

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΤΜΗΜΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών στην

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ
ΠΟΛΙΤΙΚΗ &
ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ

Επιπτώσεις Ανύψωσης Στάθμης Θάλασσας λόγω
Κλιματικής Αλλαγής στη Νήσο Λέσβο

Τζούτζας Παναγιώτης

Επιβλέπων καθηγητής: Χαλβαδάκης Κωνσταντίνος

Μυτιλήνη
Ιούνιος 2008

Επιπτώσεις Ανύψωσης Στάθμης Θάλασσας λόγω Κλιματικής Αλλαγής στη Νήσο Λέσβο

Τζούτζας Α. Παναγιώτης

ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Που υποβλήθηκε στο Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση
του Τμήματος Περιβάλλοντος ως μέρος
των απαιτήσεων για την απόκτηση
Διπλώματος Ειδίκευσης
στην Περιβαλλοντική Πολιτική και Διαχείριση

Μυτιλήνη

Ιούνιος 2008

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΡΙΒΗΣ

Αξιολόγηση Διπλωματικής Διατριβής του: Τζούτζα Παναγιώτη

Θέμα: Επιπτώσεις Ανύψωσης Στάθμης Θάλασσας λόγω Κλιματικής Αλλαγής στη Νήσο Λέσβο

Ημερομηνία παρουσίασης: ... Ιουνίου 2008

Η παρούσα διπλωματική διατριβή αφού εξετάστηκε ως προς:
τη δομή/μορφή της εργασίας, τη σαφήνεια του ερευνητικού ερωτήματος, τη βιβλιογραφική έρευνα, τη θεωρητική τεκμηρίωση, τη μεθοδολογία, το εμπειρικό μέρος, την αυτονομία της έρευνας, την ποιότητα παρουσίασης καθώς και τελικά συμπεράσματα της έρευνας, από την τριμελή επιτροπή αξιολόγησης που αποτελείται από τους:

Χαλβαδάκης Κωνσταντίνος	Παπαπαναγιώτου
Καθηγητής	Ευάγγελος	Ιδιότητα
	Ιδιότητα

Συνολικά αξιολογήθηκε με βαθμό

Ο Διευθυντής του ΠΜΣ

Κ.Π.Χαλβαδάκης
Καθηγητής

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ. Παπαπαναγιώτου Ευάγγελο και κ. Κοντό Θέμη για την πολύτιμη βοήθειά τους κατά την εκπόνηση της διπλωματικής μου διατριβής.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Χαλβαδακή Κωνσταντίνο για την ευκαιρία που μου έδωσε να ασχοληθώ με το συγκεκριμένο θέμα.

*Για δεξ καιρό που διάλεξε η πατρίδα να με πάρει,
τόρα που ζεσταίνουν τα νερά και βγάζει η γη χορτάρι!!!*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τζούτζας Παναγιώτης

Επιπτώσεις Ανύψωσης Στάθμης Θάλασσας λόγω Κλιματικής Αλλαγής στη Νήσο Λέσβο

Ιούνιος 2008

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί μία από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος λόγω του πιθανού αντίκτυπου στις παράκτιες περιοχές και στα νησιά. Σκοπός της παρούσας διατριβής είναι η διερεύνηση της επίπτωσης, που μπορεί να επιφέρει η άνοδος της στάθμης της θάλασσας στο νησί της Λέσβου. Αντλήθηκαν πληροφορίες από βιβλιογραφικές πηγές για την προσέγγιση του συγκεκριμένου θέματος σε αντίστοιχες περιπτώσεις άλλων περιοχών. Πραγματοποιήθηκε χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.), καθώς και η δημιουργία σεναρίων για την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, ώστε να γίνει εκτίμηση του ποσοστού απώλειας εδάφους για τα είδη εδαφοκάλυψης που υπάρχουν στο σύνολο του νησιού. Το κυριότερο συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι, ενώ στο σύνολο του νησιού δε θα υπάρξουν σημαντικές μεταβολές ως προς την έκταση των περιοχών, οι περισσότεροι επηρεαζόμενες περιοχές εντοπίζονται ότι είναι ο Κόλπος της Γέρας και ο Κόλπος της Καλλονής.

Λέξεις κλειδιά: Άνοδος της στάθμης της θάλασσας, Σ.Γ.Π. (Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών), Λέσβος

ABSTRACT

Tzoutzas Panagiotis

Impacts of the Sea Level Rise due to Climate Change on Lesvos Island

June 2008

Sea level rise constitutes one of the most important impacts of climate change and therefore it appears to be of high interest, because of the likely impact in the coastal regions and islands. Aim of present thesis is the investigation of the impact, which can be emerged by sea level rise, in the island of Lesvos. Informations have been drawn from bibliography, in which the particular subject, in similar cases of other regions, has been approached. There has been use of Geographical Information System (G.I.S.) and have been created scenarios relatives with sea level rise, so that the rate of loss of Lesvos' landcover can be estimated. One of the most interesting findings is that, while in the biggest part of the island, not important changes will occur, as for the extent of regions, impacted areas are detected to be Gulf of Gera and Gulf of Kalloni.

Key words: Sea level rise, G.I.S. (Geographical Information System), Lesvos Island

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ	3
2.1 Κλιματική αλλαγή και άνοδος της στάθμης της θάλασσας	3
2.2 Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας στο παρελθόν	4
2.3 Παράγοντες που συμβάλλουν στην αλλαγή της στάθμης της θάλασσας.....	5
2.3.1 Ωκεάνιες Διεργασίες	5
2.3.2 Παγετώνες και Παγόβουνα (Ice Caps & Glaciers).....	6
2.3.3 Πάγοι της Ανταρκτικής και Γροιλανδίας	6
2.3.4 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ παγετώνων, της στάθμης της θάλασσας και της Γης	7
2.4 20ός-αιώνας άνοδος της στάθμης της θάλασσας από τους μετρητές παλίρροιας.....	8
2.5 Αλλαγή στην στάθμη της θάλασσας κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας από δορυφορικά όργανα ένδειξης ύψους.....	9
2.6 Μελλοντικές εκτιμήσεις ανόδου της στάθμης της θάλασσας	11
2.6.1 Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	12
2.8 Παράκτιες περιοχές της Μεσογείου.....	15
2.7 Περιπτώσιολογικές μελέτες	15
3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	22
3.1 Φυσικό Περιβάλλον	22
3.1.1 Γεωμορφολογία	23
3.1.2 Κλιματολογικά στοιχεία	23
3.1.3 Χλωρίδα	24
3.1.4 Πανίδα	24
3.2 Ανθρωπογενές περιβάλλον	25
4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	27
4.1 Δεδομένα.....	27
4.2 Επεξεργασία δεδομένων	27
4.3. Δημιουργία σεναρίων.....	30
4.4 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια της εργασίας.....	30

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	32
5.1 Εδαφοκάλυψη του νησιού.....	32
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	43
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	45
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Σφάλματα.....	50

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.1: Εκτιμήσεις της συμβολής των παγετώνων στην παγκόσμια μέση άνοδο της στάθμης της θάλασσας.....	6
Πίνακας 2.2: Αύξηση Θερμοκρασίας - στάθμης της θάλασσας ανά σενάριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου	14
Πίνακας 4.1: Συντελεστές μετατροπής Γ.Υ.Σ.	27
Πίνακας 4.2: RMs Error (μέτρα)	28
Πίνακας 5.1: Επίπτωση στην απώλεια έκτασης ανά είδος εδαφοκάλυψης για τα 2 σενάρια	37

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 2.1: Αλλαγές στην διεθνή στάθμη της θάλασσας με χρήση μετρητών παλίρροιας	8
Γράφημα 2.2: Μεταβολές στη διεθνή μέση στάθμη θάλασσας (διαφορά μέσου όρου από το 1993 ως τα μέσα του 2001) που υπολογίζεται από δορυφορικές μετρήσεις στο υψόμετρο από τον Ιανουάριο του 1993 μέχρι τον Οκτώβριο του 2005, που υπολογίζεται κατά μέσο όρο πάνω από 65S σε 65N.	10
Γράφημα 2.3: Συνεισφορά στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας (μπλε χρώμα: χρονική περίοδος 1961-2003, καφέ χρώμα: χρονική περίοδος 1993-2003).....	11
Γράφημα 2.4: Εξέλιξη της διεθνούς μέσης στάθμης θάλασσας στον προηγούμενο αιώνα και Προβολή για τον 21ο αιώνα για το A1B σενάριο SRES.....	12
Γράφημα 3.1: Ποσοστά των απασχολούμενων στην Λέσβο το 2001	26
Γράφημα 5.1: Κατανομή εδαφοκάλυψης στο σύνολο του νησιού.....	32
Γράφημα 5.2: Κατανομή Εδαφοκάλυψης από 0 έως 8 m	34
Γράφημα 5.3: Ποσοστό (%) πλημμυρισμένης έκτασης ανά είδος εδαφοκάλυψης, για κάθε σενάριο.....	37

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 3.1: Βόρειο-Ανατολικό Αιγαίο.....	22
Χάρτης 4.1: Σύνολο χαρτών και ψηφιοποιημένα τμήματα.....	34
Χάρτης 5.1: Εδαφοκάλυψη Λέσβου.....	37
Χάρτης 5.2 : Πλημμυρισμένες περιοχές για κάθε σενάριο.....	39
Χάρτης 5.3: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Καλλονής για άνοδο της στάθμης κατά 2 μέτρα.....	43
Χάρτης 5.4: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Καλλονής για άνοδο της στάθμης κατά 5 μέτρα.....	44
Χάρτης 5.5: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Γέρας για άνοδο της στάθμης κατά 2 μέτρα.....	45
Χάρτης 5.6: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Γέρας για άνοδο της στάθμης κατά 5 μέτρα.....	46

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Εδώ και αρκετά χρόνια βρίσκεται σε εξέλιξη το μεγαλύτερο ανθρώπινο πείραμα, που έχει παγκόσμιες διαστάσεις και επιπτώσεις τόσο στο αβιοτικό, όσο και στο βιοτικό περιβάλλον του πλανήτη. Όπως σημειώνεται από τη Διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος (Intergovernmental Panel on Climate Change), η αλλαγή του κλίματος θα έχει πολλές αρνητικές επιπτώσεις, συμπεριλαμβανομένης της αυξανόμενης έντασης των θυελλών, των πλημμυρών και των ξηρασιών, της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, της γρηγορότερης εξάπλωσης των ασθeneιών και της απώλειας της βιοποικιλότητας. Τόσο η παρούσα, όσο και η μελλοντική αλλαγή της στάθμης της θάλασσας είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, λόγω του πιθανού αντίκτυπού στις παράκτιες περιοχές και στα νησιά. Οι παράκτιες περιοχές αποτελούν οικοσυστήματα μεγάλης σπουδαιότητας, καθώς χαρακτηρίζονται ως ζώνες υψηλής βιοποικιλότητας, στις οποίες η ανθρώπινη παρουσία αυξάνεται με ταχύτατους ρυθμούς. Αποτελούν φυσικό πλούτο με άμεσες (οικονομικές) συνεισφορές (π.χ. τροφή, πρώτες ύλες, τουρισμός και αναψυχή) που αποτελούν μετρήσιμα μεγέθη, αλλά και έμμεσες (π.χ. ρύθμιση του κλίματος), που λόγω της δύσκολης έως και αδύνατης οικονομικής αξιολόγησής τους, συχνά δεν λαμβάνονται υπόψη από τον άνθρωπο.

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό τη διερεύνηση της επίπτωσης, όσον αφορά στην απώλεια εκτάσεων γης από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας στο νησί της Λέσβου. Συγκεκριμένα μέσα από τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (Γ.Σ.Π.) και τη δημιουργία σεναρίων αύξησης της στάθμης της θάλασσας, έγινε προσπάθεια εκτίμησης του ποσοστού απώλειας εδάφους για τα είδη εδαφοκάλυψης που υπάρχουν στο σύνολό του νησιού.

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελείται από 6 κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια γενική εισαγωγή του θέματος, ενώ το δεύτερο αποτελείται από βιβλιογραφική έρευνα που περιλαμβάνει τους ορισμούς των όρων της κλιματικής αλλαγής, της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, την παρουσίαση της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας στα παρελθόντα έτη, των παραγόντων που συμβάλλουν στη μεταβολή της στάθμης της θάλασσας, καθώς και των μελλοντικών προβολών της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, μέσω εκτιμήσεων της IPCC. Επιπλέον, στο ίδιο κεφάλαιο γίνεται μια επισκόπηση μελετών που εξετάζουν το φαινόμενο της αύξησης της στάθμης σε περιοχές της Μεσογείου με διάφορες μεθόδους.

Ακολουθεί, στο τρίτο κεφάλαιο, η περιγραφή της περιοχής μελέτης. Αναλυτικότερα, γίνεται μια γενική περιγραφή του νησιού παρουσιάζοντας τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος του νησιού, γεωμορφολογία, κλιματικά στοιχεία, χλωρίδα και πανίδα, καθώς επίσης περιγράφονται τα στοιχεία που αποτελούν το ανθρωπογενές περιβάλλον του νησιού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναφέρεται η μεθοδολογία και η διαδικασία μέσα από την οποία προέκυψαν τα αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται και σχολιάζονται στο πέμπτο κεφάλαιο.

Τέλος, στο έκτο και τελευταίο κεφάλαιο γίνεται παρουσίαση των συμπερασμάτων που προέκυψαν, καθώς και αναφορά σε κάποιες προτάσεις για περαιτέρω έρευνα σε σχετικούς τομείς.

2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ

2.1 Κλιματική αλλαγή και άνοδος της στάθμης της θάλασσας

Ο ορισμός της κλιματικής αλλαγής σύμφωνα με τη Διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος (IPCC) αναφέρεται στη μεταβολή της κατάστασης του κλίματος που μπορεί να προσδιοριστεί (π.χ. χρησιμοποιώντας στατιστικές μεθόδους) από τις αλλαγές του μέσου μεγέθους ή/και τη μεταβλητότητα των ιδιοτήτων που το χαρακτηρίζουν, που διατηρείται για εκτεταμένη περίοδο, συνήθως για δεκαετίες ή περισσότερο. Ο όρος αναφέρεται σε κάθε μεταβολή στο κλίμα κατά τη διάρκεια του χρόνου, είτε αυτό έχει να κάνει με φυσικές μεταβολές, είτε με ανθρωπογενείς επιδράσεις. Αυτή η χρήση του όρου διαφέρει από τον ορισμό που δόθηκε από τη Σύμβαση-Πλαίσιο των Ηνωμένων Εθνών για την *Κλιματική Αλλαγή* (United Nations Framework Convention on Climate Change), η οποία ορίζει την κλιματική αλλαγή ως την αλλαγή που παρατηρείται στο κλίμα, ως συνέπεια έμμεσων ή άμεσων ανθρώπινων δραστηριοτήτων που επιφέρουν μεταβολές στη παγκόσμια ατμοσφαιρική σύσταση και αυτό, σε συνδυασμό με τη φυσική μεταβολή του κλίματος, παρατηρείται σε συγκρίσιμες χρονικές περιόδους (Ιστοσελίδα IPCC TAR, 2001).

Ως *Αύξηση της Στάθμης της Θάλασσας* (Sea Level Rise) θεωρείται μια αύξηση στο μέσο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας. Η άνοδος είναι μια αλλαγή στη διεθνή μέση στάθμη θάλασσας που επέρχεται μαζί με μια αλλαγή στον όγκο των ωκεανών. Η σχετική άνοδος της στάθμης της θάλασσας εμφανίζεται όπου υπάρχει μια καθαρή αύξηση στο επίπεδο των ωκεανών σχετικά με τις τοπικές μετακινήσεις εδάφους. Οι δημιουργοί μοντέλων που μελετούν την αλλαγή του κλίματος επικεντρώνονται κατά ένα μεγάλο μέρος στον υπολογισμό της ομοιόμορφης παγκόσμιας αλλαγής στη στάθμη της θάλασσας. Οι ερευνητές των επιπτώσεων εστιάζουν στη σχετική αλλαγή της στάθμης (Ιστοσελίδα OPEC, 2008).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος σε παγκόσμιο επίπεδο. Η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη, από την αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του θερμοκηπίου (CO₂, NO_x, SO₂, CH₄, CFCs), συμβάλει στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, ως αποτέλεσμα την τήξη των πάγων της Ανταρκτικής, της Γροιλανδίας και των λοιπών παγετώνων, καθώς και τη θέρμανση των ωκεανών (θερμική διαστολή). Η *θερμική διαστολή* (Thermal Expansion) σχετικά με την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, αναφέρεται στην αύξηση του όγκου (και τη μείωση στην πυκνότητα), που προκύπτουν από τη θέρμανση των υδάτων. Η αύξηση της θερμοκρασίας στους ωκεανούς οδηγεί σε διαστολή του ωκεάνιου όγκου και ως εκ τούτου στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας (Ιστοσελίδα EPA, 2008).

2.2 Μεταβολή της στάθμης της θάλασσας στο παρελθόν

Γεωλογικά στοιχεία για τα προηγούμενα 10.000 έως 20.000 έτη δείχνουν ότι εμφανίζεται σημαντική χρονική και χωρική διακύμανση στη σχετική αλλαγή της στάθμης της θάλασσας σε χρονικές κλίμακες της τάξεως μερικών χιλιάδων ετών (Pirazzoli, 1991).

Η ανάλυση των στοιχείων δείχνει ότι ο ωκεάνιος όγκος μπορεί να είχε αυξηθεί για να προσθέσει 2,5 έως 3,5 μέτρα στη διεθνή μέση στάθμη θάλασσας, κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 6.000 ετών, με μια μειωμένη συμβολή στα τελευταία χίλια έτη (Fleming et al., 1998). Εάν αυτό εμφανίστηκε έχοντας ομοιόμορφη κατανομή κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 6.000 ετών, θα δημιουργούσε αύξηση της στάθμης της θάλασσας από 0,4 έως 0,6 χιλιοστά ανά έτος. Εντούτοις, μερικά αρχεία υψηλής ανάλυσης, που αφορούν στη στάθμη της θάλασσας για τη Γαλλική μεσογειακή ακτή, δείχνουν ότι ένα μεγάλο μέρος αυτής της αύξησης πραγματοποιήθηκε μεταξύ περίπου 6.000 και 3.000 ετών πριν και ότι το ποσοστό κατά τη διάρκεια των προηγούμενων 3.000 ετών ήταν μόνο 0,1 έως 0,2 χιλιοστά ανά έτος περίπου (Lambeck και Bard, 2000). Αυτά τα συμπεράσματα δεν περιορίζουν την πηγή του προστιθέμενου ύδατος, αλλά πιθανές πηγές είναι οι όγκοι πάγου της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας με τις πιθανές συνεισφορές από τους παγετώνες και τη θερμική διαστολή των ωκεανών.

Οι δείκτες μέτρησης ύψους της στάθμης της θάλασσας υποδεικνύουν ότι η παγκόσμια στάθμη θάλασσας δεν άλλαξε σημαντικά από εκείνη τη χρονική περίοδο, μέχρι τον 19ο αιώνα. Το αρχείο βασισμένο σε ενόργανες παρατηρήσεις της σύγχρονης αλλαγής της στάθμης της θάλασσας παρουσιάζει στοιχεία για την αρχή της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, κατά τη διάρκεια του 19ου αιώνα.

Κατά τη διάρκεια των πρόσφατων ετών (1993-2003), για τα οποία το υπό παρατήρηση σύστημα είναι πολύ καλύτερο, η θερμική διαστολή και το λιώσιμο των πάγων των ηπείρων, ευθύνονται για περίπου τη μισή από την παρατηρούμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας, αν και υπάρχει κάποια αβεβαιότητα στις εκτιμήσεις. Οι εκτιμήσεις για τον 20^ο αιώνα δείχνουν ότι η διεθνής μέση στάθμη θάλασσας αυξήθηκε σε ένα ποσοστό περίπου των 1,7 χιλιοστά ανά έτος.

Οι δορυφορικές παρατηρήσεις που είναι διαθέσιμες από την αρχή της δεκαετίας του '90, παρέχουν ακριβέστερα στοιχεία του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας και έχουν σχεδόν παγκόσμια κάλυψη. Αυτό το μακροχρόνιο δορυφορικό σύνολο στοιχείων υψομέτρου ανά δεκαετία δείχνει ότι από το 1993, η στάθμη θάλασσας έχει αυξηθεί περίπου 3 χιλιοστά ανά έτος, ποσοστό σημαντικότερα υψηλότερο από το μέσο όρο, κατά τη διάρκεια του προηγούμενου μισού αιώνα. Οι παράκτιες μετρήσεις παλίρροιας επιβεβαιώνουν αυτή την παρατήρηση και δείχνουν ότι παρόμοια ποσοστά έχουν εμφανιστεί σε προηγούμενες δεκαετίες.

Συμφωνώντας με τα κλιματικά μοντέλα, τα δορυφορικά στοιχεία και οι υδρογραφικές παρατηρήσεις δείχνουν ότι η στάθμη της θάλασσας δεν αυξάνεται ομοιόμορφα σε όλο τον πλανήτη. Σε μερικές περιοχές, τα ποσοστά είναι αρκετές φορές μεγαλύτερα από την παγκόσμια μέση αύξηση, ενώ σε άλλες περιοχές η στάθμη της θάλασσας υποχωρεί. Η ουσιαστική χωρική μεταβολή στα ποσοστά αλλαγής του επιπέδου της στάθμης προκύπτει επίσης από υδρογραφικές παρατηρήσεις. Η χωρική μεταβλητότητα των ποσοστών ανόδου της στάθμης της θάλασσας οφείλεται συνήθως στις ανομοιόμορφες αλλαγές στη θερμοκρασία και την αλατότητα και σχετίζονται με τις αλλαγές στην ωκεάνια κυκλοφορία.

2.3 Παράγοντες που συμβάλλουν στην αλλαγή της στάθμης της θάλασσας

Η αλλαγή της στάθμης της θάλασσας είναι μια σημαντική συνέπεια της κλιματικής αλλαγής τόσο για τις κοινωνίες, όσο και για το φυσικό περιβάλλον. Οι διαδικασίες του γήινου συστήματος σε διάφορα συστατικά, που συνδέονται μη γραμμικά μεταξύ τους, συμβάλλουν στην αλλαγή της στάθμης της θάλασσας, ενώ η κατανόηση αυτών των διαδικασιών είναι μια άκρως διεπιστημονική προσπάθεια. Παρακάτω παραθέτονται οι παράγοντες που ευθύνονται σε μεγάλο βαθμό για την επιφερόμενη αλλαγή της στάθμης της θάλασσας.

2.3.1 Ωκεάνιες Διεργασίες

Η διαμόρφωση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας στις ωκεάνιες λεκάνες διατηρείται από την ατμοσφαιρική πίεση και τις ροές του αέρα και της θαλάσσιας ορμής (επιφανειακή ένταση των ανέμων), της θερμότητας και του γλυκού νερού (ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, εξάτμιση και απορροή του γλυκού νερού από το έδαφος). Ο ωκεανός έχει έντονη πυκνότητα που στρωματοποιείται με την κίνηση, τις περισσότερες φορές κατά μήκος των επιφανειών πυκνότητας. Αυτό επιτρέπει στις ιδιότητες της υδάτινης μάζας, που ορίζονται από την αλληλεπίδραση με την ατμόσφαιρα ή τον πάγο της θάλασσας, να μεταφερθούν χιλιάδες χιλιόμετρα στο εσωτερικό του ωκεανού και παρέχει έτσι μια διάβαση για τη θέρμανση των υδάτων επιφάνειας ώστε να εισαχθούν προς το ωκεάνιο εσωτερικό (Ιστοσελίδα Grida, 2008).

Δεδομένου ότι ο ωκεανός θερμαίνεται, η πυκνότητα μειώνεται και έτσι κατά συνέπεια ακόμα και στη σταθερή μάζα ο όγκος των ωκεανών αυξάνει. Αυτή η θερμική διαστολή εμφανίζεται σε όλες τις ωκεάνιες θερμοκρασίες και είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που συνεισφέρουν στις αλλαγές των επιπέδων της στάθμης θάλασσας, κατά τη διάρκεια του 20ου και 21ου αιώνα. Το νερό σε υψηλότερη θερμοκρασία, ή υπό μεγαλύτερη πίεση (σε μεγαλύτερο βάθος) διαστέλλεται περισσότερο για μια δεδομένη εισαγωγή θερμότητας κι έτσι η παγκόσμια μέση διαστολή επηρεάζεται από την κατανομή θερμότητας μέσα στον ωκεανό. Οι διαφοροποιήσεις

αλατότητας μέσα στον ωκεανό ασκούν επίσης σημαντική επίδραση στην τοπική πυκνότητα, οπότε και στην τοπική στάθμη θάλασσας, έχουν όμως μικρή επίδραση στην παγκόσμια μέση αλλαγή της στάθμης της θάλασσας (Ιστοσελίδα IPCC WG1 4AR, 2007).

Η μεγάλη θερμοχωρητικότητα των ωκεανών δείχνει ότι, θα υπάρξει αξιόλογη καθυστέρηση προτού να γίνουν αισθητές οι συνολικές επιπτώσεις της θέρμανσης της επιφάνειας, μέχρι να επηρεαστούν τα βάθη των ωκεανών. Κατά συνέπεια, ο ωκεανός δε θα είναι σε ισορροπία και η παγκόσμια μέση στάθμη θάλασσας θα συνεχίσει να αυξάνεται για αιώνες αφότου έχουν σταθεροποιηθεί οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις των αερίων του θερμοκηπίου.

2.3.2 Παγετώνες και Παγόβουνα (Ice Caps & Glaciers)

Το νερό που περιέχεται στους παγετώνες (αποκλείοντας τα στρώματα πάγου της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας) αντιστοιχεί σε περίπου 0,5 μέτρα της διεθνούς στάθμης θάλασσας. Οι παγετώνες είναι αρκετά ευαίσθητοι στην αλλαγή του κλίματος, οι γρήγορες αλλαγές στη μάζα τους είναι πιθανές και είναι σε θέση να έχουν μια σημαντική συμβολή στο ποσοστό ανόδου του επιπέδου της στάθμης θάλασσας. Για να αξιολογηθεί αυτή η συμβολή, πρέπει να είναι γνωστό το ποσοστό αλλαγής της συνολικής μάζας παγετώνων. Δυστυχώς, ικανοποιητικές μετρήσεις ώστε να καθορίσουν την ισορροπία της μάζας υπάρχουν για μια μικρή μειονότητα 105 παγετώνων της γης.

Πίνακας 2.1: Εκτιμήσεις της συμβολής των παγετώνων στην παγκόσμια μέση άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Πηγή: Ιστοσελίδα Grida)

Περίοδος	Αύξηση (mm/yr)	Παρατηρήσεις
1900 - 1961		
1965 - 1984		
1900 - 1961		
1865 -1990	0.22± 0.07	Παρατηρούμενες αλλαγές θερμοκρασίας με ισοζυγίου μάζας
1961 - 1990	0.3	
1961 - 1990	0.25 ± 0.10	Μέσος όρος από παρατηρήσεις ισοζυγίου μάζας για επτά περιοχές
1945 -1995	0.13	Παρατηρήσεις ισοζυγίου μάζας (Αρκτική μόνο)
1860 -1990	0.15	General Circulation Model (GCM) αλλαγές θερμοκρασίας με ανάλυση ευαισθησίας στο ισοζύγιο μάζας
1960 - 1990	0.26	General Circulation Model (GCM) αλλαγές θερμοκρασίας με ανάλυση ευαισθησίας στο ισοζύγιο μάζας

2.3.3 Πάγοι της Ανταρκτικής και Γροιλανδίας

Μαζί, οι πάγοι της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής περιέχουν αρκετό νερό για να ανυψώσουν τη στάθμη της θάλασσας σχεδόν κατά 70 μέτρα, γεγονός που καθιστά μόνο μια μικρή αλλαγή στον όγκο τους ικανή για σημαντική επίδραση. Οι μέσες τιμές ετήσιων ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε στερεά μορφή, που δέχονται τα στρώματα πάγου, είναι ισοδύναμη με 6,5

χιλιοστά της στάθμης θάλασσας, ενώ αυτή η εισροή εξισορροπείται από την απώλεια λόγω τήξεως και τη δημιουργία παγόβουνων. Η ισορροπία αυτών των διαδικασιών δεν είναι η ίδια για τα δύο στρώματα πάγου, εξαιτίας των διαφορετικών κλιματολογικών συνθηκών. Αφενός, οι θερμοκρασίες στην Ανταρκτική είναι τόσο χαμηλές που δεν υπάρχει ουσιαστικά καμία επιφανειακή απορροή και το στρώμα πάγου χάνει τη μάζα του κυρίως από την εκφόρτιση πάγου στα επιπλέοντα στρώματα πάγου, τα οποία λιώνουν και παγώνουν στο κάτω μέρος τους, όπου τελικά διαχωρίζονται για να δημιουργήσουν παγόβουνα. Αφετέρου, οι θερινές θερμοκρασίες στο στρώμα πάγου της Γροιλανδίας είναι αρκετά υψηλές για να προκαλέσουν εκτεταμένη τήξη, η οποία αποτελεί περίπου τη μισή από την απώλεια του πάγου, ενώ το υπόλοιπο μέρος αποφορτίζεται ως παγόβουνα, ή ως μικρά στρώματα πάγου.

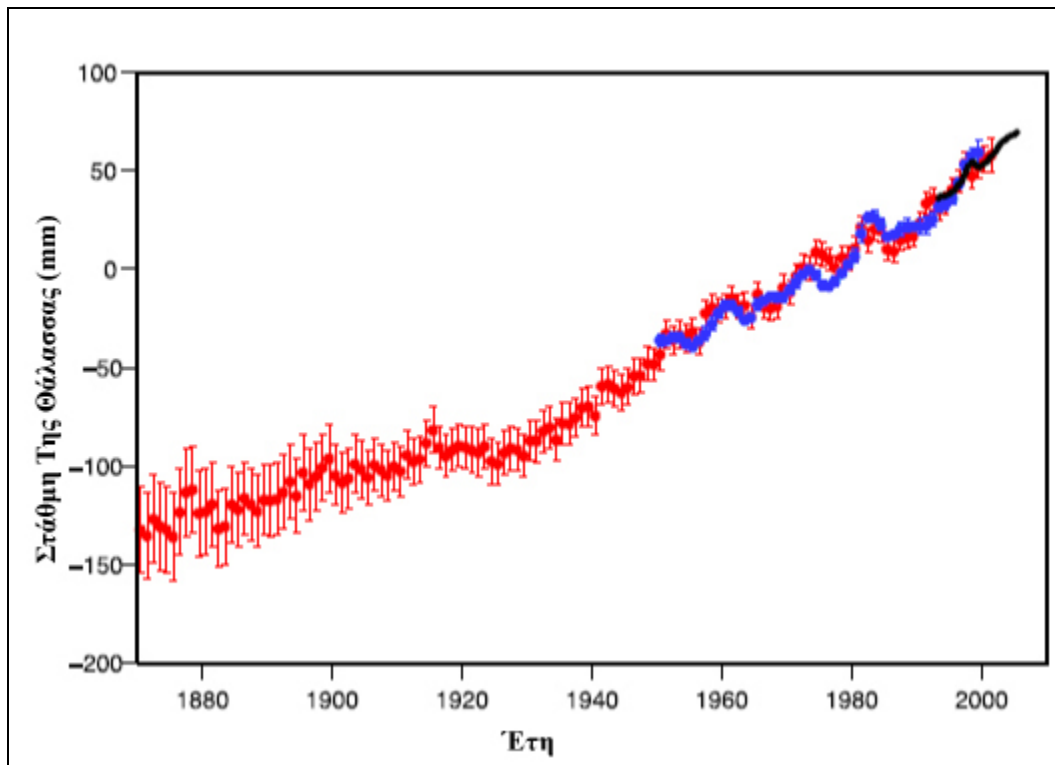
Οι αλλαγές στην αποφόρτιση πάγου περιλαμβάνουν γενικά χρόνους απόκρισης της τάξεως των 102 έως 104 ετών. Τα χρονοδιαγράμματα καθορίζονται με την ισοστασία, την αναλογία του πάχους του πάγου προς τη μεταβολή της μάζας ανά έτος, τις διαδικασίες που επιδρούν στο ιξώδες πάγου, και τις φυσικές και θερμικές διαδικασίες στον πυθμένα. Ως εκ τούτου, είναι πιθανό τα στρώματα πάγου να προσαρμόζονται ακόμα στις παλαιότερες μεταβολές. Η μελλοντική συμβολή τους στην αλλαγή του επιπέδου της στάθμης, επομένως, έχει μια συνιστώσα που αφορά στο αποτέλεσμα των προηγούμενων κλιματικών αλλαγών, καθώς επίσης και μια άλλη σχετική με τις παρούσες και μελλοντικές αλλαγές του κλίματος.

2.3.4 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ παγετώνων, της στάθμης της θάλασσας και της Γης

Οι διακυμάνσεις μεταξύ των παγετωδών και μεσοπαγετωνικών κλιματολογικών συνθηκών, κατά τη διάρκεια των προηγούμενων τριών εκατομμυρίων ετών, έχουν χαρακτηριστεί από τη μεταφορά τεράστιων ποσοτήτων νερού μεταξύ των δυο μεγαλύτερων δεξαμενών στη γη, τα στρώματα πάγου και τους ωκεανούς. Από την πιο πρόσφατη αυτών των διακυμάνσεων (ταλαντώσεων), το τελευταίο παγετώδες μέγιστο (μεταξύ περίπου 30.000 και 19.000 έτη πριν), 50 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα του πάγου έχουν λειώσει από τα επίγεια στρώματα πάγου, αυξάνοντας τη διεθνή στάθμη της θάλασσας περίπου κατά 130 μέτρα. Τέτοιες γρήγορες αλλαγές στη στάθμη της θάλασσας είναι μέρος ενός σύνθετου σχεδίου των αλληλεπιδράσεων μεταξύ της ατμόσφαιρας, των ωκεανών, των στρωμάτων πάγου και της στερεάς γης, οι οποίες έχουν διαφορετικές χρονικές κλίμακες απόκρισης. Η ώθηση για τις διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας εναπόκειται πιθανότατα στις αλλαγές της έκθεσης στην ηλιακή ακτινοβολία, που προκαλείται με τον αστρονομικό καταναγκασμό, αλλά οι εσωτερικοί κύκλοι ανατροφοδότησης περιπλέκουν το απλό μοντέλο των αιτίων και των επιδράσεων (Ιστοσελίδα Climate Change W.G.1, 2008).

2.4 20ός-αιώνας άνοδος της στάθμης της θάλασσας από τους μετρητές παλίρροιας

Με βάση ένα μικρό αριθμό αρχείων υψηλής ποιότητας μετρητών παλίρροιας (25) από τις σταθερές περιοχές εδάφους, το ποσοστό άνοδου της στάθμης έχει υπολογιστεί 1,8 χιλιοστά ανά έτος (Douglas, 2001; Peltier, 2001). Για τα προηγούμενα 70 έτη οι Miller και Douglas (2004) βρήκαν μια διακύμανση από 1,5 έως 2,0 χιλιοστά ανά έτος, για τον 20ό αιώνα, από 9 σταθερές περιοχές μετρητών παλίρροιας. Οι Holgate και Woodworth (2004) υπολόγισαν ένα ποσοστό $1,7 \pm 0,4$ χιλ/έτος αλλαγής της στάθμης της θάλασσας, που υπολογίστηκε κατά μέσο όρο και κατά μήκος της παγκόσμιας ακτογραμμής κατά τη διάρκεια της περιόδου 1948 ως 2002, βασισμένοι σε στοιχεία από 177 σταθμούς, που διαιρέθηκαν σε 13 περιοχές. Οι Church et al. (2004) καθόρισαν μια παγκόσμια άνοδο $1,8 \pm 0,3$ χιλιοστά ανά έτος κατά τη διάρκεια 1950 ως 2000, ενώ οι Church και White (2006) καθόρισαν μια αλλαγή $1,7 \pm 0,3$ χιλιοστά ανά έτος για τον 20^ο αιώνα. Οι αλλαγές στη διεθνή στάθμη της θάλασσας, όπως προέρχεται από τις αναλύσεις των μετρητών παλίρροιας, επιδεικνύονται στο Γράφημα 2.1.

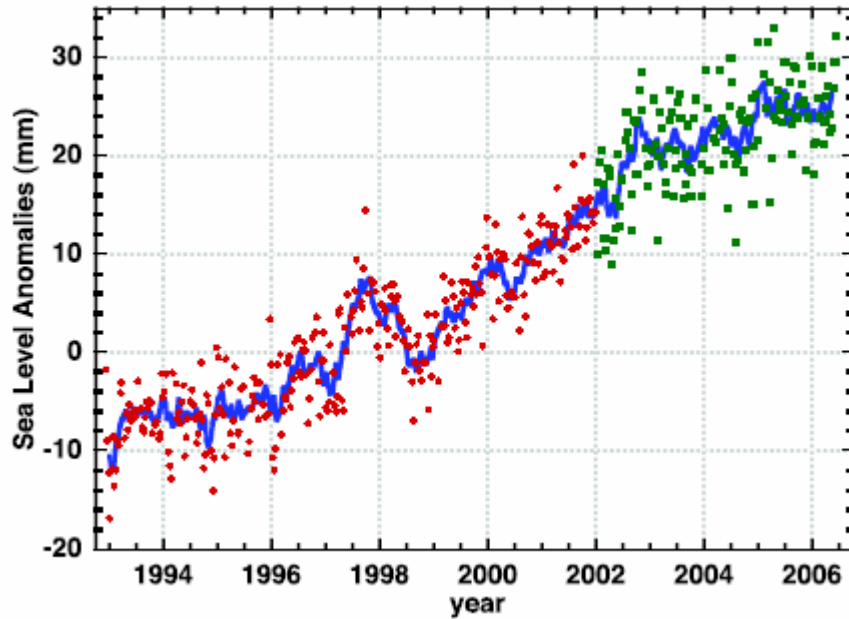


Γράφημα 2.1: Αλλαγές στην διεθνή στάθμη της θάλασσας με χρήση μετρητών παλίρροιας
(Πηγή: IPCC 4SAR)

Από τα παραπάνω αποτελέσματα και παραδεχόμενοι την τρέχουσα υψηλότερη τάση αύξησης που παρουσιάζεται τα τελευταία χρόνια από τα υψομετρικά όργανα, εκτιμήθηκε το ποσοστό για το 1961 ως το 2003 ως $1,8 \pm 0,5$ χιλιοστά ανά έτος, ενώ για τη συνολική περίοδο του 20^{ου} αιώνα ως $1,7 \pm 0,5$ χιλιοστά ανά έτος (Ιστοσελίδα IPCC TAR, 2007). Ενώ οι πρόσφατα δημοσιευμένες εκτιμήσεις της ανόδου της στάθμης κατά τη διάρκεια των τελευταίων δεκαετιών παραμένουν μέσα στη σειρά των τιμών του TAR (δηλαδή 1-2 χιλιοστά ανά έτος), υπάρχει μια άποψη που κερδίζει πολλούς υποστηρικτές, σύμφωνα με την οποία η καλύτερη εκτίμηση βρίσκεται πιο κοντά στα 2 χιλιοστά ανά έτος, απ' ότι στο 1 χιλιοστό ανά έτος. Η χαμηλότερη τιμή στην TAR προέκυψε από τις τοπικές και περιφερειακές μελέτες, ενώ τα τοπικά και περιφερειακά ποσοστά μπορούν να διαφέρουν από τον παγκόσμιο μέσο όρο.

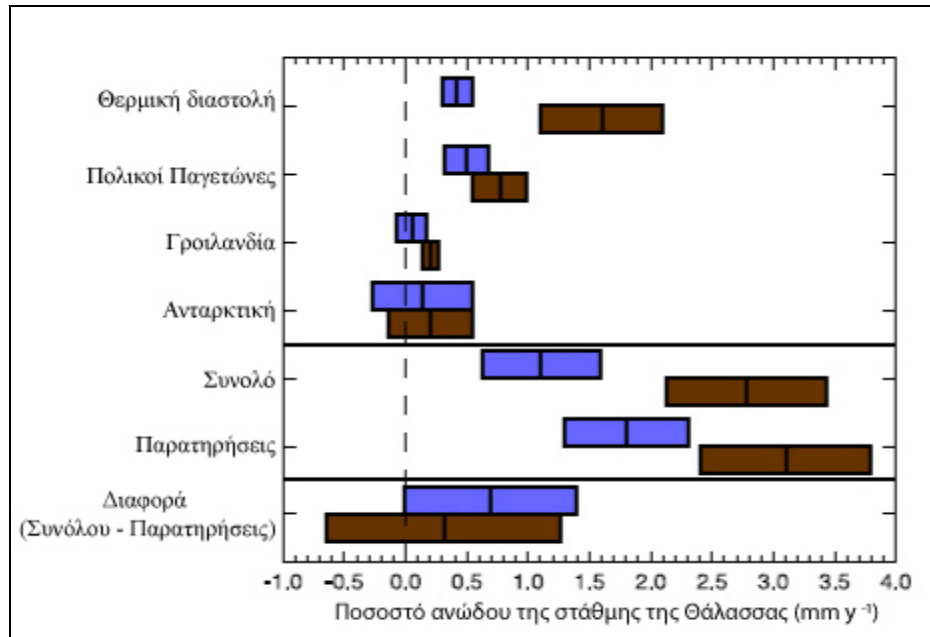
2.5 Αλλαγή στην στάθμη της θάλασσας κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας από δορυφορικά όργανα ένδειξης ύψους

Από το 1992, η παγκόσμια μέση στάθμη θάλασσας μπορεί να υπολογιστεί σε διαστήματα 10 ημερών με τον υπολογισμό μέσου όρου των υψομετρικών μετρήσεων, από τους δορυφόρους TOPEX/Poseidon (T/P) και Jason, για περιοχή κάλυψης (66S σε 66N) (Nerem και Mitchum, 2001). Κάθε εκτίμηση δέκα ημερών της διεθνούς μέσης στάθμης θάλασσας έχει ακρίβεια περίπου 5 χιλιοστά. Πολλές δημοσιεύσεις σχετικές με αποτελέσματα υψομέτρων από δορυφορικές ενδείξεις παρουσιάζουν ως τρέχουσα τιμή ανόδου της στάθμης της θάλασσας $3,1 \pm 0,7$ χιλιοστά ανά έτος από το 1993 ως το 2003. Ένα σημαντικό μέρος του ποσοστού των 3 χιλιοστών ανά έτος αλλαγής έχει αποδειχθεί ότι προκύπτει από τις αλλαγές στο νότιο ωκεανό (Ιστοσελίδα IPCC A4R, 2007).



Γράφημα 2.2: Μεταβολές στη διεθνή μέση στάθμη θάλασσας (διαφορά μέσου όρου από το 1993 ως τα μέσα του 2001) που υπολογίζεται από δορυφορικές μετρήσεις στο υψόμετρο από τον Ιανουάριο του 1993 μέχρι τον Οκτώβριο του 2005, που υπολογίζεται κατά μέσο όρο πάνω από 65S σε 65N
(IPCC, 2007)

Οι διάφορες συνεισφορές στο μέγεθος της αλλαγής της στάθμης της θάλασσας συνοψίζονται στο Γράφημα 2.3 για τις περιόδους 1961 – 2003 και 1993 – 2003. Μερικοί όροι, οι οποίοι είναι γνωστό ότι επηρεάζουν την αλλαγή σε ελάχιστο βαθμό, έχουν παραλειφθεί, συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στον ατμοσφαιρικό υδρατμό και της αλλαγής στην αποθήκευση ύδατος του εδάφους, για την οποία ευθύνεται η αλλαγή του κλίματος.



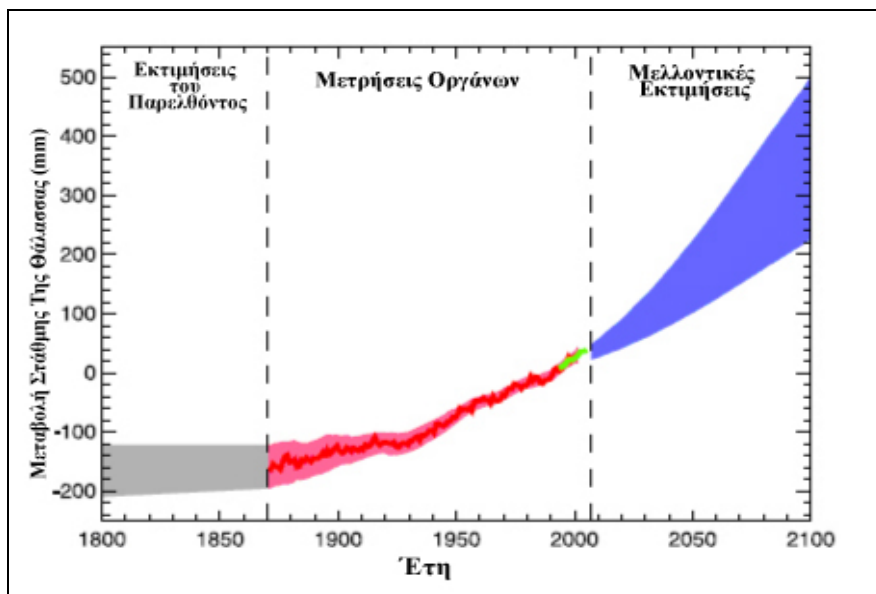
Γράφημα 2.3: Συνεισφορά στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας (μπλε χρώμα: χρονική περίοδος 1961-2003, καφέ χρώμα: χρονική περίοδος 1993-2003 (Πηγή: IPCC AR4, 2008)

2.6 Μελλοντικές εκτιμήσεις ανόδου της στάθμης της θάλασσας

Η διεθνής στάθμη θάλασσας εμφανίζεται αυξανόμενη κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα, ποσοστό μεγαλύτερο από αυτό που ίσχυε κατά τη διάρκεια 1961 – 2003. Στο πλαίσιο της ειδικής έκθεσης της IPCC σχετικά με τα σενάρια εκπομπών, στο σενάριο A1B (SRES), παραδείγματος χάριν, έως τα μέσα του 2090, η διεθνής στάθμη θάλασσας θα φθάσει από 0,22 έως 0,44 μέτρα, υψηλότερα από τα επίπεδα του 1990 και θα αυξάνεται περίπου 4 χιλιοστά ανά χρόνο.

Όπως συνέβη και στο παρελθόν, η αλλαγή της στάθμης της θάλασσας στο μέλλον δε θα είναι γεωγραφικά ομοιόμορφη, με την τοπική αλλαγή της στάθμης να ποικίλλει περίπου μεταξύ ± 0.15 μέτρα του μέσου όρου, σε μια τυπική προβολή μοντέλου. Η θερμική διαστολή εμφανίζεται να συμβάλει περισσότερο από το μισό της μέσης ανόδου, αλλά οι παγετώνες αναμένεται να χάσουν τη μάζα τους με αυξανόμενο ρυθμό κατά την πάροδο του αιώνα.

Μια σημαντική αβεβαιότητα αφορά στην πιθανότητα κατά την οποία η εκφόρτηση του πάγου από τα παγόβουνα θα συνεχίσει να αυξάνεται, σαν συνεπεία της επιταχυνόμενης ροής πάγου, όπως έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια. Αυτό θα ήταν προστιθέμενο στο ποσό ανόδου της στάθμης της θάλασσας, αλλά οι ποσοτικές εκτιμήσεις του ποσού αύξησης δεν μπορούν να γίνουν με βεβαιότητα, εξαιτίας της περιορισμένης κατανόησης των σχετικών διαδικασιών.



Γράφημα 2.4: Εξέλιξη της διεθνούς μέσης στάθμης θάλασσας στον προηγούμενο αιώνα και Προβολή για τον 21ο αιώνα για το A1B σενάριο SRES (Πηγή EPA, 2007)

Το κεφάλαιο TAR της IPCC σχετικά με την αλλαγή της στάθμης της θάλασσας παρέχει τις εκτιμήσεις του κλίματος και άλλων ανθρωπογενών συνεισφορών στην άνοδο της στάθμης για τον 20^ο-αιώνα, βασισμένες συνήθως σε μοντέλα (Church et al., 2001). Το ποσό αυτών των συνεισφορών κυμάνθηκε από -0,8 έως 2,2 χιλιοστά ανά έτος, με μια μέση τιμή 0,7 χιλιοστά ανά έτος, ενώ ένα μεγάλο μέρος αυτής της αβεβαιότητας οφειλόταν στην έλλειψη πληροφοριών για την επιρροή ανθρωπογενών παραγόντων στα επιφανειακά ύδατα.

Για την παρατηρούμενη άνοδο του επιπέδου της θάλασσας κατά την διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, βασισμένη στα αρχεία μετρητών παλίρροιας, οι Church et al. (2001) υιοθέτησαν ως καλύτερη εκτίμηση μια τιμή που κυμαίνεται από 1 έως 2 χιλιοστά ανά έτος, η οποία ήταν δύο φορές μεγαλύτερη από την αντίστοιχη εκτίμηση της IPCC στην TAR (Third Assesment Report) των σχετικών συνεισφορών στην άνοδο της μέσης στάθμης. Έτσι φάνηκε ότι, είτε οι διαδικασίες που προκαλούν την άνοδο της στάθμης είχαν υποτιμηθεί, ή το ποσοστό ανόδου που παρατηρήθηκε με τους μετρητές παλίρροιας είχε απόκλιση προς τις υψηλότερες τιμές.

2.6.1 Σενάρια εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου

Τα σενάρια είναι εναλλακτικές εικόνες παρουσίασης του μέλλοντος και αποτελούν ένα κατάλληλο εργαλείο, με το οποίο μπορεί να αναλυθεί ο τρόπος με τον οποίο οι κινητήριες δυνάμεις μπορούν να επηρεάσουν τις μελλοντικές συνέπειες της εκπομπής αερίων του θερμοκηπίου και να αξιολογήσουν τις σχετικές αβεβαιότητες. Προορισμένα να διερευνήσουν τις πιθανές μελλοντικές

καταστάσεις ενός συστήματος ορισμένου εκ των προτέρων, τα σενάρια πρέπει να περιλαμβάνουν 4 συνιστώσες:

- μια αρχική εικόνα, ή μια εικόνα εκκίνησης,
- μια επιλογή υποθέσεων,
- ένα δρόμο μέχρι τον επιλεγμένο ορίζοντα και
- μια εικόνα της τελικής κατάστασης (ενδεχόμενα με ενδιάμεσες εικόνες).

Τα σενάρια μπορούν να βοηθήσουν στην ανάλυση της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της δημιουργίας κλιματικών μοντέλων και της αξιολόγησης των επιπτώσεων, της προσαρμογής και του μετριασμού των επιφερόμενων επιπτώσεων. Η πιθανότητα ότι η πορεία κάθε ξεχωριστού σεναρίου εκπομπών θα εμφανιστεί όπως περιγράφεται περιέχει μεγάλο ποσοστό αβεβαιότητας..

Η Διακυβερνητική επιτροπή για την αλλαγή του κλίματος (IPCC) ανέπτυξε μακροπρόθεσμα σενάρια εκπομπών αερίων θερμοκηπίου το 1990 και το 1992, με σκοπό την εκτίμηση των μελλοντικών επιπτώσεων από την αύξηση των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου. Αυτά τα σενάρια έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στην ανάλυση της πιθανής αλλαγής του κλίματος, των επιδράσεων της και των επιλογών που θα συντελέσουν στο μετριασμό της αλλαγής του κλίματος. Το 1995, μετά από την αξιολόγηση των σεναρίων, επισημάνθηκε ότι πρέπει να εξεταστούν οι σημαντικές αλλαγές (από το 1992) ως προς την κατανόηση των κινητηρίων δυνάμεων των εκπομπών των αερίων θερμοκηπίου και των μεθοδολογιών. Αυτές οι αλλαγές αφορούν στην κατανόηση, π.χ. τον βαθμό χρήσης άνθρακα στον ενεργειακό ανεφοδιασμό, στο εισοδηματικό χάσμα μεταξύ των αναπτυγμένων και αναπτυσσόμενων χωρών, καθώς και στις εκπομπές θείου. Αυτό οδήγησε σε μια απόφαση της IPCC, το 1996, ώστε να αναπτυχθεί ένα νέο σύνολο σεναρίων. Παρακάτω αναφέρονται τα νέα σενάρια εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, όπως δημοσιεύτηκαν από την IPCC το 2000 (IPCC Emission Scenarios, 2008).

Η οικογένεια (ομάδα) σεναρίου A1 περιγράφει ένα μελλοντικό κόσμο πολύ γρήγορης οικονομικής ανάπτυξης, με τον παγκόσμιο πληθυσμό να φτάνει στο ζενίθ του στα μέσα του αιώνα. Έκτοτε ακολουθεί πτωτική τάση και γρήγορη εισαγωγή νέων και αποδοτικότερων τεχνολογιών. Σημαντικά ελλοχεύοντα θέματα είναι η σύγκλιση μεταξύ των περιοχών, η δημιουργία υποδομών, και οι αυξανόμενες πολιτιστικές και κοινωνικές αλληλεπιδράσεις, με μια ουσιαστική μείωση των περιφερειακών διαφορών στο κατά κεφαλήν εισόδημα. Η ομάδα σεναρίου A1 αναπτύσσεται σε τρεις ομάδες που περιγράφουν τις εναλλακτικές κατευθύνσεις της τεχνολογικής αλλαγής στο ενεργειακό σύστημα. Οι τρεις ομάδες A1 διακρίνονται από την τεχνολογική έμφασή τους σε: εντατικοποίηση στη χρήση ορυκτών καυσίμων (A1FI), μη χρήση ορυκτών καυσίμων (A1T), ή υπαρξη ισορροπίας στη χρήση όλων των πηγών ενέργειας (A1B)³.

Η οικογένεια σεναρίων A2 περιγράφει έναν πολύ ετερογενή κόσμο. Το ελλοχεύον θέμα είναι η αυτάρκεια και η διαφύλαξη των τοπικών ταυτοτήτων. Οι εκτιμήσεις αύξησης του πληθυσμού στις περιοχές συγκλίνουν πολύ αργά, γεγονός το οποίο οδηγεί σε έναν συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό. Η οικονομική ανάπτυξη είναι πρωτίστως προσανατολισμένη περιφερειακά, ενώ τόσο η κατά κεφαλήν οικονομική ανάπτυξη, όσο και η τεχνολογική αλλαγή είναι κατακερματισμένη και πιο αργή απ' ότι σε άλλα σενάρια.

Η B1 οικογένεια σεναρίων περιγράφουν ένα συγκλίνοντα κόσμο με τον ίδιο παγκόσμιο πληθυσμό, που φτάνει στο ζενίθ του στα μέσα του αιώνα και έκτοτε ακολουθεί πτωτική τάση, όπως στην κατηγορία A1, αλλά με τις γρήγορες αλλαγές στις οικονομικές δομές προς μια οικονομία υπηρεσιών και πληροφοριών, με μειώσεις στην ένταση χρήσης υλικών, καθώς και με την εισαγωγή καθαρών και πιο αποδοτικών τεχνολογιών. Έμφαση δίνεται στις παγκόσμιες λύσεις στην οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα, συμπεριλαμβανομένης της βελτιωμένης δικαιοσύνης, αλλά χωρίς πρόσθετες πρωτοβουλίες για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος.

Η οικογένεια σεναρίων B2 περιγράφει έναν κόσμο στον οποίο δίνεται έμφαση στις τοπικές λύσεις με στόχο την οικονομική, κοινωνική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα. Είναι ένας κόσμος με συνεχώς αυξανόμενο παγκόσμιο πληθυσμό σε ποσοστό χαμηλότερο από το σενάριο A2, ενδιάμεσα επίπεδα οικονομικής ανάπτυξης και λιγότερο γρήγορης και διαφόρων ειδών τεχνολογικής αλλαγής απ' ότι στις ομάδες σεναρίων B1 και A1. Ενώ το σενάριο προσανατολίζεται επίσης προς την προστασία του περιβάλλοντος και την κοινωνική δικαιοσύνη, εστιάζει στο τοπικό και περιφερειακό επίπεδο.

Πίνακας 2.2: Αύξηση Θερμοκρασίας - στάθμης της θάλασσας ανά σενάριο εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου (Πηγή: IPCC AR4)

Σενάρια SRES	Αύξηση Θερμοκρασίας	Άνοδος στάθμης της θάλασσας
Σενάριο B1 Κατώτερο σενάριο	1.1 έως 2.9 °C	18 έως 38 cm
ΣενάριοA1T	1.4 έως 3.8 °C	20 έως 45 cm
ΣενάριοB2	1.4 έως 3.8 °C	20 έως 43 cm]
ΣενάριοA1B	1.7 έως 4.4 °C	21 έως 48 cm
ΣενάριοA2	2.0 έως 5.4 °C	23 έως 51 cm
ΣενάριοA1FI Υψηλότερο σενάριο	2.4 έως 6.4 °C	26 έως 59 cm

2.8 Παράκτιες περιοχές της Μεσογείου

Η παρούσα και η μελλοντική αλλαγή της στάθμης της θάλασσας είναι ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, λόγω του πιθανού αντίκτυπου τόσο στους ανθρώπινους πληθυσμούς που ζουν στις παράκτιες περιοχές και στα νησιά, όσο και στην πλούσια χλωρίδα και πανίδα τους. Οι παράκτιες περιοχές σχεδόν παντού στον πλανήτη βρίσκονται κάτω από μια σχεδόν ολοκληρωτική ανθρώπινη 'κατοχή'. Σε μεγάλο ποσοστό παγκοσμίως, οι ακτές είναι υπερανεπτυγμένες και επιβαρυνμένες. Μια από τις πιο επιβαρυνμένες ακτές στον κόσμο είναι αυτή της Μεσογείου. Ο σημερινός πληθυσμός των χωρών της Μεσογειακής λεκάνης είναι περίπου 380 εκατομμύρια, με 146 εκατομμύρια να ζουν κατά μήκος της ακτής και επιπλέον 100 εκατομμύρια τουριστών να συρρέουν στις ακτές της, κατά την καλοκαιρινή περίοδο. Σύμφωνα με τις δημογραφικές μελλοντικές προβολές που δημιουργήθηκαν από το μεσογειακό πρόγραμμα δράσης (M.A.P.), ο μόνιμος πληθυσμός της λεκάνης της Μεσογείου θα μπορούσε να φθάσει τα 555 εκατομμύρια μέσα σε 30 έτη. Πιο ανησυχητικό είναι το γεγονός ότι ο αστικός πληθυσμός των παράκτιων περιοχών της Μεσογείου θα μπορούσε να ανέλθει σε 176 εκατομμύρια, δηλαδή 30 εκατομμύρια περισσότεροι άνθρωποι από τον συνολικό παράκτιο πληθυσμό για το έτος 1990! (Ιστοσελίδα AAAS, 2008). Παρακάτω αναφέρονται κάποιες μελέτες που αφορούν στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας στη Μεσόγειο.

2.7 Περιπτώσιολογικές μελέτες

Οι Sánchez-Arcilla et al. (1996) μελέτησαν την επιρροή του φαινομένου της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής στο δέλτα του Έβρου, που βρίσκεται βορειοδυτικά της Μεσογείου στην Ισπανία. Οι προς μελέτη παράγοντες αφορούν στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας, την αύξηση της αλατότητας, την αλλαγή της θερμοκρασίας και την αλλαγή καιρικών φαινομένων. Το γεγονός αυτό αναμένεται να έχει σοβαρές επιπτώσεις, λόγω της ευπάθειας αυτών των φυσικών σχηματισμών, όσον αφορά στους φυσικούς πόρους, καθώς και στις σχετιζόμενες με αυτούς οικονομικές δραστηριότητες. Στόχος λοιπόν, της συγκεκριμένης ομάδας είναι ο καθορισμός της ευπάθειας της συγκεκριμένης περιοχής, καθώς και της απόκρισής της στην κλιματική αλλαγή, έτσι ώστε να γίνεται λήψη αποφάσεων για μια ολοκληρωμένη διαχείριση. Κατά τη διάρκεια της μελέτης παρατηρήθηκε έλλειψη πληροφοριών σε σημαντικό βαθμό, για την ολοκληρωμένη λειτουργία αυτού του τύπου συστήματος. Παρόλα αυτά, προτάθηκε να γίνει συνδυασμός των υφιστάμενων και νέων μέτρων (ιζηματογένεση, διαμόρφωση του εδάφους και παράκτια περιθωριακή απόκριση), με ένα ενσωματωμένο (φυσικό – οικολογικό) θεμελιώδες μοντέλο της συμπεριφοράς των δέλτα. Στη συγκεκριμένη μελέτη δε γίνεται αναφορά στην αλληλεπίδραση των παραπάνω εργαλείων, με κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες, όπου θα μπορούσαν να δώσουν σενάρια, σύμφωνα με τα οποία

θα αντιμετωπίζονταν οι επιπτώσεις από την αλλαγή του κλίματος. Η έρευνα αυτή αποτελεί ένα περαιτέρω βήμα, όπου τα αποτελέσματα αναμένεται να παρέχουν πολύτιμες πληροφορίες για τη βιώσιμη διαχείριση της περιοχής.

Μία αρχική μελέτη των Nicholls & Hoozemans (1996) είναι αυτή για την επίδραση της αλλαγής του κλίματος στις παράκτιες περιοχές της Μεσογείου, με σκοπό τη βελτίωση της διαχείρισης των περιοχών αυτών. Διάφορες μελέτες, στις οποίες ανέτρεξαν οι Nicholls & Hoozemans, υποδεικνύουν το γεγονός ότι η Μεσόγειος είναι ιδιαίτερα ευπαθής στις πλημμύρες από κύματα θύελλας, όσο αυξάνεται η στάθμη της θάλασσας: άνοδος ενός μέτρου της θάλασσας, θα μπορούσε να προκαλέσει αύξηση στον πληθυσμό που θα βίωνε αυτό το φαινόμενο, κατά 6 φορές, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η πληθυσμιακή αύξηση. Μέσα από τη μελέτη βγήκε το συμπέρασμα ότι, όλοι οι παράκτιοι υγρότοποι θεωρούνται απειλούμενοι, ενώ και σε άλλες περιπτώσεις μελετών συναντάται η ανάγκη για την αναγνώριση της αξίας της αλλαγής του κλίματος, κατά το σχεδιασμό και τη διαχείριση των παράκτιων περιοχών. Στις περιοχές που συναντώνται ιδιαίτεροι φυσικοί σχηματισμοί, όπως είναι τα δέλτα, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θεωρείται σημαντικό ζήτημα, καθιστώντας απαραίτητη την αντιμετώπιση αυτού του θέματος, λαμβάνοντας υπόψη τις επιδράσεις από την αλλαγή του κλίματος. Καταλήγοντας, οι Nicholls & Hoozemans υποστηρίζουν ότι, δεδομένης της αβεβαιότητας που υπάρχει για το μέλλον, ο προγραμματισμός για την αντιμετώπιση της αλλαγής του κλίματος, θα συμπεριλάβει τον καθορισμό και την εφαρμογή δυναμικών μέτρων χαμηλού κόστους, όπως είναι σχεδιασμός χρήσεων γης, καθώς και τον καθορισμό των τομέων ή δραστηριοτήτων που μπορούν να συμβιβαστούν με την πιθανή κλιματική αλλαγή. Στην τελευταία περίπτωση, οποιαδήποτε απαραίτητη επένδυση μπορεί να θεωρηθεί ως συνετό 'ασφαλιστήριο συμβόλαιο' (prudent 'insurance policy').

Οι Nicholls et al. (1999) επέλεξαν να επεκταθούν στην έρευνα του Hoozemans et al. και να πραγματοποιήσουν μία δυναμική ανάλυση της δουλειάς του. Με τον τρόπο αυτό, αναπτύσσουν βελτιωμένες εκτιμήσεις για πλημμύρα λόγω των κυμάτων θύελλας και για απώλειες των υγροτόπων, λόγω της επιταχυνόμενης ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Εξετάζονται οι επιπτώσεις ταυτόχρονα μεταβαλλόμενων παραγόντων, όπως είναι: (1) η παγκόσμια άνοδος και υποχώρηση της στάθμης της θάλασσας, (2) ο πληθυσμός που αναπτύσσεται στις παράκτιες περιοχές και (3) οι βελτιωμένες δράσεις για την αντιμετώπιση των πλημμυρών (χρησιμοποιώντας ως παράμετρο, το ΑΕΠ ανά κεφαλή). Τα παγκόσμια σενάρια για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας εξάχθηκαν από δύο πειράματα Μοντέλων Γενικής Κυκλοφορίας (General Circulation Models του κέντρου Hadley: (1) το πείραμα HadCM2 για το σύνολο των αερίων θερμοκηπίου και (2) το πιο πρόσφατο πείραμα HadCM3. Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται παγκόσμια άνοδος της

στάθμης της θάλασσας περίπου 38 cm, για την περίοδο 1990 – 2080, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη, οποιαδήποτε αλλαγή στο κλίμα. Με βάση την ανάλυση του σεναρίου, σύμφωνα με το οποίο δε λαμβάνεται υπόψη η άνοδος της στάθμης της θάλασσας, υποδεικνύεται ότι ο αριθμός των ανθρώπων που θα επηρεαστεί από κύμα θύελλας σε ένα χρόνο, θα είναι πάνω από 5 φορές μεγαλύτερος, από τον αντίστοιχο αριθμό ανθρώπων που θα επηρεαστεί από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, μέχρι το 2080. Οι περισσότεροι από αυτούς τους ανθρώπους θα βιώνουν ετησίως ή και συχνότερα πλημμύρες, με αποτέλεσμα η αύξηση της συχνότητας των πλημμυρών να λαμβάνεται περισσότερο σαν ενόχληση, καθιστώντας αναγκαία κάποια μέτρα προστασίας. Περισσότερο ευπαθής στις πλημμύρες θεωρείται η Μεσόγειος, καθώς και η Νότια και Νοτιοανατολική Ασία. Εντούτοις, η Καραϊβική, τα νησιά του Ινδικού Ωκεανού και τα μικρά νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού, μπορεί να βιώσουν τη μεγαλύτερη σχετική αύξηση στον κίνδυνο πλημμυρών. Σύμφωνα με τους Nicholls et al., η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα μπορούσε να προκαλέσει απώλεια των παράκτιων υγροτόπων παγκοσμίως, σε ποσοστό 22%, μέχρι το 2080, όπου σε συνδυασμό με τις αρνητικές επιδράσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες, υπολογίζεται με αβεβαιότητα, ότι μέχρι και την ίδια χρονιά, θα μπορούσε να χαθεί μέχρι και το 70%, των παράκτιων υγροτόπων παγκοσμίως. Οι μεγαλύτερες απώλειες λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, που παρατήρησαν οι Nicholls et al., αναμένονται να συμβούν στην περιοχή της Μεσογείου και της Βαλτικής και σε μικρότερο βαθμό στις Ατλαντικές ακτές της Κεντρικής και Νότιας Αμερικής, καθώς και στα μικρότερα νησιά της Καραϊβικής. Δεδομένων των προβλέψεων για τις δυσμενείς επιδράσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, θα πρέπει να είναι άμεση η απόκριση, μέσω στρατηγικού σχεδιασμού, ώστε να αποκομιστούν και τα αντίστοιχα οφέλη.

Οι El Raey et al. (1999) μελέτησαν τις επιδράσεις που θα επιφέρει η άνοδος της στάθμης της θάλασσας στην πόλη του Port Said στην Αίγυπτο, χρησιμοποιώντας μεθόδους τηλεπισκόπησης και Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS). Χρησιμοποιήθηκε ο κανόνας του Bruun, ώστε να υπολογιστεί η οριζόντια υποχώρηση του εδάφους, βάσει τριών σεναρίων για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, λαμβάνοντας υπόψη τους ρυθμούς καθίζησης της περιοχής. Η επικάλυψη των χρήσεων γης με το επίθεμα της οριζόντιας υποχώρησης του εδάφους, βοήθησε στον υπολογισμό των πιθανών απωλειών και του κοινωνικού αντίκτυπου. Τα αποτελέσματα που απέσπασαν οι El Raey et al., έδειξαν σοβαρές φυσικές και κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις, γι' αυτό και προτείνεται να ληφθούν μέτρα προστασίας, με έμφαση στη δημιουργία κυματοθραυστών κατά μήκος των περισσότερο ευπαθών ακτογραμμών.

Μια μελέτη που έρευνα την ευαισθησία της ευρύτερης περιοχής που καλύπτει την ακτή του Δέλτα του Νείλου, σε σχέση με την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, είναι αυτή των El Raey et al. (1999). Στη συγκεκριμένη περίπτωση, έγινε εκτίμηση της ευπάθειας δύο πολύ σημαντικών

πολιτειών στη Μεσογειακή ακτή, της περιοχής Governorates της Αλεξάνδρειας και Port Said Governorate, καθώς και των αναμενόμενων απωλειών σε κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκε ποσοτική αξιολόγηση των επιπτώσεων της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, όπου αναλύθηκαν οι επιλογές, καθώς και τα κόστη της προσαρμογής των περιοχών αυτών, στην αλλαγή που θα επιφέρει το φαινόμενο. Η πολυκριτηριακή προσέγγιση και η προσέγγιση λήψεως αποφάσεων μέσω της μεθόδου των μητρών (decision matrix), βασίστηκαν σε ερωτηματολόγια, βάσει των οποίων πραγματοποιήθηκε η διερεύνηση προτεραιοτήτων στις δύο περιπτώσεις μελετών. Από τα αποτελέσματα της έρευνας φάνηκε ότι υπάρχουν περιορισμένες πιθανότητες για αλλαγή εργασιακών θέσεων των ευπαθών κοινωνικών ομάδων. Επίσης, εξάχθηκε το συμπέρασμα ότι το κόστος αποτελεί το κύριο εμπόδιο της υλοποίησης της προσαρμογής. Η πλειοψηφία των συμβαλλόμενων μερών πρότεινε ενέργειες προστασίας, ενώ η καλύτερη άμεση επιλογή για τον εμπλουτισμό των παραλιών είναι ήπιες κατασκευές, όπως βουβόνες και κυματοθραύστες. Τέλος, οι El Raey et al. καταλήγουν στην αναγνώριση της αξίας της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιων Ζωνών.

Ο Vött (2007) μέσω της μελέτης του παρουσίασε γραφήματα, στα οποία περιέχονται καμπύλες σχετικές με την πορεία του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας, για 7 παράκτιες περιοχές στην Ακαρνανία και τη βορειοδυτική Πελοπόννησο, χρονολογούμενες από τα μέσα Ολόκαινου. Οι διακυμάνσεις της στάθμης της θάλασσας συνάχθηκαν από 48 χρονολογημένους ιζηματολογικούς σταθμούς 14C-AMS για τη μέτρηση της στάθμης της θάλασσας, από 27 δείγματα (καρότα) γεωλογικών αρχείων που εξάχθηκαν με γεώτρηση σε περιοχές κοντά στην ακτή, καθώς και από 6 αρχαιο-γεωλογικούς δείκτες για τη στάθμη της θάλασσας, γνωστών ηλικιών. Αναδημιουργήθηκαν επτά καμπύλες στάθμης της θάλασσας, συμπεριλαμβανομένων των ζωνών αβεβαιότητας, για μια παράκτια ζώνη που εκτείνεται μια απόσταση 150km. Παρατηρήθηκαν αξιοσημείωτες ενδοπεριφερειακές διαφορές στην εξέλιξη της στάθμης της θάλασσας, οι οποίες οφείλονται κατά κύριο λόγο στην τεκτονική δραστηριότητα, για την οποία δίνονται ποσοτικές πληροφορίες, μέσω του υπολογισμού των διαφορών των τοπικών μέσων καμπυλών της στάθμης της θάλασσας. Γενικά, σύμφωνα με το Vött, η στάθμη της θάλασσας στη βορειοδυτική Ελλάδα δεν έχει υπάρξει σε υψηλότερο επίπεδο, μέχρι τώρα. Οι παράκτιες πεδιάδες Παλαιρός και Elis παρουσιάζουν σημάδια της ανόδου της στάθμης, ενώ οι πεδιάδες Μύτικας και Boukka υποχωρούν έντονα. Τα αποτελέσματα που εξάγονται δείχνουν ότι, από γεωδυναμικής απόψεως, το νοτιοδυτικό περιθώριο της Ακαρνανίας είναι διαστρεβλωμένο, ενώ ο τεκτονικός φραγμός φαίνεται να κινείται νοτιοδυτικά. Τα ισχυρότερα ποσοστά καθίζησης παρατηρούνται στην κεντρική Ακαρνανία, ενώ στα περιθώρια της Ακαρνανίας, η καθίζηση μειώνεται από την επιρροή της ισχυρής ανόδου των

παρακείμενων περιοχών, όπως συμβαίνει στην ευρύτερη περιοχή της Πρέβεζας και τη βόρεια Πελοπόννησο.

Άλλη μία μελέτη, για την ευπάθεια των χαμηλού υψομέτρου παράκτιων περιοχών στην Τουρκία, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, διεξήγαγαν οι Demirkesen et al. (2007). Για τη μελέτη αυτή λήφθηκαν υπόψη τρία σενάρια, σύμφωνα με τα οποία η στάθμη της θάλασσας, θα ανυψωθεί 1, 2 και 3 μέτρα, αντιστοίχως, μέχρι το 2205. Μέσω της δημιουργίας υψομετρικού μοντέλου εδάφους, προσδιορίστηκε η έκταση, καθώς και η κατανομή των παράκτιων πεδιάδων, όλων των επιπέδων κινδύνου. Με τη βοήθεια της χωρο-χρονικής ανάλυσης ανακαλύφθηκε ότι, θα υπάρξουν παράκτιες εκτάσεις των 545, 1.286 και 2.125 km², με μέσες εκτιμήσεις των 5, 10 και 15 mm ύψος πλημμύρας ανά έτος, αντίστοιχα, σε χρονικό διάστημα 200 ετών. Αυτό είναι ισοδύναμο με τις ελάχιστες και μέγιστες απώλειες εδάφους μέχρι το 2205, της τάξεως 0,1-0,3% της συνολικής περιοχής και 1.3-5.2% των παράκτιων περιοχών με υψόμετρο κάτω από 100m στη χώρα, αντίστοιχα. Όπως υποστηρίζουν οι Demirkesen et al., η συγκεκριμένη μελέτη, όντας μια αρχική εκτίμηση της ευπάθειας της περιοχής στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας, θα βοηθήσει τους λήπτες αποφάσεων και τα λοιπά συμβαλλόμενα μέρη, να αναπτύξουν κατάλληλες πολιτικές, καθώς και μέτρα για το σχεδιασμό χρήσεων γης.

Οι Snoussi et al. (2008), μελέτησαν την επίδραση της αύξησης της στάθμης της θάλασσας στο φυσικό και κοινωνικοοικονομικό επίπεδο, παράγοντες που χαρακτηρίζουν την ανατολική περιοχή της Μεσογειακής Ακτής του Μαρόκο. Η κατάσταση στην περιοχή παρατηρείται τρωτή, εξαιτίας του χαμηλού τοπογραφικού ανάγλυφου και της υψηλής οικολογικής και τουριστικής αξίας. Οι εκτιμήσεις που έχουν γίνει για την πιθανή απώλεια εδάφους, λόγω πλημμυρών, στηρίχτηκαν σε εμπειρικές προσεγγίσεις, χρησιμοποιώντας ένα ελάχιστο επίπεδο πλημμυρών 2m και ένα μέγιστο 7m, αντιστοίχως, ενώ τα σενάρια για τη μελλοντική αύξηση της στάθμης της θάλασσας κυμαίνονται σε ένα εύρος 200-860mm, με την καλύτερη εκτίμηση να αντιστοιχεί στα 490mm. Οι επιδράσεις στον κοινωνικοοικονομικό τομέα βασίστηκαν σε δύο εναλλακτικά σενάρια, όπου στο 1^ο προβάλλεται η χειρότερη περίπτωση, ενώ στο 2^ο η καλύτερη. Σύμφωνα με το 1^ο σενάριο, συνδυάζεται η προτεραιότητα που δίνεται στην οικονομική ανάπτυξη με το μέγιστο επίπεδο πλημμυρών, ενώ αντιθέτως σύμφωνα με το 2^ο γίνεται ο συνδυασμός της προτεραιότητας για βιωσιμότητα με το ελάχιστο επίπεδο πλημμυρών. Μέσω ανάλυσης των πλημμυρών, βασισμένης σε Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και προσεγγίσεων για τη διάβρωση μέσω μοντέλων, καθορίστηκαν οι τοποθεσίες, καθώς και οι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες που εκτίθενται σε άμεσο κίνδυνο από την επιταχυνόμενη αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Μέσω των αποτελεσμάτων βγήκε το συμπέρασμα ότι, με την πλημμύρα θα χαθούν από την περιοχή ποσοστά 24% και 59%, του ελάχιστου και μέγιστου ορίου, αντιστοίχως. Οι τομείς που θα πληγούν σε

σημαντικό βαθμό, αναμένονται να είναι οικιστικές περιοχές, περιοχές αναψυχής, αγροτική γη και το φυσικό οικοσύστημα της περιοχής, ενώ η διάβρωση της ακτής αναμένεται να επηρεάσει σε ποσοστό 50 και 70% της συνολικής περιοχής, για τα έτη 2050 και 2100, αντιστοίχως. Σύμφωνα με τους Snoussi et al., πιθανές στρατηγικές ώστε να βελτιωθεί ο αντίκτυπος των πλημμυρών από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας, αφορούν σε: διατήρηση υγροτόπων, εμπλουτισμό παραλιών σε τουριστικά θέρετρα και αναδάσωση των αμμόλοφων. Προτείνουν για την περιοχή λήψη μέτρων, όπως είναι κανονισμοί δόμησης, σχεδιασμός αστικής μεγέθυνσης και ανάπτυξης, προσαρμοσμένα σε ένα Σχέδιο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιων Ζωνών, εφόσον η συγκεκριμένη περιοχή θα αποτελέσει ένα από τα πιο ανεπτυγμένα τουριστικά θέρετρα στο Μαρόκο, μέχρι το 2010.

Εκτιμήσεις για την αύξηση της στάθμης της θάλασσας κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, προσπάθησαν να αναδείξουν οι Tsimplis et al. (2008). Για την ανάδειξη των εκτιμήσεων, χρησιμοποιήθηκε ένα Χωρικό Κλιματικό Μοντέλο Ατμόσφαιρας-Ωκεανού (Atmosphere-Ocean Regional Climate Model), σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά της Μεσογειακής Λεκάνης, η οποία βάλλεται από απορροές ποταμών και εισροές από τον Ατλαντικό Ωκεανό και τη Μαύρη Θάλασσα. Σύμφωνα με το 2^ο σενάριο, που αντιστοιχεί σε υψηλά επίπεδα συγκέντρωσης αερίου ανθρωπογενούς προέλευσης στην ατμόσφαιρα, ερευνήθηκαν οι αλλαγές στη θερμοκρασία και την αλατότητα, σε διαφορετικές υπο-λεκάνες και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της αλλαγής του επιπέδου της θάλασσας στην περιοχή, όπου παρατηρήθηκε σημαντική χωρική μεταβλητότητα. Το συγκεκριμένο μοντέλο προβάλλει τη μέγιστη χωρική άνοδο της στάθμης της θάλασσας, σε επίπεδο 25 cm. Αντίστοιχα, η μέση χωρική άνοδος της στάθμης της θάλασσας προβλέπεται να είναι περίπου 13 cm, με τις χαμηλότερες τιμές στην Ανατολική Μεσόγειο και τις μεγαλύτερες στη δυτική. Οι αντίστοιχες τιμές για τις παράκτιες στάθμες της θάλασσας παρατηρούνται μικρότερες, γεγονός που εν μέρει οφείλεται στο μικρότερο εύρος κάθετων διαβαθμίσεων, κατά τον υπολογισμό αλλαγών του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας. Επίσης, προβλέπεται ότι η θέρμανση και η αλλαγή στην αλατότητα ενδιάμεσων υδάτων, θα συμβούν ταυτόχρονα, με αποτέλεσμα να αντισταθμίζουν, εν μέρει, η μία την άλλη. Τα αποτελέσματα των αλλαγών στην ατμοσφαιρική πίεση προστέθηκαν στο χωρικό επίπεδο της στάθμης της θάλασσας, αντισταθμίζοντας και πάλι μερικές από τις θερμικές επεκτάσεις. Διεξήχθη επίσης το συμπέρασμα ότι, σε μερικές περιοχές θα παρατηρηθεί άνοδος της στάθμης της θάλασσας, λόγω των αλλαγών στην κυκλοφορία των ρευμάτων. Δεν έχουν προβλεφθεί κάποιες εποχιακές μεταβολές για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, οι οποίες να δείχνουν ότι οι εποχιακοί κύκλοι θα μείνουν απρόσβλητοι. Τα αποτελέσματα που αναλύθηκαν παράχθηκαν από την εφαρμογή ενός και μόνο μοντέλου και για το λόγο αυτό, μπορούν να θεωρηθούν μόνο ως μέρος μιας μεθοδολογικής μελέτης. Οι Tsimplis et al. καταλήγουν στο ότι πρέπει να εφαρμοστεί και να διατυπωθεί πληθώρα μοντέλων και σεναρίων,

αντίστοιχα, ώστε να καθορισθεί μία πιο ευρεία άποψη για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας στη Μεσογειακή λεκάνη, καθώς και για τις σχετικές αβεβαιότητές της.

3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το νησί της Λέσβου ανήκει στο σύμπλεγμα των νησιών του Βόρειο-Ανατολικού Αιγαίου, βρίσκεται στο Αιγαίο Πέλαγος και απέχει ελάχιστα από την Τούρκικη ακτογραμμή. Είναι το τρίτο σε μέγεθος ελληνικό νησί μετά την Κρήτη και την Εύβοια, με έκταση 1.633 τ.χλμ., ακτογραμμή 370 χλμ. και πληθυσμό 90.634 κατοίκους (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001). Απέχει 188 ναυτικά μίλια (ν.μ.) από τον Πειραιά, 218 ν.μ. από τη Θεσσαλονίκη και 55 ν.μ. από τη Χίο. Πρωτεύουσα του νησιού, καθώς και του ομώνυμου Νομού Λέσβου είναι η Μυτιλήνη, κτισμένη στο νοτιοανατολικό άκρο του νησιού. Σύγχρονη πόλη, διοικητικό, εμπορικό και πνευματικό κέντρο, με πληθυσμό 27.247 κατοίκων (Ε.Σ.Υ.Ε., 2001). Είναι έδρα του Νομού Λέσβου και της Περιφέρειας του Βορείου Αιγαίου, που εκτός από τη Λέσβο περιλαμβάνει τη Χίο και τη Λήμνο .

Το νησί υπολογίζεται ότι αποκόπηκε από την χέρσο πριν από 9000 χρόνια και έτσι η βλάστηση αποτελεί κομμάτι της βλάστησης των ασιατικών παραλιών.



Χάρτης 3.1: Βόρειο-Ανατολικό Αιγαίο

3.1 Φυσικό Περιβάλλον

Το φυσικό περιβάλλον της Λέσβου παρουσιάζει υψηλή ποικιλομορφία τοπίων, καθώς επίσης και εξαιρετική βιοποικιλότητα, χαρακτηριστικά αξιοπρόσεκτα για ένα νησί. Αξίζει να αναφερθούν η κάλυψη υψηλών δασών, οι μεγάλης έκτασης ελαιώνες και οι περιοχές Natura 2000 (κόλπος Καλλονής και χερσαία παράκτια ζώνη, κόλπος Γέρας, έλος Ντίρι, όρος Όλυμπος, παράκτιοι υγρότοποι κόλπου Καλλονής, δυτική χερσόνησος-απολιθωμένο δάσος) (Ιστοσελίδα Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε, 2008).

3.1.1 Γεωμορφολογία

Από γεωμορφολογικής άποψης, η Λέσβος έχει επίπεδο έως ημι-ορεινό ανάγλυφο και μπορεί να χαρακτηριστεί τυπική νησιωτική, όπου οι ομαλές εδαφικές κλίσεις αλληλοδιαδέχονται τις απότομες, σχηματίζοντας συνάμα πεδινές εκτάσεις στα παράλια τμήματα. Στο βόρειο μέρος του νησιού συναντάται το βουνό Λεπέτυμνος με υψόμετρο 968 μέτρα, ενώ στο νότιο μέρος συναντάται το βουνό Όλυμπος με ύψος 967 μέτρα και στο δυτικό μέρος του νησιού το βουνό Ψηλοκούδουνο. Οι σημαντικότερες πεδιάδες είναι αυτές της Γέρας, της Καλλονής και του Ιππείου (Ιστοσελίδα Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης Λέσβου, Φεβρουάριος 2008).

Τα εδάφη του Νότιου και Ανατολικού τμήματος του νησιού είναι αμμοπηλώδους έως πηλοαμμώδους σύστασης και προήλθαν από ασβεστόλιθους και αργιλικούς σχιστόλιθους με την επίδραση κλιματοβιολογικών παραγόντων.

Τα εδάφη του δυτικού και βορείου τμήματος του νησιού, καθώς και της περιοχής Πολιχνίτου είναι αργιλοαμμώδη έως και αργιλώδη και προήλθαν από ηφαιστιογενή πετρώματα. Τα πεδινά και κυρίως το λεκανοπέδιο της Καλλονής είναι αλλουβιακές αποθέσεις.

3.1.2 Κλιματολογικά στοιχεία

Το κλίμα της Λέσβου είναι το τυπικό μεσογειακό με ήπιους και υγρούς χειμώνες, ενώ χαρακτηρίζεται από σχετικά θερμά και ξηρά καλοκαίρια, με χαρακτηριστικό τις παρατεταμένες περιόδους ηλιοφάνειας κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του έτους. Από κλιματολογικής πλευράς το έτος μπορεί να χωριστεί κυρίως σε δυο εποχές. Τη ψυχρή και βροχερή χειμερινή περίοδο που έχει διάρκεια από τα μέσα Οκτωβρίου μέχρι και το τέλος Μαρτίου και τη θερμή και άνομβρη που διαρκεί από τον Απρίλιο μέχρι τον Οκτώβριο. Κατά τη χειμερινή περίοδο οι ψυχρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με την ελάχιστη θερμοκρασία να κυμαίνεται κατά μέσο όρο μεταξύ 5 και 10 °C. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, το τοπικό κλίμα είναι αρκετά κρύο με υψηλή βροχόπτωση, αλλά χωρίς παγετό. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, το κλίμα είναι θερμό και ξηρό με υψηλές τιμές των ωρών ηλιοφάνειας (2.734 ημέρες/έτος) και μέση υγρασία σε ποσοστό περίπου 63%. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχοπτώσεων είναι 725 χιλ. με τη μέγιστη τιμή να εμφανίζεται το Δεκέμβριο (152.7 χιλ.) και την ελάχιστη τον Ιούλιο (2.7 χιλ.). Η μέση ετήσια θερμοκρασία υπολογίζεται στους 17.60 °C, με τη μέγιστη τιμή τον Ιούλιο (30.40) και την ελάχιστη τον Ιανουάριο 6.80 °C. Η περίοδος συννεφιάς είναι επίσης υψηλή και υπολογισμένη σε 62.7 ημέρες ετησίως, κυρίως κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών. Ο αριθμός ημερών με ομίχλη είναι 0.2 ετησίως. Η κύρια κατεύθυνση του αέρα είναι Βόρειος, Βορειοανατολικός, Βορειοδυτικός από τον Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο και Νότιος κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων μηνών. Η μέση ταχύτητα του αέρα είναι 2.3-3.2 BF (Εκθεση ΟΟΣΑ, 2000:2).

3.1.3 Χλωρίδα

Το μεγαλύτερο μέρος του νησιού καλύπτεται από πευκοδάση με κυρίαρχα είδη τα *Pinus brutia* και *Pinus nigra*, ακολουθούν τα φρυγανικά οικοσυστήματα *Sarcopoterium spinosum* και σε μικρότερα ποσοστά τα δάση βελανιδιάς *Quercus aegilops*, οι καστανιόνες *Castanea sativa* και τα μακί (*Maquis*) ένα άλλο είδος οικοσυστήματος του Βορείου-Ανατολικού Αιγαίου.

Στις αμμώδεις παραλίες του νησιού φύεται ο κοινός κρίνος (*Pancretium maritimum*) που κινδυνεύει από την τουριστική ανάπτυξη. Στη Λέσβο μεταξύ των χωριών Παράκοιλα, Χίδηρα, Βατούσα, Ρεύμα, Ανεμότια, σε ύψος 60-760 μέτρα συναντάται ο φυλλοβόλος θάμνος με μεγάλα λουλούδια, (*Rhododendron luteum Sweet*) που θεωρείται ως κατάλοιπο της τριτογενούς περιόδου, όταν η Λέσβος ήταν ενωμένη με την απέναντι ασιατική ακτή, ενώ θεωρείται εξαιρετικής σπουδαιότητας, αφού δεν αναπτύσσεται πουθενά αλλού στην Ελλάδα.

Η απήγανος *Ruta montana* είναι ένα σπάνιο είδος που διαφέρει σημαντικά από όλα τα άλλα είδη *Ruta* της ελληνικής χλωρίδας. Η κύρια κατανομή της είναι στη Βορειοδυτική Ευρώπη, ενώ στη Λέσβο έχει βρεθεί κοντά στο χωριό Μεσότοπος. Η *Lavandula cariensis Boiss* είναι ένα ασιατικό είδος, της οποίας οι μόνες τοποθεσίες στην Ελλάδα εντοπίζονται κοντά στα χωριά Αγία Μαρίνα και Μεσότοπος, στη Λέσβο. Το *Adenocarpus complicatus* είναι ένας μικρός θάμνος κοντά στο χωριό Μεσότοπος. Χρησιμοποιείται ως καύσιμο και οι νέοι βλαστοί και τα λουλούδια αποτελούν τροφή για τα εγχώρια ζώα, τα οποία είναι και οι κύριες απειλές για τα είδη.

Το περιδόφυτο *Osmunda regalis* είναι ένα σπάνιο είδος σε όλη την Ελλάδα, ενώ αντίθετα έχει μεγάλη εξάπλωση στη Δυτική Ευρώπη. Φύεται σε όξινο χώμα κοντά σε νερό, ενώ στη Λέσβο φυτρώνει κοντά στο χωριό Χίδηρα και Μεσότοπος. Το ορχεδοειδές *Comperia taurica* φύεται στο βουνό Όλυμπος, κοντά στο χωριό Αγιάσος. Στο ίδιο βουνό μπορούν να βρεθούν πολλά ενδιαφέροντα ορχεδοειδή, όπως το *Paeonia mascula*, *Colchicum*, *Tulipa*, *Fritillaria*, *Crocus*, *Viola*, *Sideritis*. Πρέπει επίσης να αναφερθούν τα ενδημικά είδη *Alyssum lesbiacum*, *Tordylium hirtocarpum* και *Cephalanthera epipactoides*. (Εκθεση Ο.Ο.Σ.Α, 2000:11)

3.1.4 Πανίδα

Η πανίδα της Λέσβου είναι πολύ πλούσια, περιλαμβάνοντας και εμπλουτιζόμενη από το πέρασμα των μεταναστευτικών πουλιών που απαντώνται σε πολλά μέρη του νησιού, αλλά κυρίως στους υγρότοπους της Καλλονής, την άνοιξη και το φθινόπωρο. Επίσης, στην περιοχή της Ερεσού, βρίσκεται το μόνο μέρος της Ευρώπης όπου συναντάται ο Περσικός σκίουρος (*Sciurus anomalus*), είδος της Δυτικής Ασίας.

Η Ερεσός με τα ποτάμια και τα λιβάδια της δέχεται πολλά νεροπούλια: ερωδιούς (*Ardeidae*) ή τσικνιάδες όπως τον λευκοτσικνιά (*Egretta garzetta*), τον κρυπτοτσικνιά (*Ardeola ralloides*), τον πορφυροτσικνιά (*Ardea purpurea*) και τον νυχτοκόρακα (*Nycticorax nycticorax*), φαλαρίδες (*Fulica atra*), πάπιες όπως τη σαρσέλα (*Anas querquedula*). Στον κάμπο, την εποχή της άνοιξης εμφανίζονται μελισσοφάγοι (*Merops apiaster*), κουφαηδόνια (*Cercotrichas galactotes*) και ο σπάνιος μαύρος πελαργός (*Ciconia nigra*).

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι, στις άγονες βραχώδεις εκτάσεις μεταξύ σκάλας Ερεσού, Αντισσας και Άγρας, αναπαράγονται τρία είδη σπάνιων πουλιών: το κερκινέζι (*Falco naumanni*), ο αμμοπετροκλής (*Oenanthe isabellina*) και το σμυρνοτσιχλονο (*Emberiza cineracea*) (Αξιώτης, 1990).

3.2 Ανθρωπογενές περιβάλλον

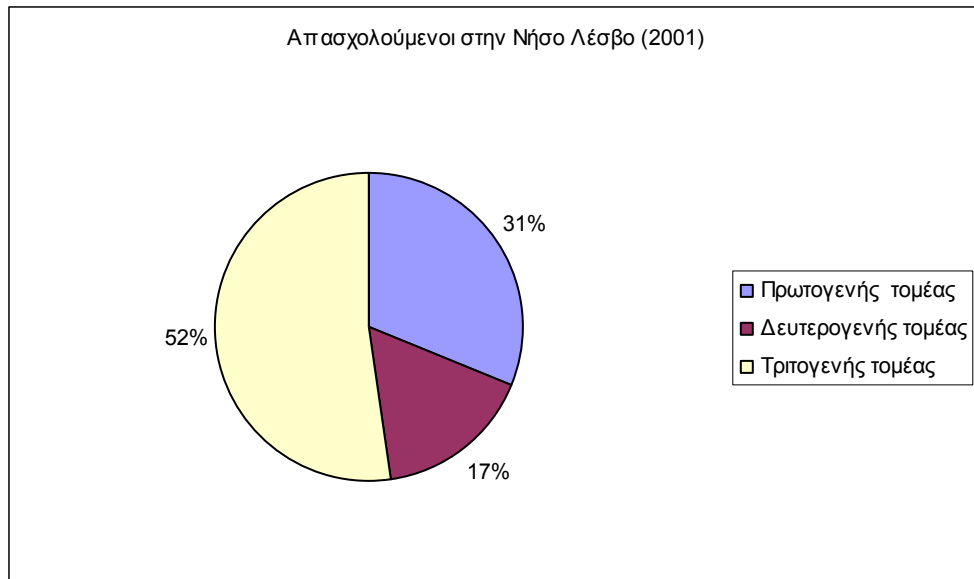
Η Λέσβος εμπίπτει διοικητικά στην αρμοδιότητα της Νομαρχίας Λέσβου μαζί με τη Λήμνο και τον Άγιο Ευστράτιο. Τα σημαντικότερα αστικά κέντρα εκτός από την πρωτεύουσα Μυτιλήνη είναι το Πλωμάρι με 3.377 κατοίκους, ο Πολιχνίτος με 2.763 κατοίκους, η Αγία Παρασκευή με 2.268 κατοίκους και η Καλλονή με 1.732 κατοίκους.

Η τοπική οικονομία στηρίζεται στην αγροτική παραγωγή και συγκεκριμένα στην ελαιοκαλλιέργεια, καθώς υπολογίζεται ότι στο νησί υπάρχουν περίπου 11 εκατομμύρια ελαιόδεντρα, καθώς και στην κτηνοτροφία και στην αλιεία. Ανεπτυγμένος είναι ο κλάδος της ποτοποιίας με την παρασκευή του ούζου, ενώ μεγάλη μερίδα του πληθυσμού ασχολείται επαγγελματικά με τον τουρισμό.

Στον πρωτογενή τομέα (γεωργία-κτηνοτροφία), για το έτος 2001, σύμφωνα με την απογραφή της Ε.Σ.Υ.Ε., απασχολούνταν 29% των απασχολούμενων στο νησί, δηλαδή 8.887 άτομα, που αν συγκριθεί με τον αντίστοιχο αριθμό για το έτος 1991 (6.837 άτομα), μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι υπήρχε μια σημαντική αύξηση της τάξεως του 23%. Αξίζει να αναφερθεί ότι, μόνο στην περιοχή της Καλλονής οι απασχολούμενοι στον πρωτογενή τομέα είναι 2.169 άτομα, με το αντίστοιχο ποσοστό να φτάνει το 24% επί του συνόλου των απασχολούμενων στον πρωτογενή τομέα. Ο αριθμός των αγροκτημάτων έφτασε για το 2001 τα 15.999, αριθμός που δεν παρουσίασε σημαντική μεταβολή από το 1991 (15.751 αγροκτήματα).

Ο δευτερογενής τομέας συμπεριλαμβάνει κυρίως μεταποιητικές επιχειρήσεις παραγωγής ελαιόλαδου, κτηνοτροφικών προϊόντων και ποτοποιίας, ενώ απασχολούσε 4.790 άτομα το 2001, δηλαδή το 14% των απασχολούμενων του νησιού.

Ο τριτογενής τομέας βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στον τουρισμό και τις παρεχόμενες υπηρεσίες. Το νησί της Λέσβου φιλοξενεί εκτός από τον κλασικό ‘τουρισμό παραλίας’ και ιαματικό τουρισμό λόγω των ιαματικών πηγών του. Επίσης, ένα άλλο είδος τουριστών που εντοπίζονται κυρίως στους υγρότοπους της Καλλονής και της Γέρας είναι οι παρατηρητές πουλιών (Bird Watchers), που συνήθως δραστηριοποιούνται σε συγκεκριμένες περιόδους του έτους. Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί ο θρησκευτικός τουρισμός που προσελκύει μεγάλο αριθμό τουριστών, σε όλη την διάρκεια του έτους. Στον τριτογενή τομέα για το έτος 2001, ο αριθμός των απασχολούμενων ήταν 14.892 άτομα και αποτέλεσε το 52% του συνολικού αριθμού των απασχολούμενων, ενώ εμφανίστηκε αυξημένος κατά 21%, σε σχέση με τον αντίστοιχο νούμερο του 1991. Στο Γράφημα 3.1 φαίνονται σχηματικά τα ποσοστά για τους τρεις τομείς για το έτος 2001.



Γράφημα 3.1: Ποσοστά των απασχολούμενων στην Λέσβο το 2001 (Πηγή Ε.Σ.Υ.Ε.)

4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

4.1 Δεδομένα

Στη συγκεκριμένη διατριβή χρησιμοποιήθηκαν δευτερογενή δεδομένα, με σκοπό τη δημιουργία της ακτογραμμής του νησιού της Λέσβου και των ισοϋψών γραμμών των 4 και 8 μέτρων. Οι 94 χάρτες που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή των ισοϋψών ήταν κλίμακας 1:5000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.), του έτους 1976. Η κάλυψη γης προέρχεται από φωτοερμηνεία δορυφορικών εικόνων από τον δορυφόρο Quickbird και χωρίζει το νησί σε 14 είδη κάλυψης εδάφους, τα οποία παραχωρήθηκαν από το τμήμα Φυσικών Καταστροφών του Τμήματος Γεωγραφίας, του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Το λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε για την επεξεργασία των δεδομένων και την παραγωγή των αποτελεσμάτων ήταν το ArcGis 9.0.

4.2 Επεξεργασία δεδομένων

Αρχικά, με τη χρήση του ArcCatalog, έγινε επιλογή της χαρτογραφικής προβολής και του συστήματος αναφοράς συντεταγμένων που χρησιμοποιήθηκαν. Το σύστημα αναφοράς συντεταγμένων που επιλέχθηκε είναι το ΕΓΣΑ'87 (Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς 1987). Η μετατροπή ήταν αναγκαία, αφού οι συντεταγμένες των χαρτών της Γ.Υ.Σ. ήταν στο προβολικό σύστημα Hatt. Στη συνέχεια, αφού πραγματοποιήθηκε μετατροπή των συντεταγμένων από το παλαιό σύστημα αναφοράς της χώρας (Hatt) στο νέο (ΕΓΣΑ'87), η μετατροπή έγινε μέσω των παρακάτω πολυωνύμων:

$$X = A_0 + A_1x + A_2y + A_3x^2 + A_4y^2 + A_5xy$$

$$Y = B_0 + B_1x + B_2y + B_3x^2 + B_4y^2 + B_5xy$$

Πίνακας 4.1: Συντελεστές μετατροπής Γ.Υ.Σ.

Συντελεστές μετατροπής	Αγ. Παρασκευή	Ερεσός
	Μυτιλήνη	Μύθημα
	Πλωμάρι	Πολυχίτος
A0	712815,51	669670,67
A1	0,9998356	0,9997204
A2	-0,0271599	-0,0216595
A3	3,16E-09	2,01E-09
A4	-2,22E-09	-2,39E-09
A5	1,11E-09	-2,00E-11
B0	4347222,47	4346168,76
B1	0,0271762	0,0216577
B2	0,9998004	0,9997199
B3	-2,70E-10	1,00E-10
B4	3,20E-10	-1,40E-10
B5	4,67E-09	4,30E-09

Όπου:

X, Y είναι οι ζητούμενες συντεταγμένες στο προβολικό επίπεδο του συστήματος ΕΓΣΑ'87, x, y είναι οι γνωστές συντεταγμένες στα προβολικά επίπεδα του συστήματος Hatt, και A0, A1, A2, A3, A4, A5, B0, B1, B2, B3, B4, B5 είναι οι συντελεστές μετατροπής της Γ.Υ.Σ. (Πίνακας 4.1).

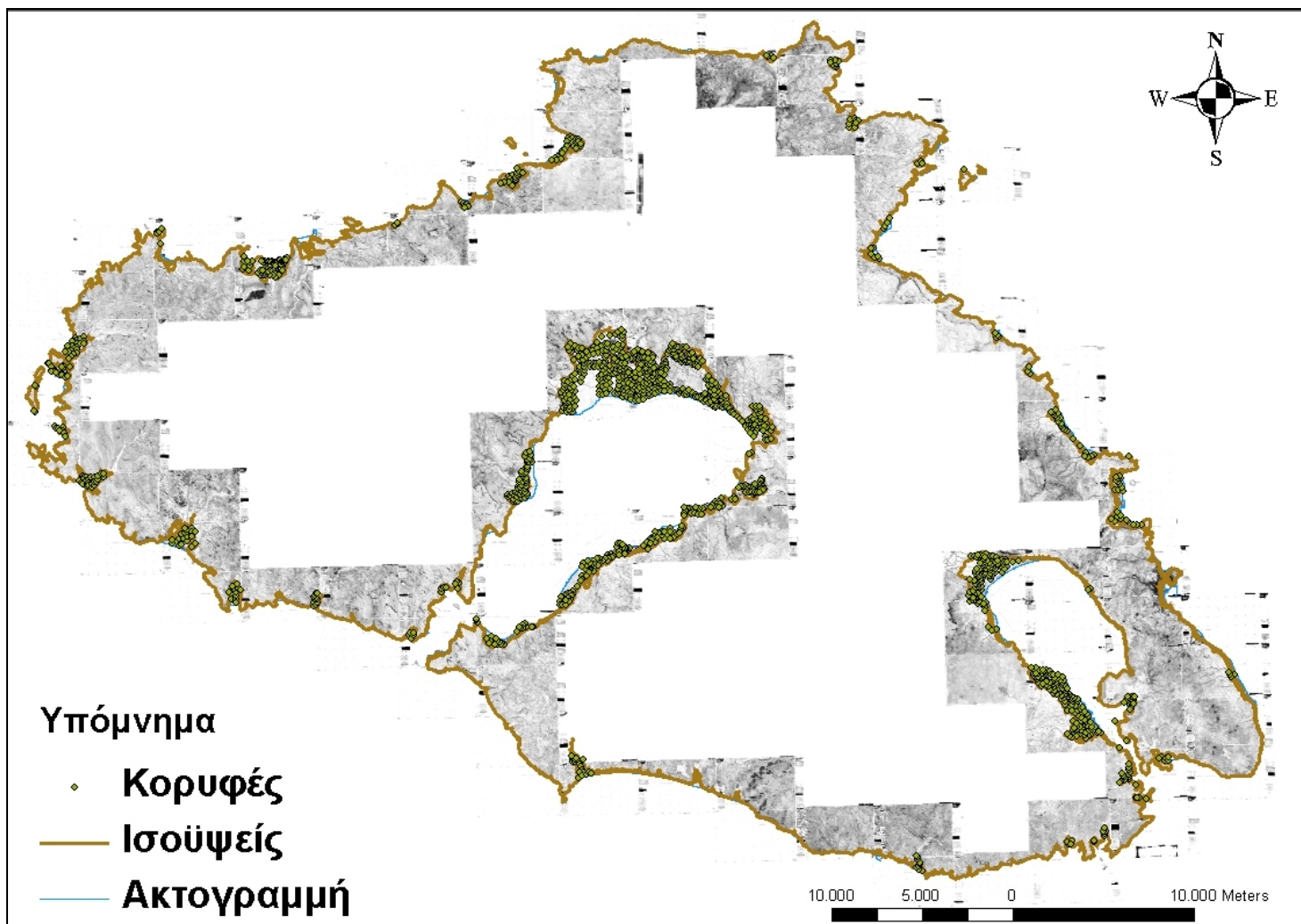
Το νησί της Λέσβου χωρίζεται σε έξι φύλλα χάρτη, στην κλίμακα 1:50.000 του συστήματος αναφοράς Hatt. Τα φύλλα αυτά είναι της Ερεσού, της Μήθυνας και του Πολιχνίτου, τα οποία έχουν τους ίδιους συντελεστές και τα φύλλα της Αγ.Παρασκευής, της Μυτιλήνης και του Πλωμαρίου, τα οποία έχουν επίσης τους ίδιους συντελεστές μετατροπής μεταξύ τους.

Με τη χρήση των παραπάνω πολυωνύμων έγινε γεωαναφορά στους 94 χάρτες, με την επιλογή 9 σημείων για κάθε χάρτη, (Παπαπαναγιώτου,2007). Στον Πίνακα 4.2 φαίνονται: το μέγιστο, το ελάχιστο και ο μέσος όρος των RMS Error, που παρουσιάστηκαν κατά τη γεωαναφορά των χαρτών. Αναλυτικότερος πίνακας, για τα RMS Error των 94 χαρτών, παρουσιάζεται στο Παράρτημα. Η γεωαναφορά θεωρείται ικανοποιητική αφού εκτός από μια περίπτωση το σφάλμα είναι μικρότερο από 1,5 μέτρο.

Πίνακας 4.2: RMS Error (μέτρα)

Μέγιστο RMS Error	1,69075
Ελάχιστο RMS Error	0,41393
Μέσος όρος RMS Error	0,85726

Μετά την ολοκλήρωση της γεωαναφοράς, ακολούθησε η ψηφιοποίηση της ακτογραμμής (ισοΰψης των 0 μέτρων), των ισοΰψων γραμμών των 4 και 8 μέτρων, καθώς και των κορυφών που παρεμβάλλονται μεταξύ της ακτογραμμής και της ισοΰψους των 8 μέτρων, για το σύνολο του νησιού, ενώ δημιουργήθηκαν τα αντίστοιχα τέσσερα επιθέματα (shapefiles). Με τη χρήση των παραπάνω δημιουργήθηκε το Ψηφιακό Υψομετρικό Μοντέλο Εδάφους (Ψ.Υ.Μ.Ε.) (Χατζόπουλος, 2006). Επιλέχθηκαν τα υψόμετρα που θα χρησιμοποιηθούν στα σενάρια ανόδου της στάθμης, τα οποία θα παρουσιαστούν παρακάτω. Με σημείο αναφοράς την ακτογραμμή και μέσω του εργαλείου 3D Analyst δημιουργήθηκαν ισοΰψεις ανά 0,5 μέτρα. Στο Χάρτη 4.1 φαίνεται σχηματικά το σύνολο των χαρτών που χρησιμοποιήθηκε, καθώς και τα στοιχεία που ψηφιοποιήθηκαν (ακτογραμμή, κορυφές και ισοΰψεις 4 και 8 μέτρων).



Χάρτης 4.1: Σύνολο χαρτών και ψηφιοποιημένα τμήματα

Οι επιλεγμένες ισοϋψείς και η ακτογραμμή μετατράπηκαν από γραμμές (polylines) σε πολύγωνα (polygons), μέσω του Arctoolbox και της εντολής Feature to polygon.

Το επίθεμα της εδαφοκάλυψης είναι στο ίδιο σύστημα αναφοράς συντεταγμένων ΕΓΣΑ'87, αλλά υπήρχαν αποκλίσεις από το επίθεμα της ακτογραμμής. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίστηκε με τη χρήση του εργαλείου Spatial Adjustment και την επιλογή 20 σημείων, ώστε τα επιθέματα να ταυτιστούν στο μεγαλύτερο δυνατό βαθμό. Το σφάλμα από αυτή τη διαδικασία είναι 19,808 μέτρα (Παράρτημα). Για να ταυτιστούν απόλυτα τα δυο επιθέματα δημιουργήθηκε μια γεωβάση στην οποία και εισήχθησαν. Έπειτα, με τη χρήση της τοπολογίας (Topology) και τη δημιουργία τοπολογικού κανόνα Features Must Cover Each Other (πρέπει να καλύπτουν το ένα το άλλο), το επίθεμα της εδαφοκάλυψης καλύπτει το επίθεμα της ακτογραμμής. Η απόσταση Cluster tolerance (απόσταση μέσα στην οποία θεωρείται ότι τα γεωμετρικά στοιχεία συμπίπτουν) θεωρήθηκε ότι

είναι 0,001 μέτρα. Τα πολύγωνα που βρίσκονταν εκτός της περιοχής που οριοθετούσε το πολύγωνο της ακτογραμμής αφαιρέθηκαν με την εντολή subtrack, ενώ με την εντολή Create Feature δημιουργήθηκαν πολύγωνα στα σημεία όπου χρειαζόνταν και θεωρήθηκε ότι ταυτίζονταν με την εδαφοκάλυψη των γειτονικών πολυγώνων. Τέλος, έγινε ο υπολογισμός των εμβαδών των δεκατεσσάρων ειδών εδαφοκάλυψης που παρουσιάζονται στο σύνολο του νησιού.

Έχοντας επιλέξει τα σενάρια ανόδου της στάθμης της θάλασσας και δημιουργήσει τις ισοϋψείς που αντιστοιχούν σε κάθε σενάριο σε μορφή πολυγώνων, με την εντολή Clip και επιλέγοντας κάθε φορά το επίθεμα της εδαφοκάλυψης σε συνδυασμό με το επίθεμα της ισοϋψούς του εκάστοτε σεναρίου, παράγουμε το τελικό επίθεμα εδαφοκάλυψης μειωμένης έκτασης. Ο υπολογισμός εμβαδού ανά είδος κάλυψης υπολογίζεται αυτόματα από το πρόγραμμα αφού τα δεδομένα έχουν εισαχθεί σε γεωβάση.

4.3. Δημιουργία σεναρίων

Όπως προαναφέρθηκε παραπάνω, τα σενάρια αποτελούν εναλλακτικές εικόνες παρουσίασης του μέλλοντος και χρησιμοποιούνται για την κατανόηση των μελλοντικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Αρχικά δημιουργήθηκαν τρία σενάρια. Το πρώτο αποτελούσε ένα βραχυπρόθεσμο σενάριο αύξησης της στάθμης κατά 50 εκατοστά, που στηριζόταν στις εκτιμήσεις της IPCC, για αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη από 2.0 έως 5.4 °C έως το 2100, που θα προκαλέσει αύξηση στο μέσο ύψος της θάλασσας από 23 έως 51 εκατοστά μέχρι το τέλος του 21^{ου} αιώνα, σενάριο που κρίθηκε απορριπτέο για λόγους που θα αναφερθούν παρακάτω.

Σύμφωνα με τους Rohling et al.(2007), βγήκε το συμπέρασμα ότι η τελευταία μεσοπαγετώδης περίοδος χαρακτηρίστηκε από παγκόσμιες επιφανειακές θερμοκρασίες που ήταν τουλάχιστον 2 °C υψηλότερες από αυτές που επικρατούν στις μέρες μας. Η μέση στάθμη της θάλασσας ήταν 4 με 6 μέτρα υψηλότερη από την παρούσα στάθμη, με μια σημαντική συμβολή από τη μείωση του πάγου της Γροιλανδίας. Με βάση τα παραπάνω και την παραδοχή ότι σε μια πιθανή παγκόσμια αύξηση της στάθμης έως και 6 μέτρα, η Μεσόγειος θα ακολουθήσει τις παγκόσμιες τάσεις, δημιουργήθηκαν δυο σενάρια. Στο πρώτο σενάριο η αύξηση της μέσης στάθμης φτάνει τα 2 μέτρα, ενώ στο δεύτερο τα 5 μέτρα.

4.4 Προβλήματα που παρουσιάστηκαν κατά την διάρκεια της εργασίας

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας εργασίας παρουσιάστηκαν κάποιες δυσκολίες, μερικές από τις οποίες ήταν σημαντικές και επηρέασαν σε μεγάλο βαθμό τα τελικά αποτελέσματα.

Αρχικά, υπήρξε το πρόβλημα του μεγάλου αριθμού χαρτών (συνολικά 94) προς γεωαναφορά και ψηφιοποίηση, πρόβλημα που επιμήκυνε σημαντικά το χρόνο υλοποίησης της εργασίας.

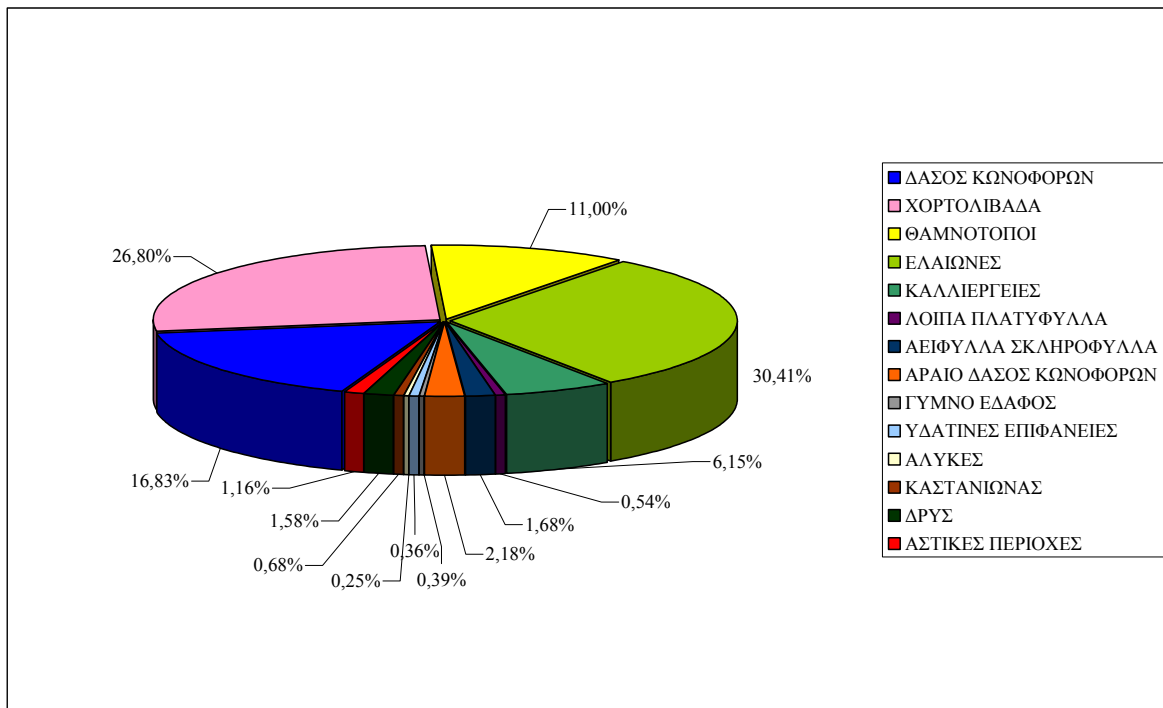
Επιπλέον, η διαφορά που υπήρχε μεταξύ του επιθέματος της εδαφοκάλυψης και των ισοϋψών, δεν ήταν αμελητέα και για το λόγο αυτό κρίθηκε αναγκαία η μετατροπή της με τη χρήση της τοπολογίας, όπως προαναφέρθηκε.

Το μεγαλύτερο πρόβλημα που παρουσιάστηκε ήταν τα σφάλματα που παρουσιάστηκαν από την επεξεργασία των δεδομένων. Το σφάλμα από την γεωαναφορά και το σφάλμα από τη μετατροπή του επιθέματος της εδαφοκάλυψης ήταν σημαντικά και οφείλονται στην προέλευση των δευτερογενών δεδομένων. Οι χάρτες της Γ.Υ.Σ. έχουν ακρίβεια 1,2 μέτρα και στη φωτοερμηνεία των δορυφορικών εικόνων κάθε pixel είναι 2,68 μέτρα. Η ακρίβεια των 1,2 μέτρων, ουσιαστικά, έβγαλε απορριπτέο το σενάριο ανόδου της στάθμης της θάλασσας των 0,5 μέτρων, που σύμφωνα με την IPCC ήταν πιθανό μέχρι το τέλος του αιώνα.

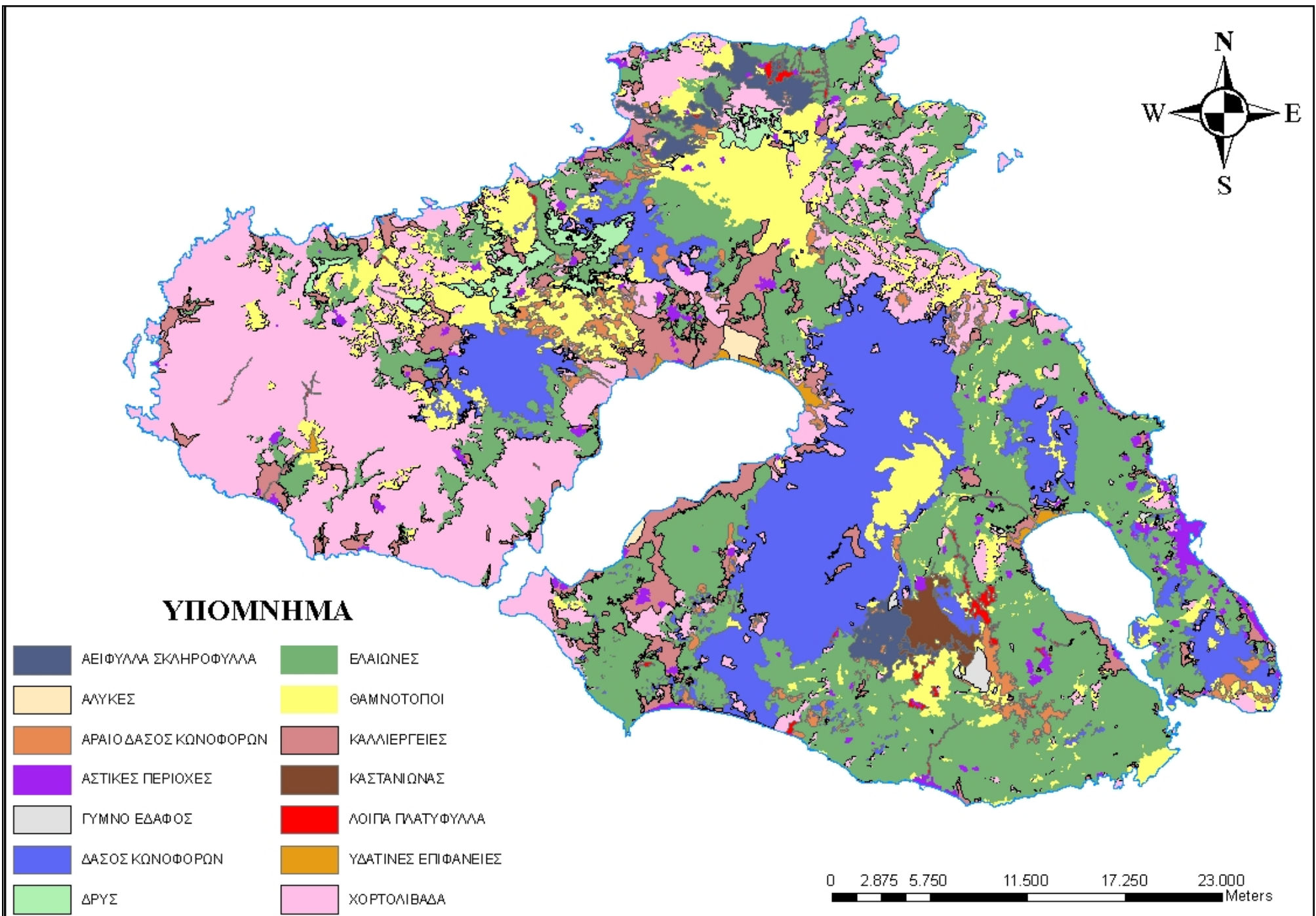
5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

5.1 Εδαφοκάλυψη του νησιού

Σύμφωνα με το επίθεμα της εδαφοκάλυψης το νησί χωρίζεται σε 14 είδη κάλυψης (Χάρτης 5.1) και παρατηρείται ότι, στη συνολική έκταση του νησιού το μεγαλύτερο ποσοστό καταλαμβάνουν οι ελαιώνες με ποσοστό 30,41%, ακολουθούν τα χορτολιβάδα με ποσοστό 26,80%, τα δάση κωνοφόρων με 16,83%, οι θαμνότοποι με 11% και οι καλλιέργειες (το σύνολο των καλλιεργειών που απαντώνται στο νησί) με 6,15%, ενώ οι αστικές περιοχές καταλαμβάνουν μικρό ποσοστό 1,58% (Γράφημα 5.1).

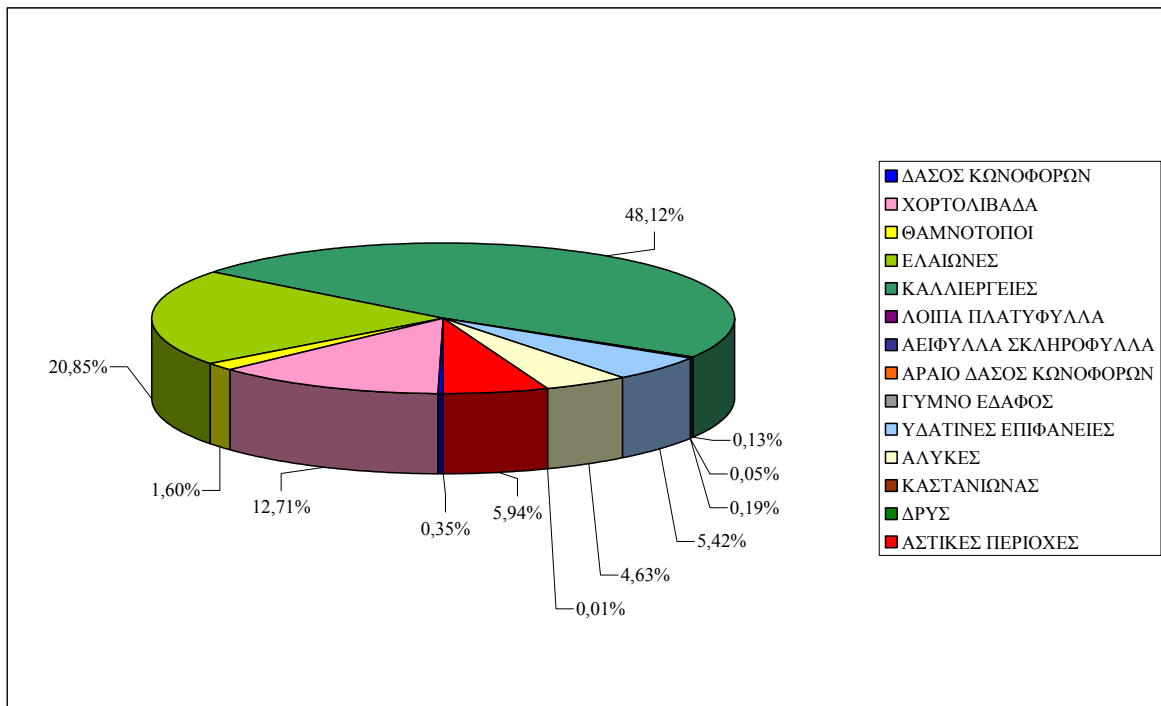


Γράφημα 5.1: Κατανομή εδαφοκάλυψης στο σύνολο του νησιού



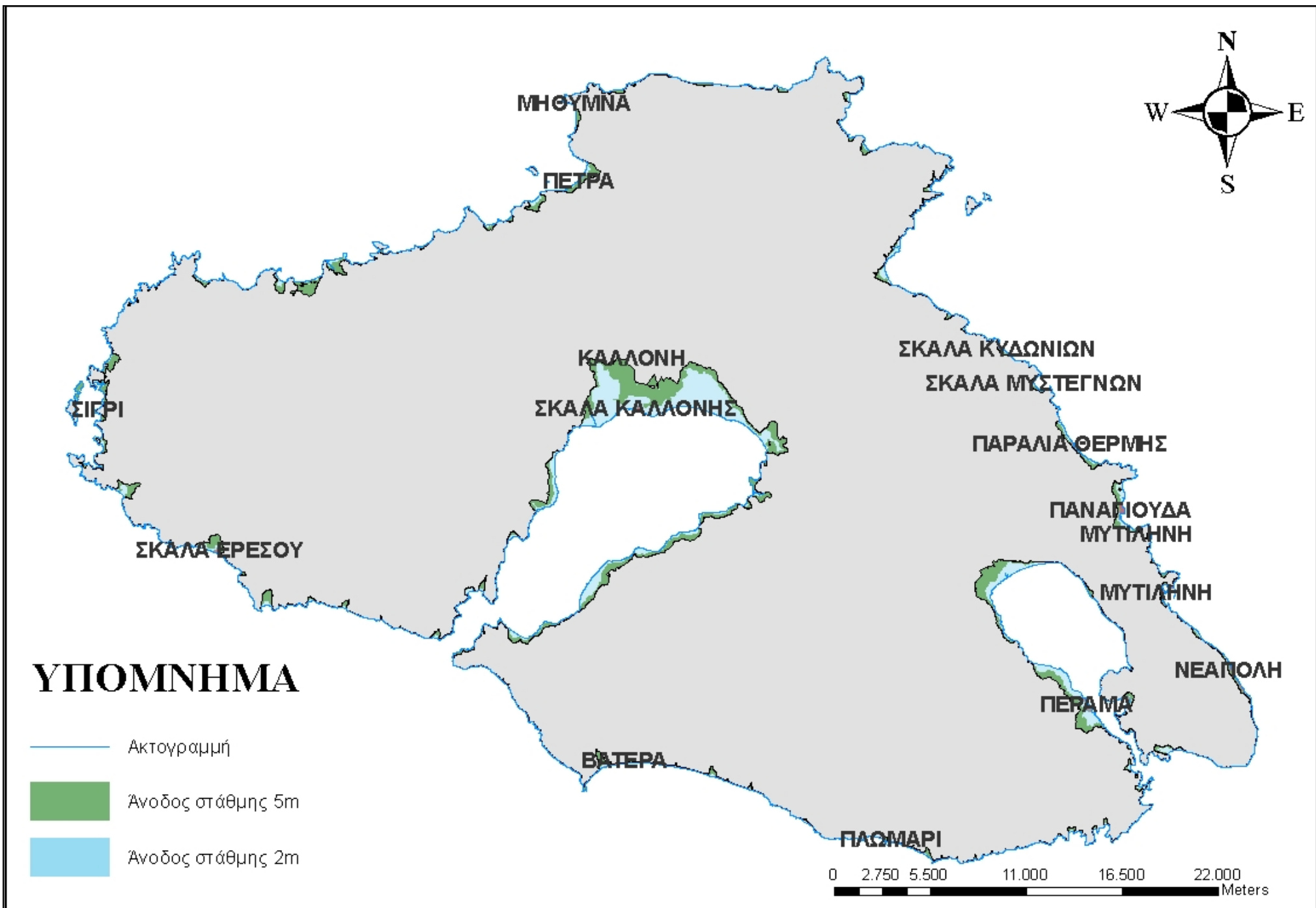
Χάρτης 5.1: Εδαφοκάλυψη Λέσβου

Ενδιαφέρον παρουσιάζει το είδος της εδαφοκάλυψης που κυριαρχεί από την ακτογραμμή έως τα 8 μέτρα (Γράφημα 5.2). Υπάρχει μια μικρή διαφοροποίηση, καθώς κυριαρχούν οι καλλιέργειες με ποσοστό 48,12%, οι ελαιώνες με 20,85%, τα χορτολίβαδα με 12,71%, οι αλυκές με 4,63% και οι υδάτινες επιφάνειες με 5,42%, ενώ οι αστικές περιοχές καταλαμβάνουν το 5,94% της εδαφοκάλυψης, ποσοστό μεγαλύτερο από το αντίστοιχο του συνόλου του νησιού. Το σύνολο της έκτασης τόσο των αλυκών όσο και των υδάτινων επιφανειών βρίσκονται μεταξύ της ακτογραμμής και της ισοψύσης των 8 μέτρων.



Γράφημα 5.2: Κατανομή Εδαφοκάλυψης από 0 έως 8 m

Το νησί της Λέσβου, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, χαρακτηρίζεται από επίπεδο έως ημι-ορεινό ανάγλυφο, όπου οι ομαλές εδαφικές κλίσεις αλληλοδιαδέχονται τις απότομες, σχηματίζοντας συνάμα πεδινές εκτάσεις στα παράλια τμήματα. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας του νησιού δεν έχει μεγάλες επιπτώσεις στο σύνολο του νησιού, λόγω γεωμορφολογίας, αλλά σημαντικές απώλειες εκτάσεων θα παρουσιαστούν στον κόλπο της Καλλονής και τον κόλπο της Γέρας. Μια γενική εικόνα των πλημμυρισμένων περιοχών του νησιού φαίνεται στο Χάρτη 5.2.

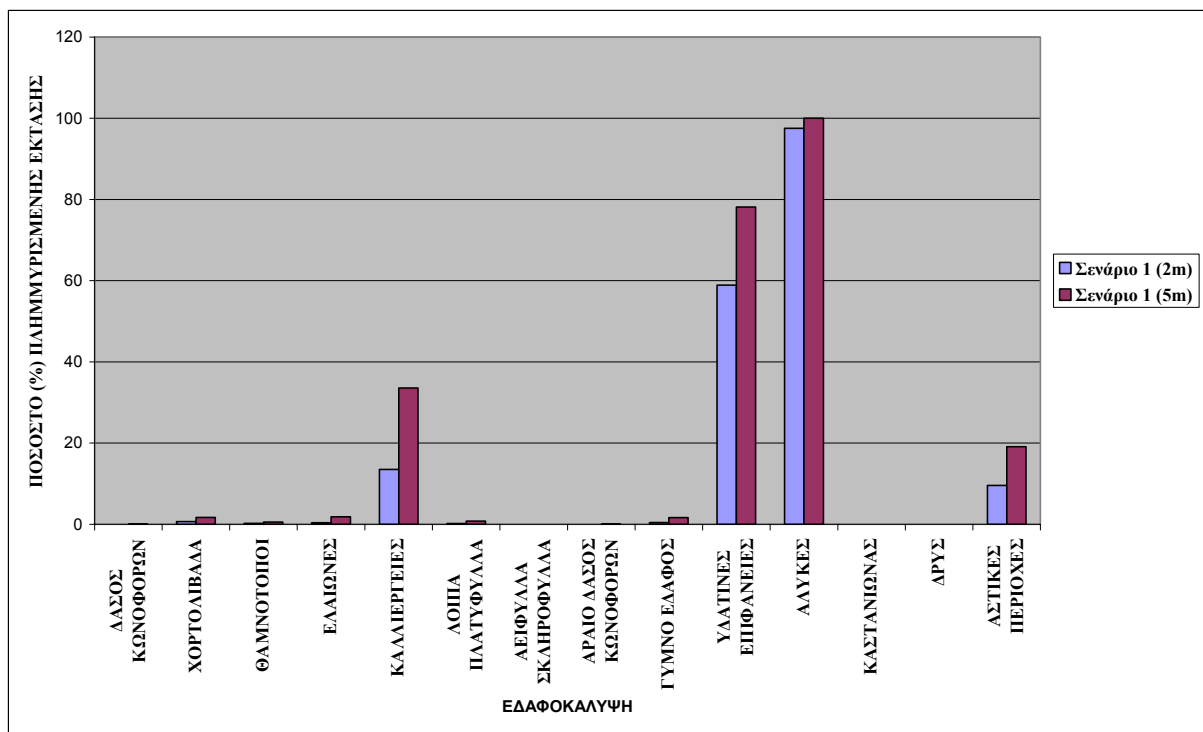


Χάρτης 5.2: Πλημμυρισμένες περιοχές για κάθε σενάριο

Στον Πίνακα 5.1 φαίνεται ο βαθμός απώλειας έκτασης, λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, ανά είδος κάλυψης του εδάφους, για υψόμετρα αύξησης 2 και 5 μέτρα, αντίστοιχα. Το ποσοστό της πλημμυρισμένης έκτασης, για άνοδο της στάθμης της θάλασσας κατά 2 μέτρα, είναι 1,7% (28,149 km²), ενώ για άνοδο 5 μέτρων φτάνει το ποσοστό του 3,9% (63,8 km²). Η μεγαλύτερη μείωση έκτασης παρουσιάζεται στις αλυκές και τις υδάτινες επιφάνειες που βρίσκονται στον Κόπλο της Καλλονής, περιοχή που περιλαμβάνεται στο δίκτυο Natura 2000. Οι αλυκές 'χάνουν' το 97,5% της εκτάσεως τους για το πρώτο σενάριο (2 μέτρα) και στο δεύτερο σενάριο (5 μέτρα) έχουν εξαφανισθεί ολοκληρωτικά. Αντίστοιχα, οι υδάτινες επιφάνειες για αύξηση της στάθμης της θάλασσας 2 μέτρων, παρουσιάζουν μειωμένη έκταση κατά 58,93% και σε μια άνοδο της στάθμης 5 μέτρων, έχουν χάσει περίπου το 78% της συνολικής τους επιφάνειας. Πολύ χαμηλότερα ποσοστά απώλειας έκτασης εμφανίζουν τα χορτολίβαδα, 0,66% στο 1^ο σενάριο και 1,72% στο 2^ο σενάριο. Οι ελαιώνες από 0,39%, το οποίο αντιστοιχεί σε ποσοστό απώλειας έκτασης για το 1^ο σενάριο, φτάνουν στο 1,83%, ποσοστό αντίστοιχο για το 2^ο σενάριο. Οι καλλιέργειες για το 1^ο σενάριο έχουν ένα αρκετά υψηλό ποσοστό απώλειας έκτασης, 13,53%, για να φτάσει περίπου το 33% σε άνοδο της στάθμης 5 μέτρων. Όσον αφορά στις αστικές περιοχές υπάρχουν μικρά, αλλά όχι αδιάφορα ποσοστά και για τα δυο σενάρια, εφόσον για το 1^ο σενάριο η απώλεια έκτασης αντιστοιχεί σε ποσοστό 9,58%, το οποίο διπλασιάζεται στο 2^ο, καταλήγοντας σε ποσοστό 19%. Σχεδόν μηδενικές είναι οι απώλειες για τα υπόλοιπα είδη εδαφοκάλυψης του νησιού. Στο Γράφημα 5.3 φαίνεται το ποσοστό της πλημμυρισμένης έκτασης, ανά είδος κάλυψης εδάφους για τα τρία σενάρια.

Πίνακας 5.1: Επίπτωση στην απόλεια έκτασης ανά είδος εδαφοκάλυψης για τα 2 σενάρια

	Σενάριο 1 (2m)	Σενάριο 2 (5m)
Έκταση (σύνολο=1633,420249 km²)		
Επηρεασμένη περιοχή	28,149	63,8
Ποσοστό (%)	1,723	3,9
Ελαιώνες(σύνολο=496679,6 στρέμματα)		
Επηρεασμένη περιοχή	1954,84	9089,728
Ποσοστό (%)	0,39	1,83
Καλλιέργειες (σύνολο=100417,105 στρέμματα)		
Επηρεασμένη περιοχή	13587,265	33717,612
Ποσοστό (%)	13,53	33,57
Χορτολίβαδα (σύνολο = 437780,386 στρέμματα)		
Επηρεασμένη περιοχή	2913,722	7543,621
Ποσοστό (%)	0,66	1,72
Υδάτινες επιφάνειες (σύνολο = 5,85 km²)		
Επηρεασμένη περιοχή	3,45	4,57
Ποσοστό (%)	58,93	78,13
Αλυκές (σύνολο = 4 km²)		
Επηρεασμένη περιοχή	3,914	4
Ποσοστό (%)	97,5	100
Αστικές περιοχές (σύνολο = 19 km²)		
Επηρεασμένη περιοχή	1,821	3,639
Ποσοστό (%)	9,58	19,1

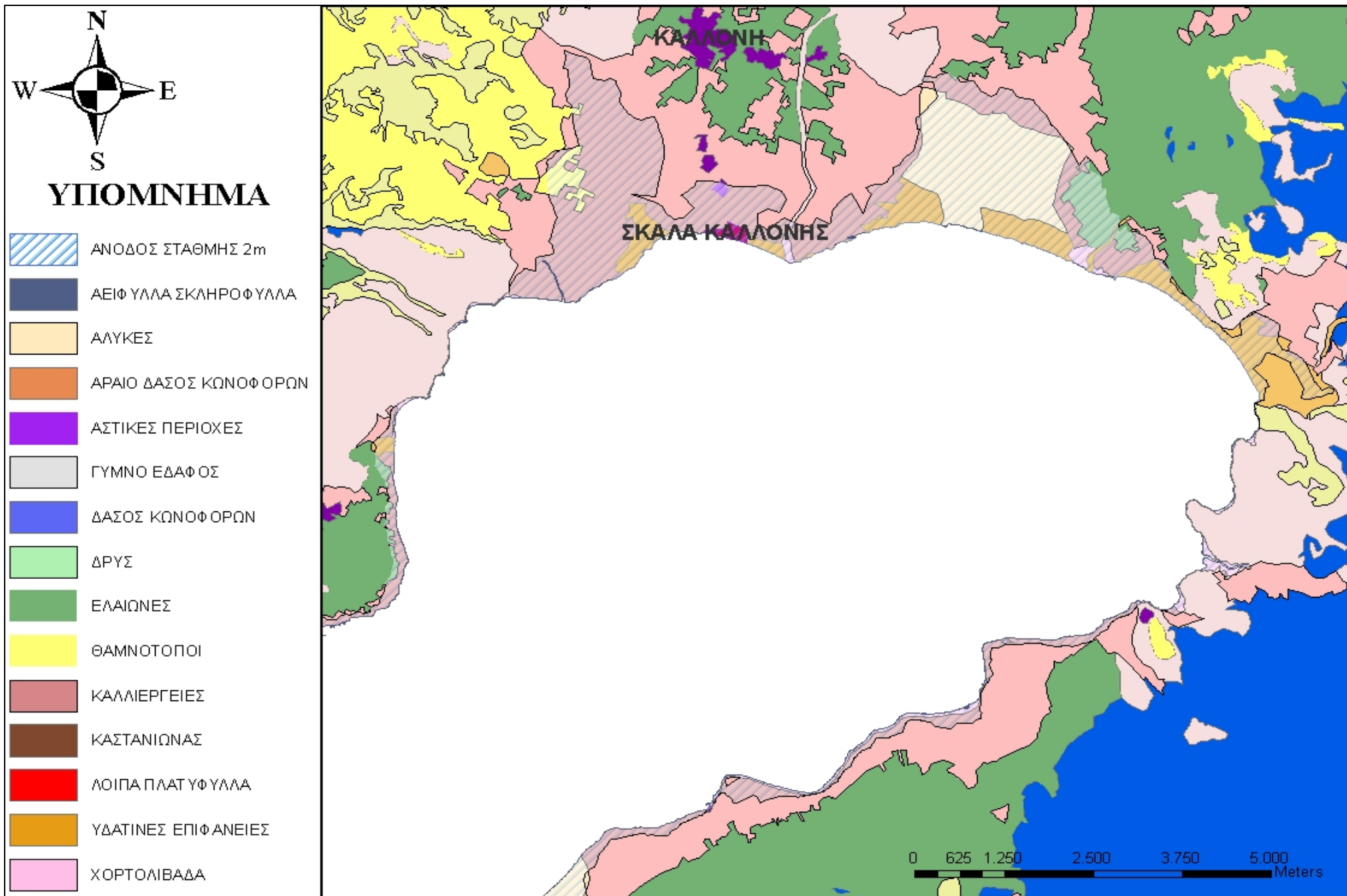


Γράφημα 5.3: Ποσοστό (%) πλημμυρισμένης έκτασης ανά είδος εδαφοκάλυψης, για κάθε σενάριο

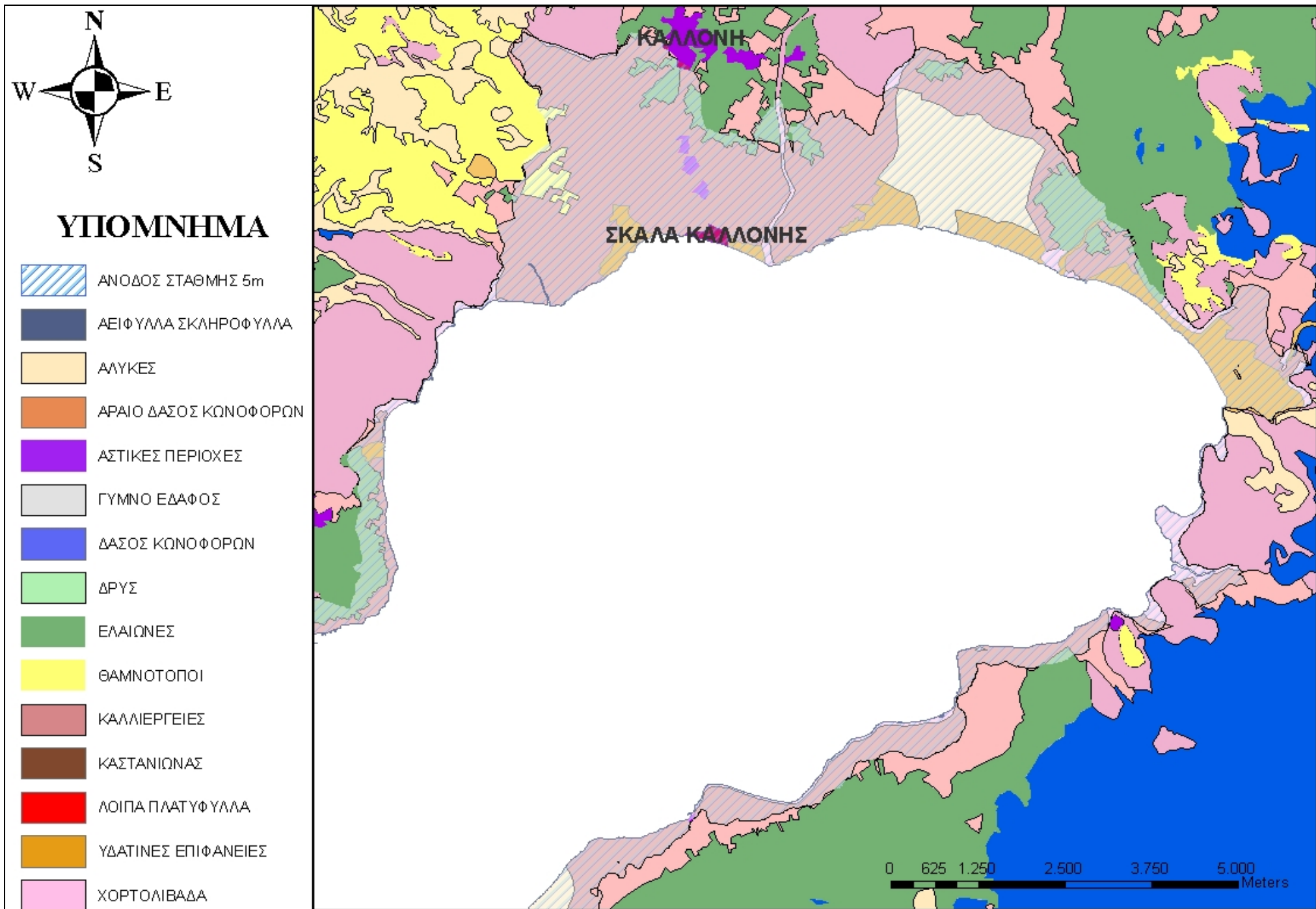
Λόγω της γεωμορφολογίας του νησιού, το νησί της Λέσβου δεν θα υποστεί μεγάλες απώλειες στη συνολική του έκταση, για τα δεδομένα σενάρια αύξησης 2 και 5 μέτρων. Οι περιοχές που θα αντιμετωπίσουν το μεγαλύτερο πρόβλημα είναι ο Κόλπος της Καλλονής και ο Κόλπος της Γέρας, περιοχές ιδιαίτερης σημασίας, καθώς είναι οικοσυστήματα που φιλοξενούν σπάνια ή κινδυνεύοντα είδη και για το λόγο αυτό ανήκουν στις προστατευόμενες περιοχές Natura 2000.

Η επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Καλλονής περιλαμβάνει, εκτός από τις αλυκές και τις υδάτινες επιφάνειες, που θα χάσουν σχεδόν το σύνολο τις επιφάνειάς τους, τις εκτάσεις που χρησιμοποιούνται ως χορτολίβαδα, καθώς και την αστική περιοχή της Σκάλας Καλλονής, που όπως φαίνεται για αύξηση 2 μέτρων της στάθμης της θάλασσας θα βρεθεί κάτω από τη θάλασσα. Τα παραπάνω αποδίδονται σχηματικά από τους Χάρτες 5.3 και 5.4 για άνοδο της στάθμης κατά 2 και 5 μέτρα, αντίστοιχα.

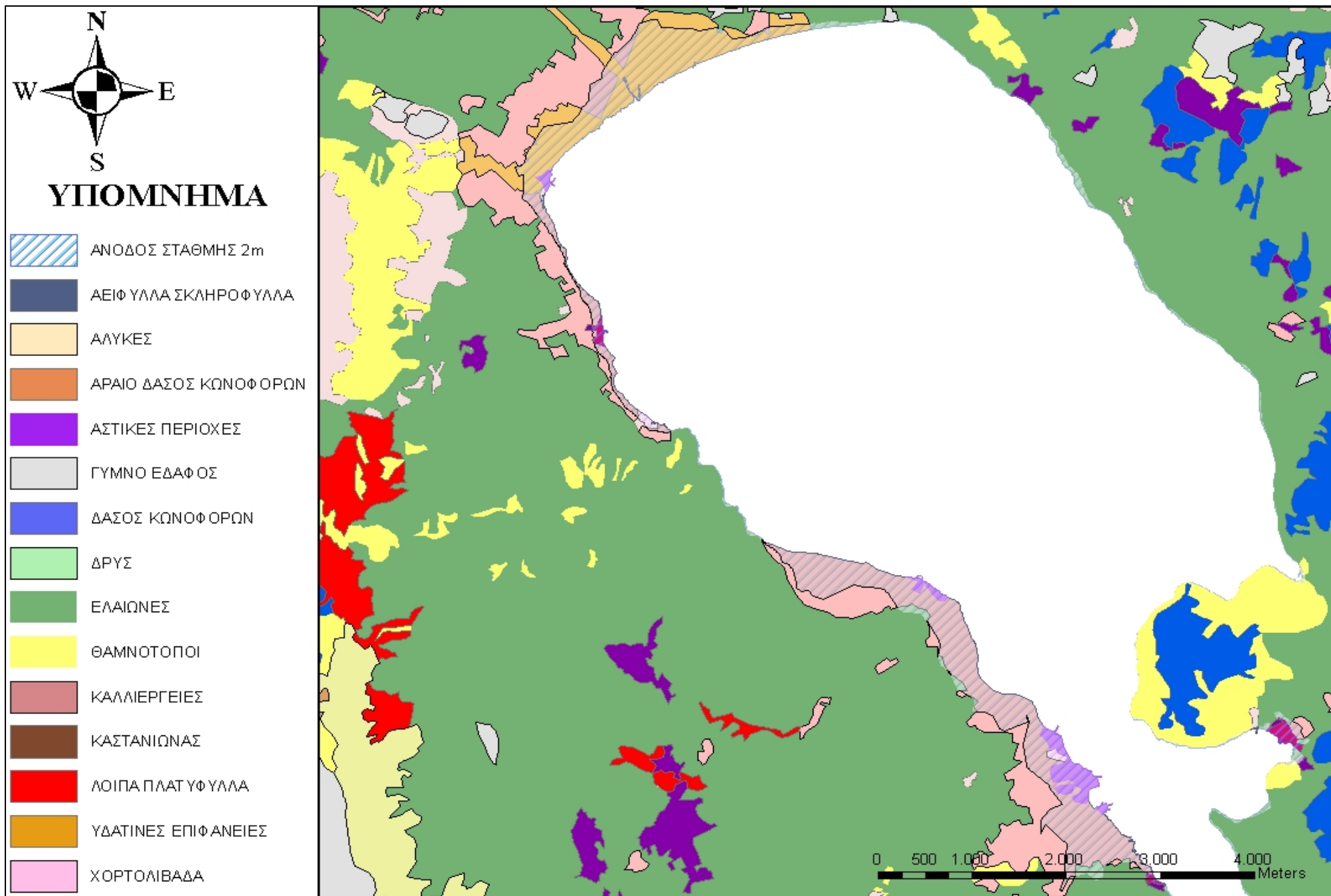
Η κατάσταση στον Κόλπο της Γέρας είναι κάπως καλύτερη, καθώς οι εκτάσεις που χάνονται είναι λιγότερες, με τις υδάτινες επιφάνειες να χάνονται σε μεγάλο ποσοστό και να ακολουθούν τα χορτολίβαδα και οι ελαιώνες με πολύ μικρότερα ποσοστά (Χάρτες 5.5, 5.6).



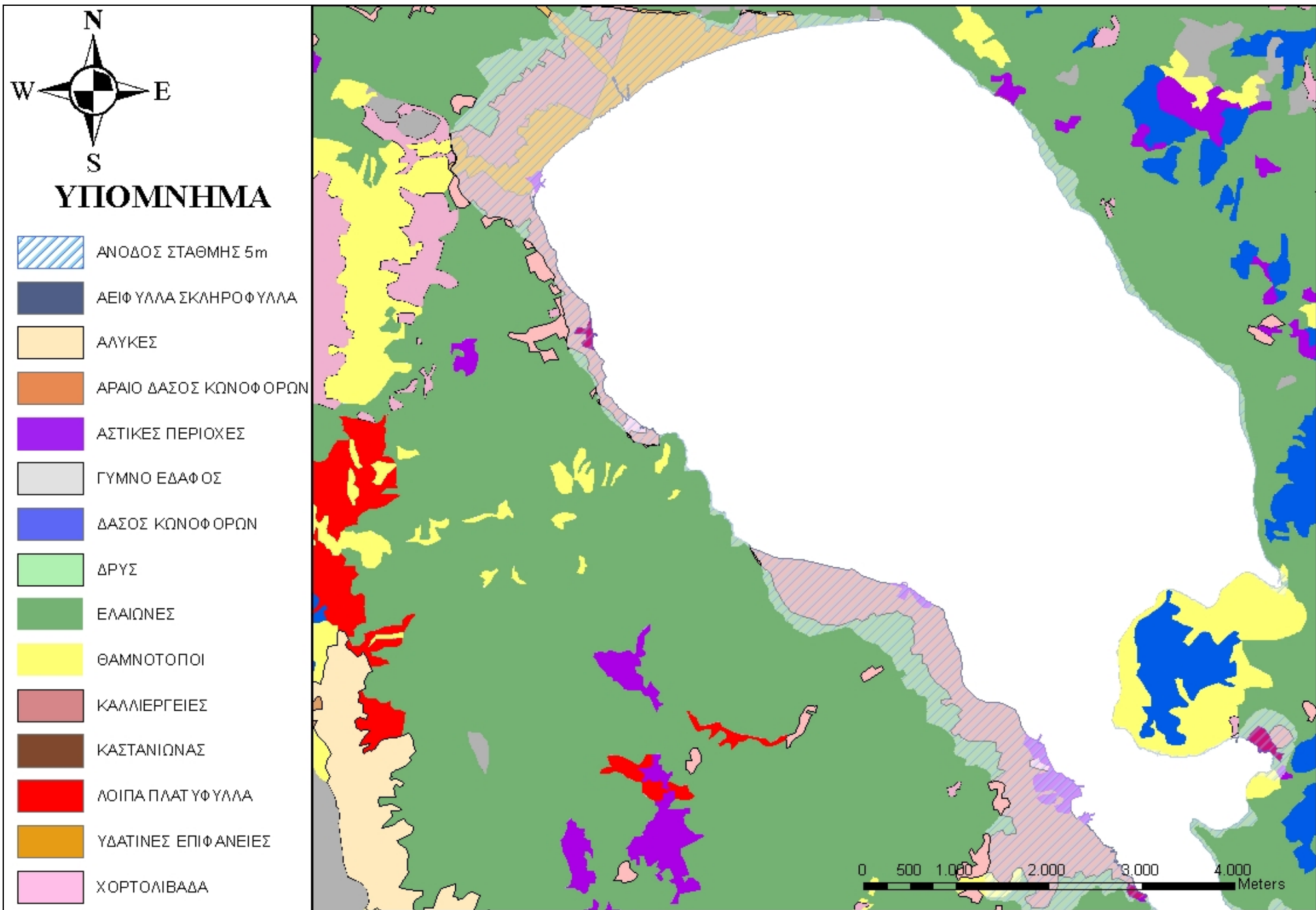
Χάρτης 5.3: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Καλλονής για άνοδο της στάθμης κατά 2 μέτρα



Χάρτης 5.4: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Καλλονής για άνοδο της στάθμης κατά 5 μέτρα



Χάρτης 5.5: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Γέρας για άνοδο της στάθμης κατά 2 μέτρα



Χάρτης 5.6: Επηρεαζόμενη περιοχή του Κόλπου της Γέρας για άνοδο της στάθμης κατά 5 μέτρα

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ- ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας αποτελεί από τις πιο σοβαρές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και αναμένεται να πλήξει κυρίως τις παράκτιες περιοχές και τα μικρά νησιά. Η υπερεκμετάλλευση έχει υποβαθμίσει σε σημαντικό βαθμό τις παράκτιες περιοχές που αποτελούν ζώνες με υψηλή ποικιλότητα τοπιού και ειδών. Η αύξηση της στάθμης θα έρθει να υποβαθμίσει ακόμα περισσότερο τις περιοχές αυτές και να δημιουργήσει τεράστια προβλήματα στους τοπικούς πληθυσμούς. Στην παρούσα εργασία έγινε προσπάθεια να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις που θα έχει η αύξηση της στάθμης της θάλασσας στην απώλεια εδαφικής έκτασης του νησιού.

Από τα πρώτα συμπεράσματα που προκύπτουν με την ανάλυση των αποτελεσμάτων στο προηγούμενο κεφάλαιο, φαίνεται ότι οι επηρεαζόμενες περιοχές από την άνοδο της στάθμης για τα δυο σενάρια, είναι λίγες, πλην όμως μεγάλης οικολογικής αξίας. Ως νησί με ημιορεινό ανάγλυφο, η Λέσβος θα έχει μικρές διαφοροποιήσεις στην έκταση της, σε περίπτωση αύξησης της στάθμης κατά 2, ή ακόμα και κατά 5 μέτρα.

Η ακρίβεια των χαρτών 1:5000 της Γ.Υ.Σ., που είναι 1,2 μέτρα, δεν επέτρεψε να συμπεριληφθούν στα τελικά σενάρια, τα σενάρια της IPCC που προβλέπει αύξησης της μέσης στάθμης της θάλασσας από 0,2 έως 0,6 μέτρα. Αυτό θα μπορούσε να επιτευχθεί μόνο με τη χρήση τοπογραφικών οργάνων και μετρήσεις που θα καλύπτουν το σύνολο των επηρεαζόμενων περιοχών, που όμως αποτελεί μια επίπονη, χρονοβόρα και πολυέξοδη λύση. Μια δεύτερη επιλογή αποτελεί η χρήση αεροφωτογραφιών κλίμακας 1:8000, επιλογή που κρίνεται επίσης δαπανηρή για το επίπεδο μιας διπλωματικής.

Στην παράκτια ζώνη έως το υψόμετρο των 8 μέτρων οι καλλιέργειες και οι ελαιώνες κυριαρχούν με ποσοστά που αθροιζόμενα φτάνουν περίπου το 68% και βρίσκονται κυρίως στο Νότιο-Ανατολικό τμήμα του νησιού. Τα χορτολίβαδα καταλαμβάνουν το 13% της έκτασης και βρίσκονται κατά το μεγαλύτερο μέρος στο δυτικό τμήμα του νησιού. Σε αυτή τη ζώνη βρίσκονται σχεδόν ολόκληρες οι εκτάσεις από τις υδάτινες επιφάνειες και τις αλυκές που απαντώνται στο Νότιο, Νότιο- Ανατολικό κομμάτι του νησιού στους δυο Κόλπους της Καλλονής και της Γέρας, που είναι ενταγμένοι στο δίκτυο Natura 2000.

Όπως φαίνεται στο Χάρτη 5.2, οι περιοχές που θα έχουν τη μεγαλύτερη επηρεαζόμενη έκταση για τα δυο σενάρια μας είναι ο Κόλπος της Καλλονής και ο Κόλπος της Γέρας. Πολύ μικρότερες επιπτώσεις στην απώλεια εκτάσεων θα έχουν τα βόρεια τμήματα του νησιού με μικρή εξαίρεση την περιοχή της Πέτρας. Επίσης, κάποιες περιοχές όπως η Σκάλα Ερεσού στα Δυτικά με κύρια κάλυψη εδάφους τα χορτολίβαδα και η περιοχή Παναγιούδας και της Παραλίας Θερμής, που περιλαμβάνουν αρκετούς ελαιώνες, θα υποστούν κάποιες μειώσεις στην έκταση τους.

Θεωρώντας ότι οι περιοχές της Καλλονής και της Γέρας είναι οι περισσότερο επηρεαζόμενες, έγινε η επιλογή των συγκεκριμένων περιοχών, για την παρουσίαση απώλειας έκτασης ανά είδος εδαφοκάλυψης, προερχόμενη από άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας κατά 2 και 5 μέτρα, όπως φαίνεται στους Χάρτες 5.3, 5.4, 5.5 και 5.6, αντίστοιχα. Όπως αναμενόταν, οι αλυκές και οι υδάτινες επιφάνειες θα υποστούν τις μεγαλύτερες απώλειες, ενώ ταυτόχρονα ο οικισμός της Σκάλας Καλλονής φαίνεται ότι θα βρεθεί κάτω από τη θάλασσα, για αύξηση στάθμης 2 μέτρα.

Αναμφίβολα, το μεγαλύτερο πλήγμα από την αύξηση της στάθμης θα δεχθεί ο τουρισμός του νησιού, καθώς πολλές παραλίες και τουριστικές υποδομές θα εξαφανιστούν. Οι παραλίες θα δημιουργηθούν σε βάθος χρόνου και οι υποδομές θα κατασκευαστούν δίπλα στις νέες παραλίες, οι άνθρωποι θα μεταφερθούν και θα δημιουργήσουν νέους οικισμούς σε ασφαλέστερα μέρη. Με τι κόστος όμως; Η αποτίμηση της οικονομικής επίπτωσης που θα υπάρξει από την αύξηση της στάθμης της θάλασσας θα μπορούσε να γίνει σε μια μετέπειτα μελέτη με την οικονομική αξιολόγηση των επηρεαζόμενων περιοχών. Επίσης, μπορούν να μελετηθούν οι επιδράσεις που θα υπάρξουν στο φυσικό περιβάλλον, η προσαρμοστικότητα που θα δείξουν τόσο η χλωρίδα όσο και η πανίδα, των επηρεαζόμενων περιοχών, με τη συμπεριφορά που θα ακολουθήσουν τα αποδημητικά πουλιά που περνούν από το νησί να παρουσιάζει εξαιρετικό ενδιαφέρον. Τέλος, θα είναι ενδιαφέρον να μελετηθεί η κοινωνική συνιστώσα των επηρεασμένων περιοχών και να αναδειχθεί το κατά πόσο οι κάτοικοι και τα συμβαλλόμενα μέρη έχουν γνώση των επιφερόμενων αλλαγών, καθώς και η περίπτωση να έχουν αναπτύξει κάποιες στρατηγικές αντιμετώπισης..

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Church, J.A., Houghton, J.T, (2001), *Changes in sea level. In: Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, University Press, Cambridge United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 639-693.

Church, J.A., White, N.J., Coleman, R., Lambeck, K., Mitrovica, J.X., (2004), *Estimates of the regional distribution of sea level rise over the 1950 to 2000 period*, *Journal of Climate*, 17, 2609-2625.

Church, J.A., N.J. White, and J.R. Hunter, (2006), *Sea-level rise at tropical Pacific and Indian Ocean islands*, *Global Planet Change*, 53, 155-168.

Demirkesen A.C., Evrendilek F., Berberoglu S., (2007), *Quantifying coastal inundation vulnerability of Turkey to sea-level rise*, *Environment Monitoring and Assessment*, 138, 101-106.

Douglas, B.C., (2001), *Sea level change in the era of the recording tide gauges. In Sea Level Rise: History and Consequences*, Academic Press, New York, pp. 37-64.

El Raey M., Dewidar Kh., El Hattab M., (1999), *Adaptation to the impacts of sea level rise in Egypt*, *Climate Research*, 12, 117-128.

El Raey M., Frihy O., Nasr S.M., Dewidar K.H., (1999), *Vulnerability Assessment of Sea Level Rise Over Port Said Governorate, Egypt*, *Environmental Monitoring and Assessment*, 56, 113-128.

Fleming, K., P. Johnston, D. Zwartz, Y. Yokoyama, K. Lambeck, and J. Chappell, (1998), *Refining the eustatic sea level curve since the Last Glacial Maximum using far- and intermediate-field sites*, *Earth Planetary Science Letters*, 163, 327-342.

Lambeck, K. and E. Bard, (2000), *Sea level change along the French Mediterranean coast since the time of the Last Glacial Maximum. Earth Planetary Science Letters*, 175, 203-222.

Miller, L., and B.C. Douglas, (2004), *Mass and volume contributions to 20th century global sea level rise*, Nature, 428, 406-409.

Nicholls R.J., Hoozemans F.M.J., (1996), *The Mediterranean: vulnerability to coastal implications of climate change*, Ocean & Coastal Management, 31, 105-132.

Nicholls R. J., Hoozemans F.M.J., Marchand M., (1999), *Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analyses*, Global Environmental Change, 9, 69-87.

Peltier, W.R., (2001), Global glacial isostatic adjustment and modern instrumental records of relative sea level history. In: *Sea Level Rise: History and Consequences*, Academic Press, San Diego, pp. 65-95.

Pirazzoli, P.A., (1991), *World Atlas of Holocene sea level changes*, Elsevier, Amsterdam, pp. 300.

Rohling E.J., Grant K., Hemleben Ch., Siddall M., Hoogakker B.A.A., Bolshaw M., Kucera M., (2008), *High rates of sea-level rise during the last interglacial period*, Nature Geoscience, 1, 38-42.

Sánchez-Arcilla A., Jiménez J. A., Stive M.J.F., Ibañez C., Pratt N., Day Jr J.W., Capobianco M., (1996), *Impacts of sea-level rise on the Ebro Delta: a first Approach*, Ocean & Coastal Management, 30, 197-216.

Snoussi M., Ouchani T., Niazi S., (2008), *Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: The case of the Mediterranean eastern zone, Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77, 206-213.

Tsimplis M.N., Marcos M., Somot S., (2007), *21st century Mediterranean sea level rise: Steric and atmospheric pressure contributions from a regional model*, Global and Planetary Change, (διαθέσιμο στην ιστοσελίδα http://www.sciencedirect.com/science?_ob=ArticleURL&_udi=B6VF0-4RKCHT9-1&_user=632480&_rdoc=1&_fmt=&_orig=search&_sort=d&view=c&_acct=C000059657&_version=1&_urlVersion=0&_userid=632480&md5=691af42701545fadaac51e53f386f50d)

Vött A., (2007), *Relative sea level changes and regional tectonic evolution of seven coastal areas in NW Greece since the mid-Holocene*, Quaternary Science Reviews, 26, 894-919.

Woodworth, P.L., Player R., (2003), *The Permanent Service for Mean Sea Level: An update to the 21st century*, Journal of Coastal Research, 19, 287-295.

Αξιώτης Μάκης, (1990), *Η πανίδα στη Λέσβο*, Μυτιλήνη.

Έκθεση Ο.Ο.Σ.Α., (2000), *Το φυσικό και Ανθρωπογενές Περιβάλλον της Λέσβου*, Νομαρχία Λέσβου.

Παπαπαναγιώτου Ευάγγελος, Σημειώσεις μαθήματος Γεωπληροφορικής Εφαρμογές στον περιβαλλοντικό σχεδιασμό, Ψηφιοποίηση και Παραγωγή Χάρτη, 2007.

Χατζόπουλος Ιωάννης, Σημειώσεις μαθήματος Γεωπληροφορικής Εφαρμογές στον Περιβαλλοντικό Σχεδιασμό, Δημιουργία και Απεικόνιση Ψ.Υ.Μ., 2007.

Ιστότοποι

Υ.Π.Ε.ΧΩ.Δ.Ε, Περιοχές Natura 2000 (http://www.minenv.gr/1/12/121/12103/g1210300/00/eniaios_katalogos_04_Internet.xls, τελευταία πρόσβαση 20 Μαρτίου).

Grida, Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/411.htm, τελευταία πρόσβαση 15 Φεβρουαρίου 2008).

Grida, Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/419.htm, τελευταία πρόσβαση 15 Φεβρουαρίου 2008).

Grida, Climate Change 2001: Working Group I: The Scientific Basis (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/413.htm, τελευταία πρόσβαση 15 Φεβρουαρίου 2008).

EPA, Glossary of Climate Change Terms, (<http://www.epa.gov/climatechange/glossary.html>, τελευταία πρόσβαση 26 Μαρτίου).

EPA, Sea Level Rise Projections to 2100 (http://www.epa.gov/climatechange/science/futureslc_fig1.html, τελευταία πρόσβαση 15 Μαρτίου 2008).

IPCC, Third Assessment Report (http://www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg2/pdf/wg2TARannexB.pdf, τελευταία πρόσβαση 10 Μαρτίου 2008).

IPCC, The AR4 Synthesis Report (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-syr.htm>, τελευταία πρόσβαση 5 Δεκεμβρίου 2007).

IPCC, Emission Scenarios (<http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.htm>, τελευταία πρόσβαση 20 Φεβρουαρίου 2008).

IPCC, Fourth Assessment Report (<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-chapter5.pdf>, τελευταία πρόσβαση 18 Μαρτίου 2008)

IPCC, Fourth Assessment Report, <http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>, τελευταία πρόσβαση 18 Μαρτίου)

OPEC, Glossary of Climate Change Terms, (<http://www.opec.org/home/Environmental%20Issues/Glossary/Glossary.pdf>, τελευταία πρόσβαση 26 Μαρτίου).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Σφάλματα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Σφάλματα

Πίνακας Π.1: Σφάλματα (RMS Error) σε μέτρα

A/A	Φύλο Χάρτη	RMS Error	A/A	Φύλο Χάρτη	RMS Error	A/A	Φύλο Χάρτη	RMS Error
1	5733_7	0,56912	33	5752_2	0,82024	65	5626_2	0,71946
2	5743_1	0,75318	34	5740_8	0,82301	66	5626_4	0,61156
3	5743_2	0,60189	35	5740_7	0,78499	67	5626_3	0,74464
4	5743_4	1,3546	36	5649_8	0,93919	68	5628_1 & 5618_7	0,9181
5	5732_2	0,711791	37	5649_7	1,09137	69	5627_1	0,84739
6	5721_4 & 5722_3	0,72983	38	5649_5	0,63964	70	5627_2	0,72262
7	5711_3	0,74872	39	5649_3	0,77354	71	5628_2	0,41995
8	5711_1	0,6132	40	5648_4	0,41393	72	5618_8	0,7401
9	5711_8	1,12218	41	5648_2	0,75542	73	5619_7	0,8253
10	5711_6 & 5712_5	0,52042	42	5648_1_	0,77347	74	5619_6	0,72712
11	5721_2	0,81472	43	5649_1	0,61237	75	5619_8	1,39888
12	5711_5	1,11539	44	5639_8	1,52875	76	5619_4_3_2	1,39015
13	5710_2 & 5710_4	1,07853	45	5639_6	0,92743	77	5732_4	0,79216
14	5710_1	0,91548	46	5730_5	1,10208	78	5742_6	0,73338
15	5619_2_3_4	1,35835	47	5730_4	1,00491	79	5742_4	0,63502
16	5619_6	0,54136	48	5730_2	0,73192	80	5742_3	0,90416
17	5619_7	0,92019	49	5720_8	0,74116	81	5732_7	0,48518
18	5619_8	1,34336	50	5720_7	0,87319	82	5619_5	0,8874
19	5743_6	0,51184	51	5629_8	1,01059	83	5742_2	0,76808
20	5743_8	0,5204	52	5639_1	0,87181	84	5712_7	0,78441
21	5743_7	1,1551	53	5639_3	0,91682	85	5743_4	0,96728
22	5743_5	0,88996	54	5639_5	0,73163	86	5627_4	0,59287
23	5743_3	0,98017	55	5638_8	1,69075	87	5627_3	0,45069
24	5732_8	1,5087	56	5638_7	0,81112	88	5626_6	0,67446
25	5753_1	0,83991	57	5637_8	1,20584	89	5637_3	0,65855
26	5752_4	0,56098	58	5637_7	0,91776	90	5636_2	0,70964
27	5752_3	1,15338	59	5637_5	0,75242	91	5629_6	0,81583
28	5751_4	1,09559	60	5636_6	0,80901	92	5720_5	0,73881
29	5751_2	0,99506	61	5636_4	0,88492	93	5730_6	1,02154
30	5751_1	1,14249	62	5636_1_3	0,845	94	5649_6	1,1251
31	5750_2	0,79448	63	5626_7	0,65284			
32	5740_7	0,73306	64	5626_5	0,64206			

Πίνακας Π.2: Σφάλματα (Residual Errors) κατά την εφαρμογή της λειτουργίας του Spatial adjustment

ID	X Source	Y Source	X Destination	Y Destination	Residual Error
1	658476,749949	4340776,999...	658530,183209	4340752,186...	5,757941
2	709866,500013	4346084,499...	709843,575180	4346104,895...	21,049305
3	663921,937538	4349995,500...	663929,760131	4349941,112...	19,662864
4	658906,749949	4339022,000...	658973,358621	4339006,913...	4,371461
5	682864,875027	4329351,500...	682872,905799	4329376,177...	12,963038
6	660119,874942	4346054,499...	660148,611250	4346007,005...	16,337606
9	705116,062504	4316273,999...	705139,160205	4316307,856...	32,756237
19	713755,874992	4343721,500...	713753,822466	4343702,863...	23,171140
25	658795,562493	4343350,000...	658842,167012	4343336,120...	13,045356
26	673891,500043	4350758,999...	673864,997948	4350743,322...	16,636687
27	708250,374955	4354350,000...	708247,470355	4354347,533...	17,385438
32	690678,000027	4333536,000...	690662,625874	4333577,467...	37,761124
36	706798,624938	4348454,000...	706798,397404	4348469,606...	21,845368
43	658741,312509	4342655,500...	658788,571241	4342643,969...	14,010313
46	719325,249973	4338080,000...	719322,192163	4338061,535...	25,587037
48	665649,687555	4350843,500...	665654,698209	4350816,332...	7,659900
49	659245,437565	4338588,000...	659317,354227	4338566,985...	11,476063
50	681939,812499	4329066,999...	681947,656724	4329086,745...	13,310037
52	725054,874939	4325966,499...	725041,304652	4326004,345...	24,139986
54	661839,687552	4334829,500...	661919,792864	4334811,063...	21,614501

RMS Error: 19,808552