

## ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑΣ INTERREG V-A ΕΛΛΑΔΑ-ΚΥΠΡΟΣ 2014-2020

### BEACHTECH

**Παράκτια διάβρωση λόγω κλιματικής αλλαγής: εκτίμηση και τρόποι αποτελεσματικής αντιμετώπισης σε τουριστικές περιοχές του Βορείου Αιγαίου και της Κύπρου**

Κωδικός Πράξης: 5050552

<b>Πακέτο Εργασίας 6</b>	Κοινωνικό-οικονομικές επιπτώσεις της Κλιματικής Αλλαγής στις πιλοτικές παραλίες
<b>Παραδοτέο 6.3.2</b>	Εκτίμηση του κόστους των έργων προσαρμογής και της μείωσης της φέρουσας ικανότητας των παραλιών λόγω διάβρωσης

<b>Κύριος Δικαιούχος Έργου</b>	Πανεπιστήμιο Αιγαίου (ΤΩΘΒΕ-ΠΑ)
<b>Επιστημονικός Υπεύθυνος Παραδοτέου</b>	Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο Κύπρου (ΤΕΠΑΚ)
<b>Συμμετέχοντες Φορείς στο Παραδοτέο</b>	ΤΩΘΒΕ
<b>Ομάδα Σύνταξης Παραδοτέου</b>	Α. Βελεγράκης, Χ. Μέττας, Α. Χατζηπαυλής
<b>Ομάδα Υλοποίησης Παραδοτέου</b>	Α. Βελεγράκης, Ε. Μανούτσογλου, Σ. Σαχτούρης, Δ. Χατζημιτσής, Χ. Μέττας, Δ. Χριστοφή
<b>Ημερομηνία</b>	Οκτώβριος 2023
<b>Διαδικτυακή πρόσβαση</b>	<a href="http://beachtech.eu">http://beachtech.eu</a>

Το παρόν κείμενο δημοσιεύτηκε με τη σύμφωνη γνώμη όλων των φορέων της σύμπραξης "BEACHTECH". Περιέχει υλικό τα δικαιώματα του οποίου ανήκουν στους δικαιούχους της πράξης "BEACHTECH" και το οποίο δεν μπορεί να αναπαραχθεί χωρίς άδεια από την σύμπραξη. Η έρευνα που οδήγησε στα αποτελέσματα του παρόντος κειμένου χρηματοδοτήθηκε από το Πρόγραμμα Συνεργασίας «Interreg V-A Ελλάδα-Κύπρος 2014-2020» (ΕΤΠΑ) και από Εθνικούς πόρους Ελλάδας και Κύπρου.

## Η Σύμπραξη του Έργου



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΑΙΓΑΙΟΥ

Πανεπιστήμιο Αιγαίου



ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑΚΟ  
ΤΑΜΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ  
ΒΟΡΕΙΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Περιφερειακό Ταμείο  
Ανάπτυξης Βορείου Αιγαίου



Τεχνολογικό  
Πανεπιστήμιο  
Κύπρου

Τεχνολογικό Πανεπιστήμιο  
Κύπρου



ΔΗΜΟΣ ΠΕΓΕΙΑΣ  
MUNICIPALITY OF PEGEIA

Δήμος Πέγειας Κύπρου

ΔΕΣΜΟΙ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ .....	4
<b>1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>5</b>
<b>2 ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ.....</b>	<b>6</b>
2.1 ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΑΚΤΗΣ .....	7
2.2 ΒΥΘΙΣΜΕΝΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ .....	8
2.3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΗΜΑ .....	8
<b>3 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΚΟΣΤΟΥΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΩΝ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ .....</b>	<b>9</b>
3.1 ΠΑΡΑΛΙΑ CORAL BAY .....	12
3.2 ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΩΜΗ .....	14
3.3 ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΡΑ .....	15
3.4 ΠΑΡΑΛΙΑ ΙΣΤΟΡΙΚΟ .....	17
<b>4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΟΣΤΟΥΣ-ΟΦΕΛΟΥΣ .....</b>	<b>18</b>
4.1 ΠΑΡΑΛΙΑ CORAL BAY .....	20
4.2 ΠΑΡΑΛΙΑ ΚΩΜΗΣ .....	23
4.3 ΠΑΡΑΛΙΑ ΠΕΤΡΑΣ.....	27
4.4 ΠΑΡΑΛΙΑ ΙΣΤΟΡΙΚΟ .....	31
<b>5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>35</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>37</b>



ΔΕΣΜΟΙ  
ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

## Περίληψη

Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου παραδοτέου υπολογίστηκε το κόστος απώλειας της παραλίας λόγω διάβρωσης και γίνονται εκτιμήσεις κόστους-οφέλους των προτεινόμενων τεχνικών επιλογών προσαρμογής με βάση τη σύγκριση της οικονομικής αξίας/εισοδήματος των πιλοτικών παραλιών με το κόστος των τεχνικών έργων προσαρμογής κάτω από διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής και χρονοδιαγράμματος των επενδύσεων. Το όφελος των προσαρμοστικών τεχνικών έργων εξαρτάται από την αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων που θα αποφευχθούν με την υλοποίησή τους. Ο υπολογισμός του κόστους των επιπτώσεων προκύπτει από το συνδυασμό της εκτιμώμενης απώλειας παραλιακής έκτασης και της αξίας της μονάδας γης στις πιλοτικές παραλίες. Τα εύρη της παραλιακής διάβρωσης εκτιμήθηκαν από το Π3.1.2. Για την αξιολόγηση της οικονομικής βιωσιμότητας των τεχνικών έργων προστασίας (και τη βέλτιστη αξιοποίηση των κονδυλίων) χρησιμοποιήθηκε ανάλυση κόστους- οφέλους, όπου το κόστος κατασκευής, συντήρησης και παρακολούθησης συγκρίθηκε με τα οφέλη που αποφέρουν τα έργα (π.χ. το κόστος γης/υποδομών που θα χάνονταν εάν δεν εφαρμοσθούν τα τεχνικά μέτρα). Στις αναλύσεις αυτές λήφθηκαν υπόψη και οι επιπτώσεις σε υπηρεσίες/αγαθά (π.χ. απώλεια αισθητικής αξίας) που κοστολογήθηκαν με τα εργαλεία οικονομικής αξιολόγησης περιβάλλοντος όπως η προθυμία πληρωμής (willingness to pay – Π6.1.1). Για τη μακροχρόνια εκτίμηση του κόστους των επενδύσεων χρησιμοποιήθηκε προεξοφλητικό επιτόκιο 3%.

## Ευχαριστίες

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τους υποψήφιους διδάκτορες του ΤΩΘΒΕ κ.κ. Θ. Χάλαζα και Δ. Χατζηστρατή για τη βοήθεια τους στην ολοκλήρωση του παραδοτέου.



## 1 Εισαγωγή

Τα τελευταία 50 χρόνια, παράλληλα με την συνεχή προσπάθεια για οικονομική ανάπτυξη, έχουν δρομολογηθεί πολλές προσπάθειες στον τομέα της αξιολόγησης αναπτυξιακών έργων. Η κυρίαρχη μεθοδολογία που έχει αναπτυχθεί είναι γνωστή ως "Ανάλυση Κόστους – Οφέλους" (Cost Benefit Analysis) και βασίζεται στις αρχές που χρησιμοποιούνται στον ιδιωτικό τομέα για την επιλογή μεταξύ διαφόρων επενδυτικών αποφάσεων (Μέργος, 2002). Αυτή η μεθοδολογία αποτελεί στη σημερινή εποχή απαίτηση στο πλαίσιο των κανονισμών της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την χρηματοδότηση έργων μέσω πόρων όπως το Ταμείο Συνοχής, τα Διαρθρωτικά Ταμεία κ.λπ. (Μακρίδης, 2015).

Η διαδικασία αξιολόγησης επενδύσεων είναι μια πολύπλοκη διαδικασία που στοχεύει στη μείωση της αβεβαιότητας που συνδέεται με τους κινδύνους που επηρεάζουν την απόδοση και τη βιωσιμότητα μιας επένδυσης. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει τον προσδιορισμό και την πρόβλεψη οικονομικών και άλλων παραγόντων που αφορούν τα κόστη και τα αναμενόμενα οφέλη από την επένδυση. Μέσω της συνδυασμένης ανάλυσης οικονομικών, παραγωγικών και εμπορικών παραγόντων, εκδίδονται συμπεράσματα που, μεταφρασμένα σε χρηματικούς όρους, δείχνουν την οικονομική βιωσιμότητα της επένδυσης.

Εάν η επένδυση απαιτεί κατασκευή, τότε στην αξιολόγηση προστίθενται τα κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά της (Μακρίδης, 2015). Τα παραπάνω στοιχεία καταδεικνύουν ότι η αξιολόγηση επενδύσεων διαφοροποιείται ανάλογα με τον τομέα, καθώς οι στόχοι ενός τομέα μπορεί να μην συμπίπτουν πάντα με αυτού ενός άλλου. Επομένως, η αξιολόγηση μπορεί να χωριστεί σε δύο βασικές κατηγορίες: την ιδιωτική ή ιδιωτικοοικονομική, η οποία επικεντρώνεται στο κέρδος του επενδυτή και την μέγιστη αξιοποίηση του μέσω της επένδυσης, και την κοινωνικοοικονομική, η οποία στοχεύει στην οικονομική ανάπτυξη και τη βελτίωση της ευημερίας σε πιο ευρύ κοινωνικό πλαίσιο (Μακρίδης, 2015).

Οι μέθοδοι Ανάλυσης Κόστους Οφέλους (ΑΚΟ) εφαρμόζονται κατά κύριο λόγο ως εργαλείο στήριξης αποφάσεων για να συμβάλουν στην ιεράρχηση διαχειριστικών σχεδίων και μέτρων προσαρμογής. Το πόρισμα αυτών των μεθόδων υπογραμμίζει τα οφέλη των σχεδίων/μέτρων και συμβάλλει στην κατάταξη των διαφορετικών επιλογών, όσον αφορά τη νομισματική τους αξία (European Commission et al., 2021).

Σε μια ΑΚΟ, όλα τα κόστη και τα οφέλη που συσσωρεύονται με την πάροδο του χρόνου νομισματοποιούνται και συγκεντρώνονται για να υποστηρίξουν τη σύγκριση μεταξύ των επιλογών, χρησιμοποιώντας ένα κοινό κριτήριο οικονομικής αποδοτικότητας. Σε γενικές γραμμές, εάν η ροή των προεξοφλημένων οφελών υπερβαίνει τα προεξοφλημένα κόστη, και βγαίνει θετική η καθαρή παρούσα αξία των οικονομικών οφελών, τότε η πρόταση θεωρείται επιθυμητή και οικονομικά αποδοτική. Κατά τη σύγκριση των επιλογών, συμπεριλαμβανομένης και της επιλογής «μη δράση», η επιλογή με την υψηλότερη καθαρή παρούσα τιμή θεωρείται βέλτιστη.

Η ΑΚΟ χρησιμοποιείται συχνά για την εκτίμηση του συνολικού κέρδους/ οφέλους για την κοινωνία και, ως εκ τούτου, για το κατά πόσον η κοινωνική ευημερία μεγιστοποιείται ή όχι σε σχέση με τη συγκεκριμένη πολιτική. Ένα από τα κύρια πλεονεκτήματα της ΑΚΟ είναι η ρητή και αυστηρή καταγραφή των οφελών και του κόστους στο πλαίσιο μιας κοινής μονάδας μέτρησης της νομισματικής αξίας (Mechler et al., 2014).

Συγκεκριμένα για τις στρατηγικές προσαρμογής στην Κλιματική Μεταβλητότητα και Αλλαγή τα δεδομένα εισόδου σε μια ΑΚΟ είναι: Κλιματικά δεδομένα ανάλογα με το είδος των υπό εξέταση μέτρων προσαρμογής, κοινωνικοοικονομικά στοιχεία σχετικά με την αύξηση του ΑΕΠ και τα προεξοφλητικά επιτόκια συγκεκριμένα για την περιοχή που θα εφαρμοστούν τα μέτρα προσαρμογής και πληροφορίες σχετικά με το κόστος των μέτρων προσαρμογής, όπως το αρχικό κόστος εφαρμογής και το ετήσιο κόστος συντήρησης (European Commission et al., 2021).

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης: περιλαμβάνουν τα οφέλη και το κόστος των μέτρων προσαρμογής και τον λόγο οφέλους-κόστους (BCR). Όταν γίνεται αξιολόγηση του κόστους και των οφελών για μια σειρά προσαρμοστικών μέτρων, η CBA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κατάταξη των επιδόσεων τους κάτω από διαφορετικές παραδοχές προκειμένου να προσδιοριστεί το βέλτιστο, οικονομικά πιο αποδοτικό μέτρο προσαρμογής (European Commission et al., 2021).

Στο παρών έγγραφο υπολογίζεται το κόστος απώλειας των πιλοτικών παραλιών Coral Bay (Κύπρος), Κώμη (Χίος), Πέτρα και Ιστορικό (Λέσβος) λόγω διάβρωσης για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής. Επίσης προτείνονται σενάρια που περιλαμβάνουν την κατασκευή κατάλληλων έργων προστασίας (ύφαλων κυματοθραυστών ή/και προβόλων και τεχνητής αναπλήρωσης ακτής από το Π.5.1.2), για τα οποία υπολογίστηκε το κόστος κατασκευής, συντήρησης και παρακολούθησης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε συγκριτικά με το κόστος απώλειας της παραλίας λόγω διάβρωσης και εκτιμήθηκε μέσω της ανάλυσης κόστους-οφέλους η οικονομική βιωσιμότητά των έργων. Σε μια προσπάθεια προσέγγισης του αντικείμενου μελέτης μέσω του πλαισίου οδηγού-πίεσης-κατάστασης-επιπτώσεων-αποκρίσεων (DPSIR) (Παραδοτέο 6.1.1 Αξιολόγηση δραστηριοτήτων και παράκτιου κεφαλαίου στις πιλοτικές παραλίες) η ανάλυση κόστους οφέλους καθώς και η πρόταση βέλτιστης στρατηγικής αντιμετώπισης που γίνεται στο παρών έγγραφο αποτελεί το κομμάτι της “απόκρισης” και ολοκληρώνει το μεθοδολογικό πλαίσιο.

## **2 Στρατηγικές προσαρμογής**

Πρώτο στάδιο για την ανάλυση κόστους-οφέλους αποτελεί ο καθορισμός των στρατηγικών προσαρμογής που θα ληφθούν υπόψη στην ανάλυση. Βασικός στόχος είναι η διαμόρφωση αποτελεσματικών πολιτικών διαχείρισης και προστασίας της παραλιακής ζώνης από τη διάβρωση και τις πλημμύρες. Έτσι οι στόχοι που τέθηκαν σαν πυλώνες της ανάπτυξης στρατηγικής είναι: η μείωση της τρωτότητας της παραλίας και των υποδομών στην διάβρωση και τις πλημμύρες, η εξασφάλιση της βιωσιμότητας του οικοσυστήματος,

η μείωση κινδύνου για την δημόσια ασφάλεια και υγεία και η ενδυνάμωση κυβερνητικής, πολιτικής και διοικητικής ικανότητας για σχεδιασμένη προσαρμογή (planned adaptation).

Ο σχεδιασμός/αποτελεσματικότητα των παράκτιων έργων βρίσκεται πλέον κάτω από νέο νομικό καθεστώς, σύμφωνα με την νέα Ευρωπαϊκή Οδηγία για την Αξιολόγηση των Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Έργων (Οδηγία 2014/52/ΕΕ), η οποία απαιτεί να ληφθεί υπόψη η ΚΜ&Α κατά το σχεδιασμό των έργων και να αναληφθεί παρακολούθηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και αποτελεσματικότητας τους μετά την κατασκευή τους. Οι παραλίες είναι συστήματα ιδιαίτερα ευάλωτα στην ΚΜ&Α και συγκεκριμένα στην άνοδο της μέσης στάθμης θάλασσας (ΑΜΘΣ) και στις ακραίες θαλάσσιες στάθμες που οφείλονται σε ακραία καιρικά φαινόμενα και θυελλώδης κυματισμούς. Για τη διατήρηση των παραλιών (και της φέρουσα ικανότητας τους για ψυχαγωγικές/τουριστικές χρήσεις) η τεχνητή αναπλήρωση αποτελεί τη μόνη βιώσιμη λύση κάτω από ΚΜ&Α. Οι εφικτές 'σκληρές' τεχνικές λύσεις (όπως π.χ. οι παράλληλοι στην ακτή κυματοθραύστες) δεν μπορούν να προστατεύσουν τις παραλίες από κατάκλιση λόγω ΑΜΘΣ. Συνεπώς η τεχνητή αναπλήρωση πρέπει να είναι οπωσδήποτε μέρος της προσέγγισης που θα ακολουθηθεί για την προσαρμογή των παραλιών στην ΚΜ&Α, ιδιαίτερα αφού αποτελεί και 'ήπια' πρακτική που θεωρείται 'φιλική' προς το περιβάλλον. Η ανάλυση Κόστους-Οφέλους πραγματοποιείται για τις πιλοτικές παραλίες Coral Bay (Κύπρος), Κώμη (Χίος), Πέτρα και Ιστορικό (Λέσβος). Για να επιτευχθούν λοιπόν οι παραπάνω στόχοι για τις πιλοτικές παραλίες ερευνήθηκαν δύο σενάρια προσαρμογής (i) η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής και (ii) και ο συνδυασμός της τεχνητής αναπλήρωσης με κατασκευή βυθισμένων κυματοθραυστών. Στο ακόλουθο πλαίσιο ακολουθεί μια συνοπτική περιγραφή των προτεινόμενων εναλλακτικών δράσεων. Σημειώνεται πως ο σχεδιασμός και το κόστος των 'σκληρών' τεχνικών λύσεων για όλες τις πιλοτικές παραλίες έχει γίνει στο Παραδοτέο 5.1.2 "Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής".

## 2.1 Τεχνητή αναπλήρωση ακτής

Η τεχνητή αναπλήρωση ακτής είναι ένα ήπιο παράκτιο έργο, που έχει χρησιμοποιηθεί κατά κύριο λόγο σε αμμώδεις παραλίες με σημαντική τουριστική ανάπτυξη, για την αντιμετώπιση της διάβρωσης. Βασίζεται στην άντληση άμμου από μια εξωτερική πηγή για την τροφοδότηση της παραλίας που διαβρώνεται. Η εναπόθεση του φερτού υλικού γίνεται τόσο στο μέτωπο της ακτής, όσο και στον πυθμένα της παράκτιας ζώνης, όπου οι κυματισμοί και τα ρεύματα θα διαμορφώσουν μια νέα κατάσταση ισορροπίας. Δύναται να συνδυαστεί με άλλα παράκτια έργα για τον πιο αποτελεσματικό εγκλωβισμό του υλικού στο σύστημα και τις όσο το δυνατόν μικρότερες απώλειες. Η θρέψη της ακτής με άμμο έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του πλάτους της, κάτι που ενισχύει την κοινωνικο-οικονομική της αξία καθώς και τη συμβολή της στην εξασθένηση της ενέργειας των κυμάτων και στην προστασία των υπαρχόντων υποδομών. Η μέθοδος αυτή δεν εξαλείφει τη διάβρωση παρά μόνο εισαγάγει νέο υλικό το οποίο θα εκτεθεί εκ νέου στις επιπτώσεις της. Έτσι για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητά της χρειάζεται συστηματική συντήρηση.

Για τον υπολογισμό του κόστους ενός τέτοιου έργου απαιτείται αξιολόγηση πολλών παραμέτρων. Το συνολικό κόστος είναι ανάλογο, μεταξύ άλλων, της απόστασης μεταξύ της περιοχής άντλησης υλικού και της υπό μελέτη παραλίας, του μεγέθους της παραλίας καθώς και της διαθεσιμότητας εμπειρογνομόνων και κατάλληλων μηχανημάτων (βυθοκόροι, φορηγίδες κ.τ.λ.). Στην Ελλάδα μια γενικευμένη τιμή αγοράς από χερσαίο λατομείο είναι της τάξης των 15 € / m<sup>3</sup>, ενώ για την συντήρησή του έργου απαιτείται επανάληψη της διαδικασίας (Kontogianni et al., 2014). Βασική προϋπόθεση επιτυχίας είναι η συμβατότητα του υλικού θρέψης με το γηγενές (Linham & Nicholls, 2010).

Η τεχνητή θρέψη παραλίας συνεπάγεται αύξηση του πλάτους της και παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα όπως:

- ενίσχυση της φέρουσας ικανότητας της παραλίας (beach carrying capacity)
- αύξηση της κοινωνικο-οικονομικής της αξίας
- δημιουργία/διατήρηση οικολογικών οφελών (π.χ. περιβάλλοντα ωοτοκίας ειδών)

Κάποια από τα μειονεκτήματα της μεθόδου είναι το μεγάλο κόστος υλοποίησης και συντήρησης, η δυσκολία εύρεση περιοχών δανεισμού υλικού με κατάλληλο υλικό κοντά στην παραλία, η μικρή διαθεσιμότητα εργολάβων που αναλαμβάνουν τέτοια έργα και η πιθανή διατάραξη της βιοποικιλότητας, εάν δεν γίνει ο κατάλληλος σχεδιασμός.

## 2.2 Βυθισμένοι Κυματοθραύστες

Οι βυθισμένοι κυματοθραύστες είναι κατασκευές συνήθως από λιθορριπή και τεχνητούς ή φυσικούς ογκόλιθους. Κατασκευάζονται παράλληλα στην ακτή και η στέψη τους βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Η βασική τους λειτουργία είναι ότι ελαττώνουν την ενέργεια των κυματισμών μέσω της θραύσης, ανακλώντας ένα μέρος της προς τα ανοιχτά. Παράλληλα επιτρέπουν την διάδοση των κυμάτων προς την ακτή και την κυκλοφορία και ανανέωση των υδάτων. Λόγω αυτού, οι κατασκευές αυτές έχουν μικρότερο περιβαλλοντικό αποτύπωμα από τα έργα υψηλής στέψης (πάνω από τη στάθμη της θάλασσας), χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν επηρεάζουν το οικοσύστημα. Κάποιες από τις επιπτώσεις τους είναι η αλλαγή των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων των υδάτων και των ιζημάτων λόγω του περιορισμού της κυκλοφορίας του νερού και η ποιοτική και ποσοτική κατανομή της χλωρίδας και πανίδας.

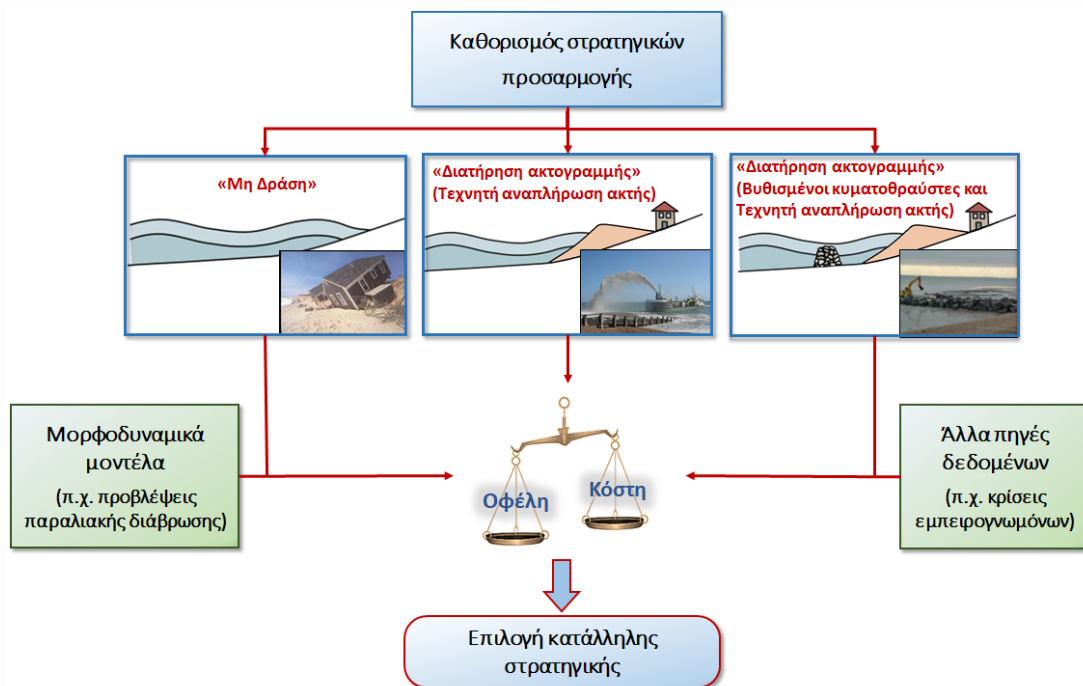
Παράμετροι, όπως ο συντελεστής διάδοσης, η απόσταση της κατασκευής από την ακτή, τα χαρακτηριστικά της κατασκευής (κλίση, μήκος, βύθισμα, πλάτος στέψης, προσανατολισμός), η κλίση και η σύσταση του πυθμένα, το μέσο ύψος και η μέση περίοδος κύματος, η κυρίαρχη διεύθυνση των κυμάτων και η απόσταση μεταξύ των κυματοθραυστών, επηρεάζουν την επίδραση του έργου στην παραλία και καθορίζουν την αποτελεσματικότητά του.

## 2.3 Μεθοδολογικό σχήμα

Για την αξιολόγηση και την σύγκριση των εναλλακτικών έργων προστασίας χρειάζεται η συμπερίληψη του σεναρίου της "μη δράσης" στην ανάλυση κόστους-οφέλους, το οποίο



αντιστοιχεί στο όφελος του μέτρου προσαρμογής. Πιο συγκεκριμένα, η στρατηγική “μη δράσης” αναφέρεται στην εξέλιξη της φυσικής κατάστασης της παραλίας (status-quo) στο χρονικό πλαίσιο που έχει οριστεί, απουσία ανθρώπινης παρέμβασης. Στην παρούσα μελέτη εξετάστηκαν οι εξής επιλογές προσαρμοστικών μέτρων: i. Στρατηγική “Μη Δράσης” ii. Τεχνητή αναπλήρωση iii. Κατασκευή κυματοθραυστών και τεχνητή αναπλήρωση. Η Εικόνα 1 αποτυπώνει το διάγραμμα ροής της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε. Για την εφαρμογή της ανάλυσης ΑΚΟ χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα: Εκτίμηση της οικονομικής αξίας της παραλίας (Παραδοτέο 6.1.1 Αξιολόγηση δραστηριοτήτων και παράκτιου κεφαλαίου στις πιλοτικές παραλίες). Εκτίμηση του ετήσιου ρυθμού υποχώρησης (Παραδοτέο 3.1.2 Εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας και διάβρωσης των παραλιών Λέσβου, Χίου και Κύπρου). Εκτίμηση του κόστους της τεχνητής αναπλήρωσης, χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση του Dean, (2002). Εκτίμηση του κόστους επένδυσης του κυματοθραύστη (5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής”).



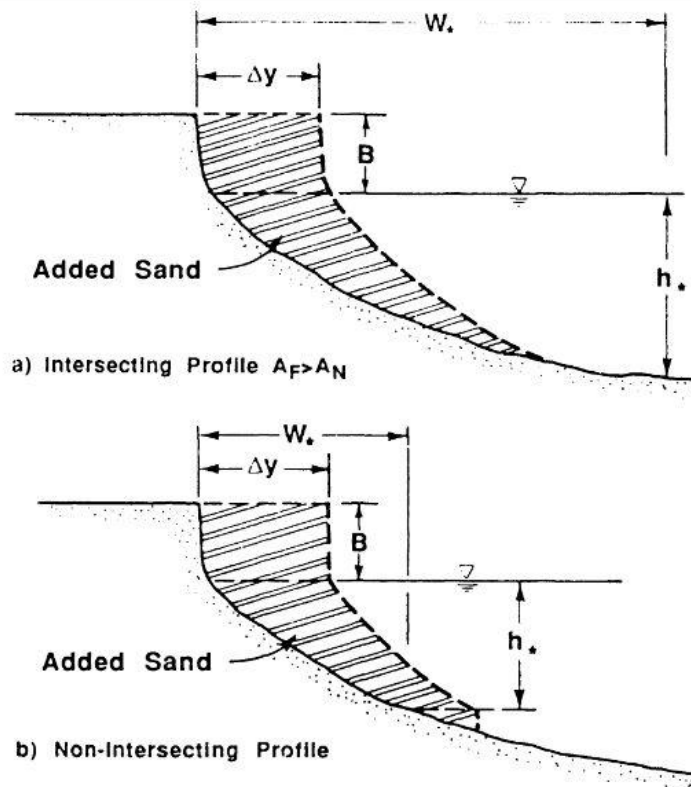
**Εικόνα 1:** Διάγραμμα ροής: Επιλογή κατάλληλης στρατηγικής αντιμετώπισης μέσα από αναλύσεις κόστους-οφέλους.

### 3 Εκτίμηση κόστους στρατηγικών προσαρμογής

Για την αξιολόγηση και σύγκριση των εναλλακτικών μέτρων προσαρμογής για τις πιλοτικές παραλίες Coral Bay (Κύπρος), Κώμη (Χίος), Πέτρα και Ιστορικό (Μυτιλήνη) χρησιμοποιήθηκε η ανάλυση κόστους – οφέλους. Απαραίτητο στάδιο της ανάλυσης είναι ο σχεδιασμός και η εκτίμηση του κόστους των τεχνικών έργων προστασίας. Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε για 2 μελλοντικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, το σενάριο

RCP4.5 το οποίο αντιπροσωπεύει ένα συντηρητικό σενάριο όσο αφορά τις μελλοντικές εκπομπές των αερίων του θερμοκηπίου και το RCP8.5 το οποίο αντιπροσωπεύει ένα απαισιόδοξο σενάριο με βάση τον Διακυβερνητικό Οργανισμό για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC). Χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από το παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής” για τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού των προτεινόμενων μέτρων προστασίας κάτω από τα προαναφερόμενα σενάρια και δεδομένα για την προβλεπόμενη υποχώρηση των παραλιών από τα αποτελέσματα του παραδοτέου “3.1.2 Εκτίμηση κινδύνου πλημμύρας και διάβρωσης των παραλιών Λέσβου, Χίου και Κύπρου” με τη χρήση μορφοδυναμικών μοντέλων. Έγινε σχεδιασμός τεχνητής αναπλήρωσης της παραλίας με σκοπό τη διατήρηση της στη σημερινή της κατάσταση δηλ. ανύψωσης της και επέκτασης της όσο είναι και η προβλεπόμενη ΣΑΣΘ (συν το ύψος του χερσαίου υβώματος που είναι και το ύψος που φτάνουν οι κυματισμοί στην παραλία) και υποχώρηση της ακτογραμμής αντίστοιχα για την εκτίμηση του απαιτούμενου απαιτούμενος όγκος του υλικού αναπλήρωσης για όλο το μήκος των πιλοτικών παραλιών. Για τον υπολογισμό του όγκου υλικού αναπλήρωσης σε μια παραλία, χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση του Dean, (2002) η οποία είναι από τις πιο ευρέως διαδεδομένες μεθόδους. Η μέθοδος εξετάζει τη παραλία σε τομές και υπαγορεύει τη τοποθέτηση του προστιθέμενου υλικού με κλίση εντονότερη από αυτή της παραλίας ώστε η κυματική δράση να διαμορφώσει σταδιακά το προφίλ μέχρι το βάθος κλεισίματος έως την επίτευξη μιας κατάστασης ισορροπίας (Equilibrium Beach Profile – EBP). Ανάλογα με μια σειρά παραγόντων εκ των οποίων οι σημαντικότεροι είναι η κοκκομετρία του υλικού πλήρωσης και το ύψος του παραλιακού αναβαθμού (beach berm), τα προφίλ που θα προκύψουν από την αναπλήρωση διακρίνονται σε τεμνόμενα (intersecting) και μη τεμνόμενα (non intersecting); στα τεμνόμενα το τελικό προφίλ τέμνεται με το αρχικό ενώ στα μη τεμνόμενα όλο το υλικό αναπλήρωσης στο υποθαλάσσιο κομμάτι της πλήρωσης αποτίθεται τελικά πάνω στο αντίστοιχο τμήμα του αρχικού προφίλ (Εικόνα 2). Όταν η κοκκομετρία του υλικού πλήρωσης είναι ίδια με αυτήν του γηγενούς υλικού της παραλίας τότε πάντοτε προκύπτουν μη τεμνόμενα προφίλ (Dean, 1991).

Στην εφαρμογή της μεθόδου για τις πιλοτικές παραλίες επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί ως υλικό πλήρωσης ίζημα διαμέτρου ίσης με το το γηγενές ίζημα και η κλίση του πυθμένα όπως αυτά υπολογίστηκαν στο παραδοτέο “4.1.2 Υδροδυναμικές και τοπογραφικές παρατηρήσεις στις πιλοτικές παραλίες” και εφαρμόστηκε η προαναφερθείσα συσχέτιση κοκκομετρίας και κλίσης πυθμένα. Το ύψος του beach berm συσχετίστηκε με την κυματική αναρρίχηση και υπολογίστηκε από την ευρέως διαδεδομένη παραμετρική σχέση των Stockdon et al, (2006). Για την εφαρμογή της παραμετρικής σχέσης χρησιμοποιήθηκαν το σημαντικό ύψος κύματος με περίοδο επαναφοράς ενός έτους και η αντίστοιχη κυματική περίοδο από την baseline περίοδο (1980 - 2014) της παγκόσμιας βάσης δεδομένων των ΑΘΣ με την παραδοχή ότι αντιπροσωπεύουν τις σημερινές τιμές. Στο ύψος του παραλιακού αναβαθμού που προκύπτει από τη σχέση του Stockdon et al, (2006) προστέθηκε και η αναμενόμενη άνοδος της ΜΘΣ ώστε να υπάρχει η απαραίτητη προσαρμοστικότητα στη ΚΑ.



**Εικόνα 2:** Τεμνόμενο και μη τεμνόμενο προφίλ αναπλήρωσης (intersect & non intersect profiles).  $A_f$  και  $A_n$  είναι οι ταχύτητες καθίζησης του υλικού πλήρωσης και του γηγενούς υλικού αντίστοιχα (από Dean, 1991).

Ενώ η μέθοδος του Dean που περιεγράφηκε υπολογίζει τον όγκο του υλικού πλήρωσης ανά m του μήκους του μετώπου παραλίας, ο συνολικός απαιτούμενος όγκος υπολογίζεται κλιμακώνοντας με το μήκος της παραλίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι προβλέψεις είναι προσεγγιστικές δεδομένου ότι υποτίθεται μια κατά μήκος γεωχωρική ομοιομορφία της παραλίας και αγνοώντας περιοχές με πιθανή εντονότερη διάβρωση. Για το κόστος του υλικού αναπλήρωσης θεωρήθηκε η τιμή 15.14 €/m<sup>3</sup>, η οποία προκύπτει σύμφωνα με την αναθεώρηση LIM 1322 του άρθρου 3.08.Μ, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1.

Τα παράκτια κυματογενή ρεύματα και οι κυματισμοί οδηγούν τόσο σε πλευρικές απώλειες άμμου όσο και σε εγκάρσιες απώλειες προς τα ανοικτά, με αποτέλεσμα για τη συντήρηση του έργου να απαιτείται περιοδικά η επαναπλήρωση της παραλίας, η οποία συνήθως πραγματοποιείται όταν το πλάτος της επέκτασης της παραλίας μειωθεί στο μισό. Εκτιμήθηκε ότι για τη διατήρηση των πιλοτικών παραλιών απαιτείται επαναπλήρωση (για το μισό πλάτος της παραλίας δηλ. απαιτείται ο μισός όγκος ιζήματος) 10 φορές για το σενάριο RCP4.5 και 8 για το RCP8.5, επομένως το συνολικό κόστους υλοποίησης και συντήρησης του έργου θα είναι πενταπλάσιο και τετραπλάσιο αντίστοιχα. Για τη μείωση των απωλειών και τη συγκράτηση του υλικού στην παραλία, τα έργα τεχνητής αναπλήρωσης, μπορεί να συνδυαστούν με ‘σκληρά’ έργα, για τον αποτελεσματικό εγκλωβισμό της άμμου στο σύστημα. Τα σκληρά έργα επιλέχθηκαν με βάση το Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής” με τη παραδοχή πως επαρκούν ώστε να μη χρειάζεται να γίνουν επαναπληρώσεις άμμου.

**Πίνακας 1:** Εκτίμηση του κόστους του υλικού αναπλήρωσης σύμφωνα με την αναθεώρηση LIM 1322 του άρθρου 3.08.Μ.

Περιγραφή Αντικειμένου	Κωδικός Άρθρου	Κωδικός Αναθεώρησης	Μον. Μετρ.	Τιμή Μονάδος (Ευρώ)	Ποσότητα	Δαπάνη (Ευρώ)
Διαμόρφωση τεχνητής προσάμμωσης + ΜΤΦ	3.08 Μ	LIM 1322	m <sup>3</sup>	9.0	1.00	9.00
<b>Άθροισμα</b>						
Προστίθεται ΓΕ & ΟΕ					18.00%	<b>9.00</b>
<b>Σύνολο μελέτης</b>						1.62
Απρόβλεπτα					15.00%	<b>10.62</b>
Αναθεώρηση						1.59
<b>Σύνολο προ ΦΠΑ</b>						12.21
ΦΠΑ					24.00%	2.93
<b>Γενικό σύνολο</b>						<b>15.14</b>

### 3.1 Παραλία Coral Bay

#### Τεχνητή αναπλήρωση ακτής

Για σενάριο μακροπρόθεσμης Σχετικής Ανόδου της Θαλάσσιας Στάθμης (ΣΑΘΣ) βάσει του RCP4.5 και του RCP8.5 σε σχέση με τη μέση στάθμη θάλασσας του 2000 (περίοδος αναφοράς – baseline), η παραλία Coral Bay προβλέπεται ότι θα υποχωρήσει κατά 16 m και 23,8 m αντίστοιχα μέχρι το 2100. Η χαρακτηριστική διάμετρος των κόκκων του ιζήματος της παραλίας Coral Bay είναι 0.5mm και η μέση κλίση της παραλίας μέχρι το closing depth είναι 1.6% (από τις μετρήσεις στο παραδοτέο “4.1.2 Υδροδυναμικές και τοπογραφικές παρατηρήσεις στις πιλοτικές παραλίες”). Τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού του έργου για τα 2 εξεταζόμενα σενάρια και το αντίστοιχο κόστος παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

**Πίνακας 2:** Εκτιμήσεις όγκου/κόστους υλικού αναπλήρωσης σύμφωνα με 2 διαφορετικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Coral Bay).

Σενάριο	Διάμετρος κόκκων d50(mm)	Ύψος αναπλήρωσης (m)	Όγκος ανά m μήκους (m <sup>3</sup> /m)	Πλάτος επέκτασης (m)	Συνολικός όγκος V (m <sup>3</sup> )	Κόστος (€)
RCP 4.5	0.5	0.72	205	16	79338	714,048.61
RCP 8.5	0.5	1.03	313	23.8	120891	1,088,021.00

### Κυματοθραύστες

Στην παραλία Coral Bay επιλέχθηκε η συμπληρωματική κατασκευή βυθισμένων κυματοθραυστών. Συνολικά επιλέχθηκε η κατασκευή 2 κυματοθραυστών μήκους 135 m συνολικού όγκου 18.360 m<sup>3</sup> με χαρακτηριστικά που περιγράφονται στο Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής”. Γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών είναι αρκετή για να μην γίνουν επιπλέον επαναπληρώσεις ακτής. Η κοστολόγηση των κυματοθραυστών για την παραλία Coral Bay από το Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής” αποτυπώνεται στον Πίνακα 3 και το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 1.318.447.09€.

**Πίνακας 3:** Εκτίμηση του κόστους των κυματοθραυστών ανά μέτρο μήκους σύμφωνα με τα άρθρα 4.08.01.Μ (αναθεώρηση ΝΙΜ 2310) και 4.12.02 (αναθεώρηση ΥΔΡ 6361) (Coral Bay).

Α/Α	Περιγραφή Αντικειμένου	Μον. Μετρ.	Τιμή Μονάδος (Ευρώ)	Ποσότητα	Δαπάνη (Ευρώ)		
					Μερική	Ολική	
1	Φυσικοί Ογκόλιθοι Θωράκισης Ατομικού Βάρους 7000-10000kgr	m <sup>3</sup>	40	18360.00	734,400.00		
2	Προμήθεια και διάστρωση μη υφαντού γεωϋφάσματος εφελκυστικής αντοχής (κατά την κύρια διεύθυνση) 300 kN/m	m <sup>2</sup>	7	7020.00	49,140.00		
<b>Άθροισμα</b>						783,540.00	<b>783,540.00</b>
Προστίθεται ΓΕ & ΟΕ					18.00%		141,037.20
<b>Σύνολο μελέτης</b>							<b>924,577.20</b>
Απρόβλεπτα					15.00%		138,686.58
Αναθεώρηση							
<b>Σύνολο προ ΦΠΑ</b>							<b>1,063,263.78</b>
ΦΠΑ					24.00%		255,183.31
<b>Γενικό σύνολο</b>							<b>1,318,447.09</b>

## 3.2 Παραλία Κώμη

### Τεχνητή αναπλήρωση ακτής

Για σενάριο μακροπρόθεσμης Σχετικής Ανόδου της Θαλάσσιας Στάθμης (ΣΑΘΣ) βάσει του RCP4.5 και του RCP8.5 σε σχέση με τη μέση στάθμη θάλασσας του 2000 (περίοδος αναφοράς – baseline), η παραλία της Κώμης προβλέπεται ότι θα υποχωρήσει κατά 13.45 m και 23.7 m αντίστοιχα μέχρι το 2100. Η χαρακτηριστική διάμετρος των κόκκων του ιζήματος της παραλίας της Κώμης είναι 1 mm και η μέση κλίση της παραλίας μέχρι το closing depth είναι 1.7% (από τις μετρήσεις στο παραδοτέο “4.1.2 Υδροδυναμικές και τοπογραφικές παρατηρήσεις στις πιλοτικές παραλίες”). Τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού του έργου για τα 2 εξεταζόμενα σενάρια και το αντίστοιχο κόστος παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.

**Πίνακας 4:** Εκτιμήσεις όγκου/κόστους υλικού αναπλήρωσης σύμφωνα με 2 διαφορετικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Κώμη).

Σενάριο	Διάμετρος κόκκων d50(mm)	Ύψος αναπλήρωσης (m)	Όγκος ανά m μήκους (m <sup>3</sup> /m)	Πλάτος επέκτασης (m)	Συνολικός όγκος V (m <sup>3</sup> )	Κόστος (€)
RCP 4.5	1	0.73	103	13.45	116568	1,049,118.00
RCP 8.5	1	1.03	183	23.7	205417	1,848,753.00

### Κυματοθραύστες

Στην παραλία της Κώμης επιλέχθηκε η συμπληρωματική κατασκευή βυθισμένων κυματοθραυστών. Συνολικά επιλέχθηκε η κατασκευή 3 κυματοθραυστών μήκους 140 m συνολικού όγκου 14.360 m<sup>3</sup> με χαρακτηριστικά που περιγράφονται στο Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής”. Γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών είναι αρκετή για να μην γίνουν επιπλέον επαναπληρώσεις ακτής. Η κοστολόγηση των κυματοθραυστών για την παραλία της Κώμης από το Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής” αποτυπώνεται στον Πίνακα 5 και το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 817.416.50€.

**Πίνακας 5:** Εκτίμηση του κόστους των κυματοθραυστών ανά μέτρο μήκους σύμφωνα με τα άρθρα 4.08.01.Μ (αναθεώρηση ΛΙΜ 2310) και 4.12.02 (αναθεώρηση ΥΔΡ 6361) (Κώμη).

Α/Α	Περιγραφή Αντικειμένου	Μον. Μετρ.	Τιμή Μονάδος (Ευρώ)	Ποσότητα	Δαπάνη (Ευρώ)	
					Μερική	Ολική
1	Φυσικοί Ογκόλιθοι Θωράκισης Ατομικού Βάρους 4000-6000kg	m <sup>3</sup>	30	14360.00	429,187.50	
2	Προμήθεια και διάστρωση μη υφαντού γεωϋφάσματος εφελκυστικής αντοχής (κατά την κύρια διεύθυνση) 300 kN/m	m <sup>2</sup>	7	8085.00	56,595.00	
<b>Άθροισμα</b>						<b>485,7</b>
Προστίθεται ΓΕ & ΟΕ				18.00%		<b>82.50</b>
<b>Σύνολο μελέτης</b>						87,44
Απρόβλεπτα				15.00%		0.85
Αναθεώρηση						<b>573,2</b>
<b>Σύνολο προ ΦΠΑ</b>						<b>23.35</b>
ΦΠΑ				24.00%		89,98
<b>Γενικό σύνολο</b>						3.50
						<b>659,2</b>
						<b>06.05</b>
						158,2
						09.64
						<b>817,4</b>
						<b>16.50</b>

### 3.3 Παραλία Πέτρα

#### Τεχνητή αναπλήρωση ακτής

Για σενάριο μακροπρόθεσμης Σχετικής Ανόδου της Θαλάσσιας Στάθμης (ΣΑΘΣ) βάσει του RCP4.5 και του RCP8.5 σε σχέση με τη μέση στάθμη θάλασσας του 2000 (περίοδος αναφοράς – baseline), η παραλία της Πέτρας προβλέπεται ότι θα υποχωρήσει κατά 13.20 m και 23.8 m αντίστοιχα μέχρι το 2100. Η χαρακτηριστική διάμετρος των κόκκων του ιζήματος της παραλίας της Πέτρας είναι 2.3 mm και η μέση κλίση της παραλίας μέχρι το closing depth είναι 3.7% (από τις μετρήσεις στο παραδοτέο “4.1.2 Υδροδυναμικές και τοπογραφικές παρατηρήσεις στις πιλοτικές παραλίες”). Τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού του έργου για τα 2 εξεταζόμενα σενάρια και το αντίστοιχο κόστος παρουσιάζονται στον Πίνακα 6.

**Πίνακας 6:** Εκτιμήσεις όγκου/κόστους υλικού αναπλήρωσης σύμφωνα με 2 διαφορετικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Πέτρα).

Σενάριο	Διάμετρος κόκκων d50(mm)	Ύψος αναπλήρωσης (m)	Όγκος ανά m μήκους (m <sup>3</sup> /m)	Πλάτος επέκτασης (m)	Συνολικός όγκος V (m <sup>3</sup> )	Κόστος (€)
RCP 4.5	2.3	0.81	126	13.2	131748	1,185,730.00
RCP 8.5	2.3	1.11	229	23.8	240663	2,165,970.83

### Κυματοθραύστες

Στην παραλία της Πέτρας επιλέχθηκε η συμπληρωματική κατασκευή βυθισμένων κυματοθραυστών. Συνολικά επιλέχθηκε η κατασκευή 2 κυματοθραυστών μήκους 140 m συνολικού όγκου 12.390 m<sup>3</sup> με χαρακτηριστικά που περιγράφονται στο Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής”. Γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών είναι αρκετή για να μην γίνουν επιπλέον επαναπληρώσεις ακτής. Η κοστολόγηση των κυματοθραυστών για την παραλία της Πέτρας από το Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής” αποτυπώνεται στον Πίνακα 7 και το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 696.360.29€.

**Πίνακας 7:** Εκτίμηση του κόστους των κυματοθραυστών ανά μέτρο μήκους σύμφωνα με τα άρθρα 4.08.01.Μ (αναθεώρηση ΛΙΜ 2310) και 4.12.02 (αναθεώρηση ΥΔΡ 6361) (Πέτρα)

Α/Α	Περιγραφή Αντικειμένου	Μον. Μετρ.	Τιμή Μονάδος (Ευρώ)	Ποσότητα	Δαπάνη (Ευρώ)	
					Μερική	Ολική
1	Φυσικοί Ογκόλιθοι Θωράκισης Ατομικού Βάρους 4000-6000kgf	m <sup>3</sup>	30	12390.00	371,700.00	
2	Προμήθεια και διάστρωση μη υφαντού γεωϋφάσματος εφελκυστικής αντοχής (κατά την κύρια διεύθυνση) 300 kN/m	m <sup>2</sup>	7	6020.00	42,140.00	
<b>Άθροισμα</b>						<b>413,840.00</b>
Προστίθεται ΓΕ & ΟΕ				18.00%		74,491.20
<b>Σύνολο μελέτης</b>						<b>488,331.20</b>
Απρόβλεπτα				15.00%		73,249.68
Αναθεώρηση						
<b>Σύνολο προ ΦΠΑ</b>						<b>561,580.88</b>
ΦΠΑ				24.00%		134,779.41
<b>Γενικό σύνολο</b>						<b>696,360.29</b>



### 3.4 Παραλία Ιστορικό

#### Τεχνητή αναπλήρωση ακτής

Για σενάριο μακροπρόθεσμης Σχετικής Ανόδου της Θαλάσσιας Στάθμης (ΣΑΘΣ) βάσει του RCP4.5 και του RCP8.5 σε σχέση με τη μέση στάθμη θάλασσας του 2000 (περίοδος αναφοράς – baseline), η παραλία Ιστορικό προβλέπεται ότι θα υποχωρήσει κατά 7.15 m και 11.35 m αντίστοιχα μέχρι το 2100. Η χαρακτηριστική διάμετρος των κόκκων του ιζήματος της παραλίας Ιστορικό είναι 0.8 mm και η μέση κλίση της παραλίας μέχρι το closing depth είναι 3.4% (από τις μετρήσεις στο παραδοτέο “4.1.2 Υδροδυναμικές και τοπογραφικές παρατηρήσεις στις πιλοτικές παραλίες”). Τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού του έργου για τα 2 εξεταζόμενα σενάρια και το αντίστοιχο κόστος παρουσιάζονται στον Πίνακα 8.

**Πίνακας 8:** Εκτιμήσεις όγκου/κόστους υλικού αναπλήρωσης σύμφωνα με 2 διαφορετικά σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης (Ιστορικό).

Σενάριο	Διάμετρος κόκκων d50(mm)	Ύψος αναπλήρωσης (m)	Όγκος ανά m μήκους (m <sup>3</sup> /m)	Πλάτος επέκτασης (m)	Συνολικός όγκος V (m <sup>3</sup> )	Κόστος (€)
RCP 4.5	0.8	0.78	54	7.15	50329	452,960.26
RCP 8.5	0.8	1.08	93	11.35	86890	782,006.07

#### Κυματοθραύστες και πρόβολοι

Στην παραλία Ιστορικό επιλέχθηκε η συμπληρωματική κατασκευή προβόλων και βυθισμένων κυματοθραυστών. Συνολικά επιλέχθηκε η κατασκευή δύο κυματοθραυστών μήκους 140 m συνολικού όγκου 26.950 m<sup>3</sup> και δύο προβόλων μήκους 35 m συνολικού όγκου 280 m<sup>3</sup> με χαρακτηριστικά που περιγράφονται στο Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής”. Γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών και προβόλων είναι αρκετή για να μην γίνουν επιπλέον επαναπληρώσεις ακτής. Η κοστολόγηση των κυματοθραυστών και προβόλων για την παραλία του Ιστορικού από το Παραδοτέο 5.1.2 “Προτεινόμενες τεχνικές λύσεις προσαρμογής για διαφορετικά σενάρια Κλιματικής Αλλαγής” αποτυπώνεται στον Πίνακα 9 και το συνολικό κόστος ανέρχεται σε 1.477.864.19€.

**Πίνακας 9:** Εκτίμηση του κόστους των κυματοθραυστών και προβόλων σύμφωνα με τα άρθρα 4.08.01.Μ (αναθεώρηση ΛΙΜ 2310), 4.12.02 (αναθεώρηση ΥΔΡ 6361), 4.08.02 (αναθεώρηση ΛΙΜ 2320) και 4.10.02 (αναθεώρηση ΥΔΡ 6361) (Ιστορικό).

Α/Α	Περιγραφή Αντικειμένου	Μον. Μετρ.	Τιμή Μονάδος (Ευρώ)	Ποσότητα	Δαπάνη (Ευρώ)	
					Μερική	Ολική
1	Φυσικοί Ογκόλιθοι Θωράκισης Ατομικού Βάρους 4000-6000kgf	m <sup>3</sup>	30	26950.00	808,500.00	
2	Προμήθεια και διάστρωση μη υφαντού γεωϋφάσματος εφελκυστικής αντοχής (κατά την κύρια διεύθυνση) 300 kN/m	m <sup>2</sup>	7	8540.00	59,780.00	
3	Πρόβολοι				10,000	
<b>Άθροισμα</b>						<b>878,280.00</b>
Προστίθεται ΓΕ & ΟΕ				18.00%		158,090.40
<b>Σύνολο μελέτης</b>						<b>1,036,370.40</b>
Απρόβλεπτα				15.00%		155,455.56
Αναθεώρηση						
<b>Σύνολο προ ΦΠΑ</b>						<b>1,191,825.96</b>
ΦΠΑ				24.00%		286,038.23
<b>Γενικό σύνολο</b>						<b>1,477,864.19</b>

#### 4 Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους-οφέλους

Βασική έννοια στην διαδικασία μιας ΑΚΟ είναι το προεξοφλητικό επιτόκιο σύμφωνα με την οποία η μελλοντική αξία μιας επένδυσης μετατρέπεται σε αντίστοιχη σημερινή αξία και αποσκοπεί στην σύγκριση τιμών, που προκύπτουν σε διαφορετικές χρονικές περιόδους. Εργαλεία όπως η καθαρή παρούσα αξία (net present value-NPV) και ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCratio) βοηθούν στην σύγκριση και επιλογή του πιο αποδοτικού (ως προς το κόστος) και βιώσιμου εναλλακτικού έργου.

##### Υπολογισμός παρούσας αξίας κόστους (CPV) με την στρατηγική “Μη Δράση”:

Το κόστος της στρατηγικής ‘Μη Δράση’ υπολογίζεται με γνώμονα την αξία της γης που προβλέπεται να χαθεί λόγω διάβρωσης χωρίς καμιά ανθρώπινη παρέμβαση προστασίας της ακτής, βάσει σεναρίων ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, χρησιμοποιώντας την ακόλουθη σχέση:

$$CPV1 = \sum_t BV * ER * (1 + ir)^{-t} \quad [1]$$

CPV1: Είναι η ζημία από τη διάβρωση της παραλίας.

BV: Είναι η αξία της παραλίας (€/m<sup>2</sup>/year).

ER: Είναι η ετήσια οπισθοχώρηση της παραλίας από τη μακροπρόθεσμη άνοδο της στάθμης της θάλασσας (m<sup>2</sup>/year).

ir: Είναι το επιτόκιο

t: Είναι ο δείκτης για τα χρόνια.

Υπολογισμός παρούσας αξίας κόστους της τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής:

Η παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής αυτής υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$CPV2 = \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t} \quad [2]$$

CPV2 : Είναι η παρούσα αξία κόστους για την αναπλήρωση της ακτής για τα επόμενα t χρόνια.

NC: Είναι το κόστος για την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής ανά τετραγωνικό μέτρο (€/m<sup>2</sup>/year).

Υπολογισμός παρούσας αξίας κόστους για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής:

Η παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής αυτής υπολογίζεται από την παρακάτω εξίσωση:

$$CPV3 = BW + \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t} \quad [3]$$

CPV3: Είναι η παρούσα αξία κόστους της επένδυσης του κυματοθραύστη και της τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής.

ER: Είναι η ετήσια οπισθοχώρηση της ακτής από την μακροχρόνια άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

BW: Είναι το κόστος επένδυσης του κυματοθραύστη.

Η στρατηγική 'Μη Δράση' δεν παρουσιάζει κάποιο όφελος, οπότε η παρούσα αξία οφέλους (Benefit Present Value, BPV) είναι 0. Το όφελος των 2 προτεινόμενων μέτρων προσαρμογής αντιστοιχεί στην αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων που θα αποφευχθούν με την υλοποίησή τους, επομένως η παρούσα αξία οφέλους τους ισούται με την παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής 'Μη Δράση'. Η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV

χρησιμοποιείται για τη σύγκριση των εναλλακτικών στρατηγικών και προκύπτει ως η διαφορά παρούσας αξίας οφέλους μείον παρούσας αξίας κόστους:

$$NPV = BPV - CPV$$

Ως οικονομικά πιο συμφέρουσα επιλογή θεωρείται εκείνη με τη μεγαλύτερη τιμή NPV.

#### 4.1 Παραλία Coral Bay

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της στρατηγικής “Μη Δράση”, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 1:

Η οικονομική αξία της παραλίας, η οποία συμβολίζεται με  $BV$ , πρέπει να είναι σε €/m<sup>2</sup>/year, για τη διεξαγωγή της ανάλυσης κόστους-οφέλους. Η ετήσια αξία της παραλίας Coral Bay υπολογίστηκε σε 10.750.632 € (Παραδοτέο 6.1.1 “Αξιολόγηση δραστηριοτήτων και παράκτιου κεφαλαίου στις πιλοτικές παραλίες”). Η παραλία Coral Bay έχει εμβαδόν 13.400 m<sup>2</sup>, επομένως η ετήσια αξία της ανά τετραγωνικό μέτρο υπολογίζεται σε  $BV=802$  €/m<sup>2</sup>/year. Η υποχώρηση της παραλίας η οποία συμβολίζεται με  $ER$  πρέπει να είναι σε m<sup>2</sup>/year. Οι διαθέσιμες προβλέψεις (βλ. παραπάνω) αφορούν το 2100 με περίοδο αναφοράς (baseline) το 2000 δηλαδή αφορούν ένα χρονικό διάστημα 100 ετών. Επομένως για να υπολογιστεί ο ετήσιος ρυθμός υποχώρησης σε τετραγωνικά μέτρα γίνεται πολλαπλασιασμός με το μήκος της παραλίας, το οποίο είναι 640 m και διαίρεση με τα 100 χρόνια. Προκύπτει λοιπόν ότι σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 η υποχώρηση είναι  $ER= 102,3$  m<sup>2</sup>/year, ενώ σύμφωνα με το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 είναι  $ER= 152,3$  m<sup>2</sup>/year.

Η παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής ‘Μη Δράση’ **CPV1**, δηλαδή το κόστος που προκύπτει λόγω της διάβρωσης της παραλίας στην περίπτωση που δεν υλοποιηθεί καμιά ανθρώπινη παρέμβαση προστασίας της ακτής, υπολογίζεται από την εξίσωση [1]:

$$CPV1 = \sum_t BV * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου  $ir$  είναι το επιτόκιο και  $t$  είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Στην παρούσα ανάλυση για την εκτίμηση των ταμειακών ροών σε παρούσες αξίες χρησιμοποιήθηκε το προεξοφλητικό επιτόκιο ( $ir$ ) 3% το οποίο έχει προταθεί σε παρόμοιες μελέτες στον Ελλαδικό χώρο (π.χ. Kontogianni et al., 2012). Τα συνολικά χρόνια που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση είναι 50 και προκύπτουν από τη διάρκεια ‘ζωής’ ενός κυματοθραύστη.

**Πίνακας 10:** Παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής “Μη Δράση” (Coral Bay).

Σενάριο	CPV1
Συντηρητικό, RCP 4.5	2,193,815 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	3,266,060 €

Η στρατηγική αυτή δεν παρουσιάζει κάποιο όφελος, οπότε η παρούσα αξία οφέλους BPV (Benefit Present Value) είναι 0.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV1 είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος δηλαδή:

$$NPV1 = BPV1 - CPV1 = -CPV1$$

Επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για τη στρατηγική ‘Μη Δράση’ είναι:

$$BCR1 = BPV 1/CPV 1 = 0$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 2:

Για τη διεξαγωγή της ανάλυσης το κόστος της αναπλήρωσης πρέπει να είναι εκφρασμένο σε €/m<sup>2</sup>/year. Επομένως οι παραπάνω εκτιμήσεις που αφορούν το κόστος του όγκου του υλικού αναπλήρωσης διαιρούνται με το μήκος της παραλίας και με τα 100 χρόνια που είναι το διάστημα των προβλέψεων, μεταξύ 2000 και 2100. Προκύπτει ότι το κόστος αναπλήρωσης είναι NC = 153.75€/m<sup>2</sup>/year και NC= 187.8€/m<sup>2</sup>/year σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 και το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 αντίστοιχα. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 2 υπολογίζεται από την εξίσωση [2]:

$$CPV2 = \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου ir είναι το επιτόκιο και t είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Για το ρυθμό υποχώρησης της παραλίας σε m<sup>2</sup>/year ισχύουν οι τιμές ER που αναφέρθηκαν και στην Εναλλακτική 1.

**Πίνακας 11:** Παρούσα αξία κόστους έργου τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής (Coral Bay).

Σενάριο	CPV2
Συντηρητικό, RCP 4.5	420,422 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	764,523 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στην αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων που θα αποφευχθούν με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV1 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής ‘Μη Δράση’ (BPV1=CPV1). Όποτε η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV2 που είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος προκύπτει ως εξής:

$$NPV2 = CPV1 - CPV2$$

Υπολογίζεται επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 2 ως εξής:

$$BCR2 = CPV 1/CPV 2$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 3:

Το κόστος της επένδυσης των κυματοθραυστών BW εκτιμάται στα 1.318.447 €. Στο πλαίσιο της στρατηγικής αυτής γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών εξασφαλίζει ότι δεν απαιτείται επαναπλήρωση της ακτής οπότε προκύπτει ότι το κόστος πλήρωσης είναι  $NC=30.75€/m^2/year$  και  $NC=27,45€/m^2/year$  αντίστοιχα για τα 2 σενάρια. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 3 εκτιμάται από την εξίσωση [3]:

$$CPV3 = BW + \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

**Πίνακας 12:** Παρούσα αξία κόστους για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής (Coral Bay).

Σενάριο	CPV3
Συντηρητικό, RCP 4.5	1,402,285 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	1,509,578 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στο οικονομικό κόστος λόγω διάβρωσης το οποίο θα αποφευχθεί με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV2 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 1 ( $BPV2=CPV1$ ). Όποτε η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV3 για την Εναλλακτική 3 εκτιμάται ως εξής:

$$NPV3 = CPV1 - CPV3$$

Ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 3 υπολογίζεται ως:

$$BCR3 = CPV 1/CPV 3$$

Το έργο θεωρείται ότι είναι οικονομικά βιώσιμο και παράγει όφελος όταν η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική και όταν ο λόγος Οφέλους-Κόστους είναι μεγαλύτερος από 1.

Με τη σύγκριση των NPV1, NPV2 και NPV3 ή/και των BCR1, BCR2 και BCR3 εκτιμάται ποια από τις τρεις στρατηγικές είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα και συγκεκριμένα ως καλύτερη επιλογή θεωρείται εκείνη με το μεγαλύτερο NPV ή/και BCR.

Στους Πίνακες 13 και 14 που παρουσιάζεται συνολικά η ανάλυση κόστους-οφέλους και η καθαρή παρούσα αξία για τα ερευνώμενα μέτρα προσαρμογής για τη παραλία Coral Bay.

**Πίνακας 13:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 4.5 (Coral Bay).

Αισιόδοξο σενάριο RCP 4.5			
Coral Bay		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-2,193,815 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	1,773,393 €	5.22
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	791,530 €	1.58

**Πίνακας 14:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 8.5 (Coral Bay).

Απαισιόδοξο σενάριο RCP 8.5			
Coral Bay		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-3,266,060 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	2,501,537 €	4.27
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	1,756,482 €	2.18

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης κόστους οφέλους δείχνουν πως τα οφέλη των μέτρων προσαρμογής είναι σταθερά υψηλότερα από το κόστος εφαρμογής τους και για τα 2 κλιματικά σενάρια που εξετάστηκαν, με την καθαρή παρούσα αξία (NPV) να εμφανίζεται πάντα θετική και το λόγο κόστους/οφέλους (BCR) >1. Συμπερασματικά, τα προτεινόμενα έργα προστασίας αποτελούν βιώσιμες δράσεις σε σχέση με το σενάριο ‘Μη Δράση’. Ως βέλτιστη οικονομικά λύση με βάση το συντηρητικό σενάριο (RCP4.5) και το απαισιόδοξο (RCP8.5) φαίνεται είναι η τεχνητή αναπλήρωση (Πίνακας 13 και 14). Για τη παραλία Coral Bay η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης εκτιμάται πως είναι η τεχνητή αναπλήρωση ακτής.

#### 4.2 Παραλία Κώμης

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της στρατηγικής “Μη Δράση”, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 1:

Η οικονομική αξία της παραλίας, η οποία συμβολίζεται με  $BV$ , πρέπει να είναι σε €/m<sup>2</sup>/year, για τη διεξαγωγή της ανάλυσης κόστους-οφέλους. Η ετήσια αξία της παραλίας της Κώμης υπολογίστηκε σε 2.011.369 € (Παραδοτέο 6.1.1 “Αξιολόγηση δραστηριοτήτων και παράκτιου κεφαλαίου στις πιλοτικές παραλίες”). Η παραλία της Κώμης έχει εμβαδόν 25.500m<sup>2</sup>, επομένως η ετήσια αξία της ανά τετραγωνικό μέτρο υπολογίζεται σε  $BV=78,9$  €/m<sup>2</sup>/year. Η υποχώρηση της παραλίας η οποία συμβολίζεται με  $ER$  πρέπει να είναι σε m<sup>2</sup>/year. Οι διαθέσιμες προβλέψεις (βλ. παραπάνω) αφορούν το 2100 με περίοδο αναφοράς (baseline) το 2000 δηλαδή αφορούν ένα χρονικό διάστημα 100 ετών. Επομένως για να υπολογιστεί ο ετήσιος ρυθμός υποχώρησης σε τετραγωνικά μέτρα γίνεται πολλαπλασιασμός με το μήκος της παραλίας, το οποίο είναι 1030 m και διαίρεση με τα 100 χρόνια. Προκύπτει λοιπόν ότι σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 η υποχώρηση είναι  $ER= 138.5$  m<sup>2</sup>/year, ενώ σύμφωνα με το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 είναι  $ER= 256.8$ m<sup>2</sup>/year.

Η παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής ‘Μη Δράση’ CPV1, δηλαδή το κόστος που προκύπτει λόγω της διάβρωσης της παραλίας στην περίπτωση που δεν υλοποιηθεί καμία ανθρώπινη παρέμβαση προστασίας της ακτής, υπολογίζεται από την εξίσωση [1]:

$$CPV1 = \sum_t BV * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου  $ir$  είναι το επιτόκιο και  $t$  είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Στην παρούσα ανάλυση για την εκτίμηση των ταμειακών ροών σε παρούσες αξίες χρησιμοποιήθηκε το προεξοφλητικό επιτόκιο ( $ir$ ) 3% το οποίο έχει προταθεί σε παρόμοιες μελέτες στον Ελλαδικό χώρο (π.χ. Kontogianni et al., 2012). Τα συνολικά χρόνια που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση είναι 50 και προκύπτουν από τη διάρκεια 'ζωής' ενός κυματοθραύστη.

**Πίνακας 15:** Παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής "Μη Δράση" (Κώμη).

Σενάριο	CPV1
Συντηρητικό, RCP 4.5	432.920 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	615.222 €

Η στρατηγική αυτή δεν παρουσιάζει κάποιο όφελος, οπότε η παρούσα αξία οφέλους BPV (Benefit Present Value) είναι 0.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV1 είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος δηλαδή:

$$NPV1 = BPV1 - CPV1 = -CPV1$$

Επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit - Cost Ratio - BCR) για τη στρατηγική 'Μη Δράση' είναι:

$$BCR1 = BPV1 / CPV1 = 0$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 2:

Για τη διεξαγωγή της ανάλυσης το κόστος της αναπλήρωσης πρέπει να είναι εκφρασμένο σε €/m<sup>2</sup>/year. Επομένως οι παραπάνω εκτιμήσεις που αφορούν το κόστος τού όγκου του υλικού αναπλήρωσης διαιρούνται με το μήκος της παραλίας (1030 m) και με τα 100 χρόνια που είναι το διάστημα των προβλέψεων, μεταξύ 2000 και 2100. Προκύπτει λοιπόν ότι το κόστος αναπλήρωσης είναι  $NC = 77.25\text{€/m}^2/\text{year}$  και  $NC = 109.8\text{€/m}^2/\text{year}$  σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 και το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 αντίστοιχα. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 2 υπολογίζεται από την εξίσωση [2]:

$$CPV2 = \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου  $ir$  είναι το επιτόκιο και  $t$  είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Για το ρυθμό υποχώρησης της παραλίας σε m<sup>2</sup>/year ισχύουν οι τιμές ER που αναφέρθηκαν και στην Εναλλακτική 1.



**Πίνακας 16:** Παρούσα αξία κόστους έργου τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής (Κώμη).

Σενάριο	CPV2
Συντηρητικό, RCP 4.5	285,985.1 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	753,689.5 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στην αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων που θα αποφευχθούν με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV1 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής 'Μη Δράση' (BPV1=CPV1). Όποτε η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV2 που είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος προκύπτει ως εξής:

$$NPV2 = CPV1 - CPV2$$

Υπολογίζεται επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 2 ως εξής:

$$BCR2 = CPV1 / CPV2$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 3:

Το κόστος της επένδυσης των κυματοθραυστών BW εκτιμάται περίπου στα 278400€. Στο πλαίσιο της στρατηγικής αυτής γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών εξασφαλίζει ότι δεν απαιτείται επαναπλήρωση της ακτής, οπότε προκύπτει ότι το κόστος πλήρωσης είναι NC=15.45€/m<sup>2</sup>/year και NC=27.45€/m<sup>2</sup>/year αντίστοιχα για τα 2 σενάρια. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 3 εκτιμάται από την εξίσωση [3]:

$$CPV3 = BW + \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

**Πίνακας 17:** Παρούσα αξία κόστους για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής (Κώμη).

Σενάριο	CPV3
Συντηρητικό, RCP 4.5	874,613 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	1,005,583.9 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στο οικονομικό κόστος λόγω διάβρωσης το οποίο θα αποφευχθεί με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV2 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 1 (BPV2=CPV1). Όποτε η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV3 για την Εναλλακτική 3 εκτιμάται ως εξής:

$$NPV3 = CPV1 - CPV3$$

Ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 3 υπολογίζεται ως:

$$BCR3 = CPV 1/CPV 3$$

Το έργο θεωρείται ότι είναι οικονομικά βιώσιμο και παράγει όφελος όταν η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική και όταν ο λόγος Οφέλους-Κόστους είναι μεγαλύτερος από 1.

Με τη σύγκριση των NPV1, NPV2 και NPV3 ή/και των BCR1, BCR2 και BCR3 εκτιμάται ποια από τις τρεις στρατηγικές είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα και συγκεκριμένα ως καλύτερη επιλογή θεωρείται εκείνη με το μεγαλύτερο NPV ή/και BCR.

Στους Πίνακες 18 και 19 παρουσιάζεται συνολικά η ανάλυση κόστους-οφέλους και η καθαρή παρούσα αξία για τα ερευνώμενα μέτρα προσαρμογής για τη παραλία της Κώμης.

**Πίνακας 18:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 4.5 (Κώμη).

Αισιόδοξο σενάριο RCP 4.5			
Κώμη		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-432,920 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	146,945 €	1.51
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	-441,693 €	0.44

**Πίνακας 19:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 8.5 (Κώμη).

Απαισιόδοξο σενάριο RCP 8.5			
Κώμη		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-615,222 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	-138,467 €	0.82
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	-390,392 €	0.61

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη παραλία της Κώμης ενώ αποτυπώνουν πως σε όλα τα σενάρια η ζημία μη δράσης είναι μεγαλύτερη από τη ζημία των μέτρων προσαρμογής δείχνουν επίσης πως στις περισσότερες περιπτώσεις τα μέτρα προσαρμογής δεν είναι ωφέλιμα. Για το αισιόδοξο κλιματικό σενάριο RCP 4.5 αποτυπώνεται πως η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης είναι η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής. Ενώ στο σενάριο RCP 8.5 η τεχνητή αναπλήρωση δεν φαίνεται να είναι κερδοφόρα για την παραλία της Κώμης εξακολουθεί να είναι το πιο κερδοφόρο σχέδιο (με τη μικρότερη ζημία). Η βέλτιστη

στρατηγική αντιμετώπισης για την παραλία της Κώμης εκτιμάται πως είναι η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής.

#### 4.3 Παραλία Πέτρας

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της στρατηγικής “Μη Δράση”, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 1:

Η οικονομική αξία της παραλίας, η οποία συμβολίζεται με  $BV$ , πρέπει να είναι σε €/m<sup>2</sup>/year, για τη διεξαγωγή της ανάλυσης κόστους-οφέλους. Η ετήσια αξία της παραλίας της Πέτρας υπολογίστηκε σε 5.059.611 € (Παραδοτέο 6.1.1 “Αξιολόγηση δραστηριοτήτων και παράκτιου κεφαλαίου στις πιλοτικές παραλίες”). Η παραλία της Πέτρας έχει εμβαδόν 29.200m<sup>2</sup>, η ετήσια αξία της ανά τετραγωνικό μέτρο υπολογίζεται σε  $BV = 173$  €/m<sup>2</sup>/year. Η υποχώρηση της παραλίας η οποία συμβολίζεται με  $ER$  πρέπει να είναι σε m<sup>2</sup>/year. Οι διαθέσιμες προβλέψεις (βλ. παραπάνω) αφορούν το 2100 με περίοδο αναφοράς (baseline) το 2000 δηλαδή αφορούν ένα χρονικό διάστημα 100 ετών. Επομένως για να υπολογιστεί ο ετήσιος ρυθμός υποχώρησης σε τετραγωνικά μέτρα γίνεται πολλαπλασιασμός με το μήκος της παραλίας, το οποίο είναι 640 m και διαίρεση με τα 100 χρόνια. Προκύπτει λοιπόν ότι σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 η υποχώρηση είναι  $ER = 145,2$  m<sup>2</sup>/year, ενώ σύμφωνα με το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 είναι  $ER = 261,8$  m<sup>2</sup>/year.

Η παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής ‘Μη Δράση’ CPV1, δηλαδή το κόστος που προκύπτει λόγω της διάβρωσης της παραλίας στην περίπτωση που δεν υλοποιηθεί καμιά ανθρώπινη παρέμβαση προστασίας της ακτής, υπολογίζεται από την εξίσωση [1]:

$$CPV1 = \sum_t BV * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου  $ir$  είναι το επιτόκιο και  $t$  είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Στην παρούσα ανάλυση για την εκτίμηση των ταμειακών ροών σε παρούσες αξίες χρησιμοποιήθηκε το προεξοφλητικό επιτόκιο ( $ir$ ) 3% το οποίο έχει προταθεί σε παρόμοιες μελέτες στον Ελλαδικό χώρο (π.χ. Kontogianni et al., 2012). Τα συνολικά χρόνια που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση είναι 50 και προκύπτουν από τη διάρκεια ‘ζωής’ ενός κυματοθραύστη.

**Πίνακας 20:** Παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής “Μη Δράση” (Πέτρα).

Σενάριο	CPV1
Συντηρητικό, RCP 4.5	672,606 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	1,212,548 €

Η στρατηγική αυτή δεν παρουσιάζει κάποιο όφελος, οπότε η παρούσα αξία οφέλους BPV (Benefit Present Value) είναι 0.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV1 είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος δηλαδή:

$$NPV1 = BPV1 - CPV1 = -CPV1$$

Επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για τη στρατηγική ‘Μη Δράση’ είναι:

$$BCR1 = BPV 1/CPV 1 = 0$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 2:

Για τη διεξαγωγή της ανάλυσης το κόστος της αναπλήρωσης πρέπει να είναι εκφρασμένο σε €/m<sup>2</sup>/year. Επομένως οι παραπάνω εκτιμήσεις που αφορούν το κόστος του όγκου του υλικού αναπλήρωσης διαιρούνται με το μήκος της παραλίας και με τα 100 χρόνια που είναι το διάστημα των προβλέψεων, μεταξύ 2000 και 2100. Προκύπτει ότι το κόστος αναπλήρωσης είναι NC = 94.5 €/m<sup>2</sup>/year και NC= 137.4 €/m<sup>2</sup>/year σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 και το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 αντίστοιχα. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 2 υπολογίζεται από την εξίσωση [2]:

$$CPV2 = \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου ir είναι το επιτόκιο και t είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Για το ρυθμό υποχώρησης της παραλίας σε m<sup>2</sup>/year ισχύουν οι τιμές ER που αναφέρθηκαν και στην Εναλλακτική 1.

**Πίνακας 21:** Παρούσα αξία κόστους έργου τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής (Πέτρα).

Σενάριο	CPV2
Συντηρητικό, RCP 4.5	366.767 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	961.505 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στην αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων που θα αποφευχθούν με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV1 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής ‘Μη Δράση’ (BPV1=CPV1). Όταν η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV2 που είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος προκύπτει ως εξής:

$$NPV2 = CPV1 - CPV2$$

Υπολογίζεται επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 2 ως εξής:

$$BCR2 = CPV 1/CPV 2$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 3:

Το κόστος της επένδυσης των κυματοθραυστών BW εκτιμάται στα 696,360.29 €. Στο πλαίσιο της στρατηγικής αυτής γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών εξασφαλίζει ότι δεν απαιτείται επαναπλήρωση της ακτής, οπότε

προκύπτει ότι το κόστος πλήρωσης είναι  $NC=18.9 \text{ €/m}^2/\text{year}$  και  $NC=34.35 \text{ €/m}^2/\text{year}$  αντίστοιχα για τα 2 σενάρια. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 3 εκτιμάται από την εξίσωση [3]:

$$CPV3 = BW + \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

**Πίνακας 22:** Παρούσα αξία κόστους για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής (Πέτρα).

Σενάριο	CPV3
Συντηρητικό, RCP 4.5	769,714 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	936,736 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στο οικονομικό κόστος λόγω διάβρωσης το οποίο θα αποφευχθεί με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV2 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 1 ( $BPV2=CPV1$ ). Όποτε η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV3 για την Εναλλακτική 3 εκτιμάται ως εξής:

$$NPV3 = CPV1 - CPV3$$

Ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 3 υπολογίζεται ως:

$$BCR3 = CPV1 / CPV3$$

Το έργο θεωρείται ότι είναι οικονομικά βιώσιμο και παράγει όφελος όταν η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική και όταν ο λόγος Οφέλους-Κόστους είναι μεγαλύτερος από 1.

Με τη σύγκριση των NPV1, NPV2 και NPV3 ή/και των BCR1, BCR2 και BCR3 εκτιμάται ποια από τις τρεις στρατηγικές είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα και συγκεκριμένα ως καλύτερη επιλογή θεωρείται εκείνη με το μεγαλύτερο NPV ή/και BCR.

Στους Πίνακες 23 και 24 παρουσιάζεται συνολικά η ανάλυση κόστους-οφέλους και η καθαρή παρούσα αξία για τα ερευνώμενα μέτρα προσαρμογής.

**Πίνακας 23:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 4.5 (Πέτρα).

Αισιόδοξο σενάριο RCP 4.5			
Πέτρα		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-672,606 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	305,836 €	1.83
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	-97,108 €	0.87

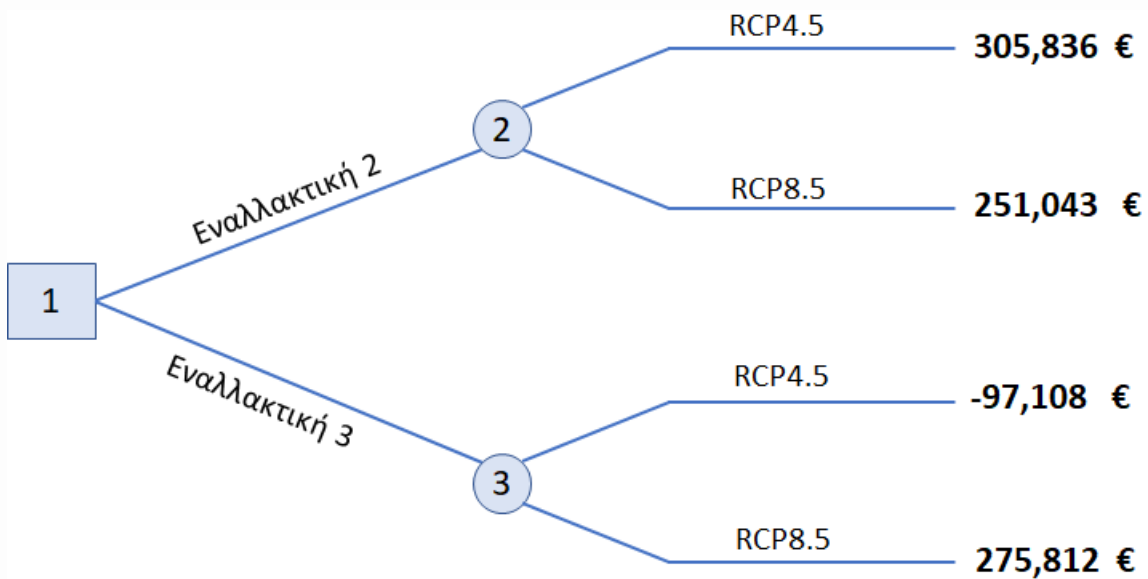
**Πίνακας 24:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 8.5 (Πέτρα).

Απαισιόδοξο σενάριο RCP 8.5			
Πέτρα		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-1,212,548 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	251,043 €	1.26
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	275,812 €	1.29

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης είναι σαφές ότι τα οφέλη των μέτρων προσαρμογής είναι σταθερά υψηλότερα από το κόστος εφαρμογής τους και για τα δύο κλιματικά σενάρια που εξετάστηκαν, με την καθαρή παρούσα αξία (NPV) να εμφανίζεται πάντα θετική και το λόγο κόστους/οφέλους (BCR) >1 εκτός από το σενάριο κατασκευής κυματοθραύστη και αναπλήρωση ακτής για το σενάριο RCP 4.5. Συμπερασματικά, τα προτεινόμενα έργα προστασίας αποτελούν βιώσιμες δράσεις σε σχέση με το σενάριο 'Μη Δράση'. Ως πιο βέλτιστη οικονομικά λύση με βάση το συντηρητικό σενάριο (RCP4.5) φαίνεται να είναι η τεχνητή αναπλήρωση ενώ για το απαισιόδοξο (RCP8.5) είναι ο συνδυασμός κυματοθραύστη με τεχνητή αναπλήρωση.

#### Λήψη βέλτιστης απόφασης

Από τα παραπάνω είναι ξεκάθαρο ότι η επιλογή 'Μη Δράση' δεν είναι βιώσιμη λύση για την παραλία της Πέτρας, ενώ για τις άλλες δύο εναλλακτικές δεν μπορεί να βγει κάποια ξεκάθαρη απόφαση ως προς το ποια είναι η καλύτερη στρατηγική καθώς η κατάταξη τους αντιστρέφεται ανάλογα με το κλιματικό σενάριο που χρησιμοποιείται. Έτσι, για την παραλία της Πέτρας δημιουργήθηκε δέντρο απόφασης όπου συνυπολογίζονται οι καθαρές παρούσες αξίες NPV των προσαρμοστικών μέτρων για τα δύο υπό εξέταση σενάρια. Ως πιθανότητες για τα σενάρια θεωρήθηκαν, βάσει των εκτιμήσεων του Abadie (2018), 67% για το RCP4.5 και 33% για το RCP8.5.



**Εικόνα 3:** Δένδρο απόφασης για την παραλία της Πέτρας.

Η προσδοκώμενη αξία (expected monetary value - EMV) για κάθε εναλλακτική υπολογίζεται χρησιμοποιώντας τα κέρδη στα οποία καταλήγει κάθε κλαδί παράγοντα επιρροής και τις πιθανότητες που αντιστοιχούν σε αυτά, οπότε για τους κόμβους (εναλλακτικές) 2 και 3, βάσει του προεξοφλητικού επιτοκίου 3% προκύπτει:

$$EMV(\text{κόμβος 2}) = 0,67(305,836) + 0,33(251,043) = 204,910 + 82,844 = 287,754 \text{ €}$$

$$EMV(\text{κόμβος 3}) = 0,67(-97,108) + 0,33(275,812) = -65,062 + 91,018 = 25,656 \text{ €}$$

**Πίνακας 25:** Προσδοκώμενες αξίες των προτεινόμενων έργων (Πέτρα).

Πέτρα	Προσδοκώμενη αξία (EMV)
	Επιτόκιο 3 %
Εναλλακτική 2	287,754 €
Εναλλακτική 3	25,656 €

Ως βέλτιστη στρατηγική προσαρμογής για την παραλία της Πέτρας προκύπτει η εναλλακτική 2, δηλαδή η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής.

Θα πρέπει να αναφερθεί ότι η εναλλακτική 3 δεν εμφανίζει πολύ διαφορετικές προσδοκώμενες αξίες και επομένως η επιλογή διαφορετικού προεξοφλητικού επιτοκίου και πιθανοτήτων για τα 2 εξεταζόμενα κλιματικά σενάρια μπορεί να ανατρέψει την κατάταξη και την τελική απόφαση.

#### 4.4 Παραλία Ιστορικό

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της στρατηγικής “Μη Δράση”, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 1:

Η οικονομική αξία της παραλίας, η οποία συμβολίζεται με  $BV$ , πρέπει να είναι σε €/m<sup>2</sup>/year, για τη διεξαγωγή της ανάλυσης κόστους-οφέλους. Η ετήσια αξία της παραλίας Ιστορικού υπολογίστηκε σε 996,528 € (Παραδοτέο 6.1.1 “Αξιολόγηση δραστηριοτήτων και παράκτιου κεφαλαίου στις πιλοτικές παραλίες”). Η παραλία Ιστορικό έχει εμβαδόν 7.800m<sup>2</sup>, η ετήσια αξία της ανά τετραγωνικό μέτρο υπολογίζεται σε  $BV = 127.76$  €/m<sup>2</sup>/year. Η υποχώρηση της παραλίας η οποία συμβολίζεται με  $ER$  πρέπει να είναι σε m<sup>2</sup>/year. Οι διαθέσιμες προβλέψεις (βλ. παραπάνω) αφορούν το 2100 με περίοδο αναφοράς (baseline) το 2000 δηλαδή αφορούν ένα χρονικό διάστημα 100 ετών. Επομένως για να υπολογιστεί ο ετήσιος ρυθμός υποχώρησης σε τετραγωνικά μέτρα γίνεται πολλαπλασιασμός με το μήκος της παραλίας, το οποίο είναι 640 m και διαίρεση με τα 100 χρόνια. Προκύπτει λοιπόν ότι σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 η υποχώρηση είναι  $ER= 67,21$  m<sup>2</sup>/year, ενώ σύμφωνα με το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 είναι  $ER= 109,69$  m<sup>2</sup>/year.

Η παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής ‘Μη Δράση’ CPV1, δηλαδή το κόστος που προκύπτει λόγω της διάβρωσης της παραλίας στην περίπτωση που δεν υλοποιηθεί καμιά ανθρώπινη παρέμβαση προστασίας της ακτής, υπολογίζεται από την εξίσωση [1]:

$$CPV1 = \sum_t BV * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου  $ir$  είναι το επιτόκιο και  $t$  είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Στην παρούσα ανάλυση για την εκτίμηση των ταμειακών ροών σε παρούσες αξίες χρησιμοποιήθηκε το προεξοφλητικό επιτόκιο ( $ir$ ) 3% το οποίο έχει προταθεί σε παρόμοιες μελέτες στον Ελλαδικό χώρο (π.χ. Kontogianni et al., 2012). Τα συνολικά χρόνια που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση είναι 50 και προκύπτουν από τη διάρκεια ‘ζωής’ ενός κυματοθραύστη.

**Πίνακας 26:** Παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής “Μη Δράση” (Ιστορικό).

Σενάριο	CPV1
Συντηρητικό, RCP 4.5	229,522 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	364, 346 €

Η στρατηγική αυτή δεν παρουσιάζει κάποιο όφελος, οπότε η παρούσα αξία οφέλους BPV (Benefit Present Value) είναι 0.

Η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV1 είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος δηλαδή:

$$NPV1 = BPV1 - CPV1 = -CPV1$$

Επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για τη στρατηγική ‘Μη Δράση’ είναι:

$$BCR1 = BPV 1/CPV 1 = 0$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας της τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 2:



Για τη διεξαγωγή της ανάλυσης το κόστος της αναπλήρωσης πρέπει να είναι εκφρασμένο σε €/m<sup>2</sup>/year. Επομένως οι παραπάνω εκτιμήσεις που αφορούν το κόστος τού όγκου του υλικού αναπλήρωσης διαιρούνται με το μήκος της παραλίας και με τα 100 χρόνια που είναι το διάστημα των προβλέψεων, μεταξύ 2000 και 2100. Προκύπτει ότι το κόστος αναπλήρωσης είναι NC = 40.5 €/m<sup>2</sup>/year και NC= 55.8 €/m<sup>2</sup>/year σύμφωνα με το συντηρητικό σενάριο RCP4.5 και το απαισιόδοξο σενάριο RCP8.5 αντίστοιχα. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 2 υπολογίζεται από την εξίσωση [2]:

$$CPV2 = \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

Όπου ir είναι το επιτόκιο και t είναι ο δείκτης για τα χρόνια. Για το ρυθμό υποχώρησης της παραλίας σε m<sup>2</sup>/year ισχύουν οι τιμές ER που αναφέρθηκαν και στην Εναλλακτική 1.

**Πίνακας 27:** Παρούσα αξία κόστους έργου τεχνητής αναπλήρωσης της ακτής (Ιστορικό).

Σενάριο	CPV2
Συντηρητικό, RCP 4.5	72,759 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	159,130 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στην αποτίμηση των αρνητικών επιπτώσεων που θα αποφευχθούν με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV1 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της στρατηγικής 'Μη Δράση' (BPV1=CPV1). Όταν η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV2 που είναι η διαφορά οφέλους μείον το κόστος προκύπτει ως εξής:

$$NPV2 = CPV1 - CPV2$$

Υπολογίζεται επίσης ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 2 ως εξής:

$$BCR2 = CPV1 / CPV2$$

Υπολογισμός καθαρής παρούσας αξίας για την κατασκευή κυματοθραύστη, προβόλου και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής, η οποία εφεξής ονομάζεται Εναλλακτική 3:

Το κόστος της επένδυσης των κυματοθραυστών και προβόλων BW εκτιμάται στα 1,036,370 €. Στο πλαίσιο της στρατηγικής αυτής γίνεται η παραδοχή πως η κατασκευή των κυματοθραυστών εξασφαλίζει ότι δεν απαιτείται επαναπλήρωση της ακτής, οπότε προκύπτει ότι το κόστος πλήρωσης είναι NC=8.1 €/m<sup>2</sup>/year και NC=13.95 €/m<sup>2</sup>/year αντίστοιχα για τα 2 σενάρια. Η παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 3 εκτιμάται από την εξίσωση [3]:

$$CPV3 = BW + \sum_t NC * ER * (1 + ir)^{-t}$$

**Πίνακας 28:** Παρούσα αξία κόστους για την κατασκευή κυματοθραύστη και την τεχνητή αναπλήρωση της ακτής (Ιστορικό).

Σενάριο	CPV3
Συντηρητικό, RCP 4.5	1,050,922 €
Απαισιόδοξο, RCP 8.5	1,076,153 €

Το όφελος του προτεινόμενου έργου αντιστοιχεί στο οικονομικό κόστος λόγω διάβρωσης το οποίο θα αποφευχθεί με την υλοποίησή του, επομένως η παρούσα αξία οφέλους BPV2 ισούται με την παρούσα αξία κόστους της Εναλλακτικής 1 (BPV2=CPV1). Όποτε η Καθαρή Παρούσα Αξία NPV3 για την Εναλλακτική 3 εκτιμάται ως εξής:

$$NPV3 = CPV1 - CPV3$$

Ο λόγος οφέλους - κόστους (Benefit – Cost Ratio – BCR) για την Εναλλακτική 3 υπολογίζεται ως:

$$BCR3 = CPV 1/CPV 3$$

Το έργο θεωρείται ότι είναι οικονομικά βιώσιμο και παράγει όφελος όταν η Καθαρή Παρούσα Αξία είναι θετική και όταν ο λόγος Οφέλους-Κόστους είναι μεγαλύτερος από 1.

Με τη σύγκριση των NPV1, NPV2 και NPV3 ή/και των BCR1, BCR2 και BCR3 εκτιμάται ποια από τις τρεις στρατηγικές είναι οικονομικά πιο συμφέρουσα και συγκεκριμένα ως καλύτερη επιλογή θεωρείται εκείνη με το μεγαλύτερο NPV ή/και BCR.

Στους Πίνακες 29 και 30 που ακολουθεί παρουσιάζεται συνολικά η ανάλυση κόστους-οφέλους και η καθαρή παρούσα αξία για τα ερευνώμενα μέτρα προσαρμογής.

**Πίνακας 29:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 4.5 (Ιστορικό).

Αισιόδοξο σενάριο RCP 4.5			
Ιστορικό		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-229,522 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	156,793 €	3.15
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	-821,400 €	0.22

**Πίνακας 30:** Αποτελέσματα ανάλυσης κόστους (C) - οφέλους (B) των προτεινόμενων μέτρων για το σενάριο RCP 8.5 (Ιστορικό).

Απαισιόδοξο σενάριο RCP 8.5			
Ιστορικό		Επιτόκιο 3 %	
		NPV (€)	BCR
Εναλλακτική 1	Μη Δράση	-364, 346 €	0
Εναλλακτική 2	Τεχνητή αναπλήρωση	205,216 €	2.29
Εναλλακτική 3	Βυθισμένοι κυματοθραύστες + τεχνητή αναπλήρωση	-711,807 €	0.34

Από τα αποτελέσματα της ανάλυσης για τη παραλία του Ιστορικού φαίνεται τα οφέλη της τεχνητής αναπλήρωσης να είναι σταθερά υψηλότερα από το κόστος εφαρμογής τους και για τα 2 κλιματικά σενάρια που εξετάστηκαν, με την καθαρή παρούσα αξία (NPV) να εμφανίζεται πάντα θετική και το λόγο κόστους/οφέλους (BCR) >1 ενώ η κατασκευή τεχνικών έργων όπως οι κυματοθραύστες και οι πρόβολοι αποτυπώνουν αρκετά χαμηλότερες τιμές ακόμα και από την εναλλακτική 'μη δράσης'. Η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης και για τα δύο κλιματικά σενάρια είναι η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής. Η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης για την παραλία του Ιστορικού εκτιμάται πως είναι η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής.

## 5 Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη αποτυπώνει πως σε όλες τις πιλοτικές παραλίες η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής είναι η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης. Στη παραλία Coral Bay η καθαρή παρούσα αξία όλων των προτεινόμενων τεχνικών έργων είναι σταθερά πολύ πάνω από το μηδέν και την εναλλακτική μη δράσης. Η εναλλακτική 2 (τεχνητή αναπλήρωση της ακτής) είναι η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης. Στη παραλία Κώμη η καθαρή παρούσα αξία όλων των προτεινόμενων τεχνικών έργων είναι μεγαλύτερη από την εναλλακτική μη δράσης αλλά κάτω από το μηδέν. Εξάιρεση είναι η εναλλακτική 2 για το σενάριο 4.5 όπου φαίνεται να είναι θετική. Η εναλλακτική 2 (τεχνητή αναπλήρωση της ακτής) εκτιμάται πως είναι η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης για την παραλία της Κώμης. Στη παραλία Πέτρα η καθαρή παρούσα αξία όλων των προτεινόμενων τεχνικών έργων είναι θετική (εκτός της εναλλακτικής 3 για το σενάριο RCP 8.5) και σταθερά πολύ πάνω από την εναλλακτική μη δράσης. Μετά από τη δημιουργία δέντρου απόφασης εκτιμήθηκε πως η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης για την παραλία της Πέτρας είναι η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής. Τέλος, η παραλία Ιστορικό αποτυπώνει και στα δύο σενάρια θετικές τιμές για την εναλλακτική 2 και πολύ χαμηλές τιμές (χαμηλότερες ακόμα και από την εναλλακτική 1) για την εναλλακτική 3. Στη παραλία Πέτρα η βέλτιστη στρατηγική αντιμετώπισης είναι η τεχνητή αναπλήρωση της ακτής.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι στην παρούσα ανάλυση έχουν υποτιμηθεί σημαντικά τα οφέλη από την υλοποίηση των προσαρμοστικών μέτρων και συνεπώς το κόστος της στρατηγικής 'Μη Δράση'. Η υποτίμηση αυτή οφείλεται σε 2 λόγους:

- Υποτίμηση της συνολικής αξίας των πιλοτικών παραλιών καθώς η οικονομική αποτίμηση των παραλιών στο Παραδοτέο 6.1.1 Αξιολόγηση δραστηριοτήτων και παράκτιου κεφαλαίου στις πιλοτικές παραλίες δεν περιλαμβάνει την εκτίμηση της έμμεσης αξίας της παραλίας.
- Υποτίμηση του κόστους που θα έχουν οι επιπτώσεις της ΚΜ&Α στις πιλοτικές παραλίες, καθώς έχει ληφθεί υπόψη μόνο η επίπτωση της μείωσης του παραλιακού πλάτους και συνεπώς της φέρουσας ικανότητας της παραλία, αλλά όχι και το κόστος από την έκθεση των περιουσιακών στοιχείων/υποδομών που βρίσκονται πίσω από την παραλία, στην παραλιακή διάβρωση/πλημμύρα.

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης παρουσιάστηκε ντετερμινιστική κοστολόγηση με τη χρήση συγκεκριμένων τιμών για τις παραμέτρους της ανάλυσης. Για τη διαχείριση της αβεβαιότητας που εμπεριέχεται στις τιμές αυτές, υπάρχουν οι μέθοδοι πιθανολογικής ανάλυσης σύμφωνα με τις οποίες οι μεταβλητές δεν λαμβάνουν μια συγκεκριμένη τιμή αλλά τη μορφή κατανομής πιθανότητας. Μια διαδεδομένη μέθοδος είναι η προσομοίωση Monte Carlo όπου το μοντέλο μετά από τυχαία δειγματοληψία επιλέγει τιμές για τις αβέβαιες μεταβλητές, σχηματίζοντας σενάρια με σκοπό την εκτίμηση της αβεβαιότητας των αποτελεσμάτων. Στην παρούσα μελέτη, η έλλειψη επαρκών στοιχείων για τα εύρη των παραμέτρων δεν επέτρεψε τη χρήση πιθανολογικών τεχνικών. Αξίζει να αναφερθεί ότι στην μελέτη των (Kontogianni et al., 2014) για το κόστος ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και την αξιολόγηση έργων προσαρμογής παρατηρήθηκε ότι οι πιθανολογικές κατανομές προσφέρουν μεγάλο εύρος πιθανών αποτελεσμάτων, τα οποία όμως δεν παρέχουν σημαντική πληροφορία για την ενδυνάμωση της διαδικασίας λήψεως αποφάσεων.



## Βιβλιογραφία

- Abadie, L. M. (2018). Sea level damage risk with probabilistic weighting of IPCC scenarios: An application to major coastal cities. *Journal of Cleaner Production*, 175, 582–598.
- Dean, R.G., 1991. Equilibrium beach profiles: characteristics and applications. *J. Coastal Research* 7(1), 53-84.
- Dean, R. G. (2002). *Beach nourishment: theory and practice* (Vol. 18). World scientific.
- European Commission, Directorate-General for Climate Action, Ebrey, R., Ruiter, M., Botzen, W., Koks, E., Aerts, J., Wens, M., Bloemendaal, N., Wouters, L., Robinson, P., Mol, J., Nirandjan, S., Tesselaar, M., Bosello, F., Mysiak, J., Scoccimarro, E., Mercogliano, P., Bacciu, V., Bigano, A. (2021). *Study on adaptation modelling: comprehensive desk review: climate adaptation models and tools*. Publications Office of European Union.
- Kontogianni, A., Tourkolias, C. H., Damigos, D., & Skourtos, M. (2014). Assessing sea level rise costs and adaptation benefits under uncertainty in Greece. *Environmental Science & Policy*, 37, 61–78.
- Linham, M. M., & Nicholls, R. J. (2010). *Technologies for Climate Change Adaptation: Coastal Erosion and Flooding*. TNA Guidebook Series, UNEP Risø Centre on Energy, Climate and Sustainable Development, Roskilde, Denmark.
- Mechler, R., Czajkowski, J., Kunreuther, H., Michel-Kerjan, E., Botzen, W., Keating, A., McQuistan, C., Cooper, N., & et al. (2014). *Making Communities More Flood Resilient: The Role of Cost Benefit Analysis and Other Decision-Support Tools in Disaster Risk Reduction*. White Paper, Zurich Flood Resilience Alliance.
- Stockdon, H. F., Holman, R., Howd, P.A., Sallenger J.R.A.H., 2006. Empirical parameterization of setup, swash and runup. *Coastal Engineering*, 53, 573-588.
- Μακρίδης, Π. (2015). *Ανάλυση Κόστους Οφέλους στον Ιδιωτικό και τον Δημόσιο Τομέα Το παράδειγμα του Δήμου Δίου – Ολύμπου με τον υπολογισμό του Μέσου Σταθμικού Κόστους Κεφαλαίου και του Κοινωνικού Επιτοκίου Προεξόφλησης* [Μεταπτυχιακή διατριβή]. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.
- Μέργος, Γ. (2002). *Η Ανάλυση Κόστους – Οφέλους στην Αξιολόγηση Αναπτυξιακών Έργων και Πολιτικών* [Άρθρο προς δημοσίευση στον Τιμητικό Τόμο για τον Καθηγητή Απόστολο Λάζαρη, επιμέλεια Θ. Σκούντζου, Π. Λίβα, Θ. Καλαφάτη]. Πανεπιστήμιο Πειραιώς.