαθυμετρία και γεωμετρία μοντέλου μετεωρολογικής παλίρροιας

Ο κάρναβος καλύπτει όλη την περιοχή της Μεσογείου με μοναδικό ανοικτό όριο στα στενά του Γιβραλτάρ. Μετεωρολογικά δεδομένα Soukissian et al. (2007), όπως πίεση και ταχύτητα ανέμου, χρησιμοποιηθήκαν για την διέγερση του μοντέλου ενώ συμπεριλήφθησαν στον υπολογισμό, η επιρροή της παλίρροιας και κυματικά δεδομένα (τάσεις ακτινοβολίας). Οι βασικές εξισώσεις του μαθηματικού μοντέλου είναι οι κλασσικές εξισώσεις κίνησης και συνέχειας:

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} - fu + g \frac{\partial z}{\partial x} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\tau_x}{(h+z)} - k \frac{u\sqrt{u^2+v^2}}{\rho_0(h+z)}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + fu + g \frac{\partial z}{\partial y} = -\frac{1}{\rho_0} \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\rho_0} \frac{\tau_y}{(h+z)} - k \frac{v\sqrt{u^2+v^2}}{\rho_0(h+z)}$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial(h+z)u}{\partial x} + \frac{\partial(h+z)v}{\partial y} = 0$$

όπου  $u, v$ : οι συνιστώσες ταχύτητας,  $f$ : η παράμετρος Coriolis,  $g$ : η επιτάχυνση της βαρύτητας,  $\rho_0$ : η ομοιόμορφη πυκνότητα του νερού,  $P$ : η ατμοσφαιρική πίεση,  $\tau_x, \tau_y$ : οι συνιστώσες των τάσεων τριβής,  $k$ : ο συντελεστής τριβής πυθμένα,  $z$ : το υψόμετρο της ελεύθερης επιφάνειας και  $h$ : το βάθος από την επιφάνεια ηρεμίας. Η τιμή του συντελεστή Coriolis υπολογίστηκε σε κάθε κελί βάσει των γεωγραφικών συντεταγμένων του. Ο υπολογισμός του πεδίου των τάσεων τριβής επιφανείας βασίστηκε στις ταχύτητες ανέμου στα 10 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας με χρήση της εξίσωσης:  $\tau = \rho_a C_D W W$  όπου  $\rho_a$ : η πυκνότητα αέρα,  $W$ : η ταχύτητα ανέμου στα 10 μέτρα και  $C_D$ : ο συντελεστής τάσης τριβής επιφανείας. Επίσης εκτελέστηκαν πειράματα για τον προσδιορισμό του  $C_D$  με χρήση της εξίσωσης:  $10^3 C_D = 0.63 + 0.066 W$ .

Επιπρόσθετες δοκιμές εκτελέστηκαν θέτοντας ως πυθμένα το στρώμα των 250 μέτρων σε όλη την περιοχή μελέτης, χρησιμοποιώντας τις τιμές των διάφορων παραμέτρων πυθμένα, όπως ο συντελεστής τριβής πυθμένα, στην διεπιφάνεια του στρώματος των 250 μέτρων με τα βαθύτερα στρώματα. Εκτελέστηκαν επίσης διάφορα συνδυαστικά πειράματα ώστε να ελεγχθεί το βάρος της επιρροής των διαφορών συνιστωσών διέγερσης στα αποτελέσματα του μοντέλου.

## ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων συγκρίθηκαν με μετρήσεις πεδίου στάθμης θάλασσας, οι οποίες συλλέχτηκαν από μία πληθώρα σταθμών της Μεσογείου, ενώ όσον αφορά τον ελλαδικό χώρο, χρησιμοποιήθηκαν στην μελέτη μετρήσεις 6 σταθμών της Ελληνικής Υδρογραφικής Υπηρεσίας, οι οποίες καλύπτουν σχεδόν όλες τις μεγάλες θαλάσσιες περιοχές της χώρας και αφορούν όλη την περίοδο μελέτης. Εκτός από χρονοσειρές μετρήσεων ελήφθησαν και ακραίες τιμές δεκαετίας από επιπρόσθετους σταθμούς.

Επίσης, μετά από επεξεργασία δορυφορικών δεδομένων, ελήφθησαν τιμές επιφανειακής στάθμης για όλη την περίοδο μελέτης. Τα δεδομένα

ελήφθησαν από τον Γαλλικό διαστημικό οργανισμό (AVISO) και αφορούν σύνθεση σαρώσεων προερχόμενων από τα διαστημικά προγράμματα Topex/Poseidon, Jason-1, ERS-1 and ERS-2, EnviSat, and Doris προσφέροντας διαρκή καταγραφή όλης της περιοχής μελέτης.

## ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΤΡΟΧΙΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ (STORM TRACKS)

Ο υπολογισμός και ο σχεδιασμός των ‘storm tracks’ επιτυγχάνεται με τη χρήση ενός αλγορίθμου που ανιχνεύει τις ελάχιστες τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης (Sea Level Pressure ή SLP). Με τον αλγόριθμο αυτόν σχεδιάζονται οι τροχιές των συστημάτων στο χάρτη της Μεσογείου και υπολογίζονται τα χαρακτηριστικά των storm tracks (όπως κατεύθυνση, ένταση δηλαδή μέγεθος SLP, έκταση συστήματος, διάρκεια, απόσταση κέντρου από παράκτιες περιοχές) και μελετάται η σχέση τους με τυχόν παρατηρούμενη αύξηση στάθμης της θάλασσας. Για λόγους εποπτείας σχεδιάζονται και οι ανάλογοι χάρτες με τις ισοβαρείς καμπύλες για κάθε 12ωρο, οπότε η διαδοχική τους απεικόνιση δίνει μια ολοκληρωμένη εικόνα της κίνησης μιας μελετούμενης μετεωρολογικής παλίρροιας.

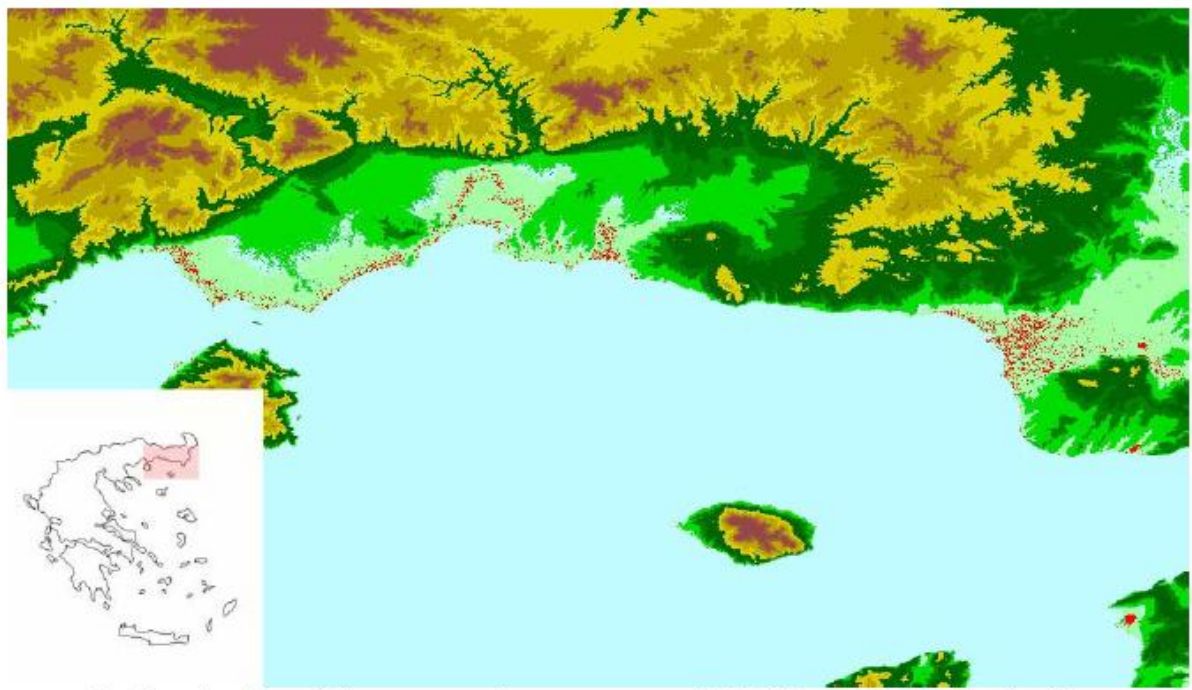
## ΧΡΗΣΗ ΕΔΑΦΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟ «ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΩΝ» ΠΕΡΙΟΧΩΝ

Ένα κατάλληλο ψηφιακό μοντέλο υψόμετρου εδάφους χρησιμοποιήθηκε για τον εντοπισμό των παράκτιων περιοχών, στις οποίες ενδέχεται να παρουσιαστούν πλημμυρικά φαινόμενα κατόπιν εμφάνισης μετεωρολογικών παλίρροιών. Χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα του ψηφιακού μοντέλου εδάφους SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), που έχει χωρική ανάλυση 90 m. Η απόλυτη κατακόρυφη ακρίβεια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους είναι περίπου 15 m, και η σχετική ακρίβεια στην ακτογραμμή είναι λιγότερη από 1 m, ανάλυση ικανοποιητική για να οριστούν οι ευπαθείς παράκτιες περιοχές της χώρας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Περιοχές που εντοπίστηκαν ενδεχόμενοι κίνδυνοι πλημμύρας λόγω ανύψωσης της στάθμης θάλασσας στον ελλαδικό χώρο βρίσκονται κυρίως στο Β. Αιγαίο, Καβάλα και Αλεξανδρούπολη (εικόνα 17), στον Μαλιακό Κόλπο, στον Θερμαϊκό Κόλπο και στον Πατραϊκό Κόλπο (εικόνα 18). Με κουκίδες στα σχήματα, παρουσιάζονται οι περιοχές με υψόμετρο εδάφους μέχρι 1 μέτρο. Ειδικά, οι περιοχές του Β. Αιγαίου είναι σε μεγαλύτερο επίπεδο

επικινδυνότητας, λόγω και του μεγαλύτερου εύρους ανύψωσης της στάθμης επιφάνειας λόγω μετεωρολογικών παλιρροιών (Laskaratos et al., 1991). Τα επίπεδα επικινδυνότητας, σχετικά με την ανύψωση της στάθμης είναι χαμηλότερα στο κεντρικό Αιγαίο και ελαττώνονται στις νότιες θαλάσσιες περιοχές.

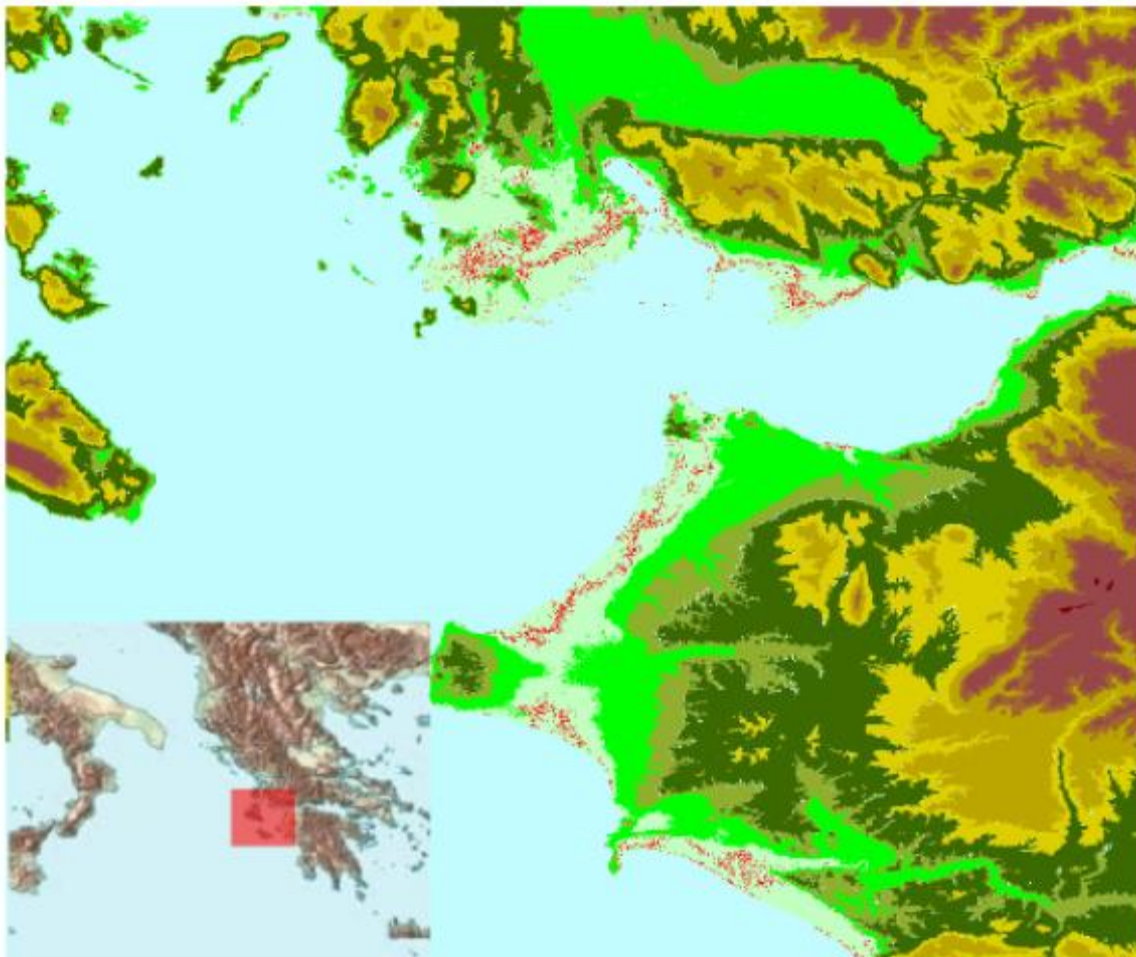


Εικόνα 17. «Επικίνδυνα» σημεία στην περιοχή Καβάλας-Αλεξανδρούπολης

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα πλαίσια του προγράμματος CORI (INTERREG III B/ ARCHIMED) διερευνήθηκε η πρόληψη και η διαχείριση των θαλάσσιων κινδύνων της παράκτιας ζώνης.

Εξετάστηκαν οι κίνδυνοι από σεισμογενείς κυματισμούς (tsunamis) και πλημμύρες λόγω μετεωρολογικής- αστρονομικής παλίρροιας και κυματισμών με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων. Τα μοντέλα αυτά αποτελούν σημαντικό εργαλείο στην προστασία της παράκτιας ζώνης από τσουνάμι και πλημμύρες. Επίσης ο εντοπισμός και ο χαρακτηρισμός των επικίνδυνων περιοχών και η ενημέρωση του κοινού, σε συνδυασμό με την λήψη κατάλληλων μέτρων μπορεί να οδηγήσει στην αποτροπή καταστρεπτικών συνεπειών από τα τσουνάμι και τις θαλάσσιες πλημμύρες και να συμβάλει στην αναβάθμιση της ποιότητας ζωής των πληθυσμών των παράκτιων περιοχών.



Εικόνα 18. «Επικίνδυνα» σημεία στον Πατραϊκό Κόλπο.

## 2.4 ΕΚΤΙΜΗΣΕΙΣ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας και το κλίμα της Γης είναι στενά συνδεδεμένα. Το κλίμα της Γης έχει αυξηθεί περίπου κατά  $1^{\circ}\text{C}$  ( $1,8^{\circ}\text{F}$ ) κατά τη διάρκεια των τελευταίων 100 ετών. Καθώς το κλίμα έχει θερμανθεί μετά τη λήξη την ψυχρή πρόσφατη περίοδο που είναι γνωστή ως «Μικρή Εποχή των Παγετώνων» κατά τον 19ο αιώνα, το επίπεδο της θάλασσας έχει αυξηθεί περίπου 1 με 2 χιλιοστά ανά έτος, λόγω της μείωσης των καλυμμάτων του όγκου των πάγων. Αν οι σημερινές τάσεις συνεχιστούν, συμπεριλαμβανομένης της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη που προκαλείται από την αύξηση των εκπομπών αερίων θερμοκηπίου, πολλοί από τους παγετώνες του κόσμου θα εξαφανιστούν. Για παράδειγμα, με το σημερινό ρυθμό τήξης τους, οι περισσότεροι παγετώνες θα φύγουν από το Glacier National Park, Μοντάνα, από τα μέσα του επόμενου αιώνα (εικ. 19).

Στην Ισλανδία, περίπου 11 τοις εκατό του νησιού καλύπτεται από παγετώνες. Αν η αύξηση της θερμοκρασίας συνεχιστεί, οι παγετώνες της Ισλανδίας θα μειωθούν κατά 40 τοις εκατό έως το 2100 και σχεδόν εξαφανίζονται από το 2200.



Εικόνα 19. Glacier National Park

Το μεγαλύτερο μέρος της τρέχουσας παγκόσμιας μάζας πάγου, οικόπεδα πάγων, βρίσκονται στην Ανταρκτική και τη Γροιλανδία (πίνακας 2). **Πλήρης λιώσιμο των παγετώνων θα μπορούσε να οδηγήσει σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας περίπου 80 μέτρα σε όλο τον πλανήτη.**

### Παγόμορφο-μεσοπαγετωνικοί Κύκλοι

Το κλίμα σχετίζεται με το επίπεδο της θάλασσας, αλλαγές του περασμένου αιώνα είναι πολύ μικρές σε σύγκριση με τις μεγάλες αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας που εμφανίζονται ως κυμαίνεται το κλίμα μεταξύ των κρύων και ζεστών διαστημάτων που αποτελούν μέρος του φυσικού κύκλου της Γης, της μακροπρόθεσμης κλιματικής αλλαγής.

Κατά τη διάρκεια του ψυχρού κλίματος ή εποχές παγετώνων, το επίπεδο της θάλασσας πέφτει λόγω της αλλαγής στην παγκόσμιο υδρολογικό κύκλο: το νερό εξατμίζεται από τους ωκεανούς και αποθηκεύεται στις ηπείρους, σε μεγάλες μάζες πάγων ή παγετώνες. Η παγκόσμια στάθμη της θάλασσας ήταν περίπου 125 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας σήμερα κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο περίπου 20.000 χρόνια πριν (Fairbanks, 1989). Κατά τη διάρκεια των θερμότερων χρονικών διαστημάτων, που ονομάζονται μεσοπαγετωνικές εποχές, το επίπεδο της θάλασσας είναι στο υψηλότερο σημείο της. Σήμερα ζούμε στην πιο πρόσφατη μεσοπαγετωνική περίοδο, ένα χρονικό διάστημα που άρχισε περίπου πριν από 10.000 χρόνια και ονομάζεται το Ολόκαινο Εποχή από τους γεωλόγους.

Η στάθμη της θάλασσας κατά τη διάρκεια αρκετών προηγούμενων μεσοπαγετωδών ήταν περίπου 3 έως και 20 μέτρα ψηλότερα από το σημερινό επίπεδο της θάλασσας. Τα στοιχεία προέρχονται από δύο διαφορετικές αλλά συμπληρωματικές κατηγορίες μελετών. Μια γραμμή των αποδεικτικών στοιχείων που παρέχονται από τα παλιά χαρακτηριστικά ακτογραμμής (εικ. 20). Μια δεύτερη γραμμή των αποδεικτικών στοιχείων που προέρχονται από ιζήματα πυρήνα από κάτω από τους υπάρχοντες πάγους της Γροιλανδίας και της Δυτικής Ανταρκτικής. Τα απολιθώματα και τα χημικά σήματα στους πυρήνες ιζημάτων δείχνουν ότι και οι δύο μεγάλες επιφάνειες πάγου έχουν μειωθεί σημαντικά ως προς το μέγεθός τους ή ακόμη και έλιωσαν εντελώς μία ή περισσότερες φορές κατά το πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν. Ο ακριβής χρόνος και οι λεπτομέρειες της προηγούμενης ιστορίας της στάθμης της θάλασσας είναι ακόμα υπό συζήτηση, αλλά υπάρχουν σαφείς ενδείξεις για το παρελθόν της στάθμης της θάλασσας ότι ήταν σημαντικά υψηλότερο από την τρέχουσα στάθμη της θάλασσας.



Εικόνα 20.

### Πιθανές Αλλαγές της στάθμης της θάλασσας

Εάν το κλίμα της Γης συνεχίζει να ζεσταίνεται, τότε ο όγκος των σημερινών φύλλων πάγου θα μειωθεί. Τήξη του τρέχοντος στρώματος πάγου της Γροιλανδίας θα οδηγήσει σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας περίπου 6,5 μ. Τήξη του στρώματος πάγου της Δυτικής Ανταρκτικής, θα οδηγήσει σε άνοδο της στάθμης της θάλασσας περίπου 8 μέτρα (πίνακας 2). Το στρώμα πάγου της δυτικής Ανταρκτικής είναι ιδιαίτερα ευάλωτο, επειδή ένα μεγάλο μέρος του έχει ριζώσει κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Μικρές αλλαγές στην παγκόσμια στάθμη της θάλασσας ή αύξηση της θερμοκρασίας των ωκεανών θα μπορούσε να προκαλέσει μια διάσπαση των δύο στηρίξεως πάγου (Ρόνε / Filchner και Ross). Η προκύπτουσα αύξηση της Δυτικής Ανταρκτικής πάγου θα οδηγήσει σε ταχεία αύξηση της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας. Μείωση των πάγων της Δυτικής Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας παρόμοια με τις προηγούμενες μειώσεις θα μπορούσε να προκαλέσει το επίπεδο της θάλασσας να αυξηθεί 10 ή περισσότερα μέτρα. Η άνοδος της στάθμης των 10 μέτρων θα μπορούσε να πλημμυρίσει περίπου 25 τοις εκατό του πληθυσμού των ΗΠΑ, με το μεγαλύτερο αντίκτυπο να είναι ως επί το πλείστον από τους ανθρώπους και τις υποδομές στον Κόλπο και την Ανατολική Ακτή των κρατών (εικ. 21). Έρευνητές από το αμερικανικό Γεωλογικό Ινστιτούτο και αλλού, ερευνούν το μέγεθος και το χρονοδιάγραμμα της στάθμης της θάλασσας κατά τις προηγούμενες αλλαγές μεσοπαγετωνικών διαστημάτων. Καλύτερη τεκμηρίωση και την κατανόηση αυτών των τελευταίων αλλαγών θα βελτιώσει την ικανότητά μας να εκτιμούμε τις δυνατότητες μελλοντικής μεγάλης κλίμακας αλλαγές στο επίπεδο της θάλασσας.





Εικόνα 21.

Το κόκκινο χρώμα δείχνει περιοχές κατά μήκος ακτή του Περσικού Κόλπου και την Ανατολική Ακτή των Ηνωμένων Πολιτειών που θα κατακλυστεί από 10-μετρη άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Αριθμητικά στοιχεία του πληθυσμού για το 1996 (ΑΜΕΡΙΚΑΝΙΚΟ γραφείο της απογραφής, αδημοσίευτα στοιχεία, 1998) δείχνουν ότι μια 10-μετρη άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα μπορούσε να πλημμυρίσει περίπου 25 τοις εκατό του πληθυσμού του Έθνους.

| <b>Table 1. Estimated potential maximum sea-level rise from the total melting of present-day glaciers.</b><br><b>ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΑΝΟΔΟΥ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ</b>                                       |                                    |                               |
|--|------------------------------------|-------------------------------|
| <small>[Modified from Williams and Hall (1993). See also <a href="http://pubs.usgs.gov/fs/2005/3055/">http://pubs.usgs.gov/fs/2005/3055/</a>. km<sup>3</sup>, cubic kilometers; m, meters]</small> |                                    |                               |
| Location   | Volume (km <sup>3</sup> )<br>ΟΓΚΟΣ | Potential sea-level rise, (m) |
| East Antarctic ice sheet   | 26,039,200                         | 64.80                         |
| West Antarctic ice sheet   | 3,262,000                          | 8.06                          |
| Antarctic Peninsula  | 227,100                            | .46                           |
| Greenland  | 2,620,000                          | 6.55                          |
| All other ice caps, ice fields, and valley glaciers  | 180,000                            | .45                           |
| <b>Total</b>   | <b>32,328,300</b>                  | <b>80.32</b>                  |

Πίνακας 2. Εκτίμηση ανόδου της στάθμης της θάλασσας ως αποτέλεσμα των λιώσιμο των πάγων.

Ως αποτέλεσμα των ανωτέρω αναφορών συμπεραίνουμε πόσο επικίνδυνο είναι η αλλαγή του κλίματος στον πλανήτη με αποτέλεσμα των

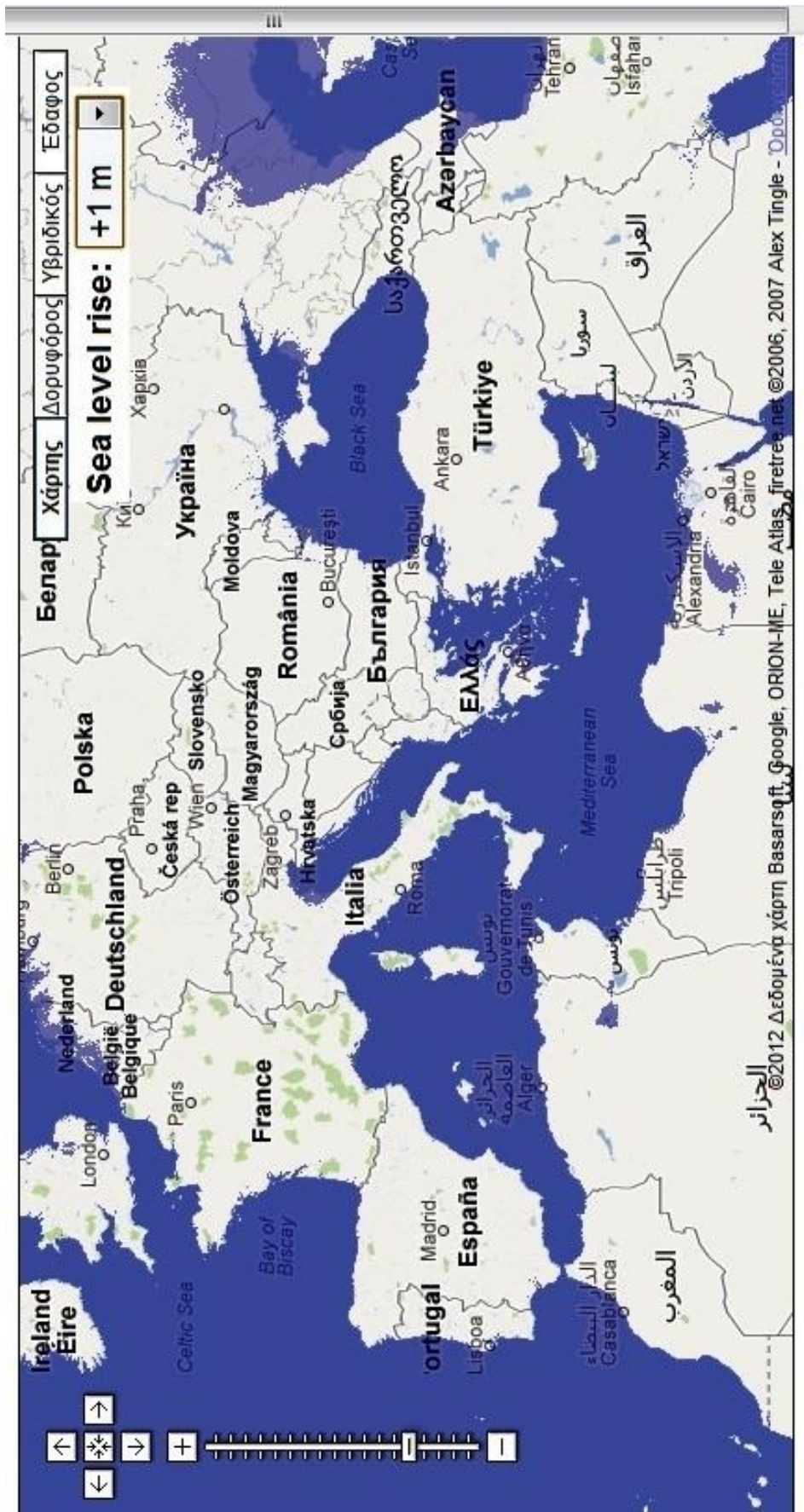
λιώσιμο των πάγων. Ο ανωτέρω πίνακας μας δείχνει το συνολικό ύψος που μπορεί να ανέβει η στάθμη της θάλασσας τόσο στη Μεσόγειο όσο και παγκοσμίως.

Στην συνέχεια με την βοήθεια μαθηματικών μοντέλων σε συνδυασμό με αεροφωτογραφίες θα δείξουμε τις γεωγραφικές αλλαγές – επιπτώσεις που έχει η αύξηση – άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

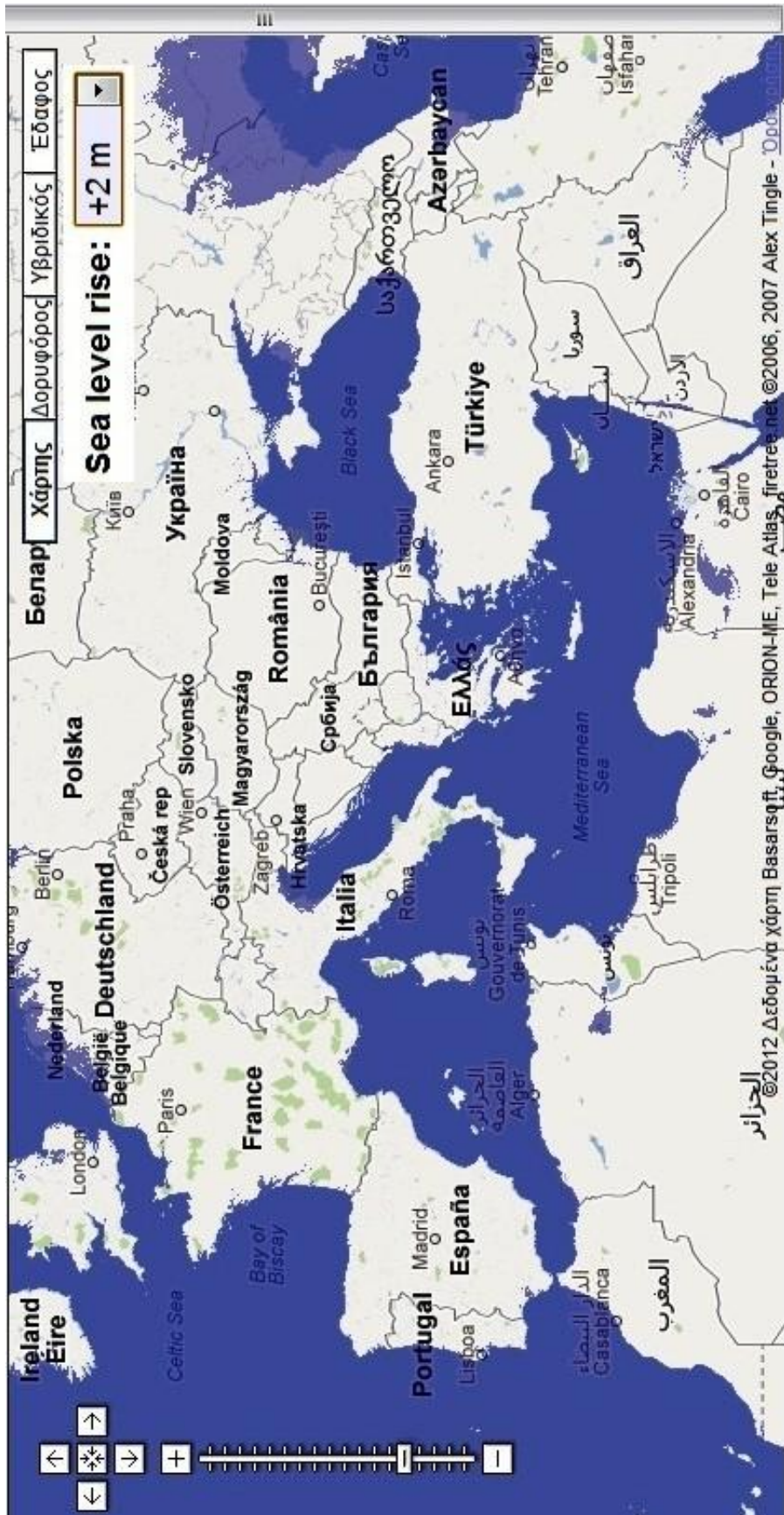
## 2.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ



Εικόνα 22. Η μεσόγειος με ύψος στάθμης 0.00 (σημερινό)



Εικόνα 23. Αύξηση της στάθμης κατά 1 μέτρο .



Εικόνα 24. Αύξηση της στάθμης κατά 2 μέτρα .









Εικόνα 27. Αύξηση της στάθμης κατά 60 μέτρα .

## 2.6 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗΝ ΔΥΤ.ΕΛΛΑΔΑ



Εικόνα 28. Στάθμη σε υψόμετρο 0,00 στην Δυτική Ελλάδα.





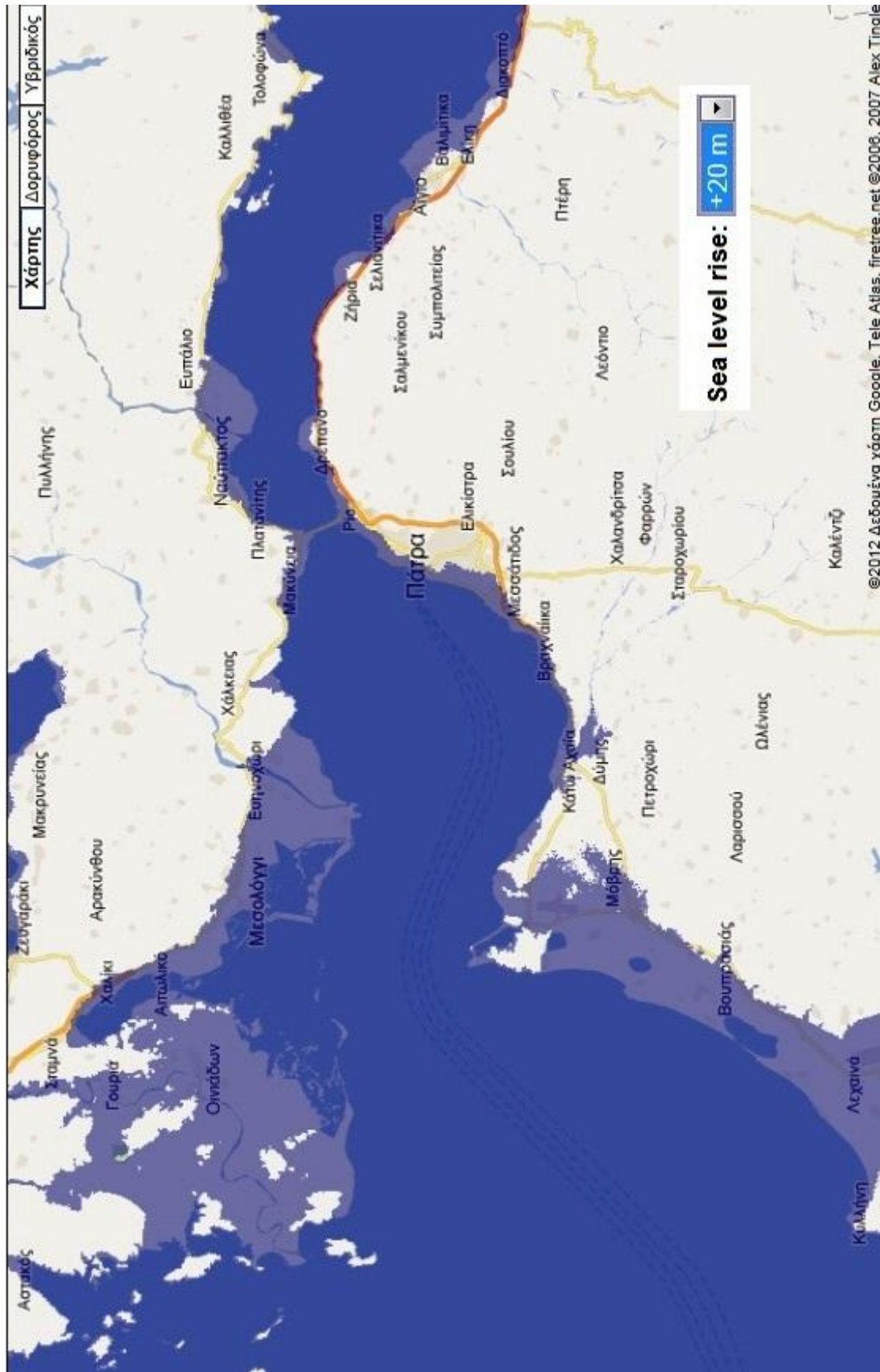
Εικόνα 30. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στην Δυτική Ελλάδα.



Εικόνα 31. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στην Δυτική Ελλάδα.



Εικόνα 32. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στην Δυτική Ελλάδα.

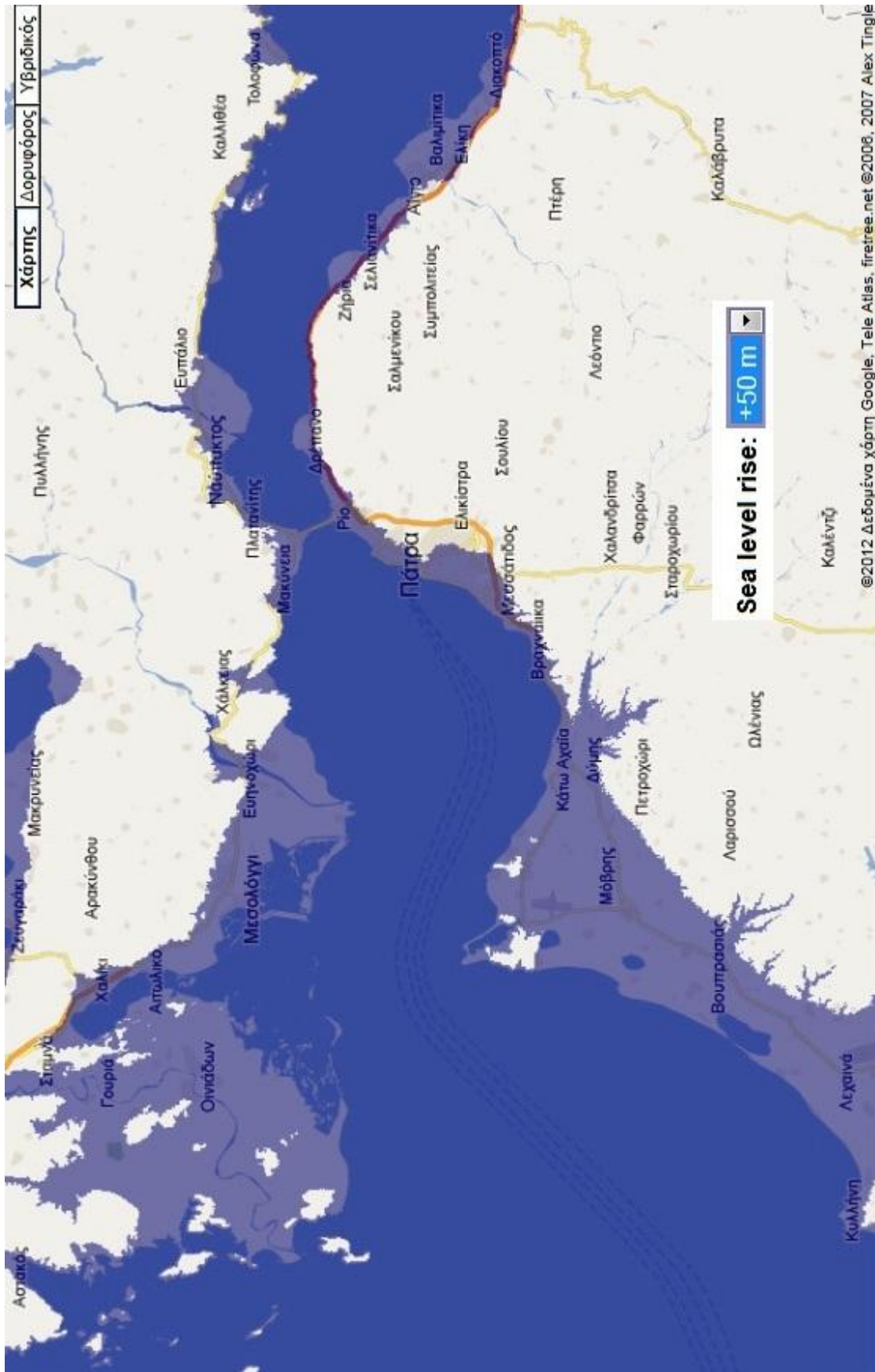


Εικόνα 33. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στην Δυτική Ελλάδα.

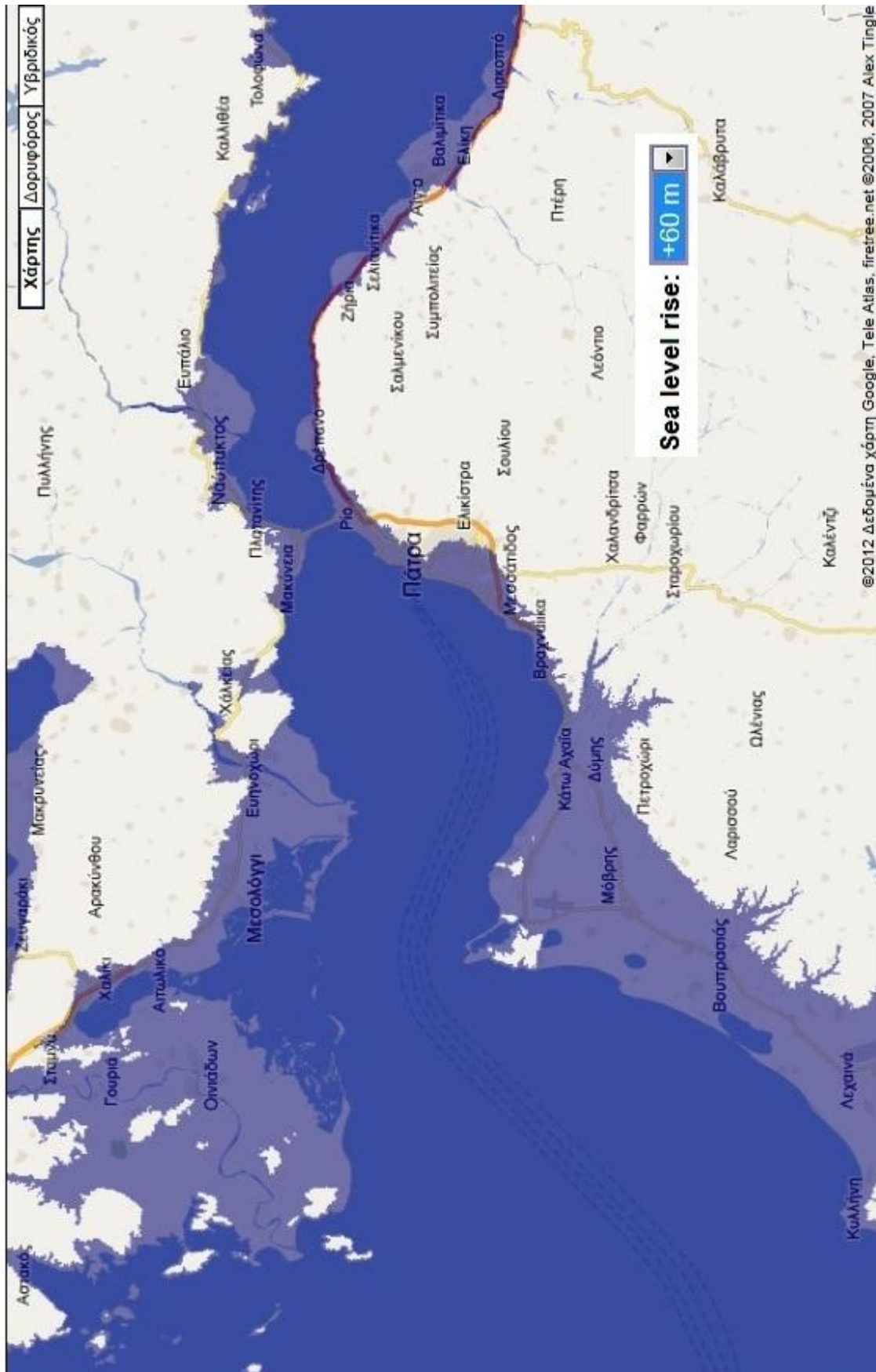








Εικόνα 35. Στάθμη σε υψόμετρο +50,00 στην Δυτική Ελλάδα.

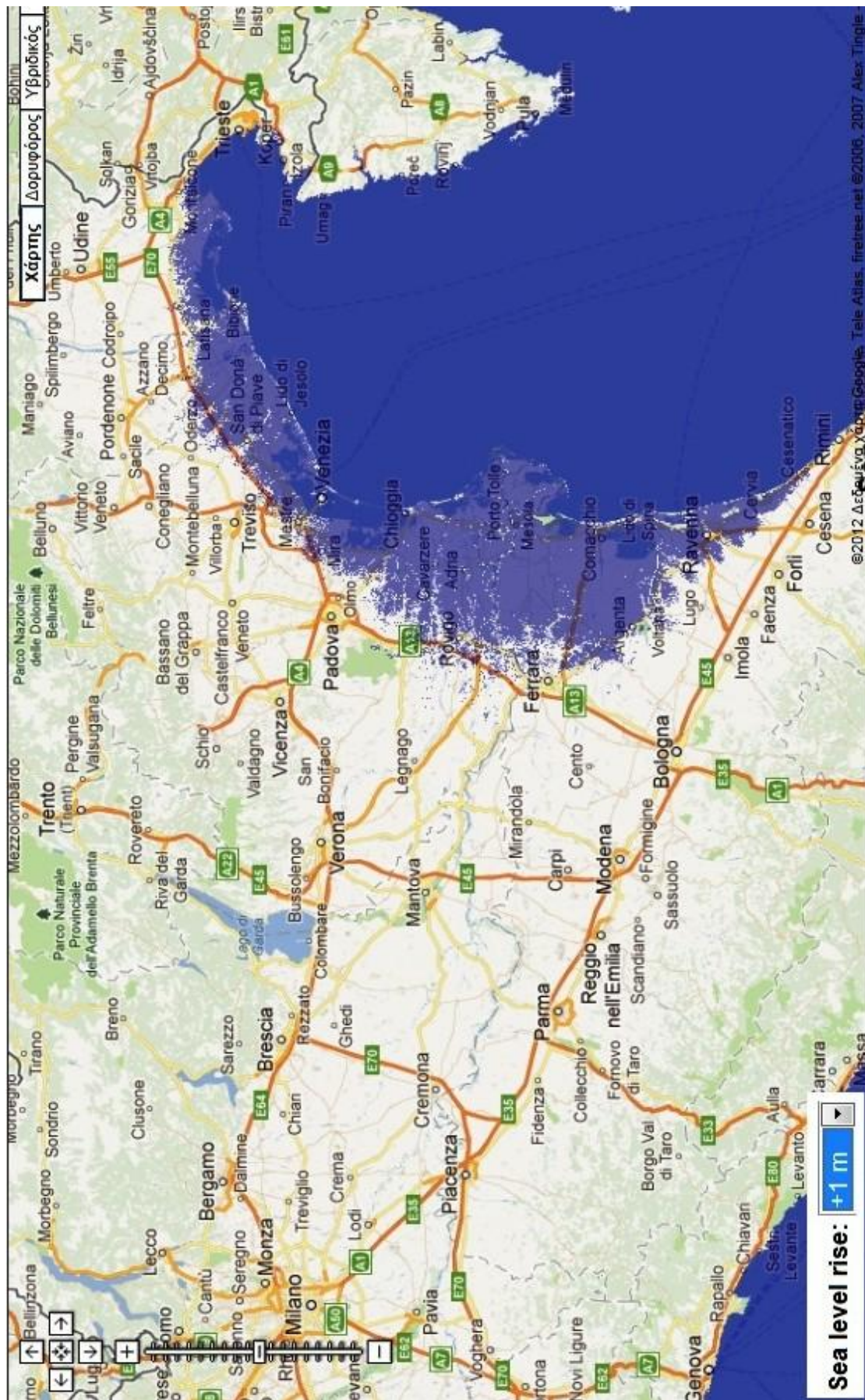


Εικόνα 36. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στην Δυτική Ελλάδα.

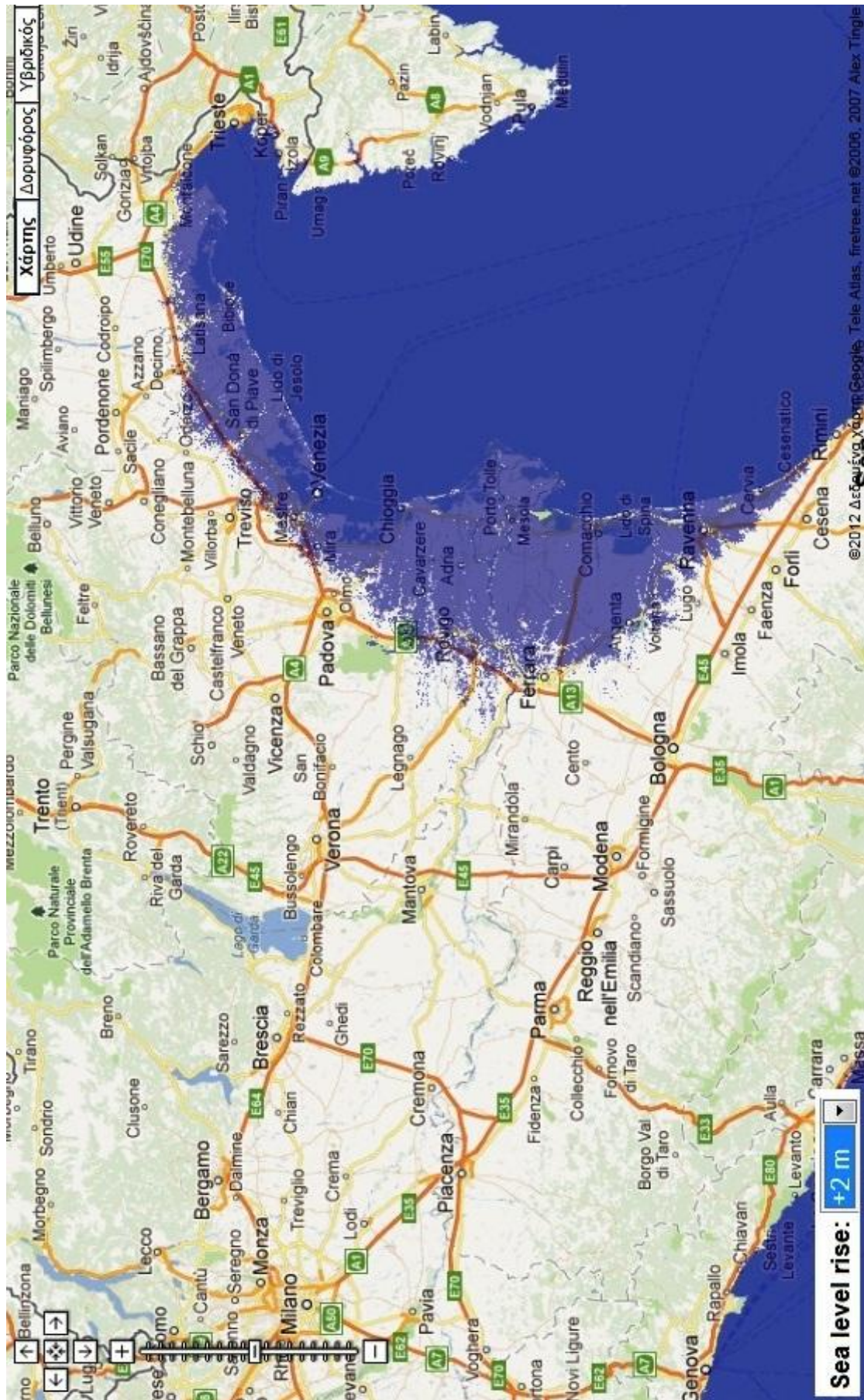
## 2.7 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΙΤΑΛΙΑ



Εικόνα 37. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στη Βόρεια Ιταλία.

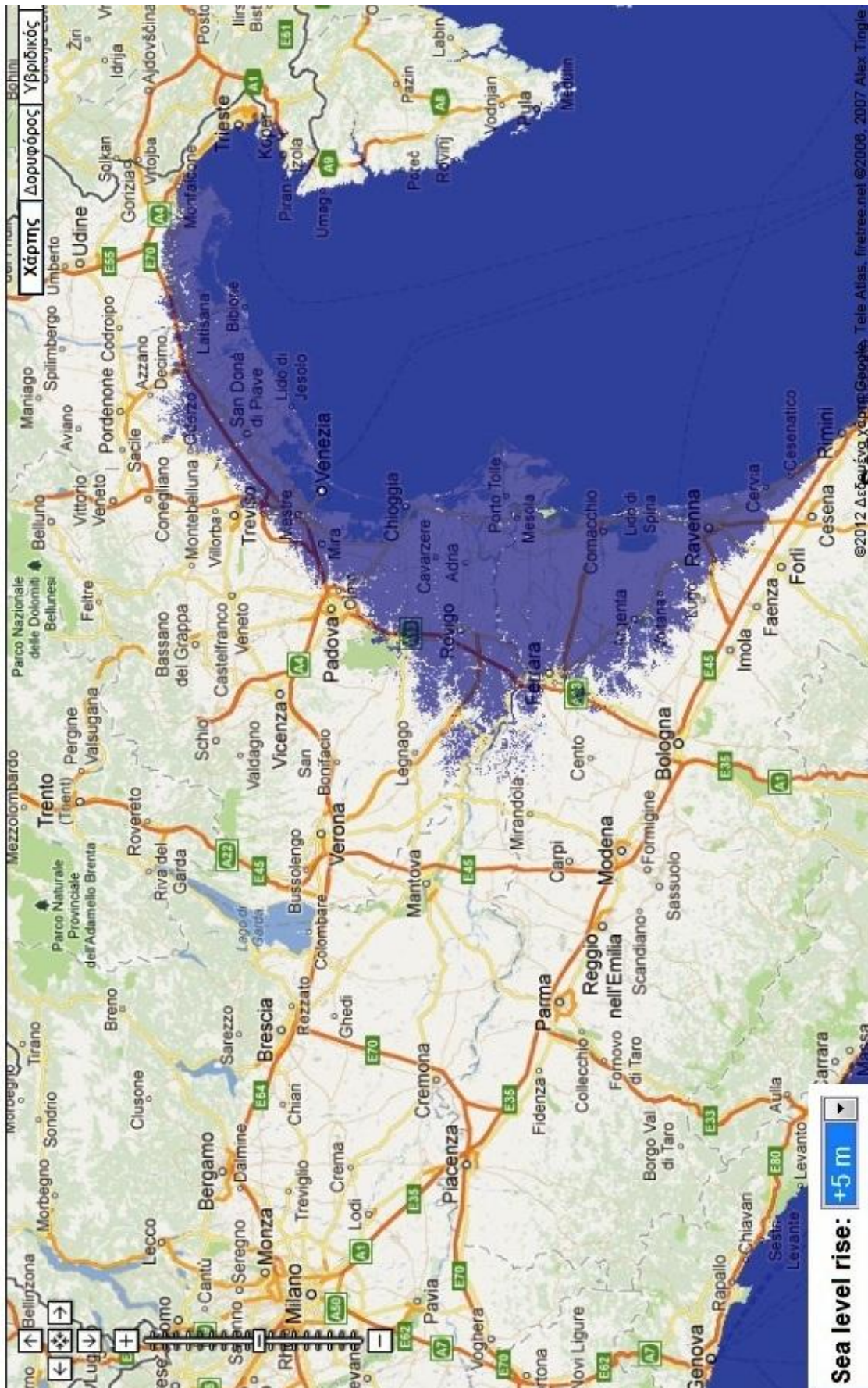


Εικόνα 38. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στη Βόρεια Ιταλία.

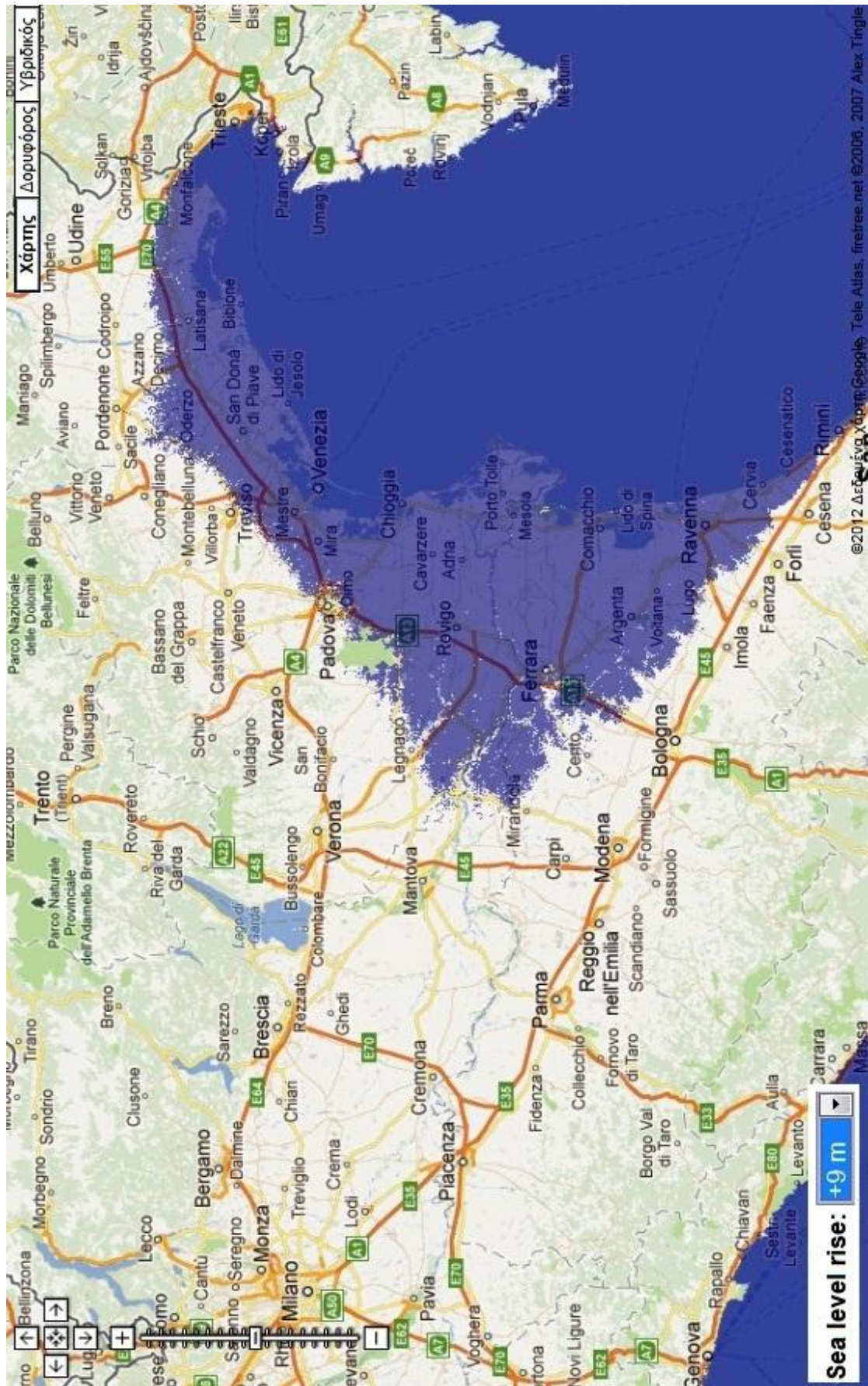


**Εικόνα 39. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στη Βόρεια Ιταλία.**

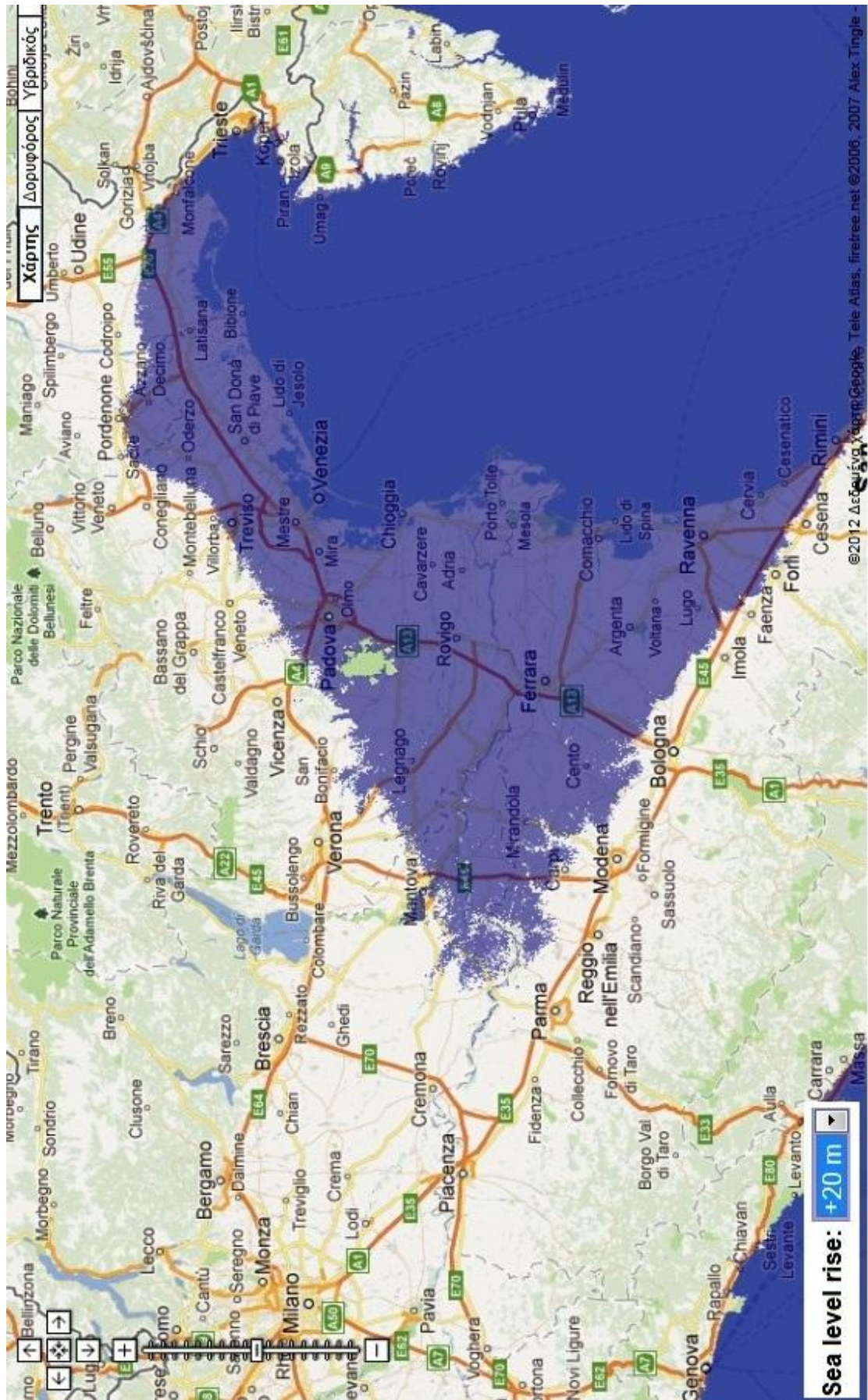




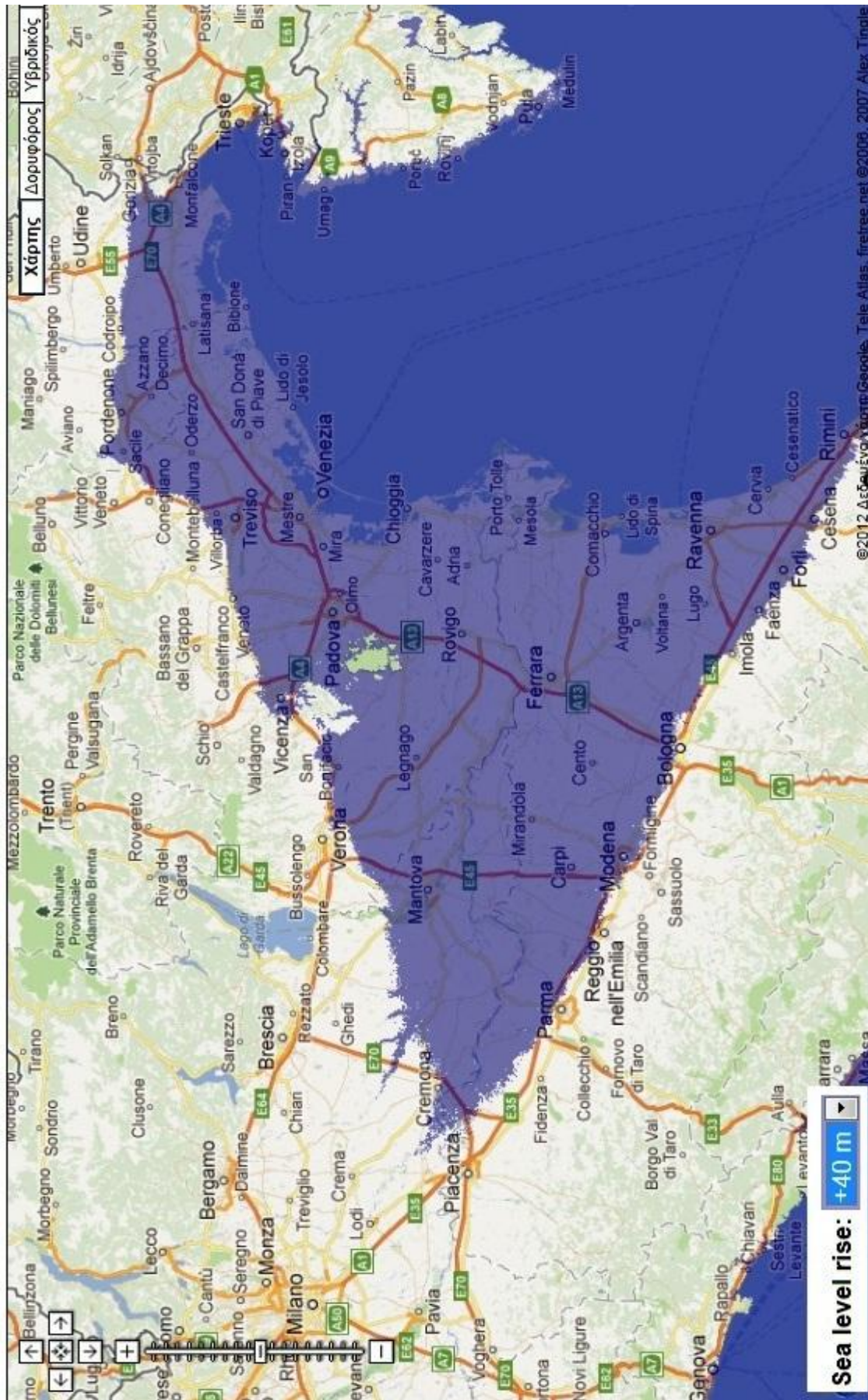
Εικόνα 40. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στη Βόρεια Ιταλία.



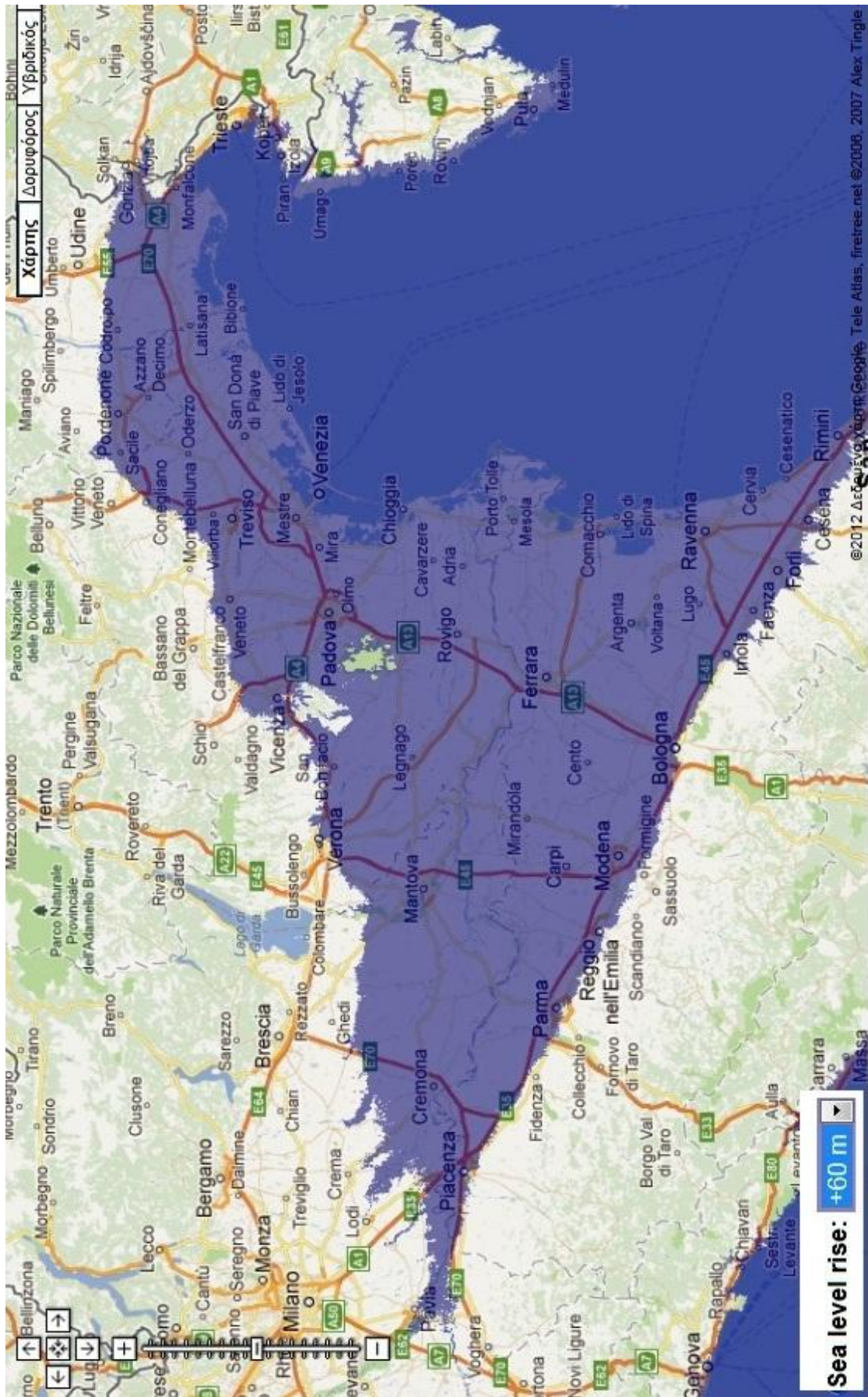
Εικόνα 41. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στη Βόρεια Ιταλία.



Εικόνα 42. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στη Βόρεια Ιταλία.



Εικόνα 43. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στη Βόρεια Ιταλία.



Εικόνα 44. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στη Βόρεια Ιταλία.

## 2.8 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ



Εικόνα 45. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στη Κύπρο.



Εικόνα 46. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στη Κύπρο.

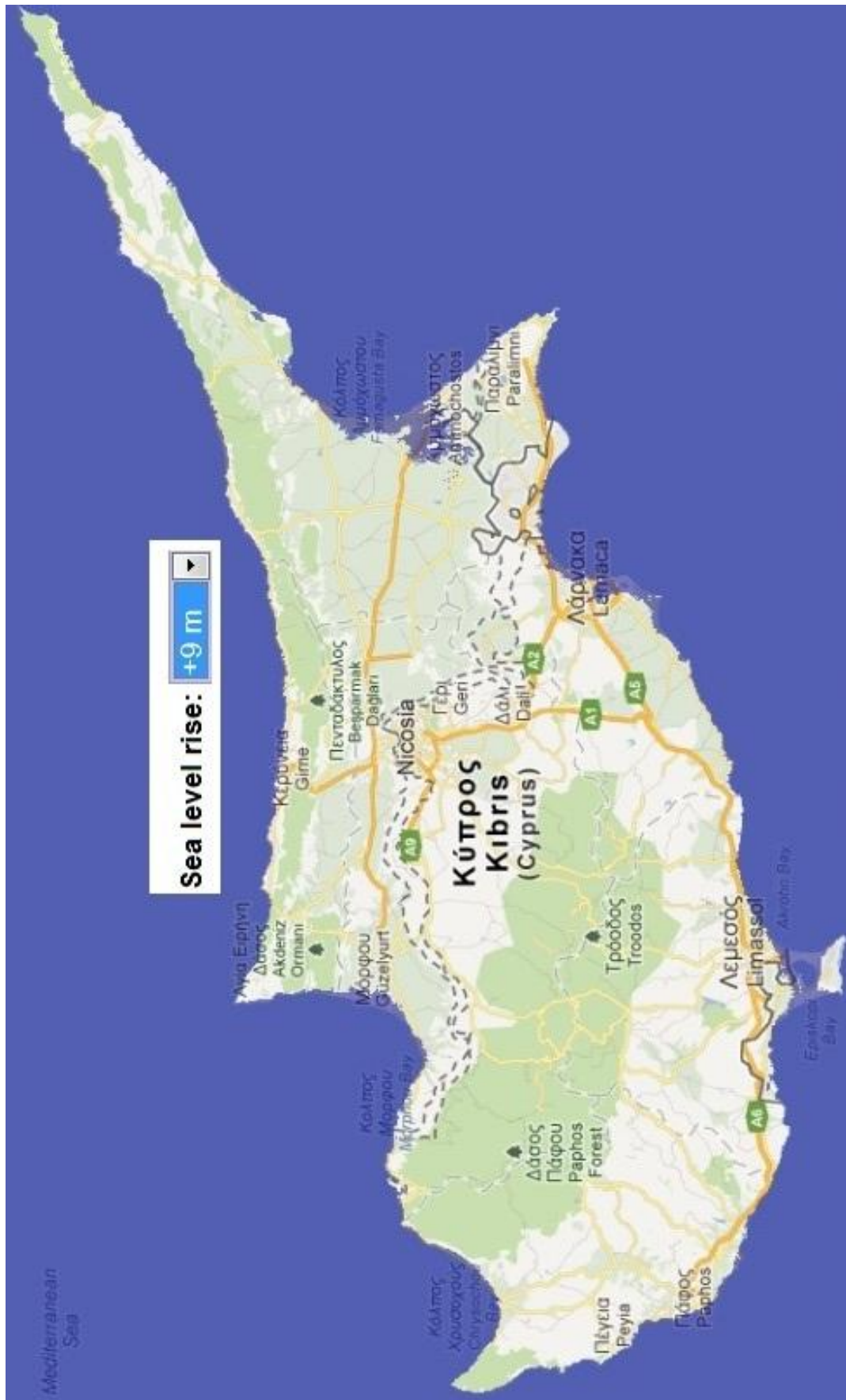


Εικόνα 47. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στη Κύπρο.

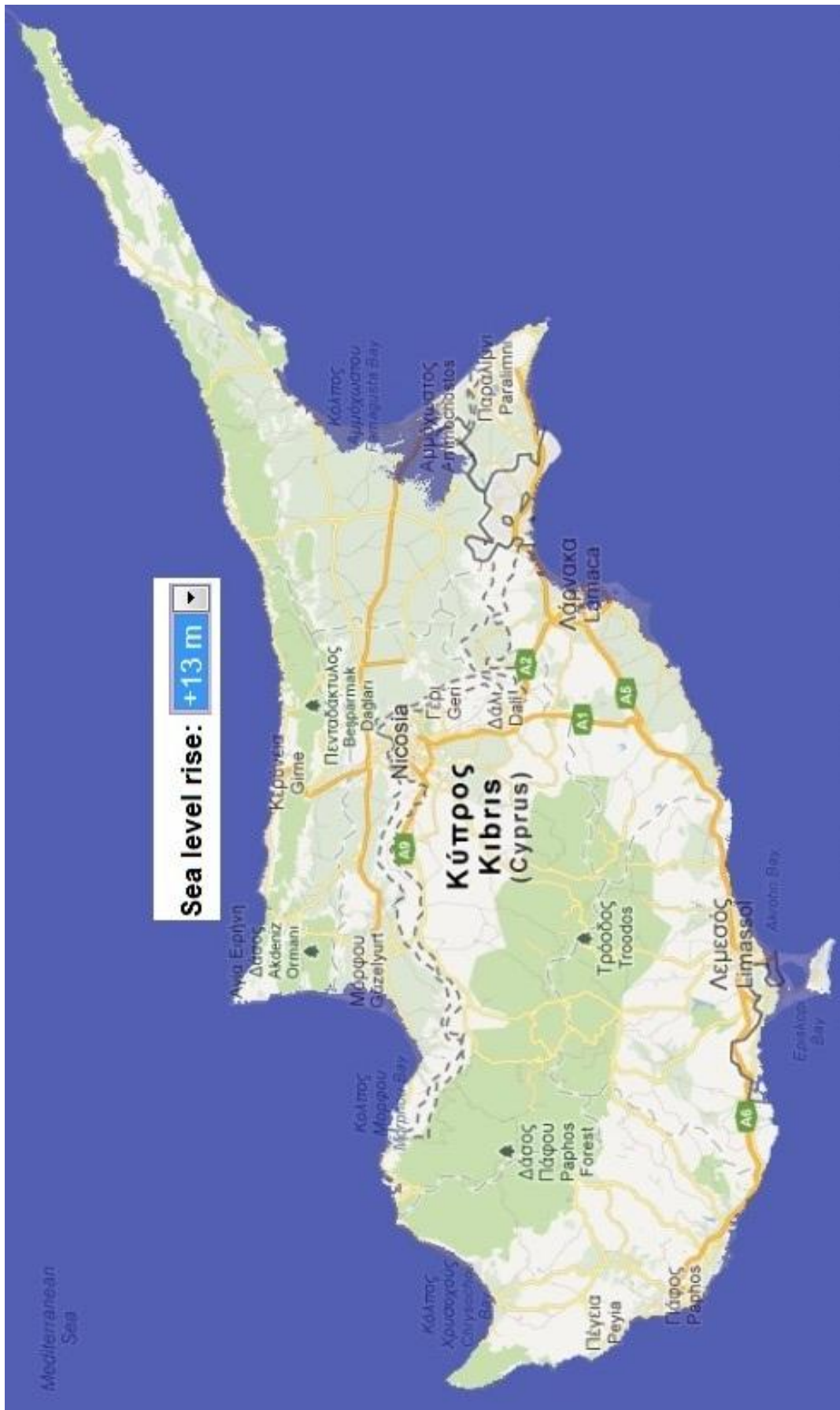




Εικόνα 48. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στη Κύπρο.

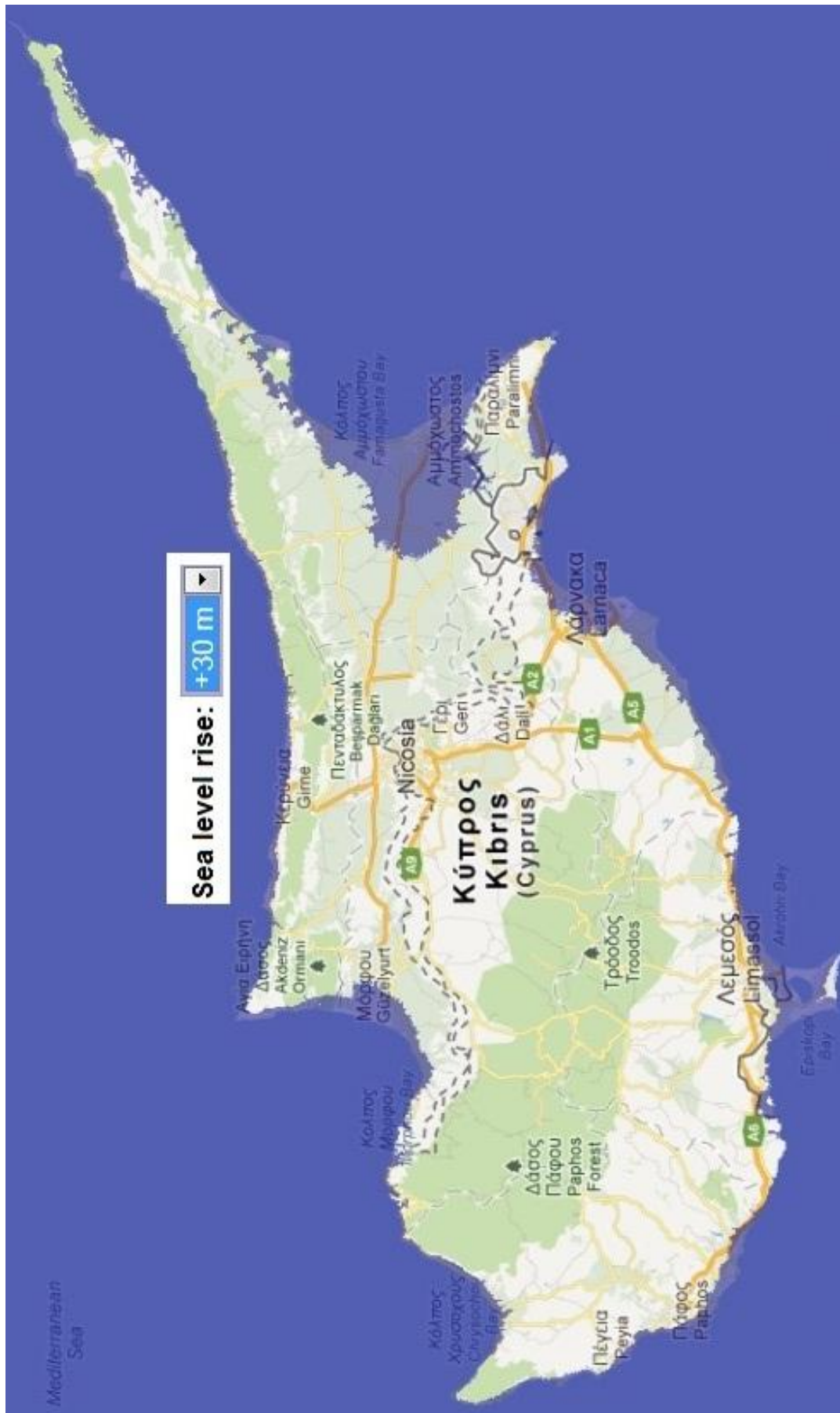


Εικόνα 49. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στη Κύπρο.

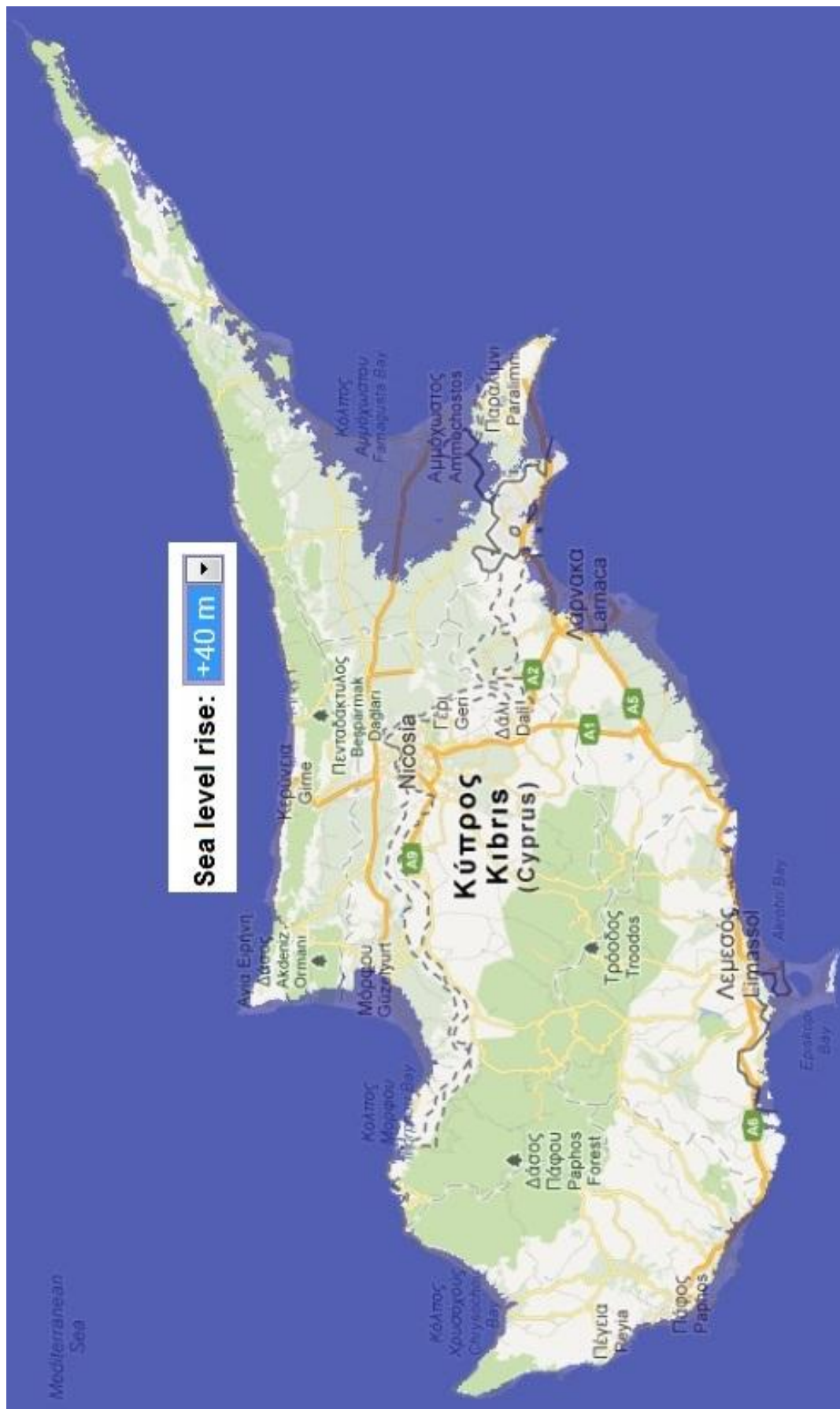


Εικόνα 50. Στάθμη σε υψόμετρο +13,00 στη Κύπρο.





**Εικόνα 52. Στάθμη σε υψόμετρο +30,00 στη Κύπρο.**



Εικόνα 53. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στη Κύπρο.



Εικόνα 54. Στάθμη σε υψόμετρο +50,00 στη Κύπρο.





Εικόνα 55. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στη Κύπρο.

## 2.9 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗ Ν.Δ. ΜΕΣΟΓΕΙΟ



Εικόνα 56. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.



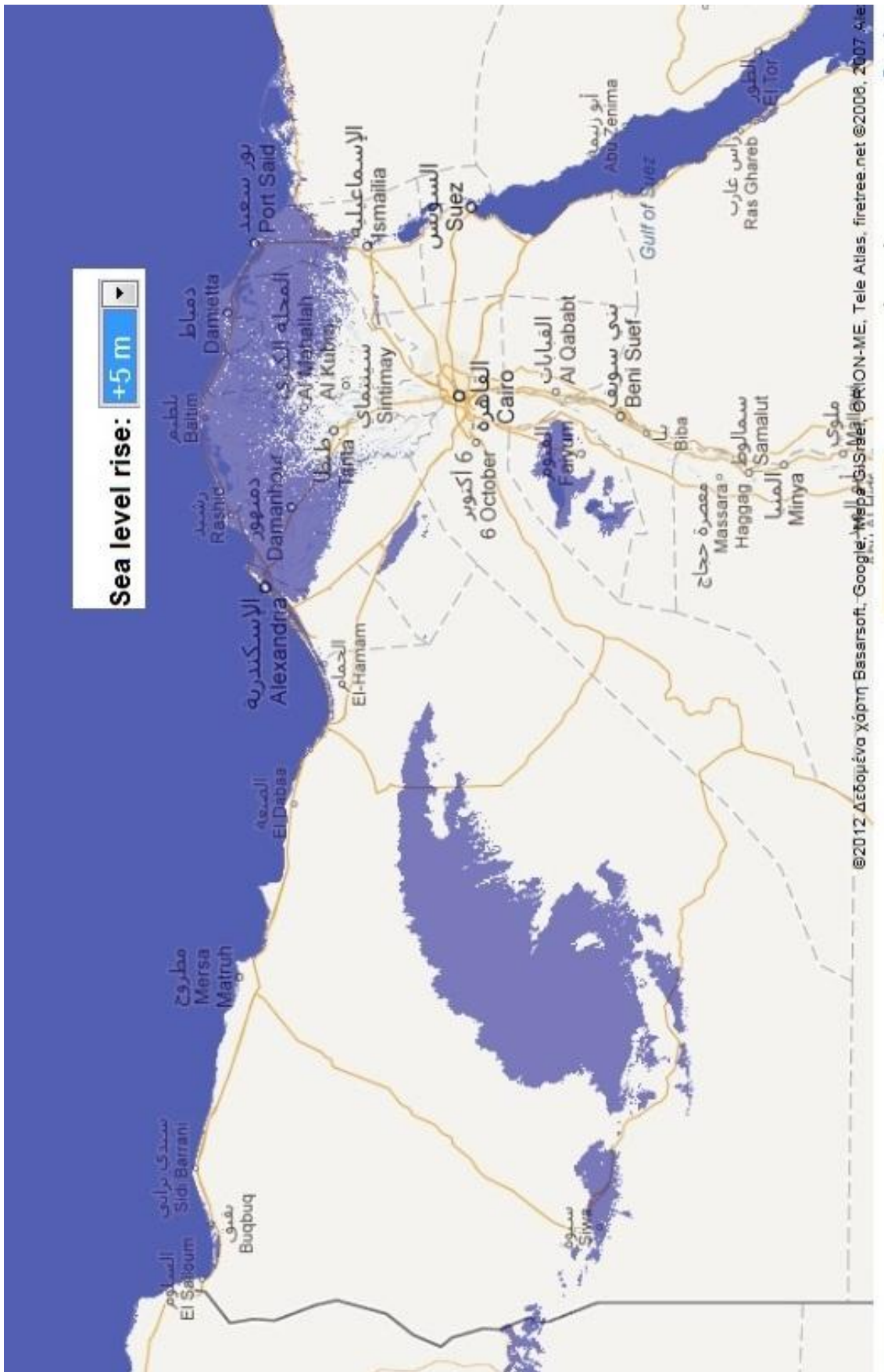
Εικόνα 57. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.



Εικόνα 58. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.



Εικόνα 59. Στάθμη σε υψόμετρο +3,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.



Εικόνα 60. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.



Εικόνα 61. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.



Εικόνα 62. Στάθμη σε υψόμετρο 13,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.





Εικόνα 63. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.





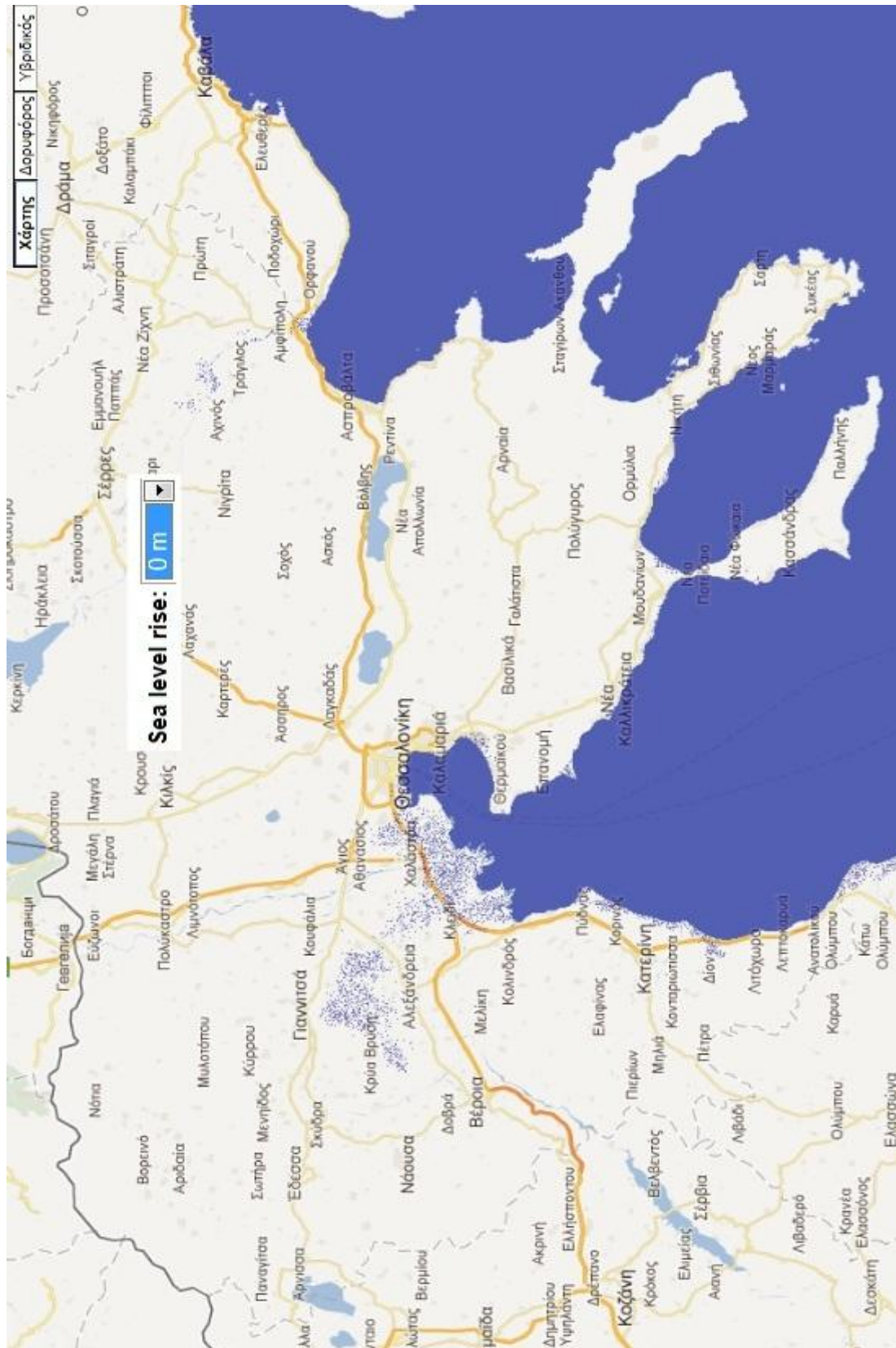
Εικόνα 65. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.



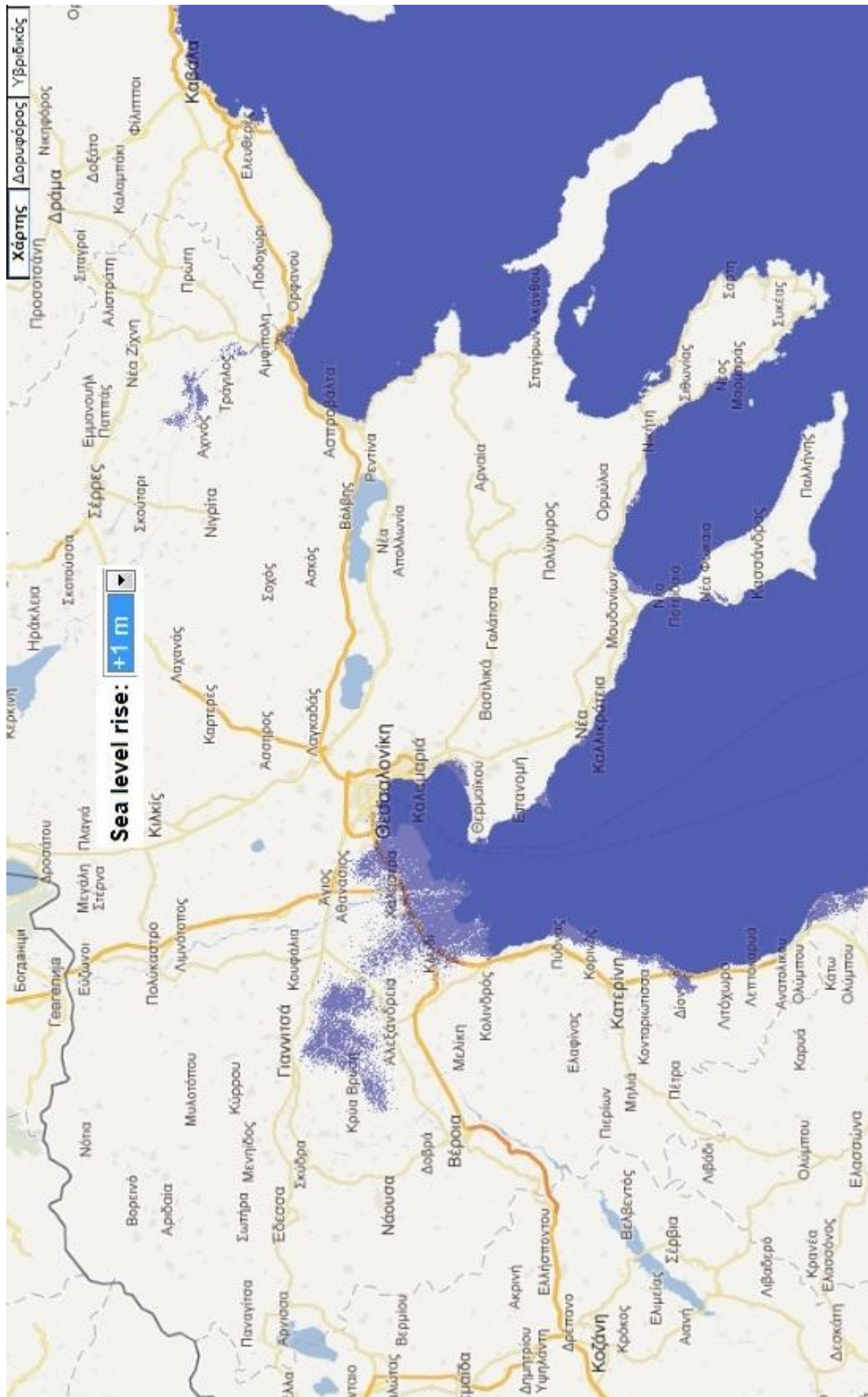


Εικόνα 67. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.

## 2.10 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΝΕΑΣ ΘΑΛ. ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΟ ΒΟΡΕΙΟ ΑΙΓΙΟ

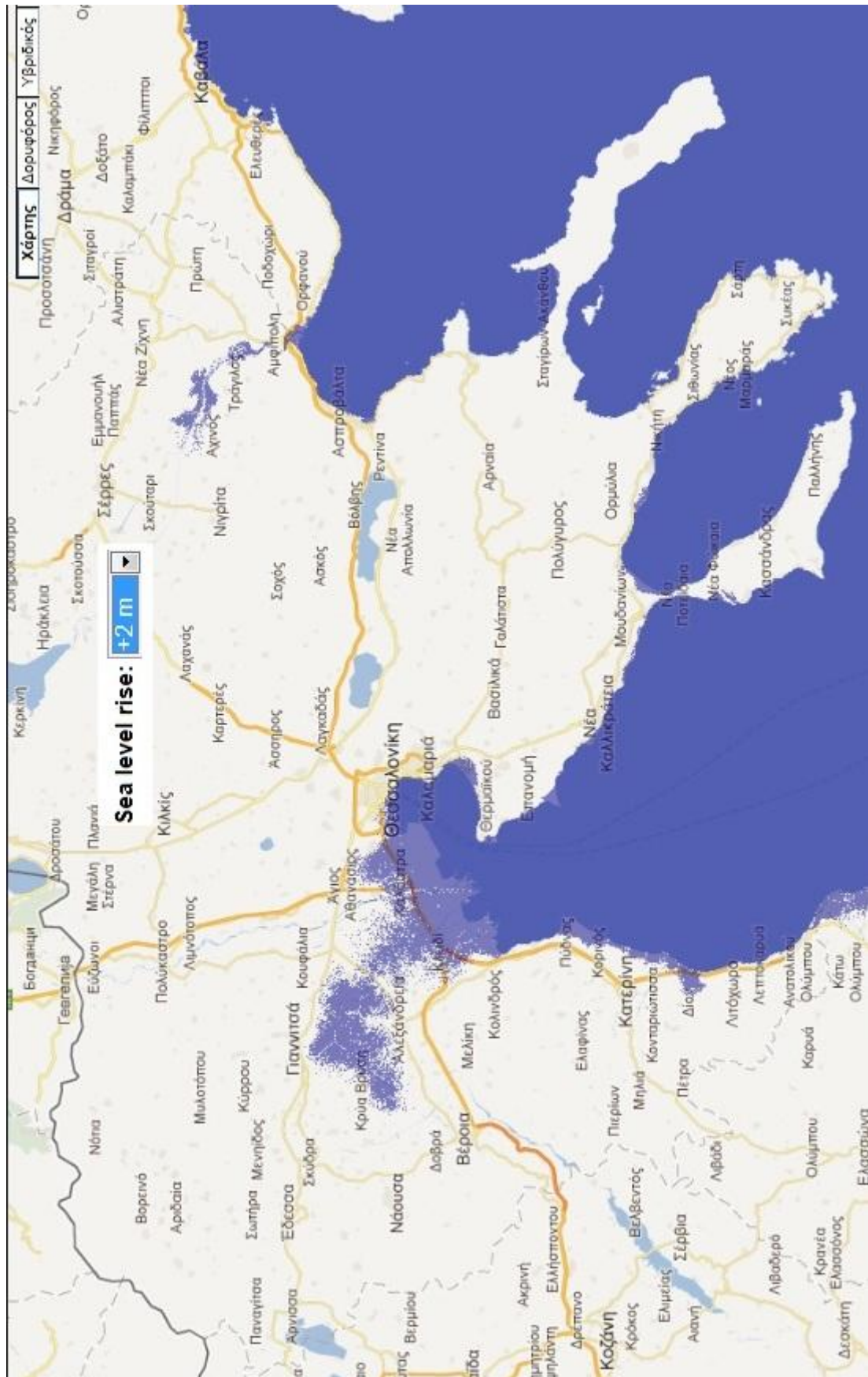


Εικόνα 68. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στο Βόρειο Αιγαίο.

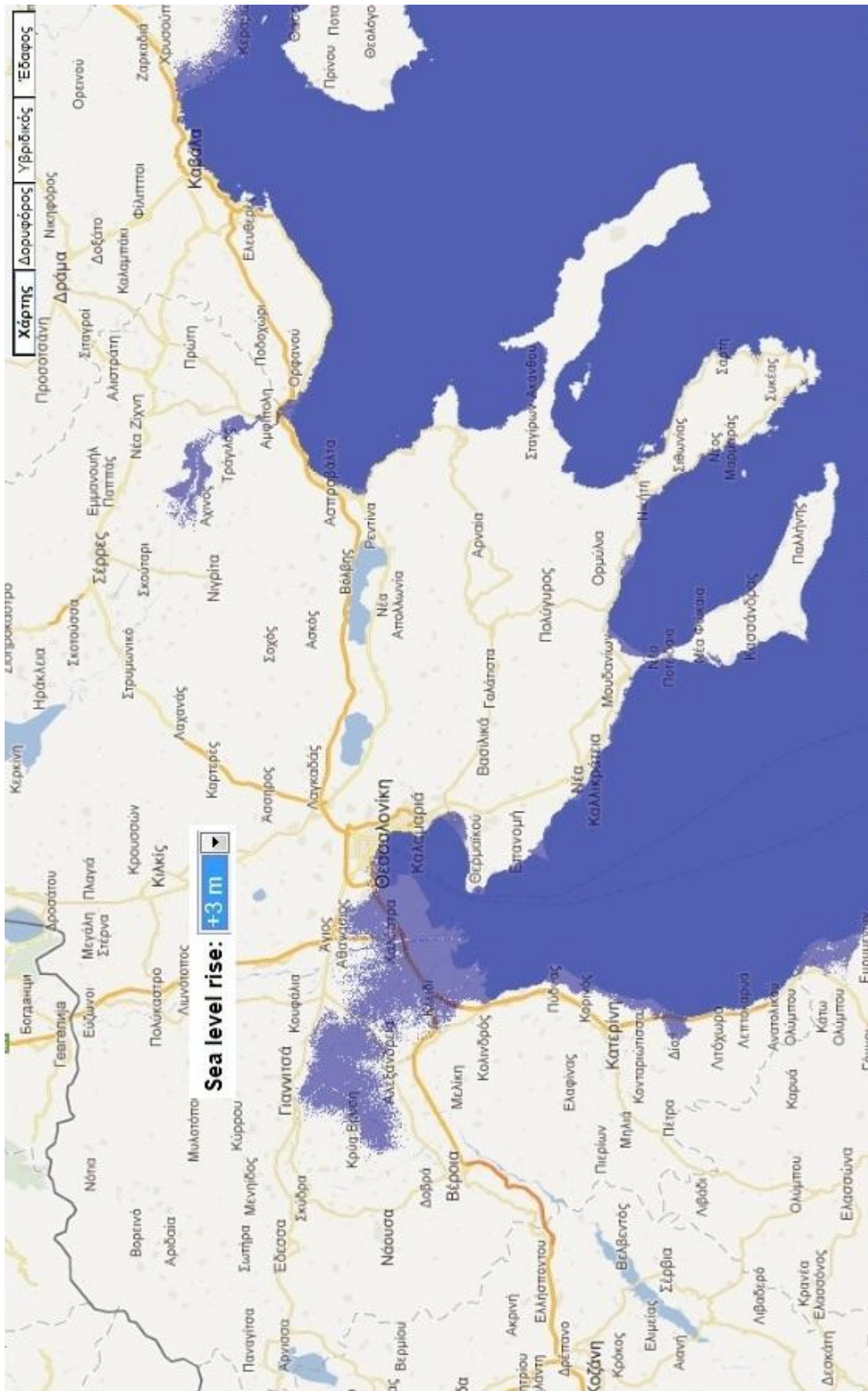


Εικόνα 69. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στο Βόρειο Αιγαίο.

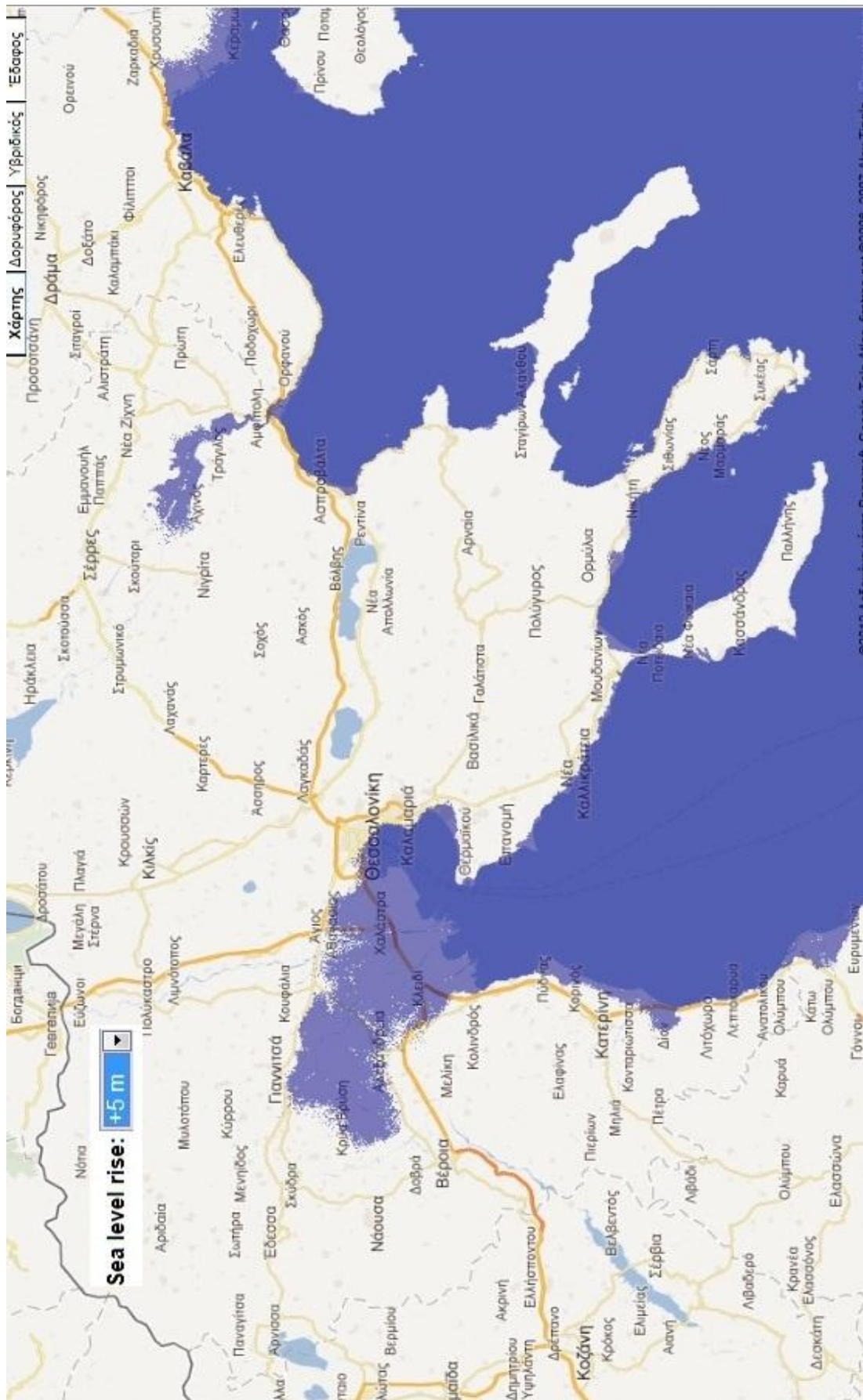




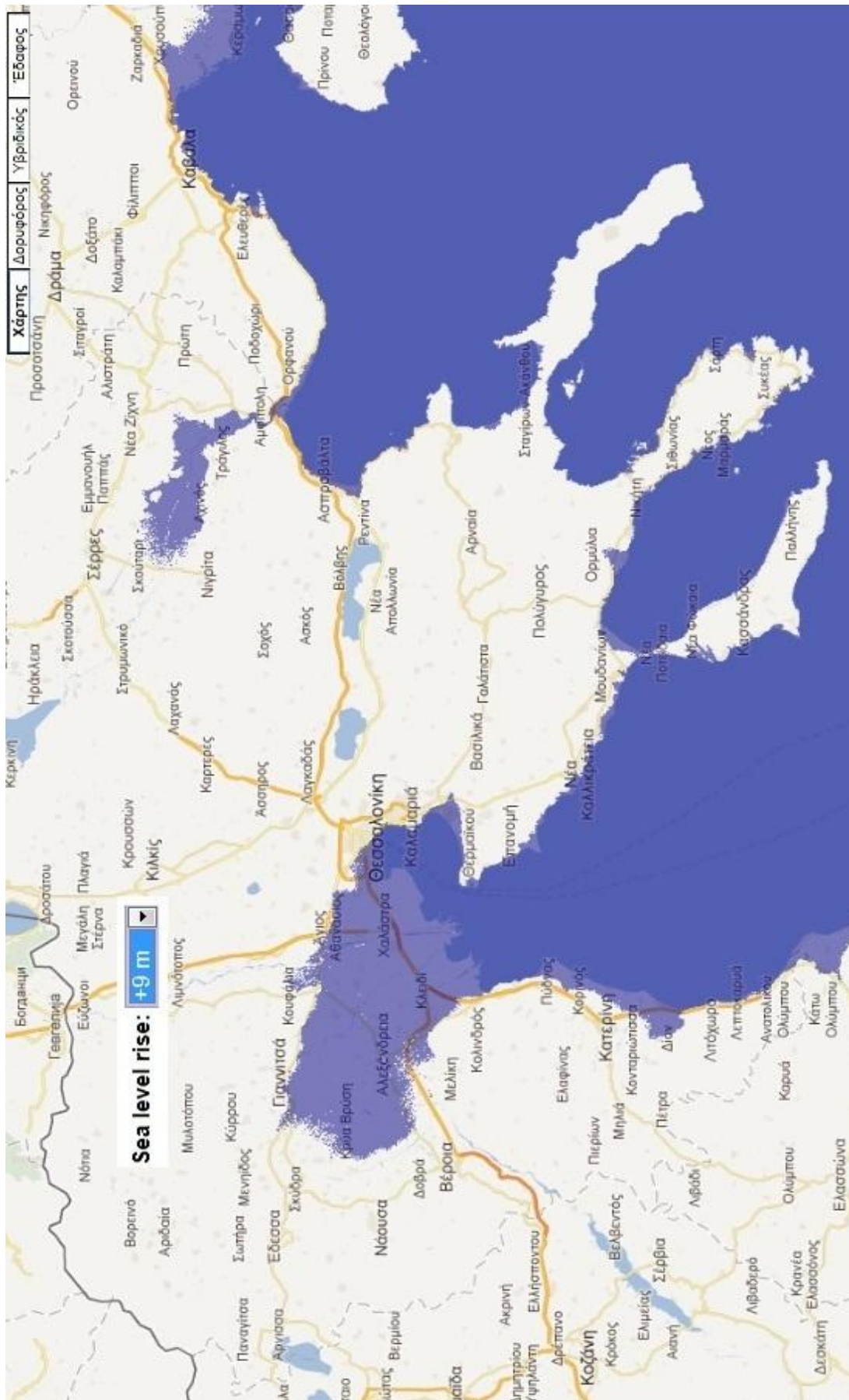
Εικόνα 70. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στο Βόρειο Αιγαίο.



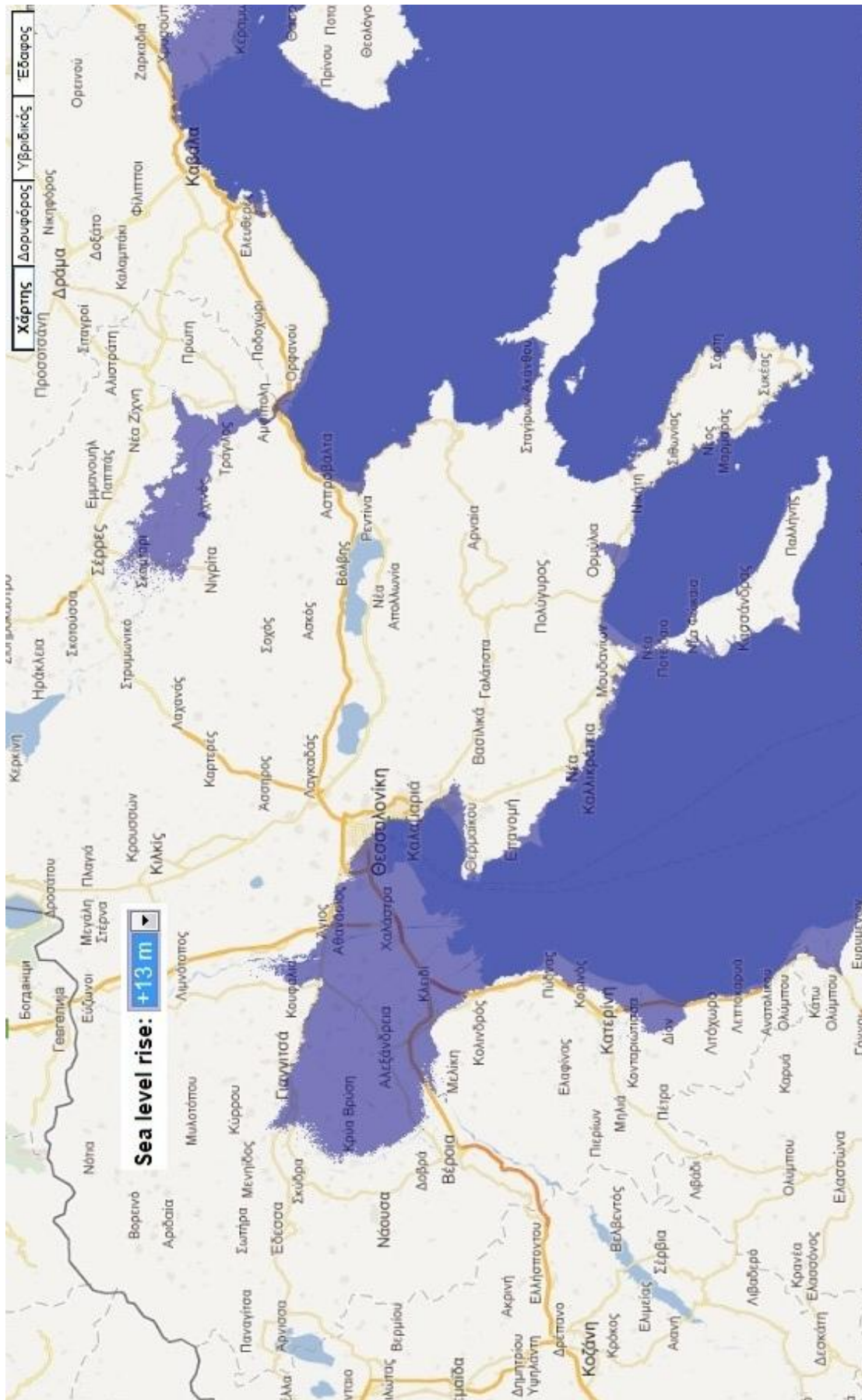
Εικόνα 71. Στάθμη σε υψόμετρο +3,00 στο Βόρειο Αιγαίο.



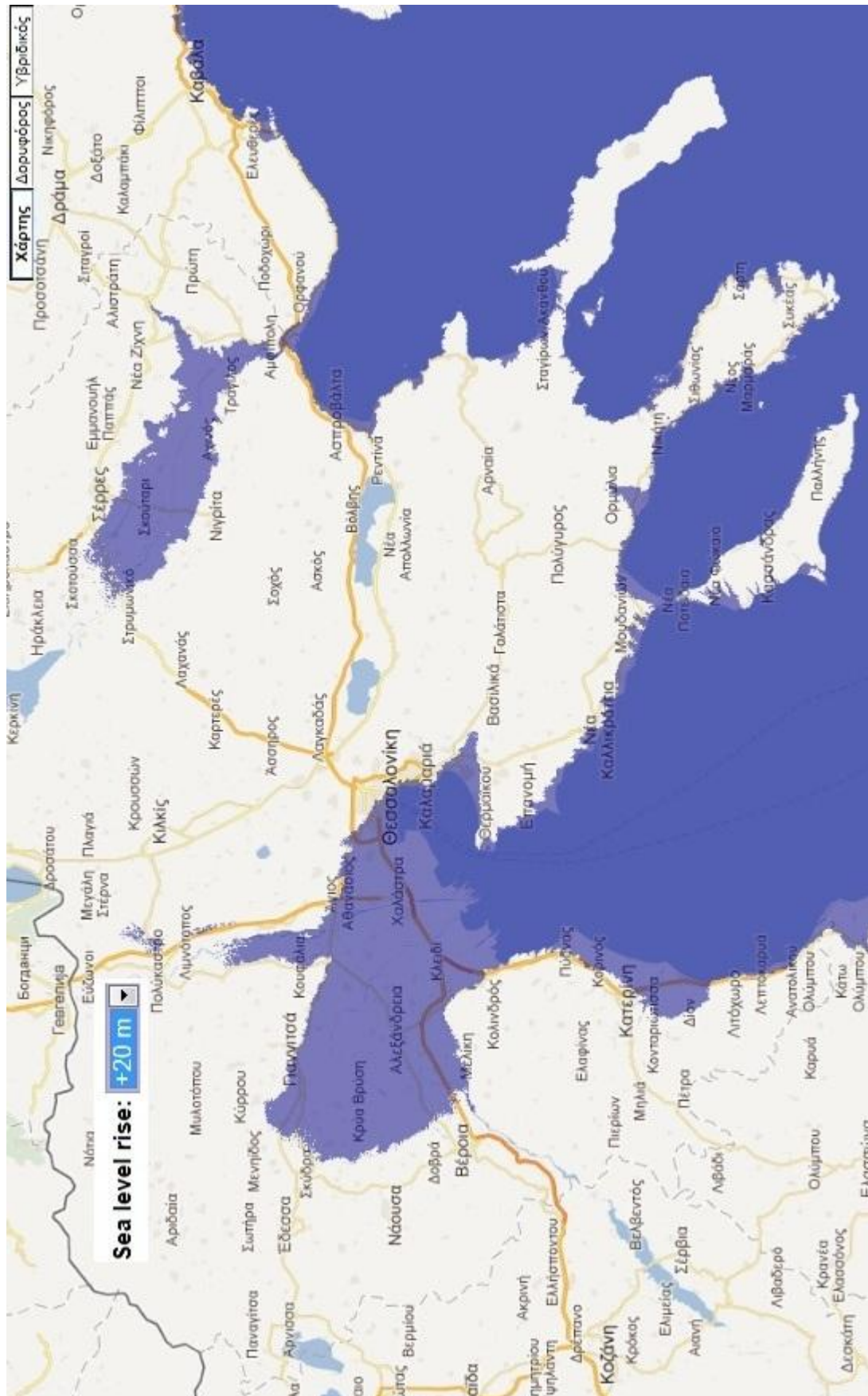
Εικόνα 72. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στο Βόρειο Αιγαίο.



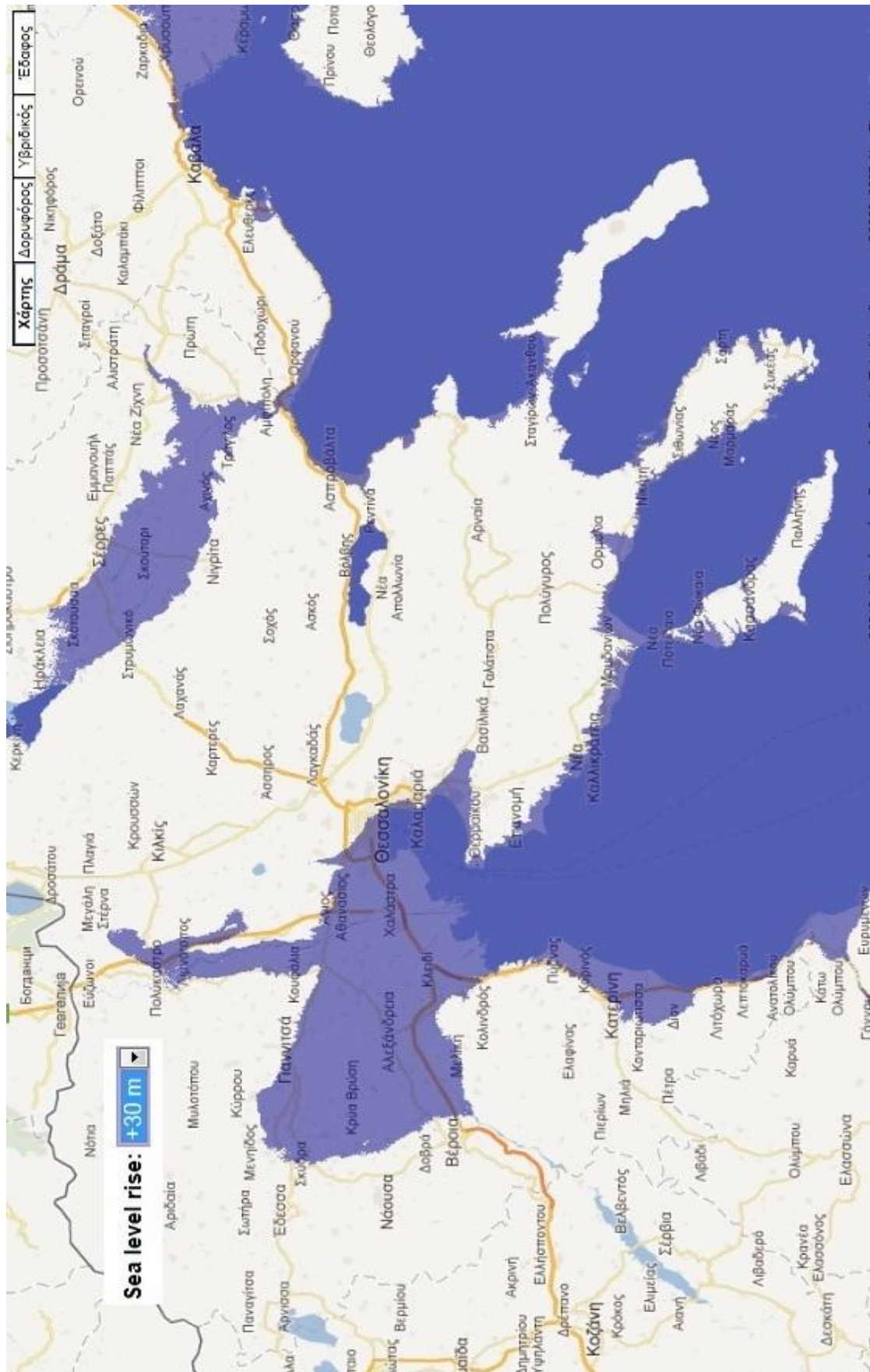
Εικόνα 73. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στο Βόρειο Αιγαίο.



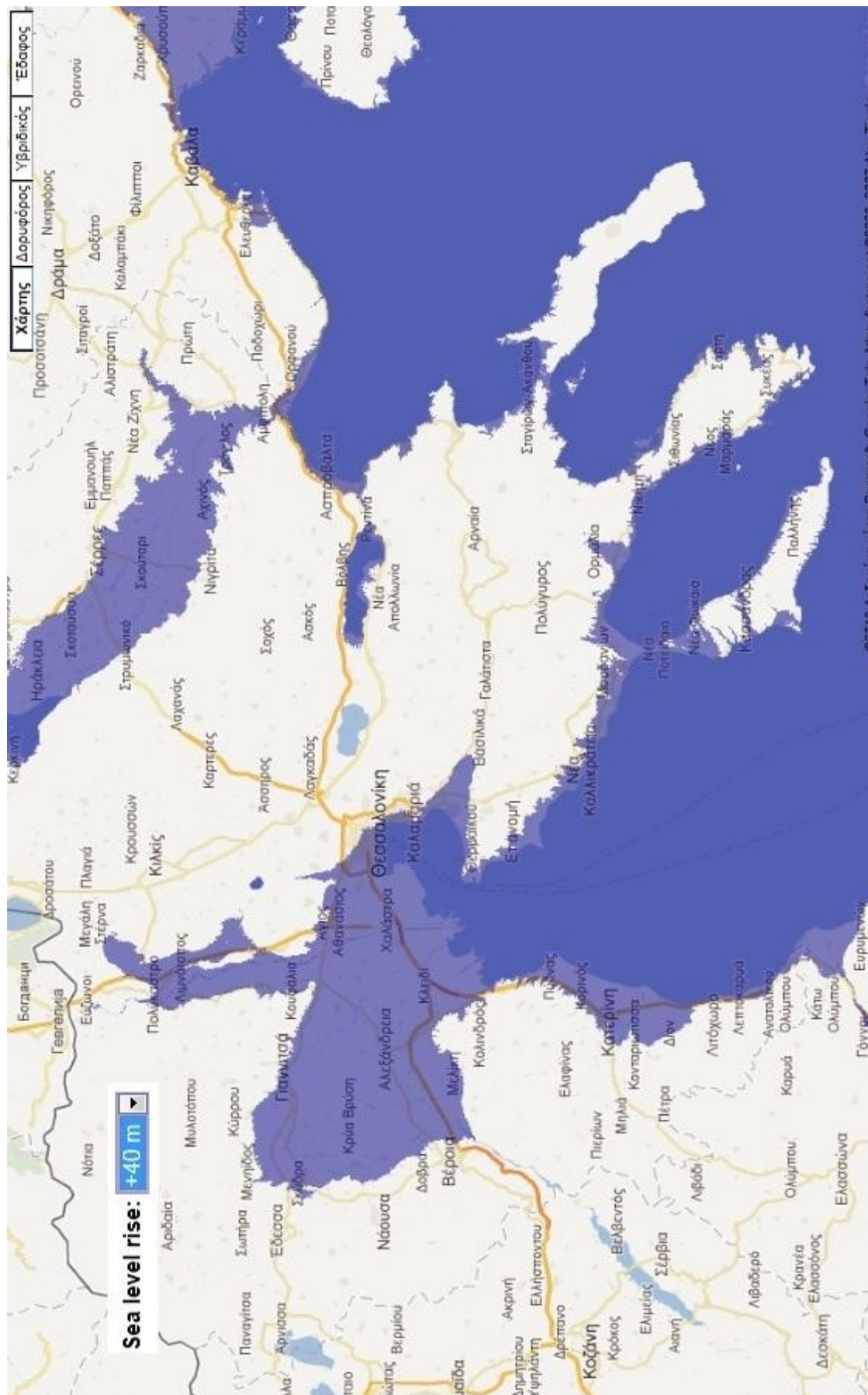
Εικόνα 74. Στάθμη σε υψόμετρο +13,00 στο Βόρειο Αιγαίο.



Εικόνα 75. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στο Βόρειο Αιγαίο.

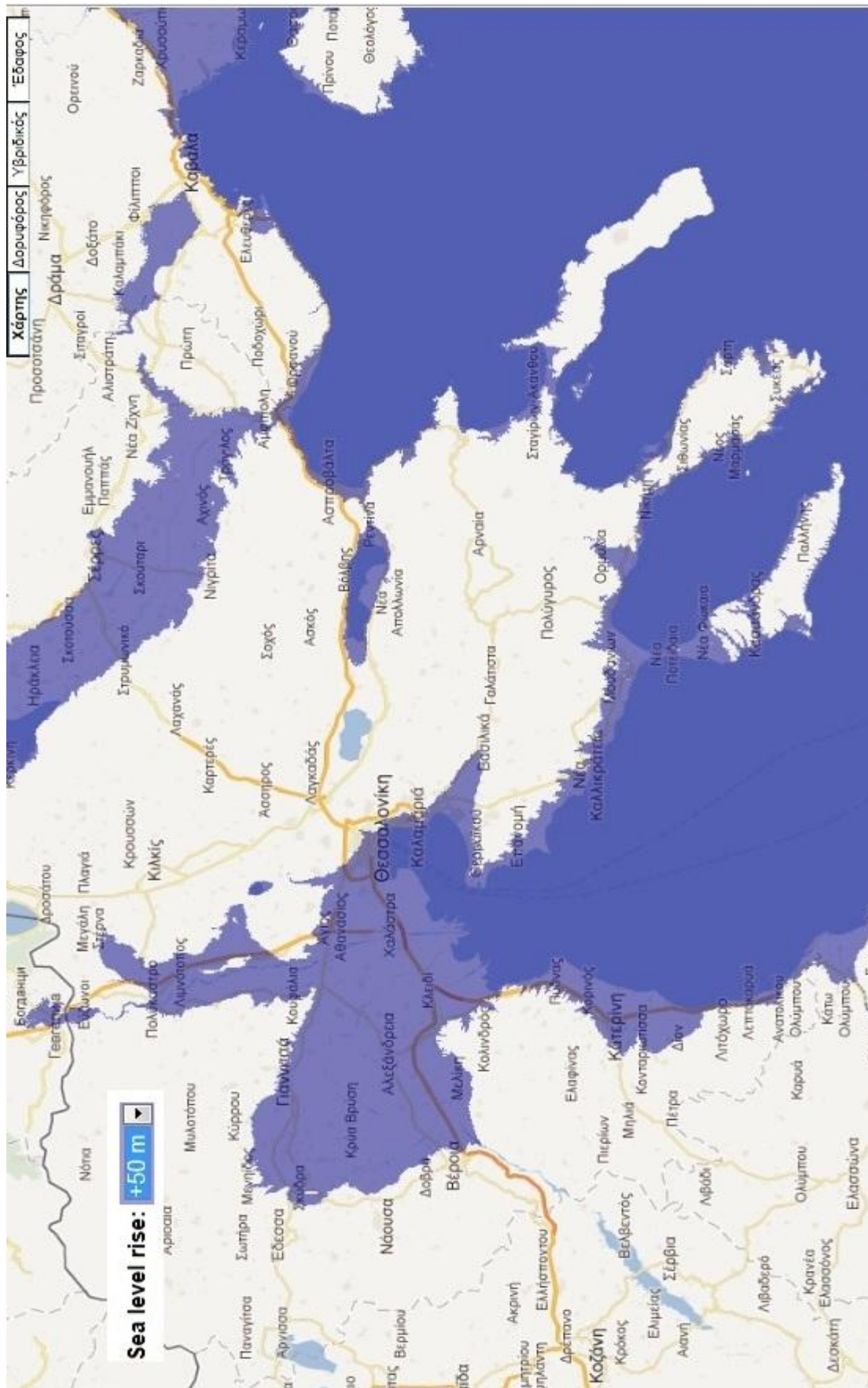


Εικόνα 76. Στάθμη σε υψόμετρο +30,00 στο Βόρειο Αιγαίο.

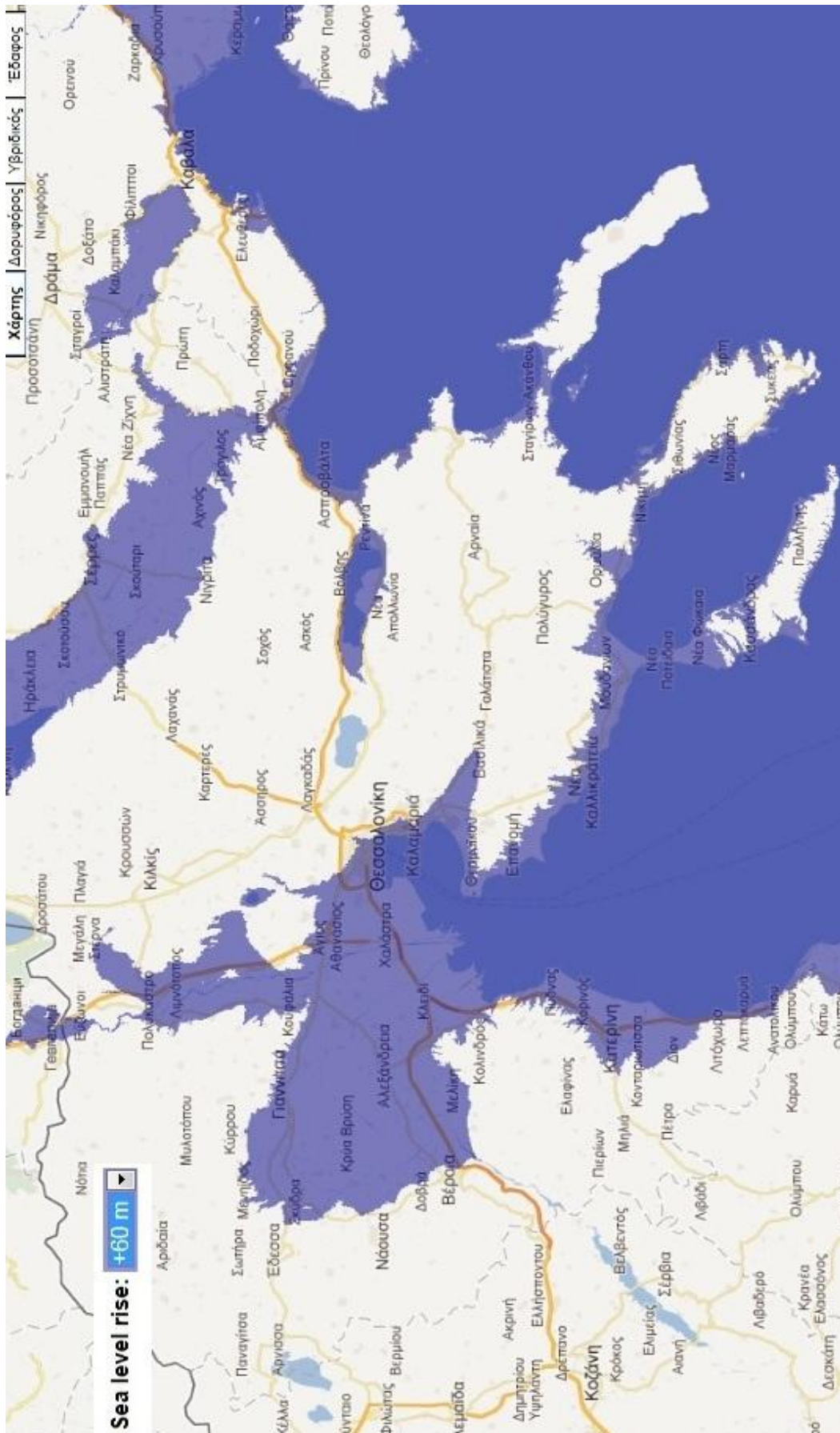


Εικόνα 77. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στο Βόρειο Αιγαίο.





Εικόνα 78. Στάθμη σε υψόμετρο +50,00 στο Βόρειο Αιγαίο.



Εικόνα 79. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στο Βόρειο Αιγαίο.

### 3.1 ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΒΛΕΨΕΩΝ (MFSP)

Κατά την πιλοτική φάση του Μεσογειακού Συστήματος Προβλέψεων (MFSP) σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα πρωτότυπο σύστημα παρακολούθησης ωκεανογραφικών παραμέτρων (Mediterranean Moored Multi-sensor Array - M3A), με σκοπό τη συνεχή μέτρηση φυσικών και βιοχημικών παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο. Στα πέντε περίπου χρόνια λειτουργίας του συστήματος στο Κρητικό, πραγματοποιήθηκαν 13 προγραμματισμένες και 11 έκτακτες επισκέψεις συντήρησης συνολικής διάρκειας 65 ημερών. Η αποκτηθείσα εμπειρία μέσα από το πρόγραμμα συντήρησης απέδειξε ότι η συνεχής παρακολούθηση ενός τόσο σημαντικού συστήματος με χαμηλό σχετικά κόστος είναι εφικτή.

Κατά την πιλοτική φάση του Μεσογειακού Συστήματος Προβλέψεων (MFSP) σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα πρωτότυπο σύστημα παρακολούθησης ωκεανογραφικών παραμέτρων (Mediterranean Moored Multi-sensor Array - M3A) (Nittis et al., 2003). Σκοπός του συστήματος ήταν η συνεχής μέτρηση φυσικών και βιοχημικών παραμέτρων σε πραγματικό χρόνο προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την βαθμονόμηση και έλεγχο υδροδυναμικών και οικολογικών ομοιωμάτων τα οποία εφαρμόζονται στην ανατολική λεκάνη της Μεσογείου (Petihakis et al., 2002; Triantafyllou et al., 2003b). Επίσης τα δεδομένα αυτά χρησιμοποιήθηκαν για την ανάλυση δορυφορικών εικόνων καθώς και για την αφομοίωση τους στα παραπάνω μοντέλα (Hoteit et al., 2003; Triantafyllou et al., 2003a). Αν και η βασική αρχή ακολουθεί την αποκτηθείσα εμπειρία από τους σταθμούς TAO – TRITON (Dickey, 1995; McPhaden et al., 1998), ο συγκεκριμένος σταθμός συμπεριλαμβάνει βιογεωχημικές παραμέτρους. Μετά το τέλος του προγράμματος ο σταθμός εντάχθηκε στο πρόγραμμα MFSTEP το οποίο αποτέλεσε τη δεύτερη φάση του προγράμματος MFSP.

Σκοπός της δεύτερης φάσης εκτός από τη διενέργεια μετρήσεων ήταν η ενίσχυση και η επέκταση του σταθμού δίνοντας ιδιαίτερη σημασία στα συστήματα επικοινωνίας, στους οπτικούς αισθητήρες (Drakopoulos et al., 2003) και στην αποφυγή δημιουργίας βιολογικών αποθέσεων πάνω στους αισθητήρες (Drakopoulos et al., 2004).

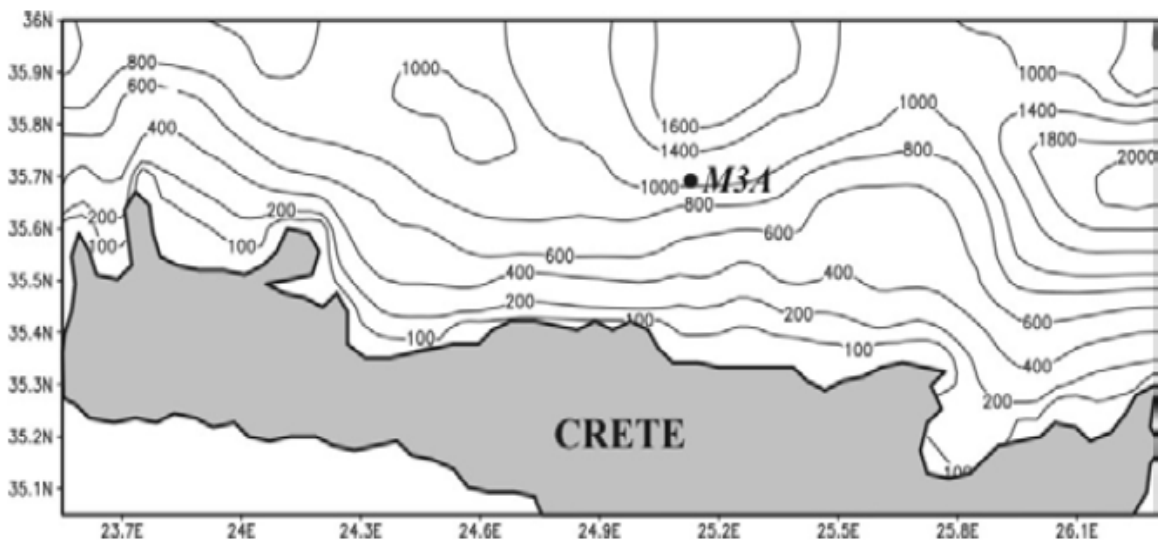
## Υλικά και Μεθοδοι

Ο σταθμός χωροθετήθηκε στο Κρητικό Πέλαγος (Εικόνα 80) με συντεταγμένες 35,39,627N και 24,59,080E σε βάθος 1030m και μετά την πόντιση άρχισε να λειτουργεί σε πλήρη διαμόρφωση τον Ιανουάριο του 2000.

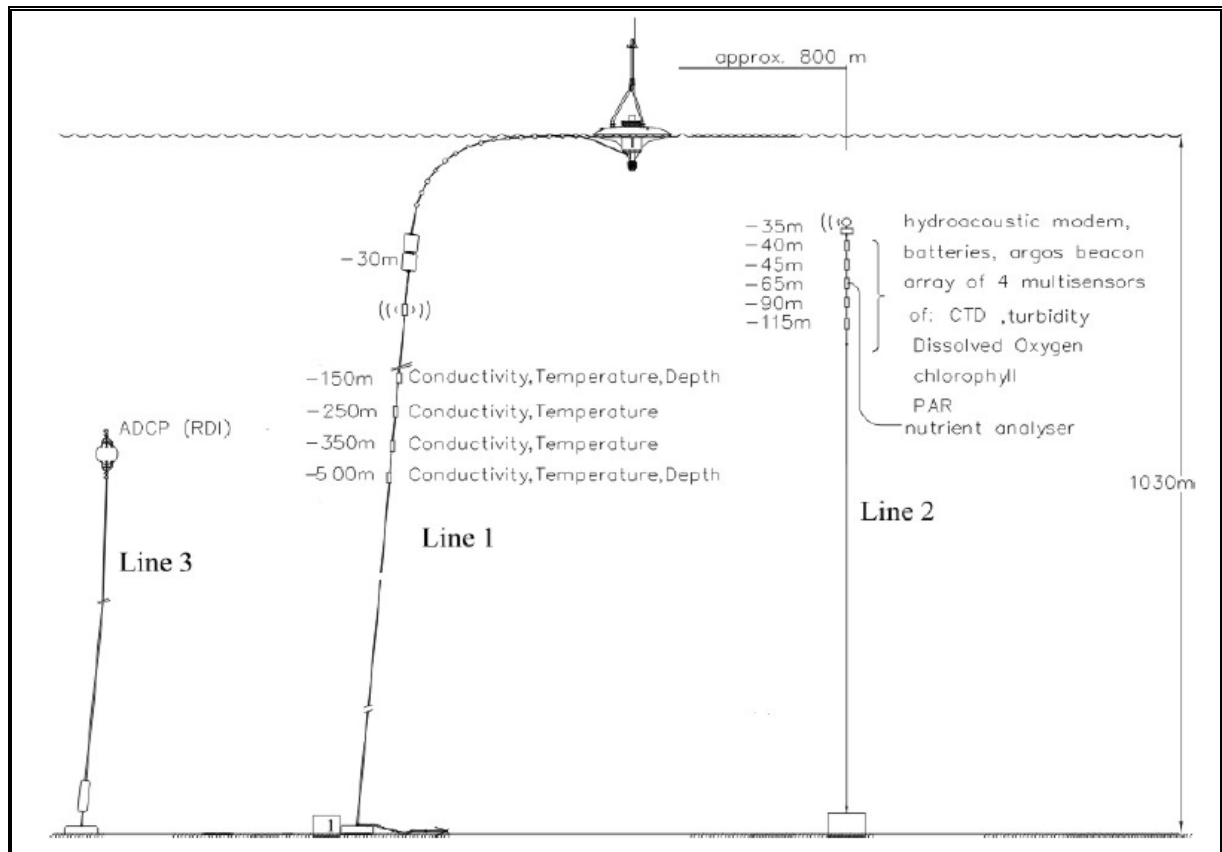
Οι παράμετροι οι οποίοι συμπεριλαμβάνονται στις μετρήσεις είναι : Θερμοκρασία και αλατότητα στα -1, -30, -50, -75, -100, -150, -250, -350, -500m, ύψος και διεύθυνση κύματος, ταχύτητα και διεύθυνση ρευμάτων 0-500m, διαλυμένο οξυγόνο, χλωροφύλλη, θολερότητα και PAR στα -1, -30, -50, -75, -100m, νιτρικά στα 75m, θερμοκρασία αέρα, ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου, ατμοσφαιρική πίεση και σχετική υγρασία .

Λόγω της διαφορετικότητας των αισθητήρων ως προς τις ανάγκες συντήρησης, επιλέχθηκε μια τριπλή διαμόρφωση (Εικόνα 81). Η σχεδίαση αυτή προσφέρει σημαντική ελευθερία σε θέματα συντήρησης αφού η γραμμή 2 απαιτεί συντήρηση κάθε δύο περίπου μήνες σε αντίθεση με τη γραμμή 3 όπου οι επισκέψεις περιορίζονται σε μία ανά 6 μήνες. Οι αισθητήρες στη κεντρική γραμμή 1 συντηρούνται on-site.

Για τη πόντιση του συστήματος χρησιμοποιήθηκε το Ω/Κ ΑΙΓΑΙΟ και για το πρόγραμμα συντήρησης το Ε/Σ ΦΙΛΙΑ ενώ οι έκτακτες επισκέψεις στο επιφανειακό σταθμό πραγματοποιήθηκαν με το φουσκωτό ΙΩΛΚΟΣ.



Εικόνα 80. Χωροθέτηση σταθμού M3A



Εικόνα 81. Ωκεανογραφικός σταθμός Μ3Α

## 3.2 ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ (ΙΟC)

Ο στόχος αυτής της υπηρεσίας είναι:

- να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με το καθεστώς λειτουργίας των παγκόσμιων και περιφερειακών δικτύων σε πραγματικό χρόνο ( σταθμοί καταγραφής του επιπέδου της θάλασσας).
- να παράσχει μια υπηρεσία στην οθόνη για γρήγορη εξέταση των πρώτων δεδομένων από μεμονωμένους σταθμούς.

Η ιστοσελίδα αυτή αρχικά επικεντρώθηκε στην επιχειρησιακή παρακολούθηση της στάθμης της θάλασσας στην Αφρική και αναπτύχθηκε από τη συνεργασία μεταξύ της Φλάνδρας , Θαλάσσιου Ινστιτούτου , ( VLIZ ) και την ODINAFRICA έργο του IODE . Το site έχει έκτοτε επεκταθεί σε μια παγκόσμια υπηρεσία παρακολούθησης για το επίπεδο της θάλασσας σε πραγματικό χρόνο, οι σταθμοί μέτρησης που αποτελούν μέρος των προγραμμάτων της ΔΟΕ.

Τα δεδομένα της υπηρεσίας είναι διαθέσιμα στον χρήστη ανα πάσα στιγμή. Επιλέγοντας τον σταθμό ανάλογα με την περιοχή που τον ενδιαφέρει , μπορεί να δει τις καταγραφές του σταθμού από την στιγμή έναρξης της καταγραφής των στοιχείων του (ιστορικό) μέχρι και την στιγμή που τον επέλεξε (real time data) .



Εικόνα 82. Παγκόσμιος Χάρτης με σημειωμένη την θέση των σταθμών.



Εικόνα 83. Χάρτης Μεσογείου με σημειωμένη την θέση των σταθμών.

|      |  |        |          |
|------|--|--------|----------|
| peir |  | Greece | Peiraias |
| kata |  | Greece | Katakolo |
| kala |  | Greece | Kalamata |
| kast |  | Greece | Kasteli  |
| syro |  | Greece | Syros    |

Εικόνα 84. Ελληνικοί σταθμοί προγράμματος.





[previous station]
Station **Katakolo** [show data]
at GMT [next station]

[more details]
[show on map]
[monitor]

| Station metadata    |   |
|---------------------|---|
| Code                | kata  |
| Country             | Greece  |
| Location            | Katakolo                                      |
| Status              | Operational                                   |
| Local Contact       | Hellenic Navy Hydrographic Service ( Greece ) |
| Latitude            | 37.64045                                      |
| Longitude           | 21.319233                                     |
| Connection          | FTP box                                       |
| Sensor 1            |   |
| Type of sensor      | pr1   |
| Sampling rate (min) | 0.5   |

**Sealevel at Katakolo station - (0.441 m)**

From 2012-06-17 20:24 to 2012-06-18 08:24 @IOC-VLIZ

Period

12h

day

7 days

30 days

Signals

Remove outliers

Remove spikes

Data

Relative levels= signal - average over selected period

Absolute levels= as received

Offset signals= relative signals + offset

Tip: use left icons to zoom & scroll

Εικόνα 85. Καρτέλα εκάστοτε σταθμού (ΚΑΤΑΚΟΛΟ)

Όπως βλέπουμε στην ανωτέρω εικόνα για κάθε σταθμό έχουμε πλήρη στοιχεία όπως : γεωγραφική θέση, τότε ξεκίνησε η λειτουργία του και το είδος των στοιχείων που παρέχει. Από την επιλογή **Period** επιλέγουμε το χρονικό εύρος ή την χρονική περίοδο που επιθυμούμε να δούμε τα δεδομένα του σταθμού. Αμέσως αφού επιλέξουμε την χρονολογία, μας εμφανίζεται το γράφημα αποτελούμενο με τα στοιχεία που έχουν καταγραφεί.

Επίσης έχουμε την δυνατότητα διαχείρισης των δεδομένων από την επιλογή **show data** σε περίπτωση που επιθυμούμε κάποια περεταίρω επεξεργασία ή ομαδοποίηση των στοιχείων πολλών σταθμών.

### 3.3 ΠΕΡΙΟΡΙΖΟΝΤΑΣ ΤΙΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

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 21ου 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.

## 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 CO<sub>2</sub>. 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 CO<sub>2</sub> 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*

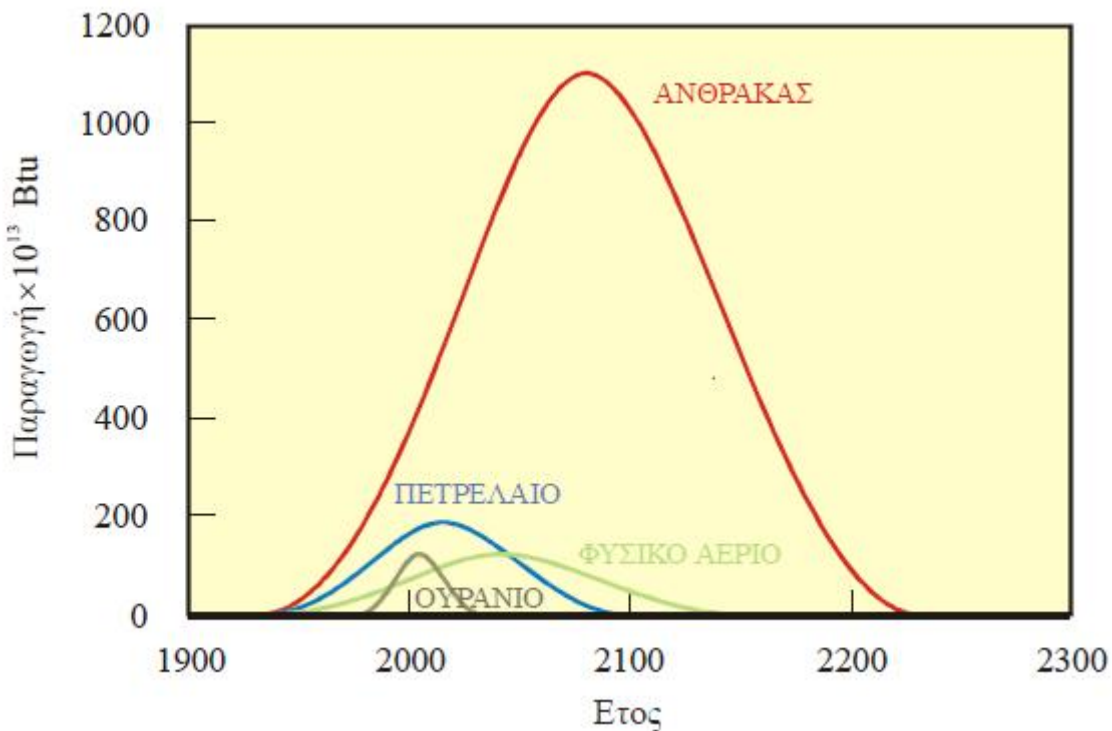
Ως διαφεύγουσες χαρακτηρίζονται οι εκπομπές που προέρχονται από διαρροές κατά τη διάρκεια βιομηχανικών διεργασιών και μεταφοράς υλικών. Διαφεύγουσες εκπομπές δημιουργούνται κατά την εξόρυξη, μεταφορά και αποθήκευση ορυκτών καυσίμων, τη λειτουργία ορυχείων και λατομείων, τους χωματόδρομους και, στις βιομηχανίες, 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 αέριων 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*. Στην εικόνα 40 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.



Εικόνα 86. 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.



**Εικόνα 87. 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 0C, 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.



Εικόνα 88. 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.



Εικόνα 89. Ανεμογεννήτριες

## ***Γεωθερμία***

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.

## **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 CO<sub>2</sub> 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 ψεκασμό από το φύλλωμα του φυτού, δεδομένου ότι η παραγωγή οξειδίων του αζώτου είναι ισχυρότερη στο έδαφος.

### «ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗ ΕΥΡΩΠΗ ΛΟΓΩ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ»

#### 1. Θερμοκρασία

\* Η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη στην ανατολική Ευρώπη, στις Σκανδιναβικές χώρες το χειμώνα και στη νοτιοδυτική Ευρώπη και στη Μεσόγειο το καλοκαίρι.

#### 2. Θερμοκρασία γενικά – Ευρώπη:

\* Οι περιοχές της Ευρώπης έχουν θερμανθεί περισσότερο (1.2°C) από το παγκόσμιο μέσο όρο (1°C).

\* Οκτώ από τα 12 χρόνια μεταξύ 1996 και 2007 ήταν μεταξύ των 12 πιο ζεστών χρόνων από το 1850.

\* Αυτό τον αιώνα η μέση θερμοκρασία θα αυξηθεί κατά 1-5.5°C (καλύτερη πρόβλεψη) με τις μεγαλύτερες αυξήσεις πάνω από την ανατολική και βόρεια Ευρώπη το χειμώνα και το καλοκαίρι οι μεγαλύτερες αυξήσεις θα είναι στη νοτιοδυτική Ευρώπη και στη Μεσογειακή Ευρώπη.

#### 3. Βροχόπτωση Γενικά στην Ευρώπη:

\* Τον 20ο αιώνα είχαμε αύξηση της βροχόπτωσης κατά 10%-40% στη βόρεια Ευρώπη και μείωση κατά 20% σε ορισμένα μέρη της νότιας Ευρώπης.

\* Μέση βροχόπτωση του χειμώνα αυξήθηκε κατά 20% με 40% στη δυτική και βόρεια Ευρώπη και πιο ξηρούς χειμώνες σε νότια και κεντρική Ευρώπη.

\* Μαθηματικά μοντέλα προβλέπουν αλλαγές στη βροχόπτωση στις διάφορες εποχές του χρόνου και σε περιοχές της Ευρώπης με γενική αύξηση 5-20% στη βόρεια Ευρώπη και μείωση από -5% έως -30% στη νότια Ευρώπη γύρω στο 2080-2099.

\* Άλλα σενάρια είναι χειρότερα!

#### **4. Ακραίες θερμοκρασίες στην Ευρώπη:**

\* Τα συμβάντα με ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες δεν είναι πλέον συχνά ενώ τα συμβάντα με ακραία ψηλές θερμοκρασίες είναι τώρα πιο συχνά. Η συχνότητα των ακραία ζεστών ημερών στην Ευρώπη έχει τριπλασιαστεί μεταξύ του 1880 και του 2005.

\* Τα κύματα καύσωνα θα είναι πιο συχνά, πιο ακραία και μεγαλύτερης διάρκειας.

\* Οι αλλαγές στις καθημερινές χειμερινές θερμοκρασίες και ο αριθμός των ημερών με παγετό και ακραία χαμηλών θερμοκρασιών προβλέπεται να μειωθεί. Αυτά τα φαινόμενα προβλέπονται πιο εμφανή στην Ισπανία, Κεντρική Ευρώπη, στις Άλπεις και στη νότια Ελλάδα.

\* Γεωγραφικά η μέγιστη καλοκαιρινή θερμοκρασία προβλέπεται να αυξηθεί περισσότερο στη νότια Ευρώπη. Στη βόρεια Ευρώπη θα μειωθούν οι ακραίες χαμηλές θερμοκρασίες. Σενάρια προβλέπουν ότι η Κεντρική Ευρώπη θα έχει τον ίδιο αριθμό ζεστών ημερών όσο έχει τώρα η Ισπανία και η Σικελία.

#### **5. Ακραίες Βροχοπτώσεις:**

\* Στην Ευρώπη σαν σύνολο, η ένταση των εξαιρετικά βροχερών γεγονότων αυξήθηκε τα τελευταία 50 χρόνια ακόμα και σε περιοχές όπου η μέση βροχόπτωση έχει μειωθεί όπως για παράδειγμα η Κεντρική Ευρώπη και η Μεσόγειος.

\* Ακραίες βροχοπτώσεις προβλέπεται να αυξηθούν κατά 17% στη βόρεια και 13% στην κεντρική Ευρώπη κατά τη διάρκεια αυτού του αιώνα. Καμιά αλλαγή στη νότια Ευρώπη.

\* Ο συνδυασμός της ψηλότερης θερμοκρασίας και της μειωμένης καλοκαιρινής βροχόπτωσης αναμένεται να αυξήσει τη συχνότητα και την ένταση της ανομβρίας σε όλη την Ευρώπη. Στη νότια Ευρώπη οι μέρες αυτές θα αυξηθούν σημαντικά.

\* Στη νότια Ευρώπη η μεγαλύτερη περίοδος χωρίς βροχή θα επεκταθεί μέχρι 1 μήνα μέχρι το τέλος του αιώνα.

## **6. Μόλυνση από Όζον:**

- \* Στην κεντροδυτική Ευρώπη και στη Μεσόγειο η αύξηση στη μέγιστη καθημερινή θερμοκρασία είχε σαν αποτέλεσμα την αύξηση των ημερών με συγκεντρώσεις όζοντος πέραν του ορίου.
- \* Στη νότια και κεντρική Ευρώπη οι μέρες με συγκέντρωση όζοντος πέραν του ορίου αυξήθηκε κατά 8 ανά έτος ή 17% τα τελευταία 8 χρόνια.

## **7. Θαλάσσια βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα:**

- \* Στη μεσόγειο θάλασσα η θερμοκρασία του νερού προβλέπεται να αυξηθεί και η ροή γλυκού νερού να μειωθεί.
- \* Ζωή ξένη προς τη μεσόγειο θα εισβάλει και θα αναπτυχθεί σ' αντικατάσταση των ειδών που υπήρχαν. Οι αλλαγές αυτές θα επηρεάσουν θαλάσσια οικοσυστήματα και τον τύπο και δραστηριότητα των ψαράδων όταν είδη που εμπορεύονται θα επηρεαστούν.

## **8. Στάθμη της θάλασσας:**

- \* Μέσα στον 20ο αιώνα η στάθμη της θάλασσας ανέβηκε κατά 17cm με ταχύτητα από -0.3 mm/χρόνο έως 2.8 mm/χρόνο.
- \* Τα τελευταία 15 χρόνια η στάθμη ανεβαίνει κατά 3.1 mm/χρόνο!
- \* 1.6 εκ. άνθρωποι στην Ε.Ε. θα επηρεαστούν από την εισροή της θάλασσας στη γη μέχρι το 2080.
- \* Εκτός από ορισμένες περιοχές, η Μεσόγειος δε φαίνεται να υποφέρει πολύ. Αύξηση της στάθμης κατά 1.5 mm το χρόνο σε σύγκριση με 7.5 mm στη μαύρη θάλασσα και 3.4 mm στο βόρειο ατλαντικό.
- \* Στην περίπτωση που θα έχουμε αυξημένες εκπομπές CO<sub>2</sub> θα πληγεί η βόρεια μεσόγειος, η βόρεια και η δυτική Ευρώπη.
- \* Έστω και αν θέσουμε υπό έλεγχο τις εκπομπές του CO<sub>1</sub> η στάθμη θα συνεχίσει να ανεβαίνει μέχρι το 2100.
- \* Αν όμως λειώσει το χιόνι στη Γροινλανδία η στάθμη της θάλασσας θα ανέβει κατά 7 m και αν χάσουμε και το χιόνι στην Ανταρκτική ακόμη 5-6m.

## **9. Θερμοκρασία της θάλασσας:**

\* Ο ρυθμός αύξησης της θερμοκρασίας της θάλασσας της Ευρώπης τα τελευταία 25 χρόνια είναι 10 φορές μεγαλύτερος από το ρυθμό αύξησης τον τελευταίο αιώνα και ποτέ δεν ήταν μεγαλύτερος.

\* Η αύξηση αυτή είναι μεγαλύτερη στην ανατολική Μεσόγειο στη βόρεια θάλασσα, τη Βαλτική.

## **10 .Νερό:**

\* Η νοτιοανατολική Ευρώπη και η Μεσόγειος ήδη υποφέρουν από έλλειψη νερού. Αυτές οι περιοχές θα αντιμετωπίσουν πιο συχνές ανομβρίες μεγαλύτερης διάρκειας.

\* Τα υπόγεια νερά θα μειώνονται στις ακτές και στη νότια Ευρώπη με νερά να γίνονται υφάλμυρα. Αυτό θα επιταχυνθεί με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

## **11 .Φυτά:**

\* Μέχρι το τέλος του 21ου αιώνα πολλά φυτικά είδη θα μετακινηθούν εκατοντάδες χιλιόμετρα βορειότερα.

\* Τα δάση θα μειωθούν στο νότο και 60% των ειδών που αναπτύσσονται σε ορεινές περιοχές θα εξαφανιστούν.

## **12 .Ερημοποίηση:**

\* Οι κλιματικές αλλαγές θα αυξήσουν τους κινδύνους της ερημοποίησης που ήδη έχει ξεκινήσει στη Νότια Ευρώπη και που αναμένεται να κινηθεί πιο βόρεια.

\* Η μείωση της υγρασίας στο έδαφος θα δημιουργήσει προβλήματα επιβίωσης σε φυτά και μικροοργανισμούς στο έδαφος με απρόβλεπτα αποτελέσματα στη βιοποικιλότητα.

Το φαινόμενο αυτό θα είναι πιο έντονο στην περιοχή της Μεσογείου (πάντα υπήρχε). Είναι απαραίτητο να εφαρμοστούν προγράμματα βελτίωσης της ικανότητας των εδαφών να συγκρατούν υγρασία.

\* Η καταστροφή των εδαφών που ήδη είναι εμφανής σε περιοχές της Μεσογείου, σε συνδυασμό με μεγάλης διάρκειας ανομβρίες και πυρκαγιές θα αυξήσουν τους κινδύνους της ερημοποίησης.

\* Σε πολλές περιπτώσεις η ερημοποίηση μπορεί να είναι μη αναστρέψιμη.

### **13. Δάση και καλλιέργειες:**

\* Η μειωμένη βροχόπτωση και αυξημένη θερμοκρασία θα επηρεάσουν επίσης την ανάπτυξη των φυτών και τις εποχές καλλιέργειας.

\* Στην περιοχή της Μεσογείου, λόγω του ότι η βροχόπτωση όχι μόνο θα μειωθεί αλλά θα είναι έντονη για λίγες μέρες θα χρειαστεί να επανεξεταστούν οι επιλογές των φυτών που καλλιεργούνται και οι τεχνικές.

\* Λόγω της μειωμένης διαθεσιμότητας νερού, θα υπάρξει έντονος ανταγωνισμός μεταξύ του τουρισμού για παράδειγμα και της γεωργίας. Χρειάζεται προγραμματισμός.

\* Θα επεκταθεί η περίοδος ξηρασίας και θα αυξηθούν κατά πολύ οι κίνδυνοι πυρκαγιών.

### **14 .Υγεία:**

\* Αύξηση της θερμοκρασίας θα έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση θανάτων που έχουν σχέση με τη θερμοκρασία το θερμό καλοκαίρι του 2003 στην Ευρώπη είχε σαν αποτέλεσμα 70000 θανάτους. Αν συνεχίσουν οι εκπομπές σε μεγάλους ρυθμούς αυτό θα συμβαίνει κάθε χρόνο!

\* Στη Μεσόγειο αναμένονται αρρώστιες που έχουν σχέση με κουνούπια, δηλητηριάσεις φαγητών με τη σαλμονέλα ως ο πιο συχνός λόγος, dengue - αρρώστια που μοιάζει με την μαλάρια, αλλά συναντάται σε αστικές πόλεις των Τροπικών και αυξημένους αριθμούς παθογόνων οργανισμών.

### **15. Οικονομικές Επιπτώσεις:**

\* Αρνητικές οικονομικές επιπτώσεις στη Νοτιοανατολική Ευρώπη και τη Μεσόγειο σε σχέση π.χ. με την ανάγκη σε ενέργεια, αγροτική παραγωγή, νερό, επιπτώσεις στην υγεία, τον καλοκαιρινό τουρισμό, οικοσυστήματα.

\* Έστω και αν όλες οι εκπομπές σταματήσουν σήμερα οι αλλαγές στο κλίμα θα συνεχίζονται για πολλές δεκαετίες.

## **16. Δάση και Γεωργία:**

- \* Αναμένεται 10% αύξηση της γεωργικής παραγωγής στη βόρεια Ευρώπη και 10% μείωση στη Μεσόγειο.
- \* Αυξημένος κίνδυνος από πυρκαγιές.

## **17 .Τουρισμός:**

- \* Η αύξηση της θερμοκρασίας στην Ευρώπη θα κάνει τις δραστηριότητες στο ύπαιθρο πιο ευχάριστες και ελκυστικές αν υπολογίσει κανείς τους καύσωνες στη Μεσόγειο και το πρόβλημα εξεύρεσης νερού.
- \* Αν προγραμματιστούμε σωστά μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την αρχή και το τέλος του καλοκαιριού μια εποχή που το κλίμα θα είναι πιο καλό.
- \* Υπάρχουν όμως μεγάλες πιθανότητες να μένουν στη χώρα τους για εσωτερικό τουρισμό (π.χ. Βρετανία).

### 3.5 ΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΑΛΛΑΓΕΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΡΡΕΥΣΗ ΠΟΛΙΤΙΣΜΩΝ

Το κλίμα έχει διαδραματίσει έναν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού. Ένας λόγος για αυτό ήταν η ανάγκη για εντατικότερη γεωργία για να υποστηριχθούν μεγαλύτεροι και πιο στάσιμοι πληθυσμοί καθώς η αστικοποίηση αυξανόταν.

Ο αρχαίος πολιτισμός των ΜΑΥΑ αναπτύχθηκε σε μία τεράστια περιοχή της Κεντρικής Αμερικής μεταξύ 4.600 (π. α.σ.) και 800 (π. α.σ.) (πριν από σήμερα).

Μετά από μια περίοδο ακμής από το 1400-1200 (π. α.σ.), ο πολιτισμός κατέρρευσε. Τα στοιχεία δείχνουν ότι το ξεκίνημα μιας απότομης και έντονης ξηρασίας, αντιστοιχεί με την κατάρρευση του κλασικού πολιτισμού τους, μεταξύ 1200-1100 (π. α.σ.)

Πολλοί αρχαίοι πολιτισμοί σε όλη τη Μέση Ανατολή και τη Μεσόγειο έφθασαν στην οικονομική ακμή τους περίπου στο 4.300 (π.α.σ.). Όμως, πριν το 4.200 (π.α.σ.), ένα καταστροφικό γεγονός ξηρασίας και πτώσης θερμοκρασίας, συνέβαλε στην εγκατάλειψη των περιοχών και την μετακίνηση των πληθυσμών σε περιοχές με περισσότερο ευνοϊκό κλίμα.

Στη νότια Μεσοποταμία, ένα μεγάλο μέρος της περιόδου Late Uruk, κατέρρευσε ξαφνικά περίπου 5.200-5.000 (π. α.σ.). Παλαιοκλιματολογικά στοιχεία δείχνουν ότι μια σοβαρή, πολλών-δεκαετιών ξηρασία συνέβαλε σε αυτήν την κατάρρευση.

Ιστορικά γεγονότα, όπως η Γαλλική επανάσταση και η ήττα της Ναζιστικής Γερμανίας κατά το Δεύτερο Παγκόσμιο πόλεμο, συνδέονται με μικρές κλιματικές αλλαγές.

#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ:

1. Το κλίμα μεταβάλλεται περιοδικά. Τα βασικά αίτια είναι αστρονομικά.
2. Η διάρκεια των περιόδων ποικίλλει! Οι μικρότερες είναι διάρκειας 100 - 150 ετών.
3. Η αύξηση της θερμοκρασίας γίνεται πιο γρήγορα από την ελάττωση.
4. Η απότομη αύξηση της θερμοκρασίας, σύμφωνα με την άποψη ορισμένων, μπορεί να ακολουθηθεί από ελάττωση, και τελικά στην μετάβαση σε μια μικρής διάρκειας παγετώδη περίοδο.
5. Η αύξηση της θερμοκρασίας συνδέεται με αύξηση των βροχοπτώσεων, αλλά και με γεωγραφική αναδιάταξη των ατμοσφαιρικών συστημάτων. Τα τελευταία είναι ουσιαστικά υπεύθυνα για τη μετατόπιση των ορίων των ερήμων και όχι η αύξηση της θερμοκρασίας.
6. Τα φαινόμενα λειψυδρίας θα γίνονται με το χρόνο όλο και πιο συχνά, όλο και πιο έντονα.



7. Ωστόσο, ο Ελλαδικός και γενικότερα ο Αιγαιακός και Περιοιγαιακός χώρος, δεν έχει ερημοποιηθεί, παρά το γεγονός ότι πολλές φορές υποφέρει από ξηρασία και λειψυδρία.

8. Οπωσδήποτε πρέπει να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, ΟΜΩΣ καλό θα είναι να γνωρίζουμε ότι τήξη των παγετώνων στην Γροιλανδία έχει παρατηρηθεί και πριν μερικούς αιώνες, ενώ στη συνέχεια έχει παρατηρηθεί ελάττωση της θερμοκρασίας σε περιοχές που κυριαρχούσαν υψηλές θερμοκρασίες.

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

|  |    |
|--|----|
| Εικόνα 1. Φιάλη Ekman. Χρησιμοποιείται για δειγματοληψία και μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού σε διάφορα βάθη..... | 11 |
| Εικόνα 2. Πλωτός σημαντήρας με ωκεανογραφικούς αισθητήρες.....   | 12 |
| Εικόνα 3. Υδρογραφικός χάρτης του Βρετανικού Ναυαρχείου για την περιοχή Στενού Καφηρέα - Ν. Ανδρου (1844).....       | 13 |
| Εικόνα 4. Υδρολογικός κύκλος. ....   | 19 |
| Εικόνα 5. Μέσο υδατικό ισοζύγιο του σταθμού Ναυπλίου.....  | 20 |
| Εικόνα 6. Φαινόμενο του θερμοκηπίου. ....  | 26 |
| Εικόνα 7. Διακύμανση της μέσης θερμοκρασίας τα τελευταία 1200 χρόνια στην Ευρώπη. .                                  | 29 |
| Εικόνα 8. Μεταβολή της θερμοκρασίας του πλανήτη από το 1850 έως το 1997.....   | 31 |
| Εικόνα 9. Η θερμοκρασία επιφανείας της θάλασσας κατά την διάρκεια ενός μεγάλου επεισοδίου El ..... 33                | 33 |
| Εικόνα 10. Ο κύκλος του νερού. Οι αριθμοί δηλώνουν χιλιάδες κυβικά χιλιόμετρα το χρόνο. Από το.....                  | 34 |
| Εικόνα 11. Αρχή της δορυφορικής αλιμετρίας.....  | 44 |
| Εικόνα 12. Αλιμετρικό γεωειδές για τη Μεσόγειο από δεδομένα του δορυφόρου ERS-1. ....                                | 45 |
| Εικόνα 13. Πιθανές τσουναμογενείς περιοχές στην Ανατολική Μεσόγειο.....  | 46 |
| Εικόνα 14. Προσομοίωση της γένεσης και μετάδοσης τσουνάμι ΝΔ της Πελοποννήσου.....                                   | 47 |
| Εικόνα 15. Μέγιστη ανύψωση της στάθμης της θάλασσας λόγω του τσουνάμι. ....  | 48 |
| Εικόνα 16. Βαθυμετρία και γεωμετρία μοντέλου μετεωρολογικής παλίρροιας.....  | 49 |
| Εικόνα 17. «Επικίνδυνα» σημεία στην περιοχή Καβάλας-Αλεξανδρούπολης.....   | 52 |
| Εικόνα 18. «Επικίνδυνα» σημεία στον Πατραϊκό Κόλπο. ....   | 53 |
| Εικόνα 19. Glacier National Park ..... 54  | 54 |
| Εικόνα 20. .... 56   | 56 |
| Εικόνα 21. .... 57   | 57 |
| Εικόνα 22. Η μεσόγειος με ύψος στάθμης 0.00 (σημερινό) ..... 60  | 60 |
| Εικόνα 23. Αύξηση της στάθμης κατά 1 μέτρο ..... 61  | 61 |
| Εικόνα 24. Αύξηση της στάθμης κατά 2 μέτρα ..... 62  | 62 |
| Εικόνα 25. Αύξηση της στάθμης κατά 3 μέτρα ..... 63  | 63 |
| Εικόνα 26. Αύξηση της στάθμης κατά 30 μέτρα ..... 64   | 64 |
| Εικόνα 27. Αύξηση της στάθμης κατά 60 μέτρα ..... 65   | 65 |
| Εικόνα 28. Στάθμη σε υψόμετρο 0,00 στην Δυτική Ελλάδα..... 66  | 66 |
| Εικόνα 29. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στην Δυτική Ελλάδα..... 67   | 67 |
| Εικόνα 30. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στην Δυτική Ελλάδα..... 68   | 68 |

|  |     |
|--|-----|
| Εικόνα 31. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στην Δυτική Ελλάδα.....  | 69  |
| Εικόνα 32. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στην Δυτική Ελλάδα.....  | 70  |
| Εικόνα 33. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στην Δυτική Ελλάδα..... | 71  |
| Εικόνα 34. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στην Δυτική Ελλάδα..... | 73  |
| Εικόνα 35. Στάθμη σε υψόμετρο +50,00 στην Δυτική Ελλάδα..... | 74  |
| Εικόνα 36. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στην Δυτική Ελλάδα..... | 75  |
| Εικόνα 37. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στη Βόρεια Ιταλία. ....  | 77  |
| Εικόνα 38. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στη Βόρεια Ιταλία. ....  | 78  |
| Εικόνα 39. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στη Βόρεια Ιταλία. ....  | 80  |
| Εικόνα 40. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στη Βόρεια Ιταλία. ....  | 81  |
| Εικόνα 41. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στη Βόρεια Ιταλία. ....  | 82  |
| Εικόνα 42. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στη Βόρεια Ιταλία. .... | 83  |
| Εικόνα 43. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στη Βόρεια Ιταλία. .... | 84  |
| Εικόνα 44. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στη Βόρεια Ιταλία. .... | 85  |
| Εικόνα 45. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στη Κύπρο. ....          | 86  |
| Εικόνα 46. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στη Κύπρο. ....          | 87  |
| Εικόνα 47. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στη Κύπρο. ....          | 88  |
| Εικόνα 48. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στη Κύπρο. ....          | 89  |
| Εικόνα 49. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στη Κύπρο. ....          | 90  |
| Εικόνα 50. Στάθμη σε υψόμετρο +13,00 στη Κύπρο. ....         | 91  |
| Εικόνα 51. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στη Κύπρο. ....         | 92  |
| Εικόνα 52. Στάθμη σε υψόμετρο +30,00 στη Κύπρο. ....         | 94  |
| Εικόνα 53. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στη Κύπρο. ....         | 95  |
| Εικόνα 54. Στάθμη σε υψόμετρο +50,00 στη Κύπρο. ....         | 96  |
| Εικόνα 55. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στη Κύπρο. ....         | 97  |
| Εικόνα 56. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....   | 98  |
| Εικόνα 57. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....   | 99  |
| Εικόνα 58. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....   | 100 |
| Εικόνα 59. Στάθμη σε υψόμετρο +3,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....   | 101 |
| Εικόνα 60. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....   | 102 |
| Εικόνα 61. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....   | 103 |
| Εικόνα 62. Στάθμη σε υψόμετρο 13,00 στη Ν.Α Μεσόγειο.....    | 104 |
| Εικόνα 63. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....  | 105 |
| Εικόνα 64. Στάθμη σε υψόμετρο +30,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....  | 106 |
| Εικόνα 65. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....  | 107 |
| Εικόνα 66. Στάθμη σε υψόμετρο +50,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....  | 108 |
| Εικόνα 67. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στη Ν.Α Μεσόγειο. ....  | 109 |
| Εικόνα 68. Στάθμη σε υψόμετρο +0,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....   | 111 |

|  |     |
|--|-----|
| Εικόνα 69. Στάθμη σε υψόμετρο +1,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....           | 112 |
| Εικόνα 70. Στάθμη σε υψόμετρο +2,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....           | 113 |
| Εικόνα 71. Στάθμη σε υψόμετρο +3,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....           | 114 |
| Εικόνα 72. Στάθμη σε υψόμετρο +5,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....           | 115 |
| Εικόνα 73. Στάθμη σε υψόμετρο +9,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....           | 116 |
| Εικόνα 74. Στάθμη σε υψόμετρο +13,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....          | 117 |
| Εικόνα 75. Στάθμη σε υψόμετρο +20,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....          | 118 |
| Εικόνα 76. Στάθμη σε υψόμετρο +30,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....          | 119 |
| Εικόνα 77. Στάθμη σε υψόμετρο +40,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....          | 120 |
| Εικόνα 78. Στάθμη σε υψόμετρο +50,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....          | 121 |
| Εικόνα 79. Στάθμη σε υψόμετρο +60,00 στο Βόρειο Αιγαίο.....          | 122 |
| Εικόνα 80. <i>Χωροθέτηση σταθμού Μ3Α</i> .....                       | 124 |
| Εικόνα 81. <i>Ωκεανογραφικός σταθμός Μ3Α</i> .....                   | 125 |
| Εικόνα 82. Παγκόσμιος Χάρτης με σημειωμένη την θέση των σταθμών..... | 126 |
| Εικόνα 83. Χάρτης Μεσογείου με σημειωμένη την θέση των σταθμών.....  | 127 |
| Εικόνα 84. Ελληνικοί σταθμοί προγράμματος.....                       | 127 |
| Εικόνα 85. Καρτέλα εκάστοτε σταθμού (ΚΑΤΑΚΟΛΟ).....                  | 129 |
| Εικόνα 86. Πηγές ενέργειας από το περιβάλλον.....                    | 133 |
| Εικόνα 87. Υδροηλεκτρικό φράγμα.....                                 | 134 |
| Εικόνα 88. Ηλιακοί συλλέκτες.....                                    | 135 |
| Εικόνα 89.Ανεμογεννήτριες.....                                       | 136 |

## BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [✚ http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/983/ntatsi\\_unit1.pdf?sequence=2](http://eureka.lib.teithe.gr:8080/bitstream/handle/10184/983/ntatsi_unit1.pdf?sequence=2)
- [✚ http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=11798](http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=11798)
- [✚ http://www.environ-develop.ntua.gr/uploads/climatechange\\_2.pdf](http://www.environ-develop.ntua.gr/uploads/climatechange_2.pdf)
- [✚ http://simos.info/blog/archives/540](http://simos.info/blog/archives/540)
- [✚ http://flood.firetree.net/?ll=40.9052,-74.3115&z=10&m=0](http://flood.firetree.net/?ll=40.9052,-74.3115&z=10&m=0)
- [✚ http://pubs.usgs.gov/fs/fs2-00/](http://pubs.usgs.gov/fs/fs2-00/)
- [✚ http://pubs.usgs.gov/fs/fs2-00/](http://pubs.usgs.gov/fs/fs2-00/)
- [✚ http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82\\_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82\\_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BD%CE%B5%CF%8E%CF%83%CE%B9%CE%BC%CE%B5%CF%82_%CF%80%CE%B7%CE%B3%CE%AD%CF%82_%CE%B5%CE%BD%CE%AD%CF%81%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%82)
- [✚ http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA\\_1.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_1.pdf)
- [✚ http://7gym-glyfad.att.sch.gr/ergasies/thermokipio/index.htm](http://7gym-glyfad.att.sch.gr/ergasies/thermokipio/index.htm)
- [✚ http://theopemptou.blogspot.gr/2008/12/blog-post\\_03.html](http://theopemptou.blogspot.gr/2008/12/blog-post_03.html)
- [✚ http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/03/blog-post\\_8575.html](http://bioenergynews.blogspot.gr/2008/03/blog-post_8575.html)
- [✚ http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/index.noshade.html](http://arctic.atmos.uiuc.edu/cryosphere/index.noshade.html)
- [✚ http://ngm.nationalgeographic.com/2008/09/green-sahara/gwin-text/2](http://ngm.nationalgeographic.com/2008/09/green-sahara/gwin-text/2)
- [✚ http://www.sciencenews.org/view/generic/id/31886/title/A\\_little\\_drier\\_every\\_day](http://www.sciencenews.org/view/generic/id/31886/title/A_little_drier_every_day)
- [✚ http://www.dailytech.com/Arctic+Sees+Massive+Gain+in+Ice+Coverage/article12851.htm](http://www.dailytech.com/Arctic+Sees+Massive+Gain+in+Ice+Coverage/article12851.htm)
- [✚ http://olimpia.topo.auth.gr/courses/margeod/NOTES/chapter6.pdf](http://olimpia.topo.auth.gr/courses/margeod/NOTES/chapter6.pdf)
- [✚ http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1](http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A9%CE%BA%CE%B5%CE%B1%CE%BD%CE%BF%CE%B3%CF%81%CE%B1%CF%86%CE%AF%CE%B1)
- [✚ http://symposia.ath.hcmr.gr/oldver/symposia8/0617.pdf](http://symposia.ath.hcmr.gr/oldver/symposia8/0617.pdf)
- [✚ http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/index.php](http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/index.php)