

**ΠΕ4 : ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ
ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ
ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ ΣΕ ΚΑΤΑΚΛΙΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΒΡΩΣΗ**

CCSEWAVS : “Επίδραση της κλιματικής αλλαγής στη στάθμη και το κυματικό κλίμα των ελληνικών θαλασσών, στην τρωτότητα των παράκτιων περιοχών και στην ασφάλεια θαλάσσιων και παράκτιων έργων”, Ιαν. 2012 - Σεπ. 2015

Στόχοι των Δράσεων του ΠΕ4

- 1) Η εκτίμηση της φυσικής τρωτότητας επιλεγμένων περιοχών της ελληνικής ακτής σε «γεγονότα καταιγίδας», με ξεχωριστή εκτίμηση των συνιστωσών της κατάκλισης και της διάβρωσης.
- 2) Προσδιορισμός περιοχών που παρουσιάζουν μεγάλη τρωτότητα σε κατάκλιση ή σε διάβρωση ή σε συνδυασμό των δύο φαινομένων.
- 3) Να συγκριθεί η τρωτότητα σε κατάκλιση και σε διάβρωση στις εξεταζόμενες περιοχές στις παρούσες και στις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες.
- 4) Δημιουργία μιας βάσης δεδομένων GIS με τα βασικά χαρακτηριστικά των εξεταζόμενων ακτών, στην οποία θα περιλαμβάνονται οι Δείκτες Τρωτότητας σε Κατάκλιση και σε Διάβρωση (*FVI*, *EVI*), αλλά και τα κυριότερα χαρακτηριστικά της ζώνης κατάκλισης και της ζώνης δράσης της παράκτιας διάβρωσης.

Δράσεις στο ΠΕ4

1) Κατηγοριοποίηση καταγίδων στις περιοχές μελέτης

Δ.4.1 ➤ Ερευνητική Ομάδα 1 - Διάρκεια : 01/07/2013 - 31/12/2013

2) Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε κατάκλιση

Δ.4.2 ➤ Ερευνητικές Ομάδες 1 & 3- Διάρκεια : 01/01/2014 - 31/12/2014

3) Εκτίμηση της τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε διάβρωση

Δ.4.3 ➤ Ερευνητικές Ομάδες 1 & 3 - Διάρκεια : 01/01/2015 - 31/09/2015

Παραδοτέα στο ΠΕ4

Π.4.1

31/12/2014

Τεχνική Έκθεση : Κατηγοριοποίηση καταγίδων και εκτίμηση Δεικτών Τρωτότητας σε Κατάκλιση στις περιοχές μελέτης.

Π.4.2

31/09/2015

Τεχνική Έκθεση : Εκτίμηση του δυναμικού διάβρωσης και των Δεικτών Τρωτότητας σε Διάβρωση στις περιοχές μελέτης.

Σύνδεση του ΠΕ4 με τα υπόλοιπα ΠΕ

ΠΕ1: Κλιματικές προβλέψεις με Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα για τις Ελληνικές θάλασσες.

ΠΕ2: Προσομοίωση του ύψους κύματος, της μετεωρολογικής παλίρροιας και της στάθμης της θάλασσας, συνεκτιμώντας την κλιματική αλλαγή.

ΠΕ3: Εκτίμηση των μετεωρολογικών και θαλάσσιων ακραίων τιμών συνεκτιμώντας την κλιματική αλλαγή

ΠΕ4: Εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παράκτια τρωτότητα σε κατάκλιση και διάβρωση

ΠΕ5: Εκτίμηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις παράκτιες και τις θαλάσσιες κατασκευές.

Δ.4.1. Κατηγοριοποίηση των καταγίδων στις περιοχές μελέτης

➔ Απαιτούμενα Δεδομένα

- Χρονοσειρές ύψους κύματος και κυματικής περιόδου για τις παρούσες (1961-2000) και τις μελλοντικές (2000-2100) συνθήκες (ΠΕ2)
- Χρονοσειρές στάθμης της θάλασσας για τις παρούσες (1961-2000) και τις μελλοντικές (2000-2100) συνθήκες (ΠΕ2)
- Επίπεδα επαναφοράς θαλάσσιων μεταβλητών για δεδομένες περιόδους επαναφοράς (ΠΕ3)

➔ Περιοχές μελέτης

Παράκτιες περιοχές:

- 1) Της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης
- 2) Της Κρήτης
- 3) Της Λέσβου

Δ.4.1. Κατηγοριοποίηση των καταιγίδων στις περιοχές μελέτης

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

□ Υιοθετείται μια κλίμακα κατάταξης των «κυματικών καταιγίδων» με πέντε κατηγορίες από ασθενή σε ακραία γεγονότα (Méndoza & Jiménez).

- *I*: Ασθενή γεγονότα,
- *II*: Μέτριας έντασης γεγονότα,
- *III*: Σημαντικά γεγονότα,
- *IV*: Σοβαρά γεγονότα,
- *V*: Ακραία γεγονότα

□ Μια «κυματική καταιγίδα» ορίζεται ως ένα γεγονός στο οποίο το ύψος κύματος υπερβαίνει ένα δεδομένο όριο για μια ορισμένη (ή μια ελάχιστη) χρονική διάρκεια.

Δ.4.1. Κατηγοριοποίηση των καταιγίδων στις περιοχές μελέτης

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

□ Η κατηγοριοποίηση πραγματοποιείται με βάση το ενεργειακό περιεχόμενο κάθε γεγονότος και με χρήση ανάλυσης συστάδων (cluster analysis).

$$E = \int_{t_1}^{t_2} H_s^2 \cdot dt$$

Category	Maximum Wave Elevation [m]	Mean Duration [h]	Wave Period [sec]	Energy [m ² h]	ξ [cm]
I	2.6	13	7.3	57.2	18
II	3.1	32	8.3	175.1	17
III	3.4	56	8.2	342.6	13
IV	4.3	76	9.9	634.1	27
V	6.0	161	11.1	1368.9	53

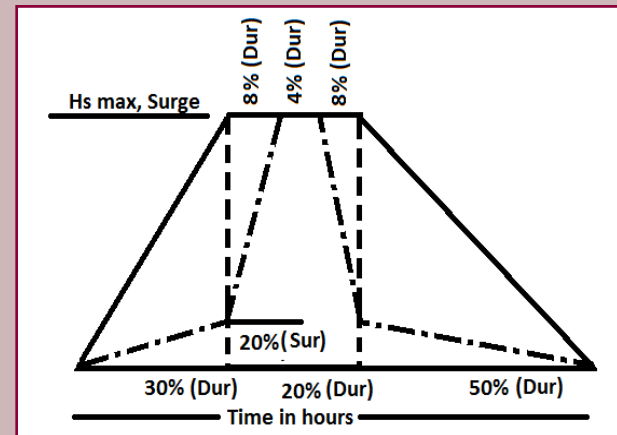
Mendoza-Jiménez (2006) (energetic content)

Δ.4.1. Κατηγοριοποίηση των καταιγίδων στις περιοχές μελέτης

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

- ❑ Σύνθεση των «καταιγίδων σχεδιασμού» (τυπικές καταιγίδες) για τους κυματισμούς και τη μετεωρολογική παλίρροια με αιχμές που αντιστοιχούν στα επίπεδα επαναφοράς του **ΠΕ3**.
- ❑ Οι καταιγίδες σχεδιασμού θα χαρακτηρίζονται από τον κλάδο ανόδου, τη φάση μέγιστης ανάπτυξης (**ΠΕ3**) και τον κλάδο καθόδου.
- ❑ Χρήση γεγονότων των κατηγοριών **IV** και **V** για τον προσδιορισμό της μορφής τους.

Σύνθεση «καταιγίδων σχεδιασμού» στην περιοχή της Βάρνας (FP7-THESEUS 2009-2013)



Δ.4.2. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε κατάκλιση



Απαιτούμενα Δεδομένα

Χρονοσειρές ύψους κύματος, κυματικής περιόδου και στάθμης της θάλασσας για τις παρούσες (1961-2000) και τις μελλοντικές (2000-2100) συνθήκες (ΠΕ2)

Εκτιμήσεις επιπέδων επαναφοράς του ύψους κύματος, της κυματικής περιόδου και της μετεωρολογικής παλίρροιας για τις περιοχές μελέτης και για επιλεγμένες περιόδους επαναφοράς (ΠΕ3).

Δεδομένα της παράκτιας μορφολογίας και της βαθυμετρίας σε διατομές ελέγχου.

Κοκκομετρία της ακτής

Χαρακτηριστικά της στερεομεταφοράς



Δ.4.1.
Κατηγοριοποίηση
καταιγίδων



Δ.3.2.
Ανάλυση ακραίων
τιμών

Δ.4.2. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε κατάκλιση

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

□ Υπολογίζεται το *δυναμικό κατάκλισης* κάθε κατηγορίας. Το δυναμικό κατάκλισης μιας κατηγορίας ορίζεται ως το άθροισμα των συνεισφορών της αναρρίχησης λόγω των κυματισμών (wave run-up) και της μετεωρολογικής παλίρροιας της κατηγορίας.

□ Το ύψος αναρρίχησης κάθε γεγονότος θα εκτιμηθεί:

-Με εμπειρικές σχέσεις (π.χ. *Mayer & Kriebel (1994), Stockdon et al. (2006)*)

- Με τη χρήση μονοδιάστατου και διδιάστατου μη-γραμμικού αριθμητικού κυματικού μοντέλου στην παράκτια ζώνη που βασίζεται στις εξισώσεις Boussinesq (*Karambas & Koutitas 2002, Karambas 2002*)

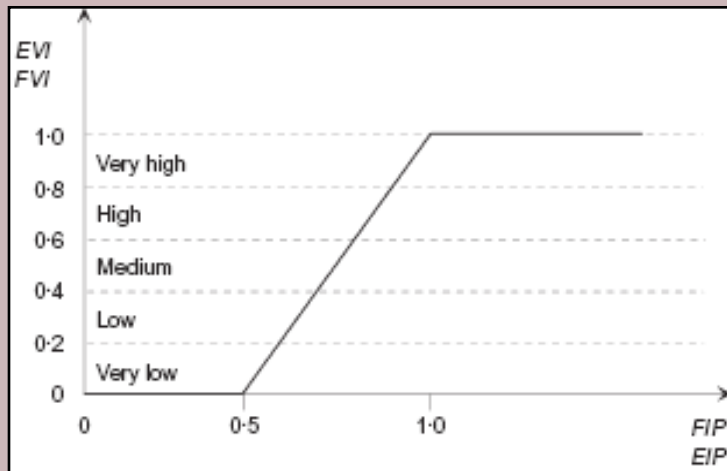
□ Για κάθε κατηγορία η τελική τιμή της αναρρίχησης υπολογίζεται ως ο μέσος όρος όλων των γεγονότων της κατηγορίας.

Δ.4.2. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε κατάκλιση

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

□ Εκτιμάται ο Δείκτης Τρωτότητας σε Κατάκλιση (Flood Vulnerability Index (*FVI*)) για κάθε κατηγορία, μέσω μιας ενδιάμεσης παραμέτρου κατάκλισης (*FIP*).

$$FIP = \frac{(R_u + \alpha \sigma_{R_u}) + \xi}{B}$$



Mendoza & Jimenez (2006)

R_u : Κυματική αναρρίχηση της κατηγορίας

σ_{R_u} : Τυπική απόκλιση της κυματικής αναρρίχησης όλων των κυματισμών της κατηγορίας

α : Παράγοντας που καθορίζει το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας.

ξ : Αντιπροσωπευτική τιμή μετεωρολογικής παλίρροιας για την κατηγορία

B : Το ύψος του μετώπου της ακτής

Δ.4.2. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε κατάκλιση

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

- ❑ Υπολογίζεται το δυναμικό κατάκλισης, η ενδιάμεση παράμετρος κατάκλισης (*FIP*) και τέλος ο Δείκτης Τρωτότητας σε Κατάκλιση (*FVI*) για τις «καταιγίδες σχεδιασμού».
- ❑ Πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων των Δεικτών Τρωτότητας σε Κατάκλιση (*FVI*) για τις παρούσες και τις μελλοντικές συνθήκες.

➔ Παραδοτέα

Τεχνική Έκθεση : Κατηγοριοποίηση καταιγίδων και εκτίμηση Δεικτών Τρωτότητας σε Κατάκλιση στις περιοχές μελέτης. (31/12/2014)

Δ.4.3. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε διάβρωση

➔ Απαιτούμενα Δεδομένα

Χρονοσειρές ύψους κύματος, κυματικής περιόδου και στάθμης της θάλασσας για τις παρούσες (1961-2000) και τις μελλοντικές (2000-2100) συνθήκες (ΠΕ2)



Δ.4.1.
Κατηγοριοποίηση
καταιγίδων

Εκτιμήσεις επιπέδων επαναφοράς του ύψους κύματος, της κυματικής περιόδου και της μετεωρολογικής παλίρροιας για τις περιοχές μελέτης και για επιλεγμένες περιόδους επαναφοράς (ΠΕ3).



Δ.3.2.
Ανάλυση ακραίων
τιμών

Δεδομένα της παράκτιας μορφολογίας και της βαθυμετρίας σε διατομές ελέγχου.

Κοκκομετρία της ακτής

Χαρακτηριστικά της στερεομεταφοράς

Δ.4.3. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε διάβρωση

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

- ❑ Υπολογίζεται το *δυναμικό διάβρωσης* κάθε κατηγορίας. Το δυναμικό διάβρωσης χαρακτηρίζεται από τη μέγιστη υποχώρηση της ακτογραμμής και το διαβρωμένο όγκο στο εσωτερικό της ακτής.
- ❑ Η διάβρωση στις επιλεγμένες θέσεις της ακτής υπολογίζεται με :
 - Το αριθμητικό μοντέλο SBEACH (*Larson & Kraus 1989, Wise et al. 1996*)
 - Αριθμητικά μοντέλα μη γραμμικής διάδοσης κυματισμών, παράκτιας στερεομεταφοράς και εξέλιξης ακτογραμμής λόγω της δράσης των κυματισμών και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (*Karambas & Koutitas 2002, Karambas 2002*)

Δ.4.3. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε διάβρωση

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

□ Εκτιμάται ο Δείκτης Τρωτότητας σε Διάβρωση (Erosion Vulnerability Index (*EVI*)) για κάθε κατηγορία, μέσω μιας ενδιάμεσης παραμέτρου διάβρωσης (*EIP*).

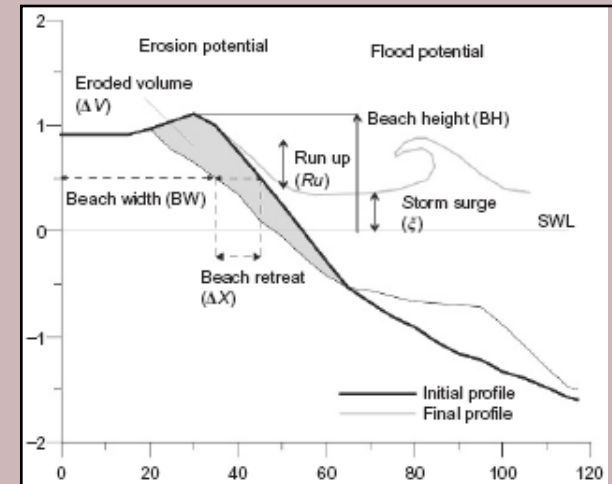
$$EIP = \frac{(\Delta X + a\sigma_{\Delta X})}{BW}$$

ΔX : Αντιπροσωπευτική υποχώρηση της ακτογραμμής για την κάθε κατηγορία

$\sigma_{\Delta X}$: Τυπική απόκλιση της υποχώρησης της ακτογραμμής της κατηγορίας

a : Παράγοντας που καθορίζει το επιθυμητό επίπεδο ασφαλείας.

BW : Το πλάτος της ακτής



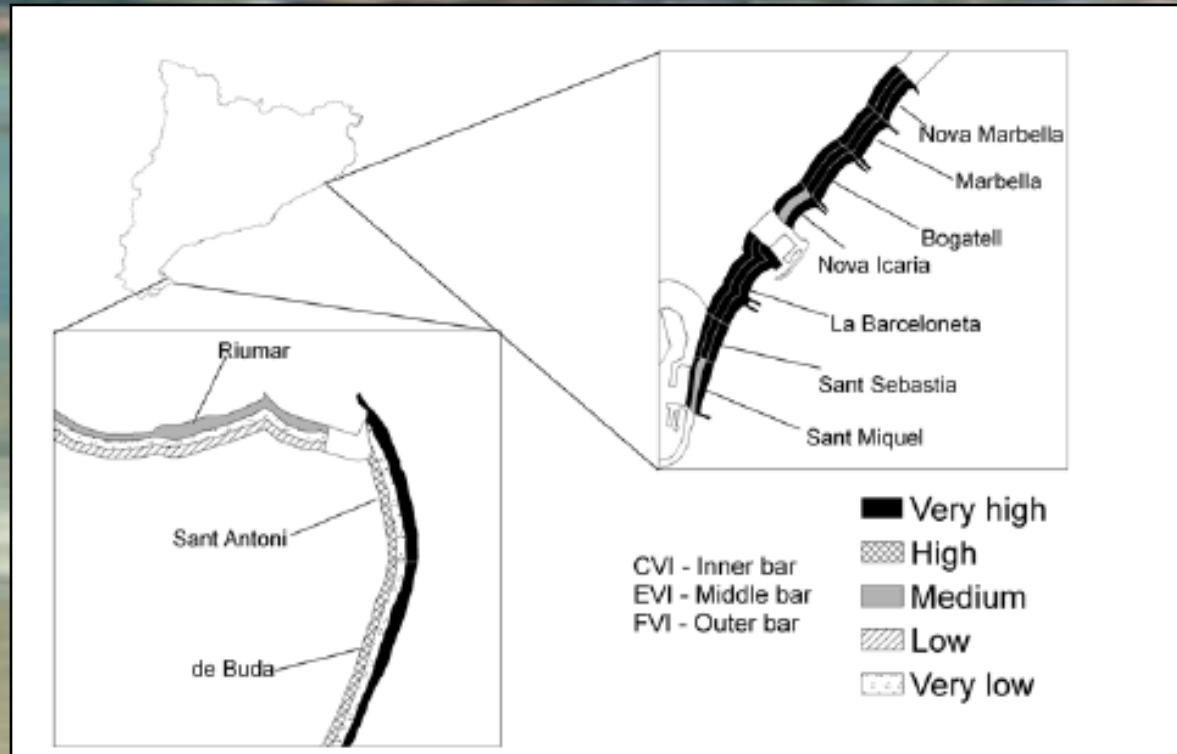
Δ.4.3. Εκτίμηση τρωτότητας παράκτιων περιοχών σε διάβρωση

➔ Μεθοδολογία Υλοποίησης

- ❑ Εκτιμάται ο Δείκτης Τρωτότητας σε Διάβρωση (Erosion Vulnerability Index (*EVI*)) για κάθε κατηγορία.
- ❑ Εφαρμογή της μεθοδολογίας (εκτίμηση του δυναμικού διάβρωσης, της ενδιάμεσης παραμέτρου διάβρωσης και του Δείκτη Τρωτότητας σε Διάβρωση) για τις «καταιγίδες σχεδιασμού».
- ❑ Πραγματοποιείται σύγκριση των αποτελεσμάτων των Δεικτών Τρωτότητας σε Διάβρωση (*EVI*) για τις παρούσες και τις μελλοντικές συνθήκες.

➔ Παραδοτέα

Τεχνική Έκθεση : Εκτίμηση του δυναμικού διάβρωσης και των δεικτών τρωτότητας σε διάβρωση στις περιοχές μελέτης. (30/09/2015)



Εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας για καταιγίδες κατηγορίας V στην περιοχή του Δέλτα του ποταμού Εβρου της Ισπανίας και σε ακτές της περιοχής της Βαρκελώνης

CVI

Table 1. Weighed average of EVI and FVI values.

EVI / FVI	Very Low	Low	Medium	High	Very High
Very Low	Very Low	Low	Low	Medium	High
Low	Low	Low	Medium	Medium	High
Medium	Low	Medium	Medium	High	Very High
High	Medium	Medium	High	High	Very High
Very High	High	High	Very High	Very High	Very High