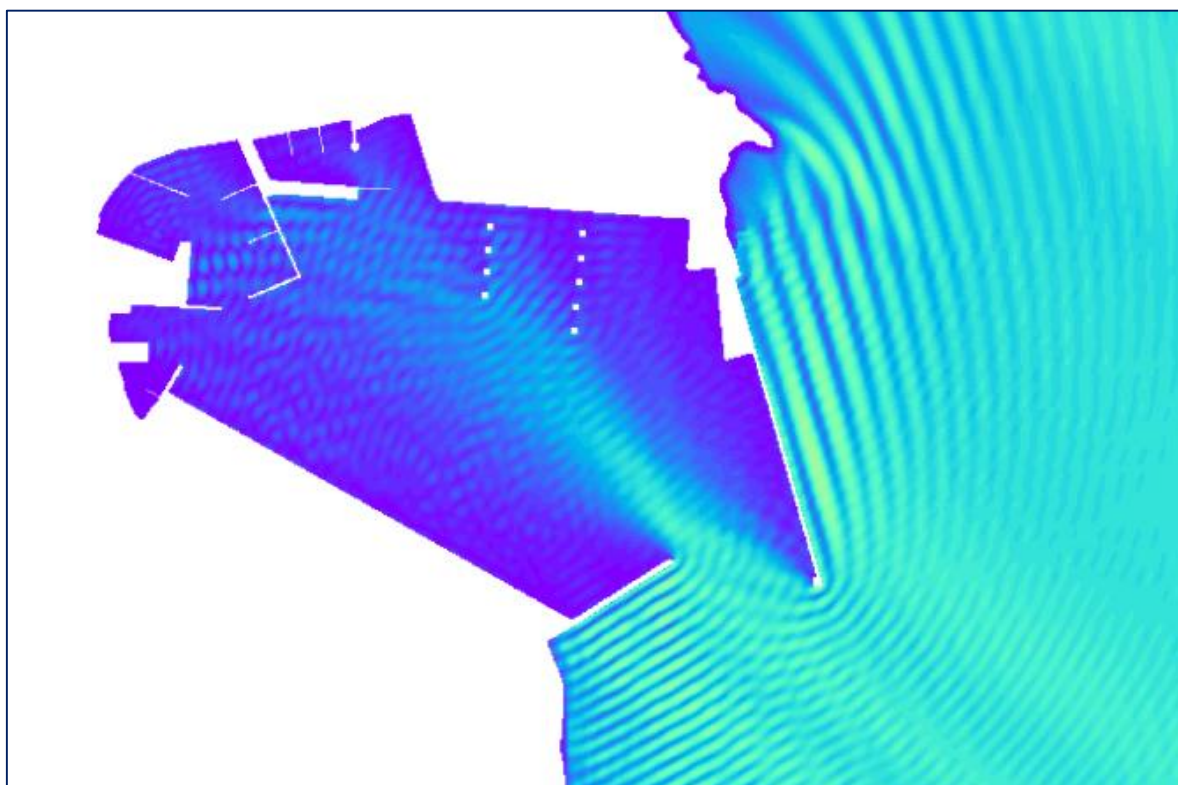




Οργανισμός  
Λιμένος  
Λαυρίου Α.Ε.

**ΜΕΛΕΤΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ ΕΝΤΟΣ ΛΙΜΕΝΟΛΕΚΑΝΗΣ  
ΣΚΑΦΩΝ ΑΝΑΨΥΧΗΣ ΛΙΜΕΝΑ ΛΑΥΡΙΟΥ**



**ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:**



**ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ:**



ΑΘΗΝΑ, ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2020



## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....</b>	<b>8</b>
1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ .....	8
1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ .....	8
1.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ .....	9
1.4 ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ .....	10
<b>2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>12</b>
2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....	12
2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....	14
<b>3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>18</b>
3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΑΝΟΙΧΤΑ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ 18	
3.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ.....	19
<b>4. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>22</b>
<b>5. ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΙΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ .....</b>	<b>24</b>
5.1 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	24
5.1.1 Ανεμολογικά Δεδομένα Σταθμού Μήλου .....	24
5.1.2 Ανεμολογικά Δεδομένα Σταθμού Σπάτων.....	25
5.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ .....	28
<b>6. ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ .....</b>	<b>30</b>
6.1 ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΙΧΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ COPERNICUS30	
6.2 ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΙΧΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΕΜΥ.....	33
6.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ.....	36
6.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ.....	38
<b>8. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ.....</b>	<b>46</b>
8.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ.....	46
8.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου .....	46
8.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης .....	46
8.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου .....	47
8.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....	47
8.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .....	47

<b>9. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ .....</b>	<b>50</b>
<b>10. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΠΛΩΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ .....</b>	<b>52</b>
10.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1 .....	52
10.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου.....	52
10.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης και Συντελεστών Μετάδοσης Πλωτών Κυματοθραυστών .....	52
10.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου.....	56
10.2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΑΝΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΥΨΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ .....	56
10.2.1 Περιοχές Ελέγχου .....	56
10.2.2 Ανεκτά Όρια Ύψους Κύματος .....	57
10.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1.....	59
10.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1.....	60
<b>11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>78</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....</b>	<b>80</b>
<b>ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ .....</b>	<b>82</b>

## ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2-1 Γεωγραφική θέση Λιμένα Λαυρίου (πηγή: Google Earth).....	12
Εικόνα 2-2 Δορυφορική φωτογραφία της περιοχής μελέτης – Λιμένας Λαυρίου (πηγή: Google Earth).....	13
Εικόνα 2-3. Λιμένας Λαυρίου με τις υφιστάμενες λιμενικές υποδομές (πηγή: Google Earth) .....	15
Εικόνα 2-4 Υφιστάμενη λιμενολεκάνη σκαφών αναψυχής (πηγή: <a href="https://tripinview.com">https://tripinview.com</a> ).....	16
Εικόνα 3-1 Μεθοδολογία Μελέτης Κυματικής Διαταραχής για κάθε Εναλλακτική Διάταξη. ....	20
Εικόνα 4-1 Βυθομετρική αποτύπωση λιμένα Λαυρίου (Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Οριστική Μελέτη Κρηπιδωμάτων Εξυπηρετήσεως Πλοίων Νέας Τεχνολογίας, 2002).....	23
Εικόνα 4-2 Βυθομετρική αποτύπωση λιμένα Λαυρίου (πηγή: Μελέτη Ολοκλήρωσης Εξωτερικών Έργων και Συμπληρωματικών Κρηπιδωμάτων Λιμένα Λαυρίου, 2012).....	23
Εικόνα 5-1. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Μήλου. ....	25
Εικόνα 5-2. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Σπάτων.....	26
Εικόνα 5-3 Παλιρροιογράφος λιμένα Πειραιώς (Πηγή: Υδρογραφική Υπηρεσία) .....	28
Εικόνα 5-4 Παλιρροιογράφος λιμένα Σύρου (Πηγή: Υδρογραφική Υπηρεσία) .....	29
Εικόνα 6-1. Θέση λήψης κυματικών δεδομένων από τη βάση Copernicus.....	31
Εικόνα 6-2 Ακτίνες αναπτύγματος πελάγους.....	35
Εικόνα 6-3 Μέγιστη και μέση μεταβολή στάθμης θάλασσας (SLH) για τρεις χρονικές περιόδους (Krestenitis et al., 2013).....	37
Εικόνα 6-4 Τυπικά εύρη συντελεστών ανάκλασης (Thompson et al. 1996).....	44
Εικόνα 8-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), κατακόρυφο μέτωπο απορροφητικού κρηπιδότοιχου (μωβ γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρηνή από φ.ο. (πορτοκαλί γραμμή). ....	47
Εικόνα 9-1 Γενική διάταξη προτεινόμενων έργων νέου τμήματος σκαφών αναψυχής του λιμένα Λαυρίου σύμφωνα με το έργο «Μελέτη Σκοπιμότητας Χώρου Ελλιμενισμού Τουριστικών Σκαφών στην Μαρίνα Α' Λιμένα Λαυρίου», OPTIMUM VALUE A.E., 2019.....	51
Εικόνα 10-1. Αλληλεπίδραση κυματισμών και πλωτών κυματοθραυστών (Biesheuvel, 2013). ....	53
Εικόνα 10-2. Προστιθέμενη μάζα σε πλωτήρα τύπου Π (αριστερά) και κλασσικού τύπου ορθογωνικής διατομής (δεξιά) (Biesheuvel, 2013). ....	54
Εικόνα 10-3. Σύγκριση αποτελεσμάτων αναλυτικών σχέσεων και πειραματικών δεδομένων για (α) μετάδοση μονοχρωματικών κυματισμών σε κλασσικού τύπου πλωτό κυματοθραύστη (Brebner and Ofuya, 1968) και (β) σύνθετων κυματισμών σε πλωτό τύπου Π (Gesraha, 2006) (Biesheuvel, 2013). ....	56
Εικόνα 10-4. Περιοχές Ελέγχου (ΠΕ) προτεινόμενης Διάταξης W1. ....	57
Εικόνα 10-5. Ανεκτά όρια υψών κυματισμού για ηρεμία λιμενολεκάνης (PIANC, 2016). ....	58

## ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 5-1 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Μήλου. [Πηγή: EMY, 1987-2019]. ...	24
Πίνακας 5-2 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Σπάτων. [Πηγή: EMY, 1974-2000]. ...	26
Πίνακας 5-3 Επιλεγθείσες μέσες ετήσιες συχνότητες (%) εμφάνισης ανέμων .....	27
Πίνακας 5-4 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Πειραιά (ως προς το μηδέν του παλιρροιομέτρου – κατωτάτη ρηχία). .....	28
Πίνακας 5-5 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Πειραιά (μη εξαρτώμενο σημείο αναφοράς).....	28
Πίνακας 5-6 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Σύρου (ως προς το μηδέν του παλιρροιομέτρου – κατωτάτη ρηχία). .....	29
Πίνακας 5-7 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Σύρου (μη εξαρτώμενο σημείο αναφοράς).....	29
Πίνακας 6-1. Εμφάνιση κυματισμών στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης για την περίοδο 2006-2019 (επεξεργασία δεδομένων από τη βάση Copernicus).....	32
Πίνακας 6-2 Κυματικά χαρακτηριστικά στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης από ανεμολογικά της EMY.....	36
Πίνακας 6-3 Κυματικά δεδομένα εισόδου για την αριθμητική προσομοίωση του μέσου ετήσιου κυματικού κλίματος.....	39
Πίνακας 6-4 Κυματικά δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση ακραίων κυματικών συνθηκών.....	39
Πίνακας 10-1. Ανεκτά όρια υψών κυματισμού ανά Περιοχή Ελέγχου. ....	58
Πίνακας 10-2. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου I. ....	62
Πίνακας 10-3. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου II. ....	63
Πίνακας 10-4. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου III. ....	64
Πίνακας 10-5. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου IV. ....	65
Πίνακας 10-6. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου V. ....	66
Πίνακας 10-7. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου VI. ....	67
Πίνακας 10-8. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου VII. ....	68
Πίνακας 10-9. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου VIII. ....	69

Πίνακας 10-10. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου ΙΧ. ....	70
Πίνακας 10-11. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου Χ. ....	71
Πίνακας 10-12. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου ΧΙ. ....	72
Πίνακας 10-13. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου ΧΙΙ. ....	73
Πίνακας 10-14. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου ΧΙΙΙ. ....	74
Πίνακας 10-15. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου ΧΙV. ....	75
Πίνακας 10-16. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου ΧV. ....	76
Πίνακας 10-17. Συγκεντρωτικός πίνακας μέσου ετήσιου ποσοστού διακοπής λειτουργίας για κάθε Περιοχή Ελέγχου.....	77





## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Στις 24/12/2019 υπεγράφη Ιδιωτικό Συμφωνητικό ανάθεσης της εκπόνησης της μελέτης με τίτλο «**Μελέτη Κυματικής Διείδυσης στη Λιμενολεκάνη Σκαφών Αναψυχής του Λιμένα Λαυρίου**» μεταξύ της Ανώνυμης Εταιρείας με διακριτικό τίτλο «**OPTIMUM VALUE A.E.**» που εδρεύει στην Αττική, Δήμο Αμαρουσίου, οδό Κονίτσης 3-5, τκ. 15125, Α.Φ.Μ. 998473291, Δ.Ο.Υ.: ΦΑΕ ΑΘΗΝΩΝ νομίμως εκπροσωπούμενη από τον Διευθύνοντα Σύμβουλο κ. Θεοφάνη Καραγιάννη και της Ιδιωτικής Κεφαλαιουχικής Εταιρείας με διακριτικό τίτλο «**SCIENTIA MARIS I.K.E.**» που εδρεύει στην Αττική, Δήμο Ζωγράφου, οδό Αγίας Ελένης 10, τκ. 15772, Α.Φ.Μ. 801093537, Δ.Ο.Υ.: ΙΒ' ΑΘΗΝΩΝ νομίμως εκπροσωπούμενη από τους Διαχειριστές Μιχαήλ Χονδρό του Κυριάκου και Αναστάσιο Μεταλληνό του Σπυρίδωνα.

Το παρόν τεύχος αφορά την διερεύνηση με αριθμητική προσομοίωση της κυματικής διείδυσης που προκαλείται στο νέο τμήμα σκαφών αναψυχής που διαμορφώνεται από πλωτούς κυματοθραύστες και πλωτούς προβλήτες. Ο σχεδιασμός της γενικής διάταξης, δηλαδή η χωροθέτηση και οι διαστάσεις των πλωτών στοιχείων, το άνοιγμα της εισόδου, οι κύκλοι ελιγμών και τα σκάφη σχεδιασμού με τις θέσεις παραβολής τους, εκπονήθηκε αποκλειστικά από την εταιρεία OPTIMUM VALUE A.E. σε συνεννόηση με τον Οργανισμό Λιμένα Λαυρίου Α.Ε..

### 1.2 ANTIKEIMENO

Αντικείμενο της παρούσας Μελέτης αποτελεί η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας τοποθέτησης πλωτών στοιχείων (κυματοθραυστών και προβλητών), για μία συγκεκριμένη διάταξη η οποία προτάθηκε από την εταιρεία OPTIMUM VALUE A.E. σε συνεννόηση με τον ΟΛΛ (Οργανισμό Λιμένα Λαυρίου Α.Ε.), εντός της λιμενολεκάνης του Λιμένα Λαυρίου και συγκεκριμένα στο δυτικό του τμήμα, στο τμήμα σκαφών αναψυχής, με στόχο αφενός τη δημιουργία νέων θέσεων παραβολής και αφετέρου την απομείωση της εισερχόμενης κυματικής ενέργειας για τη δημιουργία ηρεμίας εντός της νέας λιμενολεκάνης ούτως ώστε το τμήμα σκαφών αναψυχής να λειτουργεί απρόσκοπτα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Η Μελέτη περιλαμβάνει προσομοιώσεις κυματικής διείδυσης εντός του Λιμένα για την υφιστάμενη διάταξη (**DN – Do Nothing Scenario**), αλλά και για τη διάταξη με παρουσία των πλωτών στοιχείων (**Διάταξη W1**), ούτως ώστε να προσδιοριστούν επακριβώς οι συνθήκες ηρεμίας που αυτοί δημιουργούν. Η εκπόνηση της βασίζεται στα ακόλουθα διακριτά βήματα:

- Αξιολόγηση υφιστάμενων στοιχείων και δεδομένων. Συλλογή των πιο πρόσφατων δεδομένων, ανεμολογικών, κυματικών, Στάθμης Θάλασσας και σεναρίων κλιματικής αλλαγής.
- Κατάστρωση σεναρίων κυματικών χαρακτηριστικών για την αριθμητική προσομοίωση. Συγκεκριμένα υπολογίζεται το μέσο ετήσιο κυματικό κλίμα στα ανοιχτά της εισόδου του λιμένα για τις τρεις διευθύνσεις κυματικής πρόσπτωσης που δύναται να προκαλέσουν διαταραχή εντός της λιμενολεκάνης, δηλαδή, την Ανατολική, τη Νοτιοανατολική και τη Νότια. Επιπρόσθετα υπολογίζεται και ο μέγιστος κυματισμός που προσπίπτει από το Νότιο τομέα, η οποία παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ανάπτυσμα πελάγους.

- Για τα παραπάνω σενάρια εκπονούνται αριθμητικές προσομοιώσεις κυματικής διείδυσης εντός του Λιμένα, με απουσία των πλωτών στοιχείων (υφιστάμενη διάταξη, Do Nothing Scenario), αλλά και με παρουσία αυτών (Διάταξη W1) .
- Για τη Διάταξη W1 καταρτίζονται πίνακες που παρουσιάζουν το μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας (ή διακοπής) της λιμενολεκάνης του τμήματος των σκαφών αναψυχής. Το ποσοστό αυτό προκύπτει σε σχέση με το μέγιστο ανεκτό όριο ύψους κυματισμού στις περιοχές ελέγχου και σε σχέση με τις μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης του κάθε κυματισμού.

### 1.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

- Δορυφορικές φωτογραφίες από το διαδίκτυο και την εφαρμογή Google Earth.
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Οριστική Μελέτη», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα – Υφιστάμενα Έργα Λιμένα», 2002.
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Οριστική Μελέτη Κατασκευής Δύο Προβλητών (Finger Piers) στο Λιμένα Λαυρίου για Εξυπηρέτηση Ε/Γ – Ο/Γ», Τίτλος Σχεδίου: «Γενική Διάταξη Έργου», 2003.
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Προμελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Υπολειπόμενων Λιμενικών Έργων Γενικού Προγραμματικού Σχεδίου Λιμένα Λαυρίου», Τίτλος Σχεδίου: «Γενική Διάταξη Λιμενικών Έργων», 2005.
- Δεδομένα Βαθυμετρίας από το Έργο: «Υφαλή Αυτοψία Κρηπιδωμάτων και Βυθομετρική Αποτύπωση στο Λιμένα Λαυρίου», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», 2007.
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Ολοκλήρωσης Εξωτερικών Έργων και Συμπληρωματικών Κρηπιδωμάτων Λιμένα Λαυρίου», Τίτλος Σχεδίου: «Γενική Διάταξη Λιμενικών Έργων», 2012.
- Τοπογραφικά δεδομένα από το Έργο: «Τοπογραφικό Διάγραμμα», Τίτλος Σχεδίου: «Αποτύπωση – Εμβαδομέτρηση Ζωνών Α, Β,Γ», 2015.
- Διάταξη Προτεινόμενων Έργων από το Έργο με τίτλο «Μελέτη Σκοπιμότητας Χώρου Ελλιμενισμού Τουριστικών Σκαφών στην Μαρίνα Α' Λιμένα Λαυρίου», OPTIMUM VALUE A.E., 2019.
- Ανεμολογικά δεδομένα της περιόδου 1987-2019 του Μετεωρολογικού Σταθμού της Μήλου (738) και της περιόδου 1974-2000 του Μετεωρολογικού Σταθμού Σπάτα (741) της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας ([hnms.gr](http://hnms.gr)).
- Ιστορικά κυματικά δεδομένα της περιόδου 2006-2019 από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων Copernicus ([marine.copernicus.eu](http://marine.copernicus.eu)).
- Βυθομετρικά δεδομένα από στοιχεία της Navionics ([webapp.navionics.com](http://webapp.navionics.com)).
- Στοιχεία από τη Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Έργων Προγραμματικού Σχεδίου (Master Plan) Λιμένα Λαυρίου, 2009.

#### 1.4 ΟΜΑΔΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα μελέτη κυματικής διείσδυσης εκπονήθηκε από την εταιρεία συμβούλων μηχανικών Scientia Maris I.K.E., η οποία ήταν υπεύθυνη για τη μεθοδολογία εκπόνησης της παρούσας μελέτης και την εκπόνηση των αριθμητικών προσομοιώσεων με τα μοντέλα που διαθέτει, σε συνεργασία με την εταιρεία Optimum Value A.E. η οποία ήταν αποκλειστικά υπεύθυνη για το σχεδιασμό της γενικής διάταξης σε συνεννόηση με τον Οργανισμό Λιμένα Λαυρίου Α.Ε. Την ομάδα εργασίας για κάθε εταιρεία αποτελούν οι παρακάτω σύμβουλοι.

Για την Optimum Value A.E.:

- Νικόλαος Κρυονερίτης, MSc Ωκεανογραφίας
- Θεοφάνης Καραγιάννης, Οικονομολόγος
- Μαρία Αποστόλου, Μηχανικός Περιβάλλοντος

Για τη Scientia Maris I.K.E.:

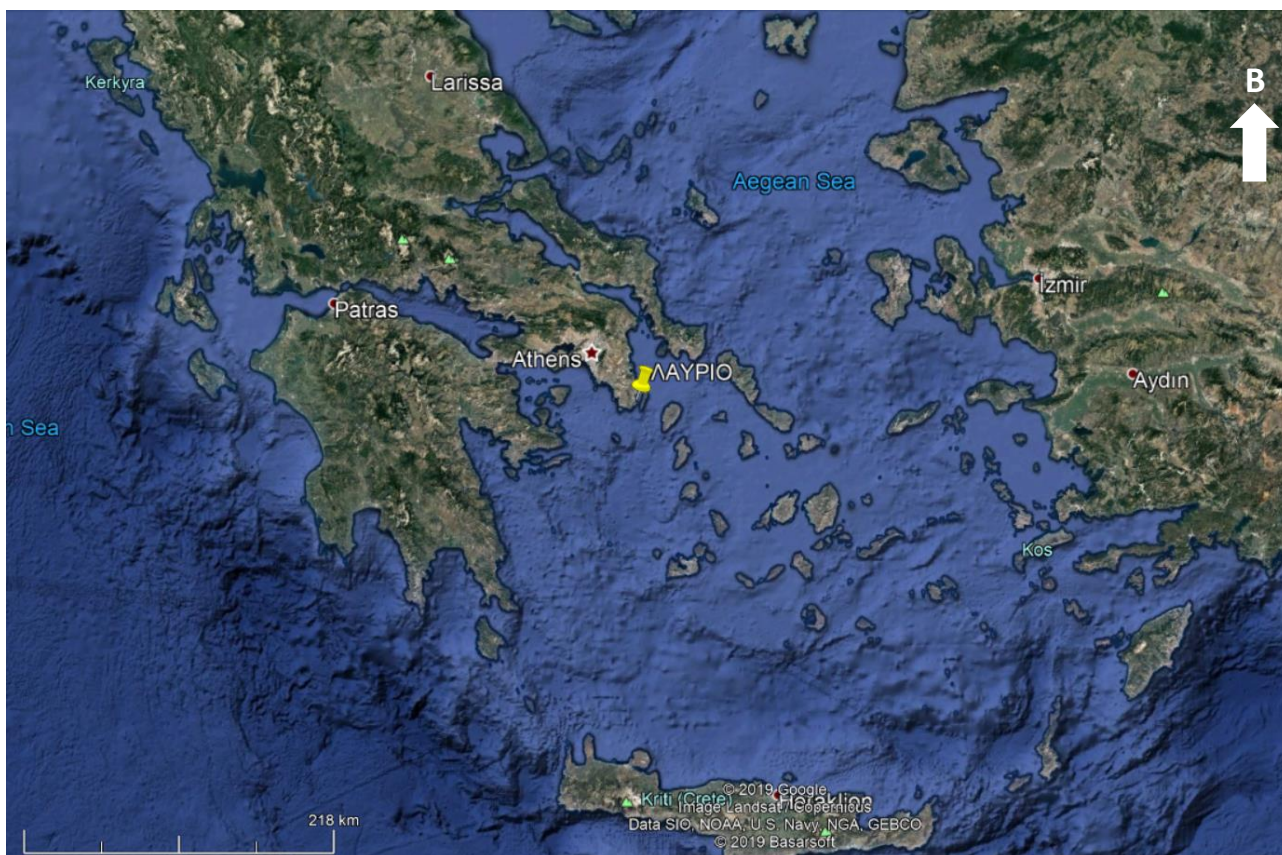
- Δρ Μιχαήλ Χονδρός, Πολ. Μηχ/κος - Λιμενολόγος
- Δρ Αναστάσιος Μεταλληνός, Πολ. Μηχ/κος - Λιμενολόγος



## 2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η πόλη του Λαυρίου βρίσκεται στο Ν. Αττικής και υπάγεται διοικητικά στο Δήμο Λαυρεωτικής της Περιφέρειας Αττικής. Ο Δήμος Λαυρεωτικής συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης και προήλθε από τη συνένωση των προϋπαρχόντων δήμων Λαυρεωτικής, Κερατέας και της κοινότητας Αγίου Κωνσταντίνου. Η έκταση του Δήμου είναι 176.87 km<sup>2</sup> και ο πληθυσμός του είναι 25.102 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Η γεωγραφική θέση του Λαυρίου απεικονίζεται στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 2-1).



Εικόνα 2-1 Γεωγραφική θέση Λιμένα Λαυρίου (πηγή: Google Earth)

Αν και στη περιοχή υπάρχει μεγάλος αριθμός αρχαιολογικών μνημείων, ο ναός του Ποσειδώνα στο Σούνιο προσελκύει το μεγαλύτερο μέρος της τουριστικής κίνησης της περιοχής. Ο Εθνικός Δρυμός του Σουνίου, ο οποίος καταλαμβάνει έκταση 27.500 στρεμμάτων και βρίσκεται σε εγγύτητα 52 χλμ. από την Αθήνα και αποτελεί σημαντικό πόλο έλξης επισκεπτών για αναψυχή. Συμπεριλαμβάνει οργανωμένους χώρους αναψυχής, χώρους στάθμευσης, υπαίθριων γευμάτων και παιχνιδιού.

Ο Λιμένας Λαυρίου, που χωροθετείται στην ομώνυμη πόλη, έχοντας καθοριστεί ως «Λιμένας Διεθνούς Ενδιαφέροντος», είναι ένας από τους σημαντικότερους λιμένες της Αττικής και αποτελεί αναπτυξιακό μοχλό του διεθνούς εμπορίου καθώς και της τοπικής και της εθνικής οικονομίας. Η διαχείριση του λιμένα ασκείται από τον Οργανισμό Λιμένα Λαυρίου Α.Ε., η αποστολή του οποίου είναι η ανάδειξή του σε «Ανατολική Λιμενική Πύλη» της Αττικής, αναλαμβάνοντας ουσιαστικό και στοχευμένα συμπληρωματικό ρόλο προς τον λιμένα του Πειραιά και το ευρύτερο Σύστημα Λιμένων της Αττικής.



Σημαντική τουριστική δραστηριότητα για την περιοχή αποτελεί και ο τουρισμός σκαφών αναψυχής. Η κυριότερη μονάδα του κλάδου είναι αυτή της OLYMPIC MARINE S.A. σε απόσταση 3 χιλιομέτρων από το Λαύριο και 7 χιλιομέτρων από το Σούνιο. Οι σχετικές εγκαταστάσεις διαμορφώνουν σήμερα μία σύγχρονη μαρίνα ελλιμενισμού και υποστήριξης σκαφών αναψυχής, χωρητικότητας 680 θέσεων ελλιμενισμού (με παροχές ηλεκτρισμού και ύδατος), άνω των 700 θέσεων διαχείμασης μεγάλων σκαφών στην ξηρά και περίπου 300 θέσεων παραμονής μικρών σκαφών και φουσκωτών. Εξυπηρετούνται σκάφη μήκους από 6μ ως 40μ και παρέχονται οι απαραίτητες υπηρεσίες νυχθημερόν. Παρέχεται επίσης η δυνατότητα συντήρησης και επισκευής σκαφών. Θεωρείται ότι η εγγύτητα της μαρίνας στο νέο αεροδρόμιο Ελευθέριος Βενιζέλος αποτελεί ένα από τα βασικά συγκριτικά πλεονεκτήματα για τη μελλοντική ανάπτυξη της, ιδιαίτερα όσον αφορά την προσέλκυση σκαφών αναψυχής από το εξωτερικό. Πέραν της OLYMPIC MARINE S.A., σημαντική είναι και η κίνηση σκαφών αναψυχής στο Λιμένα Λαυρίου. Θεωρείται ότι τα διάφορα αυτά είδη τουρισμού, συμπληρωματικά και όχι ανταγωνιστικά, μπορούν – με την κατάλληλη οργάνωση και ενίσχυση – να συμβάλλουν σημαντικά στην ενίσχυση της οικονομικής βάσης του Δήμου Λαυρεωτικής.

Ο Λιμένας Λαυρίου, που αποτελεί και την περιοχή μελέτης (Εικόνα 2-2) εστιάζοντας στο τμήμα σκαφών αναψυχής – Μαρίνα Α΄ που χωροθετείται στο Δ-ΒΔ μυχό του, βρίσκεται σε απόσταση περίπου 52 km από το κέντρο της Αθήνας, στο Νοτιοανατολικό άκρο του Ν. Αττικής με γεωγραφικές συντεταγμένες στο κέντρο της λιμενολεκάνης: Βόρειο γεωγραφικό πλάτος: 37° 42' 35.06", Ανατολικό γεωγραφικό μήκος: 24° 3' 42.15". Η θέση του λιμένα εξασφαλίζει προστασία από κυματισμούς που αναπτύσσονται από τον Β-ΒΑ τομέα ενώ η παρουσία της Ν. Μακρόνησου προσφέρει προστασία από κυματισμούς που αναπτύσσονται από τον ανατολικό τομέα.



Εικόνα 2-2 Δορυφορική φωτογραφία της περιοχής μελέτης – Λιμένας Λαυρίου (πηγή: Google Earth)

## 2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Ο λιμένας Λαυρίου είναι ο νοτιότερος λιμένας της ανατολικής ακτής του Ν. Αττικής και αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους θαλάσσιους κόμβους με εξέχουσα γεωφυσική και στρατηγική θέση. Ήδη από τα τέλη του 19<sup>ου</sup> αιώνα, δεχόταν μεγάλα για την εποχή ατμόπλοια (Δερμάτης 2004). Στις μέρες μας έχει καθοριστεί όπως ήδη αναφέρθηκε ως ένας λιμένας Διεθνούς Ενδιαφέροντος αναλαμβάνοντας ουσιαστικό και συμπληρωματικό ρόλο προς το λιμένα Πειραιώς και το ευρύτερο σύστημα λιμένων του Ν. Αττικής. Εξυπηρετεί πολλαπλές δραστηριότητες, οι οποίες αφορούν α) την ακτοπλοΐα – μέσω του Λαυρίου εξυπηρετούνται κυρίως ακτοπλοϊκές συνδέσεις προς τα νησιά του Αιγαίου, τις Κυκλάδες καθώς και σε άλλους λιμένες της Ηπειρωτικής χώρας – β) τη διακίνηση φορτίων (γενικό, χύδην ξηρό, εμπορευματοκιβώτια και Ro-Ro), γ) κρουαζιερόπλοια όπου σε ορισμένες περιπτώσεις αποτελεί λιμένα βάση (homeport) για κρουαζιερόπλοια, δ) σκάφη αναψυχής (τουριστικά σκάφη) και ε) επαγγελματικά αλιευτικά σκάφη.

Ο λιμένας Λαυρίου διαθέτει κρηπιδώματα για την εξυπηρέτηση Ε/Γ-Ο/Γ πλοίων, κρουαζιερόπλοιων και φορτηγών πλοίων με τα βάθη έμπροσθεν των εν λόγω κρηπιδωμάτων να κυμαίνονται από 7μ έως και 10μ. Εντός του λιμένα υπάρχουν υποδομές για σκάφη αναψυχής συνολικής δυναμικότητας περίπου 200 θέσεων με ελάχιστα βάθη περί τα 3,0μ. Η λιμενολεκάνη του καταλαμβάνει έκταση περί τα 450 στρέμματα και η είσοδός της έχει πλάτος περί τα 180μ και μέσο βάθος περί τα 20μ.

Συνοπτικά, οι κυριότερες υφιστάμενες λιμενικές υποδομές (απεικονίζονται με ξεχωριστά χρώματα στην Εικόνα 2-3) του λιμένα Λαυρίου περιλαμβάνουν:

Βορειοανατολικό (προσήμε) μώλο (κόκκινο χρώμα) συνολικού μήκους περί τα 600μ ο οποίος στο μεγαλύτερό του τμήμα στην εξωτερική του πλευρά αποτελείται από κατακόρυφο μέτωπο στην και μόνο ένα μικρό του τμήμα περιλαμβάνει φυσικούς ογκολίθους προστασίας.

Νοτιοανατολικό (υπήνεμο) μώλο (κίτρινο χρώμα) συνολικού μήκους περί τα 180μ ο οποίος στην εξωτερική του πλευρά διαθέτει θωράκιση από φυσικούς ογκολίθους.

Κρηπιδώματα ακτοπλοΐας (πορτοκαλί χρώμα) συνολικού μήκους περί τα 250μ και ωφέλιμο βάθος περί τα 7.5μ από ΚΡ. Διαθέτουν 5 ράμπες, μία διπλή και τέσσερις μονές.

Κρηπιδώματα Λιμενικού τμήματος κρουαζιερόπλοιων και εμπορικού λιμένα (μωβ χρώμα) μήκους περί τα 680μ και ωφέλιμα βάθη 10μ από ΚΡ εξυπηρετώντας κυρίως κρουαζιερόπλοια και φορτηγά πλοία.

Προβλήτας I (πράσινο χρώμα) συνολικού μήκους παραβολής περί τα 90μ και ωφέλιμα βάθη 3 έως 5μ από ΚΡ εξυπηρετώντας κατά βάση σκάφη αναψυχής.

Προβλήτας II (μπλε χρώμα) συνολικού μήκους παραβολής περί τα 200μ και ωφέλιμα βάθη έμπροσθεν των κρηπιδωμάτων του να κυμαίνονται από 3,5 έως 9μ από ΚΡ προσδένοντας σε αυτόν κυρίως σκάφη αναψυχής και αλιευτικά σκάφη. Στη νότια πλευρά του υπάρχει ράμπα ανέκλυσης / καθέλκυσης σκαφών.

Προβλήτας III (γαλάζιο χρώμα), που είναι σχήματος Γ, μήκους περί τα 250μ και 180μ στο εξωτερικό και στο εσωτερικό μέτωπο παραβολής του αντίστοιχα και ωφέλιμα βάθη από 4μ έως 9μ από ΚΡ εξυπηρετώντας κυρίως αλιευτικά σκάφη και σκάφη αναψυχής.

Να σημειωθεί πως χαρακτηριστικό του λιμένα αποτελεί η λεγόμενη «Γαλλική Μεταλλευτική Σκάλα Λαυρίου» που αποτελεί μοναδικό θαλάσσιο έργο για την εποχή του (19ο αιώνα). Πρόκειται για μεταλλική γέφυρα σε ισχυρότατες πέτρινες θεμελιώσεις, με γερανούς και απολήξεις του σιδηροδρομικού δικτύου που χρησιμοποιούνταν για τη φόρτωση του μεταλλεύματος εκείνης της εποχής. Επιπλέον, μεταξύ του

Προβλήτα II και II βρίσκεται ο χαρακτηριστικός «ξύλινος προβλήτας» ο οποίος δεν χρησιμοποιείται για ελλιμενισμούς σκαφών και έχει κατασκευαστεί για αρχιτεκτονικούς λόγους.

Όσον αφορά τον τομέα των σκαφών αναψυχής, στο λιμένα Λαυρίου εξυπηρετούνται σκάφη αναψυχής, όπου ιδιαίτερα του θερινού μήνες φιλοξενούνται στις υφιστάμενες λιμενικές υποδομές περί τα 200 σκάφη διαφόρων τύπων (γιώτ, θαλαμηγοί, ιστιοφόρα κλπ), τα οποία με αφετηρία το λιμένα Λαυρίου κινούνται προς όλα τα νησιά του Αιγαίου και του Σαρωνικού. Ο λιμένας καλύπτει όλο το εύρος των εξυπηρετήσεων ελλιμενισμού και ανεφοδιασμού που απαιτούν τα σκάφη αναψυχής ενώ η εγγύτητα με το λεκανοπέδιο εξασφαλίζει τη γρήγορη προμήθεια ανταλλακτικών σε περιπτώσεις επισκευών. Παράλληλα στην περιοχή λειτουργούν μεγάλα επισκευαστικά συνεργεία σκαφών. Επιπλέον, μεγάλες εταιρείες ενοικίασης σκαφών αναψυχής παρουσιάζουν έντονη δραστηριότητα έχοντας ως αφετηρία το λιμένα Λαυρίου. Αποτέλεσμα των ως άνω αναφερομένων είναι η συνεχής αύξηση στη ζήτηση θέσεων ελλιμενισμού σκαφών αναψυχής στην ευρύτερη περιοχή, έχοντας υπόψη ότι η μαρίνα OLYMPIC MARINE είναι κορεσμένη.

Η περιοχή που κατά βάση εξυπηρετούνται σήμερα τα σκάφη αναψυχής ονομάζεται Μαρίνα Α', βρίσκεται στη δυτική πλευρά του λιμένα Λαυρίου, έχει μήκος κρηπιδωμάτων περί τα 400m (Εικόνα 2-3 και Εικόνα 2-4) και είναι η περιοχή που προτείνεται να επεκταθεί με κατάλληλα πλωτά στοιχεία (πλωτούς κυματοθραύστες και πλωτούς προβλήτες) ώστε να εξυπηρετήσει στο μέλλον μεγαλύτερο αριθμό σκαφών αναψυχής.



Εικόνα 2-3. Λιμένας Λαυρίου με τις υφιστάμενες λιμενικές υποδομές (πηγή: Google Earth)





Υφιστάμενη λιμενολεκάνη σκαφών  
αναψυχής – Μαρίνα Α'

Εικόνα 2-4 Υφιστάμενη λιμενολεκάνη σκαφών αναψυχής (πηγή: <https://tripinview.com>)



### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μεθοδολογία που ακολούθησε η παρούσα μελέτη βασίζεται σε τρία διακριτά στάδια:

- **Πρώτο στάδιο** αποτελεί η συλλογή και αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων και δεδομένων με σκοπό τον προσδιορισμό των περιβάλλοντων συνθηκών στην περιοχή μελέτης. Ειδικότερα, προσδιορίζονται και αξιολογούνται τα ακόλουθα:
  - Βαθυμετρία περιοχής μελέτης
  - Ανεμολογική δίατα περιοχής μελέτης και ευρύτερης περιοχής
  - Κυματικό κλίμα στα ανοιχτά και ωκεανογραφικά δεδομένα (στάθμη θάλασσας, παλίρροια και ρεύματα)
  - Προβλέψεις μεταβολής κρίσιμων παραμέτρων λόγω κλιματικής διακύμανσης
- Σε **δεύτερο στάδιο**, έχοντας ως βάση όλα τα παραπάνω, γίνεται προσομοίωση της διείδυσης του κυματικού κλίματος, για την υφιστάμενη κατάσταση (Do Nothing) χωρίς την παρουσία των προτεινόμενων πλωτών στοιχείων, εντός της λιμενολεκάνης Λαυρίου.
- Στο **τρίτο στάδιο** εκπονείται νέος κύκλος προσομοιώσεων με την παρουσία των πλωτών κυματοθραυστών και των πλωτών προβλητών με στόχο τη διερεύνηση της διαταραχής εντός της λιμενολεκάνης του λιμένα Λαυρίου και συγκεκριμένα σε επιλεγμένες περιοχές ελέγχου στο τμήμα σκαφών αναψυχής, όπου πραγματοποιείται έλεγχος με τα ανεκτά όρια.

Σημειώνεται ότι εφόσον πρόκειται για καθημερινές λειτουργικές ανάγκες του λιμένα η έρευνα των διαταραχών της λιμενολεκάνης προσανατολίζεται προς το επικρατούν κυματικό κλίμα της περιοχής παρά σε εξαιρετικά γεγονότα, με βάση τα οποία γίνεται ο σχεδιασμός των εξωτερικών έργων. Το ζητούμενο της Μελέτης Κυματικής Διείδυσης είναι ο προσδιορισμός του μέσου ετήσιου ποσοστού του χρόνου κατά το οποίο οι λιμενικές λειτουργίες δεν είναι δυνατό να επιτελεσθούν. Επιπρόσθετα στην παρούσα μελέτη προσομοιώθηκε η διείδυση ενός εξαιρετικού γεγονότος με ακραίο ύψος και μεγάλη περίοδο που προσπίπτει στο λιμένα από το Νότιο τομέα με στόχο να διερευνηθεί το μέγιστο κύμα που εμφανίζεται στην περιοχή τοποθέτησης των πλωτών στοιχείων για να γίνουν οι απαραίτητοι έλεγχοι ευστάθειας αυτών.

Κύριος παράγοντας, που οι εν λόγω λιμενικές λειτουργίες δεν είναι δυνατό να επιτελεσθούν, οδηγώντας στη διακοπή ή την μη ομαλή λειτουργία ενός λιμένα, ή ορισμένων θέσεων παραβολής, είναι οι ανεμογενείς κυματισμοί. Ως εκ τούτου, η Μελέτη Κυματικής Διαταραχής επικεντρώνεται στη διερεύνηση με αριθμητική προσομοίωση της διάδοσης των ανεμογενών κυματισμών από τα βαθιά νερά εντός της λιμενολεκάνης, με στόχο τον υπολογισμό των κυματικών χαρακτηριστικών σε επιλεγμένες περιοχές ελέγχου και τον καθορισμό του ετήσιου ποσοστού κατά το οποίο αυτές δεν είναι λειτουργικές λόγω αυξημένης διαταραχής.

#### 3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΑΝΟΙΧΤΑ ΚΑΙ ΑΚΡΑΙΩΝ ΓΕΓΟΝΟΤΩΝ

Αρχικά προσδιορίζονται οι επικρατέστερες κυματικές συνθήκες στα «ανοιχτά» της περιοχής μελέτης καθώς και οι συχνότερες εμφάνιση αυτών. Για να προσδιοριστεί με μεγαλύτερη αξιοπιστία το κυματικό κλίμα στα ανοιχτά ώστε να υπολογιστεί τόσο το επικρατούν κυματικό κλίμα σε ετήσια βάση όσο και για να υπολογιστούν ακραία γεγονότα που ζητούνται για τον έλεγχο ευστάθειας των πλωτών στοιχείων, αξιοποιούνται δυο διαφορετικές πηγές δεδομένων.

- A.** Τα ιστορικά κυματικά δεδομένα της διαθέσιμης χρονικής περιόδου 2006-2019 όπως προσφέρονται από την Ευρωπαϊκή **βάση δεδομένων Copernicus** ([marine.copernicus.eu](http://marine.copernicus.eu)) χρησιμοποιούνται για την εύρεση του επικρατούντος κυματικού κλίματος σε ετήσια βάση. Τα συγκεκριμένα δεδομένα είναι πολυπληθή (big data) καθώς δίνουν κυματικά χαρακτηριστικά ανά μια ώρα για μια δεκαετία και απαιτούν στατιστική ανάλυση και κατηγοριοποίηση των κυματισμών σε ομάδες και σε διευθύνσεις (η οποία υλοποιείται με χρήση της γλώσσας προγραμματισμού *R Programming*).
- B.** Τα **μέσα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Μήλου και Σπάτων της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας** χρησιμοποιούνται ώστε να βρεθούν ακραία γεγονότα που αντιστοιχούν σε Fetch – Limited συνθήκες εφαρμόζοντας το αριθμητικό εργαλείο **Maris-OWC** που αναπτύχθηκε από την εταιρεία Scientia Maris. Οι μαθηματικές εξισώσεις του συγκεκριμένου εργαλείου τροφοδοτούνται με τα ανεμολογικά δεδομένα, ταχύτητα και διεύθυνση πνοής του ανέμου καθώς επίσης και με τις ακτίνες αναπτύγματος πελάγους, προσφέροντας ως αποτέλεσμα το χαρακτηριστικό ύψος κύματος και την περίοδο κορυφής στο επιθυμητό σημείο, με την παραδοχή περιορισμού αναπτύγματος πελάγους (fetch-limited), ανεξαρτήτως διάρκειας πνοής.

### 3.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ

Η μελέτη κυματικής διείδυσης εκπονείται με στόχο την εκτίμηση της κυματικής διαταραχής στη λιμενολεκάνη του λιμένα Λαυρίου και συγκεκριμένα στο τμήμα σκαφών αναψυχής – Μαρίνα Α' που βρίσκεται στη δυτική του πλευρά, μέσω αριθμητικών προσομοιώσεων, υπολογίζοντας τα χαρακτηριστικά μεγέθη των προσπιπτόντων κυματισμών καθώς και τη μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισής τους. Η εφαρμοζόμενη μεθοδολογία για την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης βασίζεται στη συλλογή και επεξεργασία δεδομένων μετεωρολογικών, υδρογραφικών, βυθομετρικών και ανεμολογικών. Τα διακριτά βήματα που ακολουθεί η μεθοδολογία που εφαρμόζεται εδώ έχουν ως εξής:

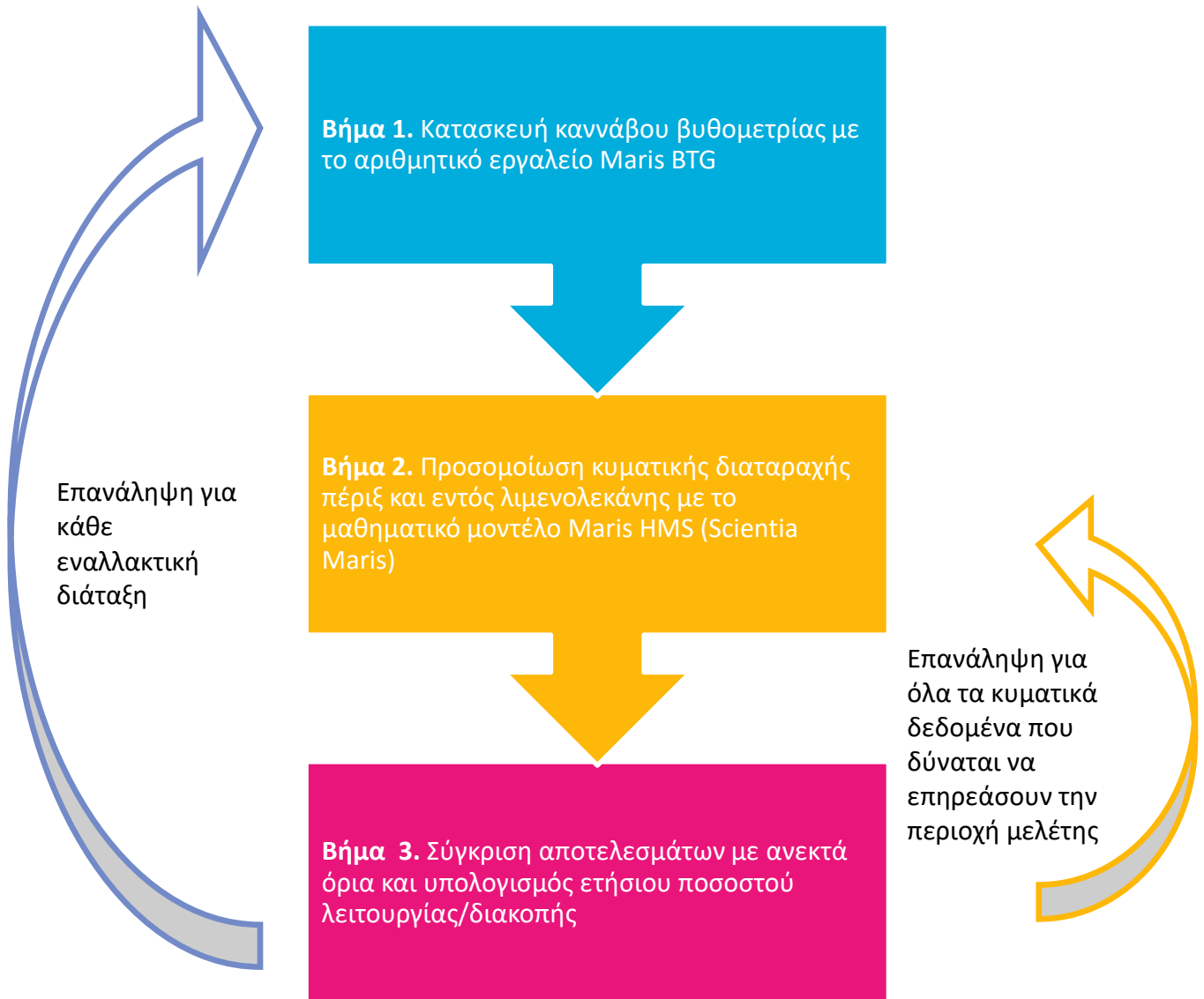
**Βήμα 1.** Δημιουργία καννάβου βυθομετρίας που να αντιπροσωπεύει πιστά τη βαθυμετρία της περιοχής μελέτης. Κατασκευάζεται έτσι ορθογωνικός κάνναβος με μικρό χωρικό βήμα κελιών ( $dx=dy=2,5m$ ) στους δυο οριζόντιους άξονες, με χρήση του αριθμητικού εργαλείου **Maris BTG** (BaThymetry Grid που αναπτύχθηκε από τη Scientia Maris).

**Βήμα 2.** Το κυματικό κλίμα στα βαθιά (όπως υπολογίστηκε στην παρ.3.1) και η βαθυμετρία (βήμα 1) θα αποτελέσουν δεδομένα εισόδου στο μαθηματικό μοντέλο κυματικής διάδοσης **Maris-HMS** (nonlinear Hyperbolic Mild-Slope Model, που αναπτύχθηκε από τη Scientia Maris) για τον υπολογισμό της διάδοσης των κυματισμών προσομοιώνοντας το σύνολο το φαινομένων που λαμβάνουν χώρα δηλαδή τη ρήχωση, τη διάθλαση, την περίθλαση, την ανάκλαση και την απώλεια ενέργειας λόγω θραύσης και τριβής στον πυθμένα. Όλες οι εξεταζόμενες κυματικές συνθήκες εισέρχονται στο μοντέλο και προσομοιώνονται ξεκινώντας από τα βαθιά νερά.

**Βήμα 3.** Σύγκριση των αποτελεσμάτων (ύψη κύματος) με προκαθορισμένα ανεκτά όρια ύψους κυματισμών σε δεκαπέντε (15) περιοχές ελέγχου. Τα ανεκτά όρια, ανάλογα με τη γωνία πρόσπτωσης των κυματισμών και του μεγέθους των σκαφών παραβολής, ελήφθησαν υπόψη από την PIANC (2016)

Τα βήματα 2 και 3 επαναλαμβάνονται για κάθε κυματική συνθήκη προς προσομοίωση. **Εάν οι κυματισμοί που προκύπτουν από την αριθμητική προσομοίωση στην εκάστοτε περιοχή ελέγχου υπερβαίνουν τα ανεκτά όρια, υπολογίζεται η μέση ετήσια χρονική περίοδος κατά την οποία γίνεται υπέρβαση των ορίων αυτών και η περιοχή ελέγχου παραμένει μη λειτουργική.**

Η αλληλουχία των παραπάνω βημάτων, όπου υλοποιείται για κάθε εναλλακτική διάταξη, συνοψίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα ροής.



Εικόνα 3-1 Μεθοδολογία Μελέτης Κυματικής Διαταραχής για κάθε Εναλλακτική Διάταξη.



#### 4. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης τα βυθομετρικά δεδομένα, όπου αποτελούν απαραίτητο δεδομένο εισόδου για τα αριθμητικά μοντέλα, ελήφθησαν από υφιστάμενες βυθομετρικές έρευνες για το εσωτερικό του λιμένα. Πιο συγκεκριμένα, ελήφθησαν υπόψη, αφού αξιολογήθηκαν κυρίως ως προς τα δεδομένα τους στις περιοχές των βυθοκορήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί, τα κάτωθι:

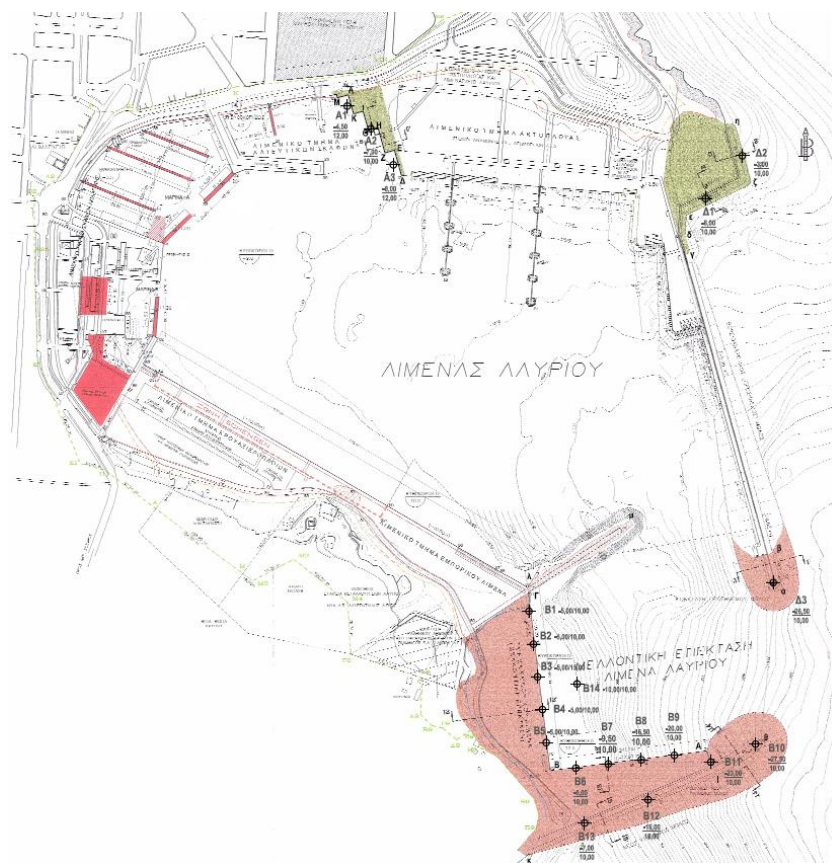
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Οριστική Μελέτη Κρηπιδωμάτων Εξυπηρετήσεως Πλοίων Νέας Τεχνολογίας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα – Υφιστάμενα Έργα Λιμένα», 2002.
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Οριστική Μελέτη Κατασκευής Δύο Προβλητών (Finger Piers) στο Λιμένα Λαυρίου για Εξυπηρέτηση Ε/Γ – Ο/Γ», Τίτλος Σχεδίου: «Γενική Διάταξη Έργου», 2003.
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Οριστική Μελέτη Κρηπιδωμάτων Εξυπηρετήσεως Πλοίων Νέας Τεχνολογίας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα – Υφιστάμενα Έργα Λιμένα», 2005.
- Δεδομένα Βαθυμετρίας από το Έργο: «Υψηλή Αυτοψία Κρηπιδωμάτων και Βυθομετρική Αποτύπωση στο Λιμένα Λαυρίου», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», 2007.
- Ψηφιακά δεδομένα τοπογραφίας και βαθυμετρίας από το Έργο: «Μελέτη Ολοκλήρωσης Εξωτερικών Έργων και Συμπληρωματικών Κρηπιδωμάτων Λιμένα Λαυρίου», Τίτλος Σχεδίου: «Γενική Διάταξη Λιμενικών Έργων», 2012.
- Τοπογραφικά δεδομένα από το Έργο: «Τοπογραφικό Διάγραμμα», Τίτλος Σχεδίου: «Αποτύπωση – Εμβαδομέτρηση Ζωνών Α, Β,Γ», 2015.

Οι κυριότερες βυθομετρικές αποτυπώσεις του εσωτερικού του λιμένα φαίνονται στην Εικόνα 4-1 και στην Εικόνα 4-2. Η συμπλήρωση των υπόλοιπων βαθυμετρικών δεδομένων εκτός του λιμένα και στα πιο βαθιά νερά πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας βυθομετρικά δεδομένα από στοιχεία της Navionics ([webapp.navionics.com](http://webapp.navionics.com)).





Εικόνα 4-1 Βυθομετρική αποτύπωση λιμένα Λαυρίου (Μελέτη Κρηπιδωμάτων Νότιου Τμήματος Λιμένα Λαυρίου και των Αναγκαίων Κτιριακών Έργων του Λιμένα – Οριστική Μελέτη Κρηπιδωμάτων Εξυπηρέτησεως Πλοίων Νέας Τεχνολογίας, 2002)



Εικόνα 4-2 Βυθομετρική αποτύπωση λιμένα Λαυρίου (πηγή: Μελέτη Ολοκλήρωσης Εξωτερικών Έργων και Συμπληρωματικών Κρηπιδωμάτων Λιμένα Λαυρίου, 2012)



## 5. ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΙΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 5.1 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Έχοντας υπόψη τη θέση του Λιμένα Λαυρίου αλλά και τον προσανατολισμό της εισόδου αυτού, έχουν ενδιαφέρον από άποψης γένεσης κυματισμών στα βαθιά οι άνεμοι που πνέουν από:

- Ανατολικά,
- Νοτιοανατολικά και
- Νότια

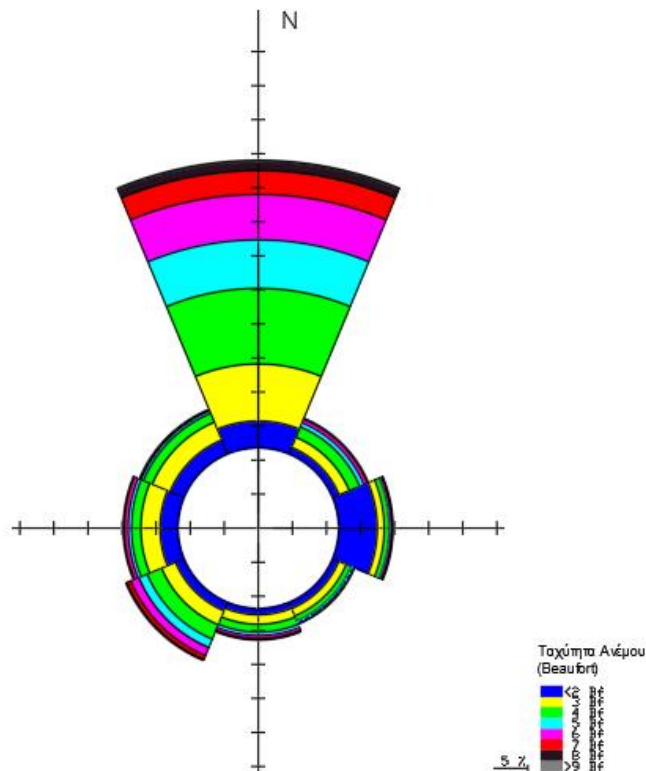
Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, αναζητήθηκαν τα πλέον πρόσφατα ανεμολογικά δεδομένα από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (ΕΜΥ) τόσο από τον Μετεωρολογικό Σταθμό (Μ.Σ.) της Μήλου, που θεωρείται κατάλληλος λόγω της τοποθεσίας του για τους ανέμους που πνέουν από Νότια και Νοτιοανατολικά, όσο και από τον Μ.Σ. των Σπάτων, που θεωρείται κατάλληλος λόγω της τοποθεσίας του για τους ανέμους που πνέουν από Ανατολικά. Θα πρέπει να σημειωθεί πως επιλέχθηκαν οι αντιπροσωπευτικότερες τοποθεσίες Μ.Σ. που δύναται να γεννήσουν κυματισμούς από τις διευθύνσεις που η περιοχή μελέτης είναι εκτεθειμένη. Παρακάτω παρουσιάζονται αναλυτικά τα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα.

#### 5.1.1 Ανεμολογικά Δεδομένα Σταθμού Μήλου

Οι μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού Μήλου της ΕΜΥ ελήφθησαν υπόψη στην παρούσα μελέτη. Ο συγκεκριμένος σταθμός έχει συντεταγμένες 36°6'98"N και 24°47'E και βρίσκεται σε υψόμετρο 4μ. Οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής είναι οι **Βόρειοι** με ετήσιο ποσοστό εμφάνισης 42,225% και ακολουθούν οι **Νοτιοδυτικοί** με ποσοστό εμφάνισης 9,2314%. Οι Νότιοι άνεμοι έχουν ετήσιο ποσοστό εμφάνισης 4.6183%. Οι μετρήσεις αναφέρονται στο διάστημα 1987-2019. Οι ετήσιες συχνότητες ανά διεύθυνση και ένταση ανέμου παρουσιάζονται ακολούθως.

**Πίνακας 5-1 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Μήλου. [Πηγή: ΕΜΥ, 1987-2019].**

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	S U M
0	0	0	0	0	0	0	0	0	11.7973	11.7973
1	0.2036	0.0883	2.1344	0.0474	0.0179	0.0883	0.2484	0.1076	0	2.9359
2	3.7412	0.9423	3.5184	0.9308	0.9116	1.2663	2.3738	2.1164	0	15.8009
3	8.3736	1.6107	1.0179	1.1715	1.3892	2.2099	2.8155	2.8258	0	21.414
4	11.1046	1.644	0.7042	0.758	1.1498	2.2752	1.3649	1.3943	0	20.3949
5	7.1226	0.7004	0.2279	0.2599	0.5224	1.3482	0.507	0.3611	0	11.0495
6	6.672	0.3931	0.1959	0.1741	0.3739	1.2714	0.4507	0.1805	0	9.7115
7	3.5056	0.1728	0.1101	0.096	0.2023	0.6043	0.2023	0.0602	0	4.9537
8	1.3072	0.0602	0.0179	0.0243	0.0474	0.1562	0.041	0.0205	0	1.6747
>=9	0.1946	0.0346	0.0026	0	0.0038	0.0115	0.0077	0.0128	0	0.2676
<b>SUM</b>	<b>42.225</b>	<b>5.6464</b>	<b>7.9293</b>	<b>3.4621</b>	<b>4.6183</b>	<b>9.2314</b>	<b>8.0112</b>	<b>7.0791</b>	<b>11.7973</b>	<b>100</b>



Εικόνα 5-1. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Μήλου.

Το ποσοστό νηνεμίας είναι 11,7973% του ετήσιου συνόλου των μετρήσεων. Η συχνότερη ένταση των επικρατούντων ανέμων είναι στα 4 Beaufort και η μέγιστη ένταση αυτών υπερβαίνει τα 9Bf (με μέσο ετήσιο ποσοστό 0,2676%). Από τον συγκεκριμένο σταθμό μπορούμε να εκμεταλλευτούμε, για την πρόβλεψη γένεσης κυματισμών (υποκεφάλαιο 6.2), τα δεδομένα για τους Νότιους και Νοτιοανατολικούς ανέμους.

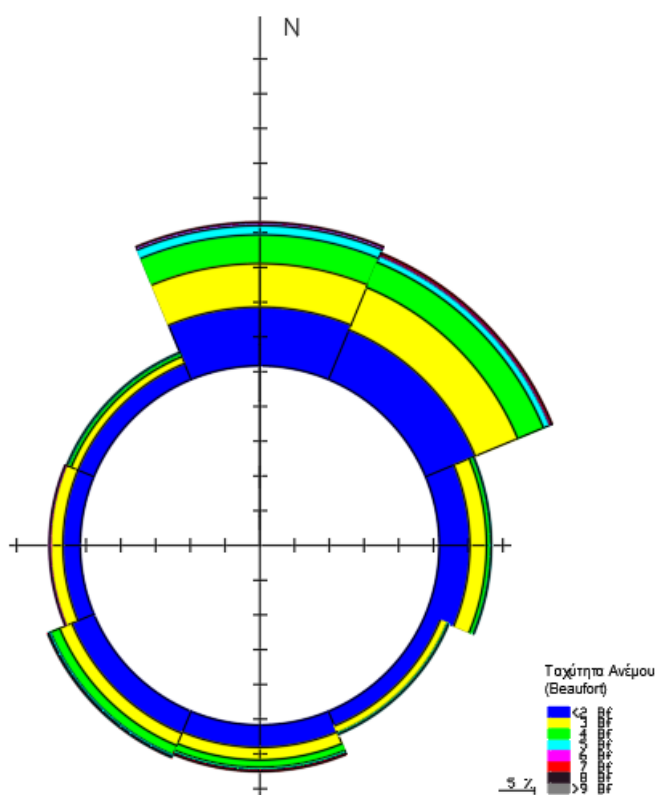
#### 5.1.2 Ανεμολογικά Δεδομένα Σταθμού Σπάτων

Οι μετρήσεις του μετεωρολογικού σταθμού Σπάτων της ΕΜΥ ελήφθησαν επίσης υπόψη στην παρούσα μελέτη, ο οποίος έχει συντεταγμένες 36°6'98"N και 24°47'E και βρίσκεται σε υψόμετρο 72μ. Οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής είναι οι **Βόρειοι** με ετήσιο ποσοστό εμφάνισης 20,685% και ακολουθούν οι **Βορειοανατολικοί** με ποσοστό εμφάνισης 19,726%. Οι μετρήσεις αναφέρονται στο διάστημα 1974-2000. Οι ετήσιες συχνότητες διευθύνσεων ανέμων σε κλίμακα Beaufort φαίνονται ακολούθως.

Το ποσοστό νηνεμίας είναι 25,839% του ετήσιου συνόλου των μετρήσεων. Η συχνότερη ένταση των επικρατούντων ανέμων είναι στα 2 Beaufort και η μέγιστη ένταση αυτών υπερβαίνει τα 9Bf (με μέσο ετήσιο ποσοστό 0,052%). Από το συγκεκριμένο σταθμό μπορούμε να εκμεταλλευτούμε, για την πρόβλεψη γένεσης κυματισμών (υποκεφάλαιο 6.2), τα δεδομένα για τους Ανατολικούς ανέμους.

Πίνακας 5-2 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Σπάτων. [Πηγή: ΕΜΥ, 1974-2000].

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	S U M
0	0	0	0	0	0	0	0	0	25.839	25.839
1	1.852	1.340	0.985	0.604	0.355	0.762	0.906	0.985	0	7.789
2	6.606	6.396	3.415	1.668	2.876	2.679	1.589	1.510	0	26.739
3	6.252	6.606	2.390	1.077	1.799	1.891	1.169	1.051	0	22.235
4	4.150	4.019	0.591	0.197	1.064	1.432	0.604	0.525	0	12.582
5	1.313	0.985	0.079	0.026	0.341	0.276	0.118	0.105	0	3.243
6	0.341	0.236	0.013	0.013	0.144	0.105	0.039	0.066	0	0.957
7	0.053	0.092	0.000	0.013	0.066	0.053	0.026	0.013	0	0.316
8	0.105	0.039	0.013	0.013	0.039	0.013	0.013	0.013	0	0.248
>=9	0.013	0.013	0.013	0	0.013	0	0	0	0	0.052
SUM	20.685	19.726	7.499	3.611	6.697	7.211	4.464	4.268	25.839	100



Εικόνα 5-2. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Σπάτων.

## 5.1.3 Αξιολόγηση και Επιλογή Ανεμολογικών Δεδομένων

Για τη Νότια και Νοτιοανατολική διεύθυνση πνοής ανέμου επιλέγονται τα δεδομένα από το σταθμό της Μήλου λόγω της τοποθεσίας του, ενώ για την Ανατολική διεύθυνση επιλέγονται τα δεδομένα από το σταθμό των Σπάτων επίσης λόγω της τοποθεσίας του. Ακολούθως δίνεται ο πίνακας των τελικώς επιλεχθέντων ανεμολογικών δεδομένων που θα αξιοποιηθούν για την πρόβλεψη των κυματικών χαρακτηριστικών που αντιστοιχούν σε ακραία γεγονότα (Fetch-Limited συνθήκες) στα ανοιχτά του λιμένα.

Πίνακας 5-3 Επιλεχθείσες μέσες ετήσιες συχνότητες (%) εμφάνισης ανέμων

BEAUF	E	SE	S
1	0.985%	0.0474%	0.0179%
2	3.415%	0.9308%	0.9116%
3	2.390%	1.1715%	1.3892%
4	0.591%	0.758%	1.1498%
5	0.079%	0.2599%	0.5224%
6	0.013%	0.1741%	0.3739%
7	-	0.096%	0.2023%
8	0.013%	0.0243%	0.0474%
≥9	0.013%	-	0.0038%
SUM	7.499%	3.4621%	4.6183%

## 5.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Σύμφωνα με το μόνιμο δίκτυο παλιρροιογράφων της Υδρογραφικής Υπηρεσίας οι πλησιέστεροι εγκατεστημένοι σταθμηγράφοι βρίσκονται στους λιμένες Πειραιώς (γεωγραφικό πλάτος: 37° 56' 14.38" γεωγραφικό μήκος: 23° 37' 36.19" - Εικόνα 5-3) και Σύρου (γεωγραφικό πλάτος: 37° 26' 23.89" γεωγραφικό μήκος: 24° 56' 44.91" - Εικόνα 5-4) αφού ο λιμένας Λαυρίου δεν διαθέτει.

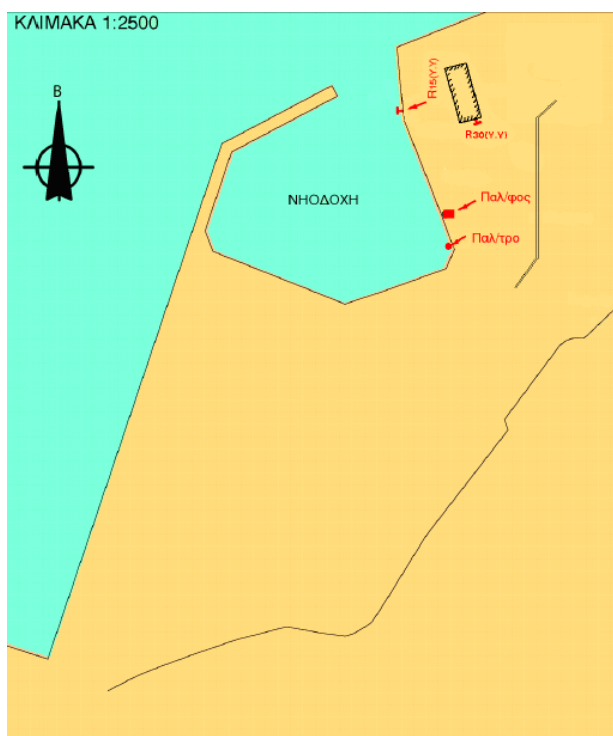
Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του ψηφιακού σταθμηγράφου του λιμένα Πειραιώς κατά την περίοδο 1990-2012 προκύπτουν τα ακόλουθα μεγέθη:

**Πίνακας 5-4 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Πειραιά (ως προς το μηδέν του παλιρροιομέτρου – κατωτάτη ρηχία).**

Σταθμός	Μέγιστη πλήμμη	Μέση πλήμμη	Μέση στάθμη	Μέση ρηχία
Λιμένας Πειραιώς (1990-2012)	1,15 m	0,68 m	0,60 m	0,55 m

**Πίνακας 5-5 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Πειραιά (μη εξαρτώμενο σημείο αναφοράς).**

Σταθμός	Μέγιστο εύρος	Μέσο εύρος	Ελάχιστο εύρος	Επάλλαξη
Λιμένας Πειραιώς (1990-2012)	0,29 m	0,09 m	0,01 m	1,15 m



Εικόνα 5-3 Παλιρροιογράφος λιμένα Πειραιώς (Πηγή: Υδρογραφική Υπηρεσία)

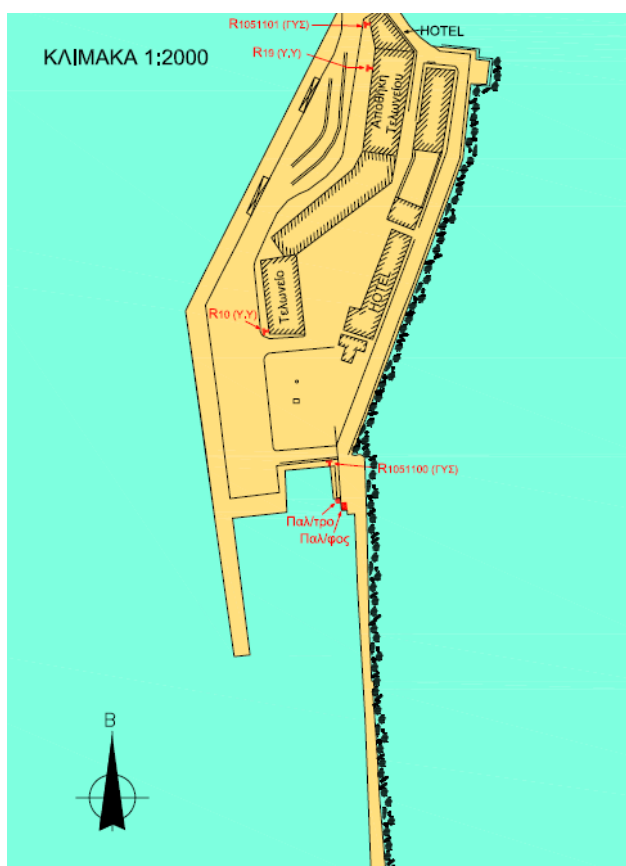
Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του ψηφιακού σταθμηγράφου του λιμένα Σύρου κατά την περίοδο 1990-2012 προκύπτουν τα ακόλουθα μεγέθη:

Πίνακας 5-6 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Σύρου (ως προς το μηδέν του παλιρροιομέτρου – κατωτάτη ρηχία).

Σταθμός	Μέγιστη πλήμμη	Μέση πλήμμη	Μέση στάθμη	Μέση ρηχία
Λιμένας Σύρου (1990-2012)	1,11 m	0,65 m	0,57 m	0,52 m

Πίνακας 5-7 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Σύρου (μη εξαρτώμενο σημείο αναφοράς).

Σταθμός	Μέγιστο εύρος	Μέσο εύρος	Ελάχιστο εύρος	Επάλλαξη
Λιμένας Σύρου (1990-2012)	0,47 m	0,14 m	0,01 m	1,11 m



Εικόνα 5-4 Παλιρροιογράφος λιμένα Σύρου (Πηγή: Υδρογραφική Υπηρεσία)

Η μέση πλήμμη λήφθηκε υπόψη για την αριθμητική προσομοίωση της κυματικής διάδοσης του ακραίου γεγονότος.

## 6. ΚΥΜΑΤΙΚΟ ΚΛΙΜΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ

### 6.1 ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΙΧΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ COPERNICUS

Όπως προαναφέρθηκε, από άποψης γένεσης κυματισμών έχουν ενδιαφέρον οι άνεμοι που πνέουν από:

- Ανατολικά (E)
- Νοτιοανατολικά (SE) και
- Νότια (S)

Ως εκ τούτου, για τις παραπάνω διευθύνσεις κυματισμών, αναζητήθηκαν και ανακτήθηκαν όλα τα διαθέσιμα ιστορικά κυματικά δεδομένα και οι συχνότητες εμφάνισης αυτών για το διαθέσιμο χρονικό διάστημα 2006-2019 όπως προσφέρονται από την Ευρωπαϊκή βάση δεδομένων Copernicus ([marine.copernicus.eu](http://marine.copernicus.eu)) στα «ανοιχτά» της περιοχής μελέτης μεταξύ του λιμένα Λαυρίου και της Ν. Μακρόνησου.

Αναζητήθηκαν και ανακτήθηκαν όλα τα κυματικά δεδομένα από την Ευρωπαϊκή ανοιχτή βάση δεδομένων Copernicus/Marine και συγκεκριμένα από το προϊόν [MEDSEA\\_HINDCAST\\_WAV\\_006\\_012](#). Το τελευταίο παράγεται από το σύστημα πρόγνωσης θαλάσσιων κυμάτων της Μεσογείου, το οποίο έχει αναπτυχθεί ως μια ένθετη ακολουθία από δύο υπολογιστικά πλέγματα (αδρομερές και λεπτομερές) για να διασφαλίσει ότι η αποθάλασσα διαδιδόμενη από το Βόρειο Ατλαντικό (NA) προς το στενό του Γιβραλτάρ εισάγεται σωστά στη Μεσόγειο Θάλασσα (MED). Το αδρομερές πλέγμα καλύπτει τον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό από 75 ° W έως 10 ° E και από 70 ° N έως 10 ° S σε ανάλυση 1/6 °, ενώ το λεπτομερές πλέγμα καλύπτει τη Μεσόγειο από 18,125 ° W έως 36,2917 ° E και από 30.1875 ° N έως 45.9792 ° N με ανάλυση 1/24 ° (~ 4.6km). Το σύστημα μοντελοποίησης Med-Waves επιλύει το προγνωστικό μέρος του φάσματος κύματος με 24 κατευθύνσεις και 32 λογαριθμικά κατανεμημένες διακριτές συχνότητες.

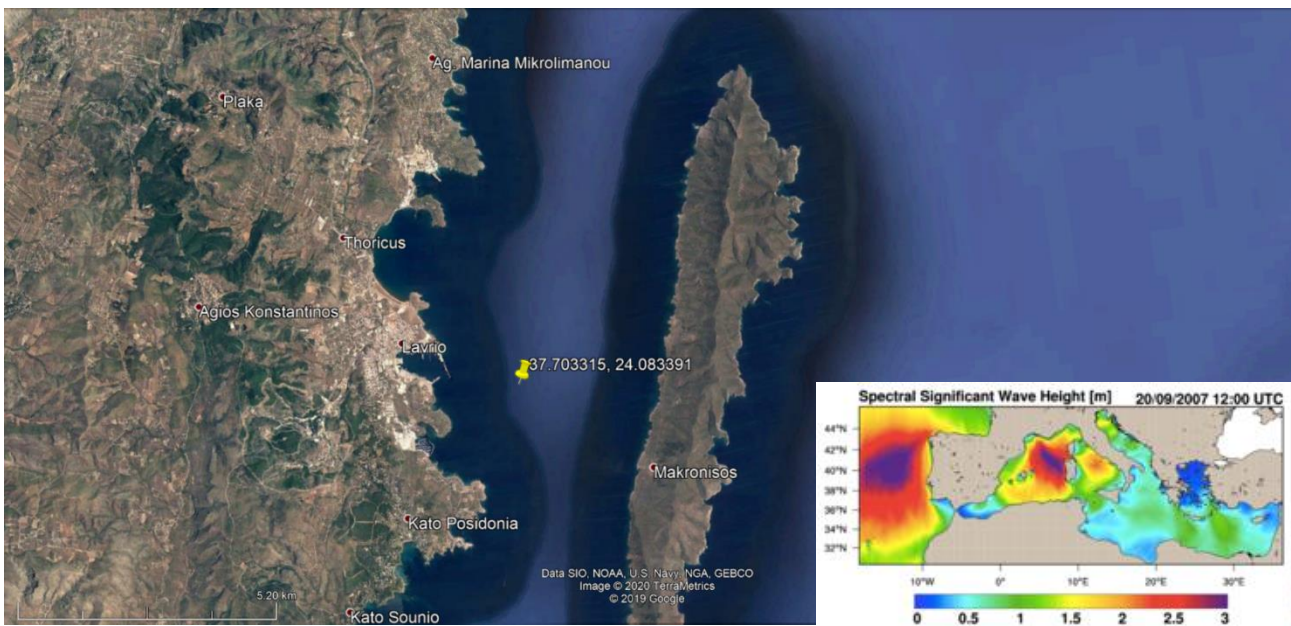
Από το παραπάνω προϊόν ελήφθησαν στη θέση LON/LAT: 37.703315, 24.083391 (Εικόνα 6-1) δεδομένα κυματικών χαρακτηριστικών, για την **περίοδο 31/01/2006 (12:00:00) – 01/01/2019 (11:00:00)** τα οποία περιλαμβάνουν το **χαρακτηριστικό ύψος κύματος**, την κυματική **περίοδο** κορυφής και τη **μέση διεύθυνση διάδοσης ανά μία ώρα** για όλα τα διαθέσιμα έτη δίνοντας ένα συνολικό πλήθος καταγραφών 111657.

Παράλληλα, λόγω του πλήθους των δεδομένων, κατασκευάστηκε κώδικας σε γλώσσα προγραμματισμού *R Programming* που ταξινομεί τους κυματισμούς που προέκυψαν από τη βάση δεδομένων του Copernicus/Marine σε ομάδες υψών κυματισμού ανά 0.5μ για κάθε διεύθυνση που προσβάλλει την περιοχή μελέτης και παρουσιάζεται στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 6-1).

Παρατηρείται σε αυτό το χρονικό διάστημα ότι οι κυματισμοί εμφανίζουν μέγιστα ύψη μεταξύ 2 και 2,5μ από την Ανατολική διεύθυνση, μεταξύ 3 και 3,5μ από τη Νοτιοανατολική διεύθυνση και μεταξύ 4 και 4,5μ από τη Νότια διεύθυνση. Όπως αναμενόταν, οι συνηθέστεροι κυματισμοί για όλες τις διευθύνσεις έχουν ύψος κύματος έως 1m και η συχνότητα βαίνει μειούμενη για τις ομάδες με μεγαλύτερα εύρη. Το ποσοστό εμφάνισης του συνόλου των κυματισμών προερχόμενοι από την Ανατολική διεύθυνση είναι 2,5122%, από την Νοτιοανατολική διεύθυνση είναι 3,996% και τέλος από τη Νότια διεύθυνση είναι 27,824% που είναι και η εξεταζόμενη διεύθυνση με το υψηλότερο ποσοστό εμφάνισης κυματισμών.

Να σημειωθεί ότι προτείνεται να τοποθετηθούν κατάλληλης τεχνολογίας κυματομετρητές, σε θέση του λιμένα που να μην επηρεάζει τη ναυσιπλοΐα, καταγράφοντας τα χαρακτηριστικά των κυματισμών (ύψος, περίοδος και διεύθυνση) δημιουργώντας έτσι σταδιακά μια αξιόπιστη βάση δεδομένων που θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμη για τις μελλοντικές επεκτάσεις του λιμένα.





Εικόνα 6-1. Θέση λήψης κυματικών δεδομένων από τη βάση Copernicus.



**Πίνακας 6-1. Εμφάνιση κυματισμών στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης για την περίοδο 2006-2019 (επεξεργασία δεδομένων από τη βάση Copernicus)**

Ομάδα α/α	Εύρος Ύψους Κύματος (m)	Ε (Ανατολική διεύθυνση)			SE (Νοτιοανατολική διεύθυνση)			S (Νότια διεύθυνση)		
		Πλήθος Δεδομένων*	Ετήσιο ποσοστό εμφάνισης (%)	Μέση Περίοδος (s)	Πλήθος Δεδομένων*	Ετήσιο ποσοστό εμφάνισης (%)	Μέση Περίοδος (s)	Πλήθος Δεδομένων*	Ετήσιο ποσοστό εμφάνισης (%)	Μέση Περίοδος (s)
<b>1</b>	<b>0.0-1.0</b>	2747	2.4602%	3.13	3897	3.4902%	3.58	26142	23.4128%	4.42
<b>2</b>	<b>1.0-1.5</b>	39	0.0349%	4.84	318	0.2848%	5.23	3082	2.7602%	6.35
<b>3</b>	<b>1.5-2.0</b>	10	0.0090%	5.42	139	0.1245%	5.99	1301	1.1652%	6.81
<b>4</b>	<b>2.0-2.5</b>	9	0.0081%	5.82	71	0.0636%	6.55	401	0.3591%	7.43
<b>5</b>	<b>2.5-3.0</b>	-	-	-	32	0.0287%	7.20	107	0.0958%	8.16
<b>6</b>	<b>3.0-3.5</b>	-	-	-	5	0.0045%	7.49	28	0.0251%	8.46
<b>7</b>	<b>3.5-4.0</b>	-	-	-	-	-	-	4	0.0036%	9.23
<b>8</b>	<b>4.0-4.5</b>	-	-	-	-	-	-	2	0.0018%	9.25
	Σύνολο	2805	2.512%	-	4462	3.996%	-	31067	27.824%	--

\*αφορά την εμφάνιση του χαρακτηριστικού ύψους κύματος, της περιόδου και της κυματικής διεύθυνσής του με διάρκεια μια ώρα.

## 6.2 ΚΥΜΑΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΟΙΧΤΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΜΕ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟ ΕΜΥ

Με στόχο τη διερεύνηση των χαρακτηριστικών ακραίων κυματισμών, που αντιστοιχούν σε Fetch-Limited συνθήκες, στο παρόν κεφάλαιο υπολογίζονται οι κυματικές συνθήκες στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα της ΕΜΥ και εφαρμογή μαθηματικών εξισώσεων. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα τελικώς επιλεγθέντα μέσα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα (βλ. Κεφ. 5) γίνεται ο προσδιορισμός του κυματικού κλίματος στα “ανοιχτά” της περιοχής μελέτης, υπολογίζοντας το ανάπτυγμα πελάγους και εφαρμόζοντας το αριθμητικό εργαλείο **Maris-OWC**. Με αυτό τον τρόπο, καθορίζεται η τρισδιάστατη κατανομή των χαρακτηριστικών υψών κύματος, περιόδου και κατεύθυνσης στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης, δηλαδή ανοιχτά της εισόδου του λιμένα. Στις επόμενες παραγράφους δίνονται οι μαθηματικές σχέσεις τις οποίες επιλύει το εργαλείο **Maris-OWC**.

### Θεωρητικό Υπόβαθρο Αριθμητικού Εργαλείου Maris-OWC

Το συγκεκριμένο εργαλείο υπολογίζει την ανάπτυξη κυματισμών σε συνθήκες βαθιών νερών, λαμβάνοντας υπόψη περιορισμούς στα μήκη αναπτύγματος (Fetch Limited) και στη διάρκεια πνοής του άνεμου (Duration Limited), έχοντας ως άνω όριο ένα ισοδύναμο φάσμα πλήρως ανεπτυγμένων κυματισμών (Fully Developed). Οι εξισώσεις που επιλύονται βασίζονται στη μέθοδο του Smith (1991) τόσο για τον υπολογισμό του αναπτύγματος πελάγους και της αντίστοιχης διεύθυνσης κυματικής διάδοσης όσο και για τον υπολογισμό των Fetch Limited συνθηκών. Οι Duration Limited συνθήκες υπολογίζονται με βάση τις εξισώσεις που παρουσιάζονται στο SPM, (1984). Ανάμεσα στις εναλλακτικές μεθοδολογίες υπολογισμού των κυματικών χαρακτηριστικών στα ανοιχτά που εφαρμόζονται διεθνώς, επιλέγεται η μέθοδος Smith (1991) για τους εξής δυο λόγους:

- ο δίνει γενικά δυσμενέστερες συνθήκες, δηλαδή μεγαλύτερα ύψη κύματος,
- ο λαμβάνει υπόψη την πολυπλοκότητα των στερεών ορίων (νήσοι Αιγαίου) που περιορίζουν τις ακτίνες αναπτύγματος πελάγους και είναι η μοναδική μέθοδος η οποία υπολογίζει τη μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών,  $\Theta_{wn}$ , η οποία μπορεί να διαφέρει από τη διεύθυνση πνοής του ανέμου,  $\Theta_{wd}$ .

Συγκεκριμένα, η διαδικασία για τον προσδιορισμό των κυματικών συνθηκών περιγράφεται παρακάτω:

α) Προσδιορίζεται το ανάπτυγμα πελάγους  $F$  για κάθε διεύθυνση και η μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών,  $\Theta_{wn}$ . Οι ακτίνες αναπτύγματος πελάγους χρησιμοποιούνται για την περιγραφή των στερεών ορίων που περιορίζουν την περιοχή ανάπτυξης των κυματισμών. Γίνεται παρεμβολή ανά  $1^\circ$  των μετρούμενων ακτινών σε ολόκληρο το εύρος των  $360^\circ$ . Οι προκύπτουσες ακτίνες Στη συνέχεια για κάθε προκύπτουσα ακτίνα υπολογίζεται ο μέσος όρος των μηκών των εκατέωθεν της ακτινών σε ένα τόξο  $15^\circ$ . Η μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών,  $\Theta_{wn}$ , προκύπτει μεγιστοποιώντας την ακόλουθη ποσότητα:

$$F_\varphi^{0.28} \cdot (\cos \varphi)^{0.44}$$

Η γωνία  $\varphi$  ορίζεται ως η γωνία διεύθυνσης πνοής ανέμου, η οποία σχετίζεται με την παρεμβαλλόμενη μέση τιμή μήκους αναπτύγματος  $F_\varphi$ . Τα αποτελέσματα αξιολογούνται σε ένα εύρος  $\pm 90^\circ$  σε διαστήματα  $1^\circ$ . Όταν το αποτέλεσμα της παραπάνω εξίσωσης μεγιστοποιείται, η γωνία  $\varphi$  αντιπροσωπεύει τη γωνία μεταξύ του ανέμου και των κυματισμών, και η γωνία  $\Theta_{wn}$  αντιπροσωπεύει την κατεύθυνση από την οποία αναπτύσσεται ο κυματισμός κατά μήκος του  $F_\varphi$ .

β) Προσδιορίζεται η ελάχιστη διάρκεια πνοής άνεμου  $t_{fetch}$  που απαιτείται για να αναπτυχθεί κυματικό πεδίο ως πεδίο περιορισμένων μηκών ανάπτυξης.

γ) Υπολογίζονται τα κυματικά χαρακτηριστικά περιορισμένου μήκους ανάπτυξης: ύψος κύματος  $H$  και περίοδος  $T$  από τους ακόλουθους τύπους:

$$H = 0.0015 \left( \frac{\hat{U}_a^2}{g} \right) \left( \frac{gF}{\hat{U}_a^2} \right)^{0.5}$$

$$T = 0.3704 \left( \frac{\hat{U}_a}{g} \right) \left( \frac{gF}{\hat{U}_a^2} \right)^{0.28}$$

δ) και τέλος γίνεται έλεγχος εάν τα χαρακτηριστικά υπερβαίνουν τις συνθήκες πλήρους ανάπτυξης

$$H_{fd} = 0.2433 \left( \frac{\hat{U}_e^2}{g} \right)$$

$$T_{fd} = 8.134 \left( \frac{\hat{U}_e}{g} \right)$$

Στις ανωτέρω εξισώσεις τα σύμβολα είναι τα εξής:

$g$  = επιτάχυνση βαρύτητας

$F$  = μήκος αναπτύξεως κυματισμού

$\hat{U}_a = U_a \cos \varphi$  συνιστώσα της  $U_a$  παράλληλη με την διεύθυνση του μήκους αναπτύξεως

$\hat{U}_e = U_e \cos \varphi$  συνιστώσα της  $U_e$  παράλληλη με την διεύθυνση του μήκους αναπτύξεως

$H$  = Ύψος κύματος

$T$  = Περίοδος κύματος

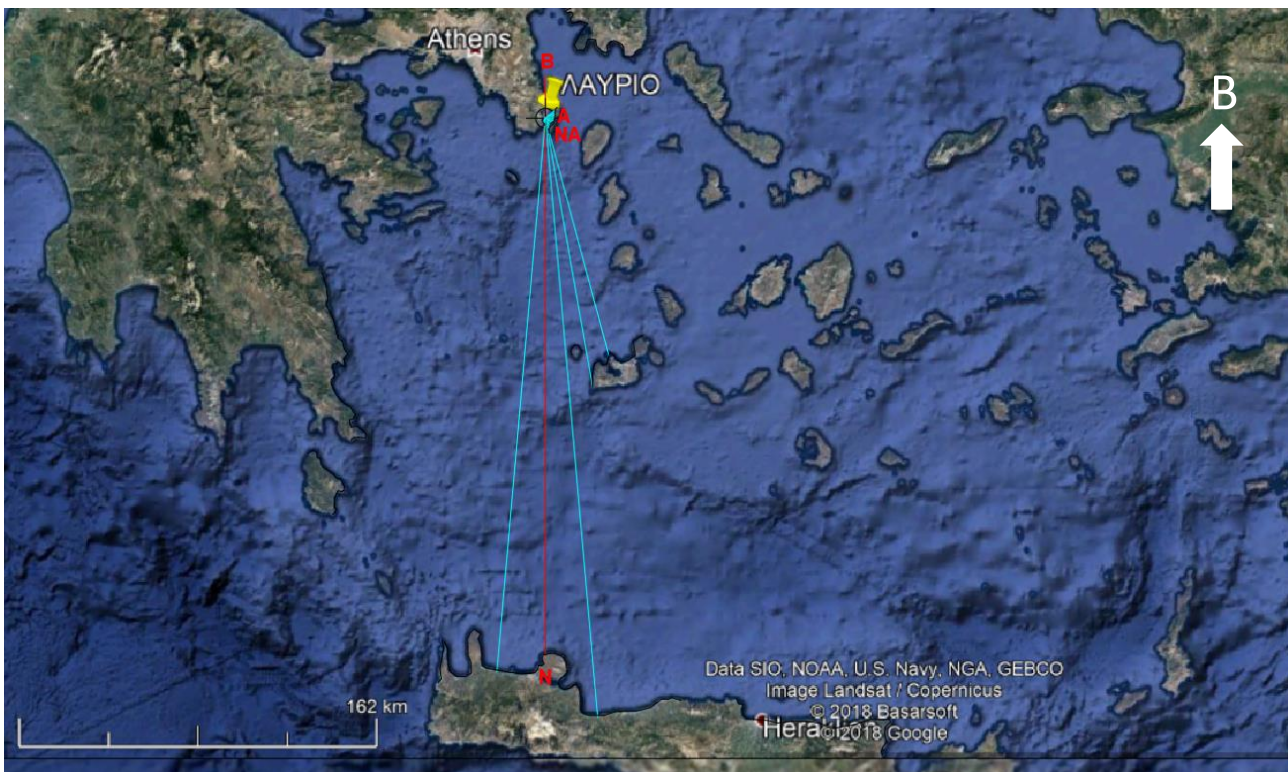
$H_{fd}$  = Ύψος κυματισμού σε πλήρη ανάπτυξη

$T_{fd}$  = Περίοδος κύματος σε πλήρη ανάπτυξη

Όπου η ταχύτητα  $U_e$  (equivalent neutral wind speed) δίνεται από τον τύπο  $U_e = \frac{U_*}{k} \left[ \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \right]$ , με  $U_*$  την ταχύτητα τριβής,  $k$  η σταθερά von Karman ( $\sim 0.4$ ),  $z$  το υψόμετρο της μέτρησης του ανέμου και  $z_0$  το μήκος τραχύτητας της επιφάνειας. Η προσαρμοσμένη ταχύτητα  $U_a$  δίνεται από τον τύπο  $U_a = U_e \sqrt{C_D/0.001}$  ( $C_D$ , drag coefficient).

#### Εφαρμογή Αριθμητικού Εργαλείου Maris-OWC

Οι εξισώσεις που περιγράφηκαν στην προηγούμενη παράγραφο εφαρμόζονται για τον προσδιορισμό των κυματικών συνθηκών που προκαλούνται από τους ανέμους του Πίνακα 5-3. Στην ακόλουθη Εικόνα 6-2 απεικονίζονται οι ακτίνες αναπτύγματος πελάγους για τις παραπάνω διευθύνσεις.



Εικόνα 6-2 Ακτίνες αναπτύγματος πελάγους.

Παρακάτω δίνονται τα αποτελέσματα των υπολογισμών, των κυματικών συνθηκών με τις μαθηματικές ρουτίνες. Συγκεκριμένα, υπολογίζεται η μέση διεύθυνση των κυματισμών ( $\Theta_{wv}$ ), το μήκος αναπτύγματος πελάγους (Fetch-length), το σημαντικό ύψος κύματος  $H_s$  (m) και η περίοδος κορυφής  $T_p$  (s).

Σημειώνονται τα ακόλουθα:

- Τα αποτελέσματα αφορούν Fetch-Limited συνθήκες καθώς αφενός αναζητούνται οι μέγιστοι κυματισμοί που δύναται να αναπτυχθούν από την κάθε διεύθυνση και αφετέρου οι συχνότητες εμφάνισης που δίνονται στο μέσο ετήσιο ανεμολογικό κλίμα δεν μπορούν να αντιστοιχηθούν σε διάρκειες πνοής πραγματικών συμβάντων. Για αυτό το λόγο η διάρκεια πνοής συντηρητικά λαμβάνεται μεγαλύτερη από την οριακή διάρκεια που εξασφαλίζει συνθήκες Fetch Limited.
- Οι ταχύτητες πνοής του ανέμου έχουν διορθωθεί για
  - Αναγωγή υψόμετρου
  - Διαφορά θερμοκρασίας θάλασσα – αέρα
  - Διαφορετική τραχύτητα ξηράς και θάλασσας
- Οι μεγαλύτεροι κυματισμοί από κάθε κατεύθυνση επισημαίνονται με έντονα γράμματα.

Πίνακας 6-2 Κυματικά χαρακτηριστικά στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης από ανεμολογικά της ΕΜΥ.

BEAUF	E - Ανατολικοί			SE – Νοτιοανατολικοί			S – Νότιοι		
	Θwd=90° - Θwn=52°			Θwd=135° - Θwn=173°			Θwd=180° - Θwn=179°		
	Fetch=14.11 km			Fetch=195.74 km			Fetch= 242.39 km		
f%	Hs(m)	Tp(s)	f%	Hs(m)	Tp(s)	f%	Hs(m)	Tp(s)	
1	0.985	0.07	1.12	0.0474	0.25	2.34	0.0179	0.35	2.75
2	3.415	0.14	1.54	0.9308	0.52	3.21	0.9116	0.73	3.79
3	2.390	0.23	1.92	1.1715	0.85	4.00	1.3892	1.20	4.72
4	0.591	0.37	2.36	0.758	1.37	4.93	1.1498	1.93	5.81
5	0.079	0.48	2.67	0.2599	1.80	5.57	0.5224	2.55	6.56
6	0.013	0.62	2.98	0.1741	2.32	6.22	0.3739	3.28	7.33
7	0.000	0.76	3.25	0.096	2.84	6.80	0.2023	4.01	8.01
8	0.013	0.92	3.54	<b>0.0243</b>	<b>3.44</b>	<b>7.39</b>	0.0474	4.86	8.72
≥9	<b>0.013</b>	<b>1.09</b>	<b>3.81</b>	-	-	-	<b>0.0038</b>	<b>5.75</b>	<b>9.39</b>

Παρατηρείται ότι οι μεγαλύτεροι κυματισμοί που δύνανται να προσβάλουν το λιμένα προέρχονται από ανέμους πνέοντες από Νότια και φτάνουν τα 5,75m, κάτι που είναι αναμενόμενο καθώς η εν λόγω διεύθυνση παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ανάπτυγμα πελάγους και εντάσεις ανέμου που ξεπερνούν τα 9Bf σε αντίθεση με τη Νοτιοανατολική διεύθυνση που ναι μεν έχει αντίστοιχα μεγάλο ανάπτυγμα πελάγους αλλά οι άνεμοι που προέρχονται από την ίδια διεύθυνση δεν ξεπερνούν τα 8BF. Η μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών προερχόμενοι από τη νότια διεύθυνση είναι 179° ωρολογιακά ως προς το βορρά.

Ωστόσο, σημαντική παραμένει και η συμβολή των Νοτιοανατολικών ανέμων που γενούν κυματισμούς έως 3,44m στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης. Η μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών υπολογίζεται στις 173° μετρούμενη ωρολογιακά από το βορρά, όταν πνέει άνεμος με διεύθυνση 135°.

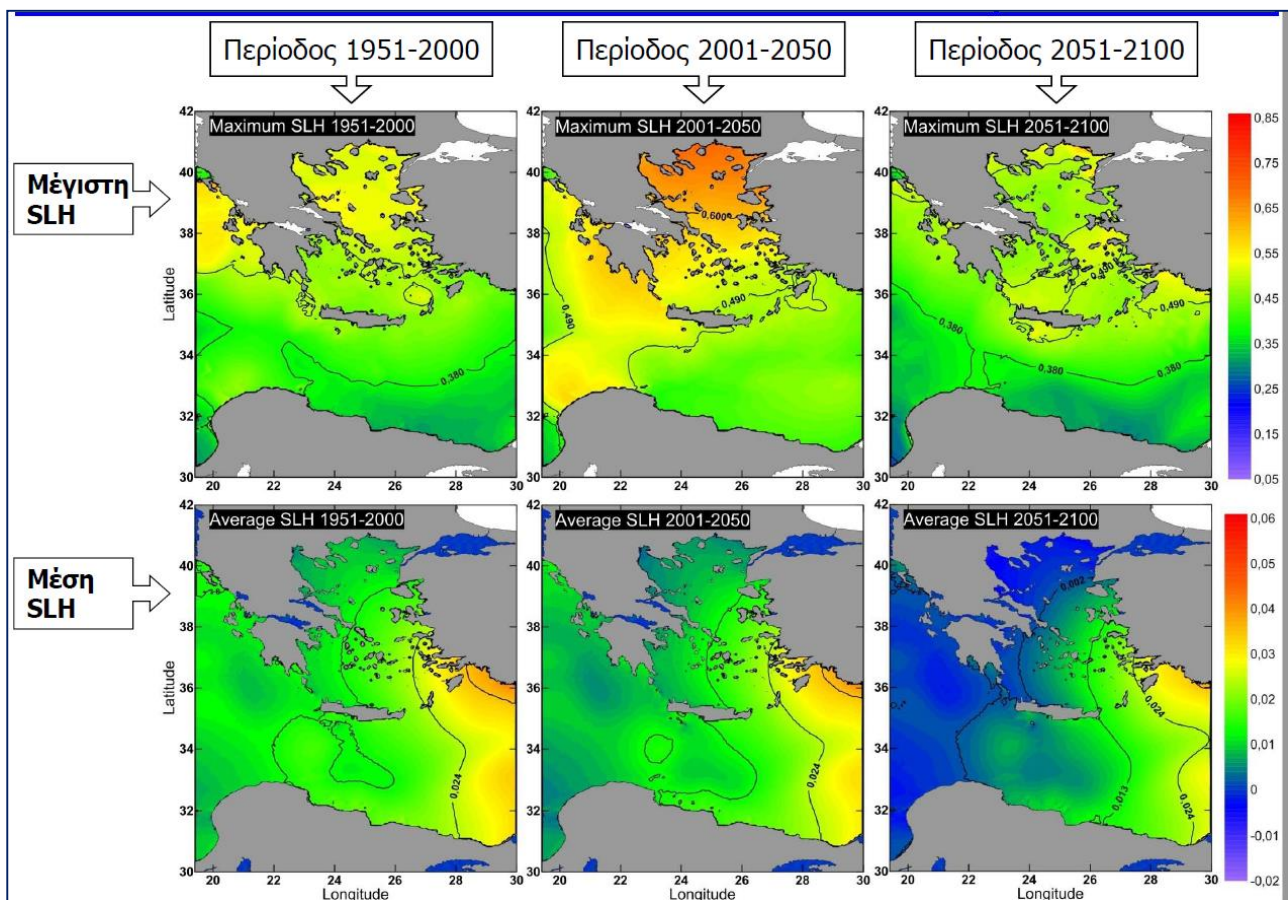
Σχετικά όμως με τις συχνότητες εμφάνισης των κυματισμών που παρουσιάζονται στον παραπάνω πίνακα (Πίνακας 6-2) και βασίζονται στις συχνότητες εμφάνισης των αντίστοιχων ανέμων αξίζει να σημειωθεί ότι οι κυματισμοί οι οποίοι δημιουργούνται τόσο από τους νοτιοανατολικούς όσο και από τους νοτιοδυτικούς ανέμους, στρέφονται συνήθως σε νότιους όταν εισέρχονται στον διάυλο της Μακρόνησου.

### 6.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ

Χρήσιμα συμπεράσματα για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις Ελληνικές θάλασσες προκύπτουν από προβλέψεις διάφορων σεναρίων κλιματικής αλλαγής για την άνοδο της Μέγιστης Πλήμμης, πρόσθετη άνοδο της ΣΘ λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας (storm surge) και αύξηση του μέσου και μέγιστου ύψους κύματος. Τα δεδομένα αυτά προκύπτουν από τις ακόλουθες πηγές: Intergovernmental Panel on Climate Change (<https://www.ipcc.ch/>), European Environment Agency ([www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu)) και NOAA ([www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)). Επίσης, στο πλαίσιο πρόσφατων ερευνητικών έργων (π.χ. thalis-ccseawavs.web.auth.gr) έχουν γίνει προβλέψεις για αλλαγές στα συγκεκριμένα μεγέθη. Στην έρευνα των Mamoutos et al. (2014) εκτιμήθηκε η τάση της θαλάσσιας στάθμης στις τελευταίες δύο δεκαετίες όπως προκύπτει από δορυφορικά δεδομένα για τέσσερις περιοχές των Ελληνικών θαλασσών. Η τάση είναι ανοδική, κοντά στις εκτιμήσεις για όλη τη Μεσόγειο στην ίδια περίοδο (Tsimplis et al. 2013). Στη συγκεκριμένη έρευνα αναφέρεται ότι οποιαδήποτε προσπάθεια για πρόγνωση της θαλάσσιας στάθμης στο Αιγαίο μέχρι το



τέλος του 21<sup>ου</sup> αιώνα απαιτεί μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στις προβλέψεις για τη μεταβλητότητα των ρών θερμότητας και μάζας μεταξύ Αιγαίου και Μαύρης Θάλασσας. Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου που εφαρμόστηκε στο πλαίσιο του προγράμματος, και κάνοντας χρήση των πρώτων εκτιμήσεων της τάσης στη μεταβολή της μάζας, η εκτίμηση είναι ότι θα υπάρξει **άνοδος της στάθμης στις Ελληνικές θάλασσες από 10 έως 20 cm** (Mamoutos et al., 2014, Krestenitis et al., 2013). Το αποτέλεσμα αυτό θεωρείται ότι εμπεριέχει σημαντικές αβεβαιότητες και θα πρέπει να θεωρηθεί μόνο σαν μια πρώτη προσπάθεια να μελετηθεί η εξέλιξη της στάθμης στις Ελληνικές ακτές. Στην έρευνα των Galiatsatos and Prinos (2014) παρουσιάζονται δεδομένα για **τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο ακραίο ύψος κύματος Hs και στην ακραία μετεωρολογική παλίρροια (storm surge)**. Στην έρευνα αυτή αναφέρεται ως συμπέρασμα ότι στην περιοχή του Ν. Αιγαίου, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στο θαλάσσιο κλίμα δεν είναι τόσο εμφανείς, ενώ παρατηρείται αύξηση της ακραίας μετεωρολογικής παλίρροιας κατά την περίοδο 2000-2049, σε σχέση με την περίοδο 1950-1999.



Εικόνα 6-3 Μέγιστη και μέση μεταβολή στάθμης θάλασσας (SLH) για τρεις χρονικές περιόδους (Krestenitis et al., 2013).

Στην παρούσα μελέτη κυματικής διαταραχής, στο ακραίο κυματικό σενάριο προσομοίωσης που θα εκπονηθεί για τον έλεγχο ευστάθειας των πλωτών στοιχείων, θα ληφθεί υπόψη αύξηση της Μέσης Πλήμμης κατά 0,10m.

#### 6.4 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ

Στην παρούσα μελέτη κυματικής διείδυσης, θα χρησιμοποιηθούν τα κυματικά δεδομένα που έχουν εμφανιστεί στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης προερχόμενα από τη βάση δεδομένων του Copernicus (υποκεφάλαιο 6.1) αφού δίνει απευθείας τα κυματικά δεδομένα που έχουν εμφανιστεί για τη χρονική περίοδο 2006-2019 στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης. Η δεύτερη διαδικασία που αξιοποιεί τα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα της EMY (υποκεφάλαιο 6.2) αξιοποιείται με σκοπό την εύρεση ενός ακραίου κυματικού σεναρίου που ζητείται για τον έλεγχο της ευστάθειας των πλωτών κυματοθραυστών καθώς τα κυματικά δεδομένα σε αυτή την περίπτωση προκύπτουν στα βαθιά από τα ανεμολογικά δεδομένα της EMY για fetch – limited συνθήκες (οι μέγιστοι δυνατοί κυματισμοί από κάθε εξεταζόμενη διεύθυνση που δύναται να εμφανιστούν).

Στον πίνακα που ακολουθεί (Πίνακας 6-3) δίνονται τα κυματικά χαρακτηριστικά στα ανοιχτά της περιοχής μελέτης που θα αποτελέσουν και δεδομένα εισόδου στο κυματικό μοντέλο Maris HMS για την εύρεση του μέσου ετήσιου ποσοστού λειτουργίας των περιοχών ελέγχου του τμήματος σκαφών αναψυχής του λιμένα Λαυρίου. Να σημειωθεί πως συντηρητικά επιλέγεται κάθε ομάδα να αντιπροσωπεύεται από ένα ύψος ίσο με το άνω όριο τους εύρους της. Για παράδειγμα για την ομάδα 3 που αντιστοιχεί στο εύρος 1.5-2.0m του Πίνακας 6-1, επιλέγεται η συγκεκριμένη ομάδα να αντιπροσωπευθεί με την τιμή των 2m. Οι περίοδοι κορυφής των κυματισμών έχουν υπολογιστεί ως ο μέσος όρος των κυματισμών που ανήκουν σε κάθε ομάδα. Επιπρόσθετα, δεδομένου ότι αναζητείται το επικρατούν κυματικό κλίμα στην περιοχή μελέτης σε ετήσια βάση, λαμβάνονται υπόψη κυματισμοί οι οποίοι εμφανίζονται τουλάχιστον μία φορά το χρόνο. Ως εκ τούτου, η ομάδα με α/α 6 της Νοτιοανατολικής διεύθυνσης κυματισμών (Πίνακας 6-1) και οι ομάδες με α/α 7 και 8 της Νότιας διεύθυνσης κυματισμών (Πίνακας 6-1) δεν λαμβάνονται υπόψη στις προσομοιώσεις που αφορούν το μέσο ετήσιο κυματικό κλίμα και τα ποσοστά εμφάνισής τους προστίθεται στις ομάδες κυματισμών με το αμέσως μικρότερο ύψος που εμφανίζονται τουλάχιστον μία φορά το έτος.

Το ακραίο κυματικό σενάριο που λαμβάνεται υπόψη στην αριθμητική προσομοίωση αφορά Νότια διεύθυνση ανέμων όπως αυτό προέκυψε για Fetch-Limited συνθήκες αξιοποιώντας τα ανεμολογικά δεδομένα της EMY.

Τα τελικώς επιλεχθέντα κυματικά δεδομένα εισόδου στο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης δίνονται στον Πίνακα 6-3 για το μέσο ετήσιο κυματικό κλίμα ενώ για την προσομοίωση ενός ακραίου κυματικού γεγονότος δίνονται στον Πίνακα 6-4 .

Πίνακας 6-3 Κυματικά δεδομένα εισόδου για την αριθμητική προσομοίωση του μέσου ετήσιου κυματικού κλίματος

α/α	Διεύθυνση	f%	Ύψος κύματος Hs(m)	Περίοδος Tp(s)
1	Ε -Ανατολικοί Θων=90°	2.460%	1.00	3.13
2		0.035%	1.50	4.84
3		0.009%	2.00	5.42
4		0.008%	2.50	5.82
5	SE - Νοτιοανατολικοί Θων=135°	3.490%	1.00	3.58
6		0.285%	1.50	5.23
7		0.125%	2.00	5.99
8		0.064%	2.50	6.55
9		0.033%	3.00	7.20
10	S - Νότιοι Θων=180°	23.413%	1.00	4.42
11		2.760%	1.50	6.35
12		1.165%	2.00	6.81
13		0.359%	2.50	7.43
14		0.096%	3.00	8.16
15		0.031%	3.50	8.46

Πίνακας 6-4 Κυματικά δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση ακραίων κυματικών συνθηκών

α/α	Διεύθυνση	f%	Ύψος κύματος Hs(m)	Περίοδος Tp(s)
16	S – Νότιοι Θwd=180° Θων=179°	0.0038	5.75	9.39



## 7. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MARIS HMS

### 7.1 ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιείται το μαθηματικό μοντέλο κυματικής διάδοσης **Maris-HMS Nonlinear Hyperbolic Mild-Slope**, που αναπτύχθηκε από τη Scientia Maris. Αποτελεί ένα εξελιγμένο μη γραμμικό μοντέλο εξίσωσης ήπιας κλίσης υπερβολικής μορφής που προσομοιώνει τη χωροχρονική διάδοση των κυματισμών σε παράκτια πεδία και λιμενολεκάνες. Είναι ικανό να προσομοιώσει με ακρίβεια όλα τα πολύπλοκα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα σε ένα παράκτιο πεδίο, όπως:

- Διάδοση μη γραμμικών κυματισμών
- Ρήχωση
- Διάθλαση
- Περίθλαση
- Μερική ή Ολική Ανάκλαση
- Απώλεια ενέργειας λόγω θραύσης και τριβής πυθμένα

Το εν λόγω μοντέλο αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για την εκπόνηση μελετών κυματικής διαταραχής σε κλειστές θαλάσσιες περιοχές (κόλπους, λιμενολεκάνες) και την προσομοίωση φαινομένων συντονισμού (resonance και seiching) μέσα σε ένα λιμένα. Ακόμη μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε παράκτιες περιοχές όπου το φαινόμενο της θραύσης των κυματισμών είναι το κυρίαρχο φαινόμενο για την εκπόνηση ακτομηχανικών μελετών. Τα μεγέθη που υπολογίζει είναι το ύψος, η περίοδος και η διεύθυνση των κυματισμών καθώς επίσης η ανύψωση της θαλάσσιας επιφάνειας και οι τάσεις ακτινοβολίας.

### 7.2 ΒΑΣΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

Το συγκεκριμένο μαθηματικό μοντέλο βασίζεται στις εξισώσεις ήπιας κλίσης που καταστρώθηκαν αρχικά από τον Berkhoff (1972) και εν συνεχεία επεκτάθηκαν από τον Booij (1981) προσθέτοντας όρους ενεργειακής διάχυσης. Περαιτέρω εξέλιξη επετεύχθη από τους Massel (1993) και Suh et al. (1997) για την ενσωμάτωση της επίδρασης απότομων αλλαγών του πυθμένα. Οι αρχικές εξισώσεις ήπιας κλίσης είναι ελλειπτικές μερικές διαφορικές εξισώσεις με μιγαδικές μεταβλητές. Για την επίλυση τους χρειάζεται σημαντικός υπολογιστικός χρόνος, ειδικά εάν πρόκειται για μελέτη μιας μεγάλης παράκτιας περιοχής. Για αυτό το λόγο έχουν προταθεί διαφορές προσεγγιστικές μεθοδολογίες για την επίλυσή τους.

Το συγκεκριμένο μοντέλο βασίζεται στις εξισώσεις ήπιας κλίσης, υπερβολικής μορφής (Copeland, 1985; Karambas et al., 2010, 2013). Οι εξισώσεις γράφονται ως εξής:

$$\zeta_t + \frac{c}{c_g} \nabla \frac{c_g}{c} \mathbf{Q}_w = 0$$

$$\mathbf{U}_{w,t} + \frac{c^2}{d} \nabla \zeta = v_h \nabla^2 \mathbf{U}_w$$

όπου  $\zeta$  είναι η ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας λόγω του κυματισμού,  $\mathbf{Q}_w = \mathbf{U}_w h_w = (Q_w, P_w)$ ,  $h_w = d + \zeta$ ,  $d$  το βάθος της θάλασσας,  $\mathbf{U}_w \equiv (U_w, V_w)$ ,  $U_w$  και  $V_w$  είναι οι μέσες ως προς το βάθος οριζόντιες ταχύτητες,  $c$  η ταχύτητα διάδοσης του κυματισμού,  $c_g$  η ταχύτητα ομάδας διάδοσης του κυματισμού, και  $v_h$  ο τυρβώδης συντελεστής ιξώδους που ενσωματώνει τη διάχυση ενέργειας λόγω θραύσης και μερικής ή ολικής ανάκλασης.

Η απώλεια της ενέργειας λόγω θραύσης των κυματισμών στην ακτή, ή πάνω στους κυματοθραύστες, εισάγεται στο μοντέλο μέσω της προσομοίωσης των τάσεων Reynolds, με τη θεώρηση τυρβώδους συντελεστή ιξώδους στο δεξιό μέρος των εξισώσεων της ορμής. Ο τυρβώδης συντελεστής ιξώδους  $v_h$  υπολογίζεται από (Battjes, 1975):

$$v_h = 2h \left( \frac{D}{\rho} \right)^{1/3}$$

όπου  $D$  η απώλεια της ενέργειας λόγω της θραύσης τυχαίων κυματισμών

$$D = \frac{1}{4} Q_b f_s \rho g H_m^2$$

με  $f_s$  τη μέση συχνότητα φάσματος,  $H_m$  το μέγιστο δυνατό ύψος κύματος ( $=\gamma \cdot h$ , με  $\gamma$  μία σταθερά,  $\gamma \approx 0.6$ ), και  $Q_b$  συντελεστή που σχετίζεται με τη πιθανότητα θραύσης του κυματισμού.

Μετά την παραδοχή κατανομής Rayleigh, ο συντελεστής  $Q_b$  δίνεται από τη λύση της παρακάτω εξίσωσης:

$$\frac{1 - Q_b}{\ln Q_b} = \left( \frac{H_{rms}}{H_m} \right)^2$$

όπου  $H_{rms}$  είναι το μέσο τετραγωνικό ύψος (στο πρόγραμμα υπολογίζεται από τη σχέση  $H_{rms} = 2(\langle z^2 \rangle)^{1/2}$  όπου οι αγκύλες  $\langle \rangle$  δηλώνουν μέση χρονική τιμή).

Είναι φανερό ότι η μέγιστη τιμή του  $Q_b$  είναι η μονάδα (όλοι οι κυματισμοί είναι θραυόμενοι), και όταν  $H_{rms} \ll H_m$ , τότε  $Q_b \ll 1$  (μη θραυόμενοι κυματισμοί). Η παραπάνω εξίσωση της απώλειας  $D$  μπορεί να περιγράψει την απώλεια τυχαίων κυματισμών σε οποιαδήποτε πολύπλοκη βαθυμετρία, συμπεριλαμβανομένων των επιμηκών υφάλων της ζώνης θραύσης (longshore bars).

Η απώλεια της ενέργειας λόγω τριβής πυθμένα προσομοιώνεται με τους γραμμικοποιημένους όρους στο δεξιό μέρος των εξισώσεων της ορμής. Ο γραμμικοποιημένος συντελεστής τριβής  $f_b$  συνδέεται με τον συντελεστή τριβής (κύματος)  $f_w$  με τη σχέση:

$$f_b \sigma = \frac{1}{2} f_w \sqrt{U_w^2 + V_w^2} / d$$

Στις παραπάνω εξισώσεις η ταχύτητα φάσης, η ταχύτητα ομάδας και ο κυματαριθμός είναι μεταβλητές οι οποίες εξαρτώνται άμεσα από τη επιλεχθείσα σχέση διασποράς. Τα πιο διαδεδομένα διεθνώς μαθηματικά μοντέλα της κατηγορίας των εξισώσεων ήπιας κλίσης υιοθετούν την γραμμική σχέση διασποράς για τον υπολογισμό των ταχυτήτων ακόμα και στα ενδιάμεσα και βαθιά νερά υστερώντας σημαντικά στην ακρίβεια των αποτελεσμάτων καθώς η μη γραμμικότητα παίζει σημαντικό ρόλο στα κυματικά χαρακτηριστικά και ιδίως στο ύψος κύματος που ενδιαφέρει τις εφαρμογές.

Αντίθετα, το εξελιγμένο μοντέλο **Maris-HMS** (Chondros et al., 2019a; Chondros et al., 2019b; Metallinos et al., 2019) υπερέρχει των αντίστοιχης κατηγορίας μοντέλων που κυκλοφορούν διεθνώς, προσφέροντας πιο ακριβή αποτελέσματα αφού υιοθετεί τη φιλοσοφία μιας καινοτόμου μεθοδολογίας, όπως προτάθηκε από

τους Chondros and Memos (2014), υπολογισμού των παραμέτρων  $k$  και  $C$ , που εμφανίζονται στις βασικές εξισώσεις. Η μεθοδολογία αυτή επιλύει χωροχρονικά ανώτερης τάξης μη γραμμικές θεωρίες Stokes 2ης και 5ης τάξης, Cnoidal και Solitary.

Πιο συγκεκριμένα, προκειμένου να ληφθεί υπόψη η διάδοση μη γραμμικών κυματισμών το μοντέλο Maris HMS ακολουθεί μια αναλυτική προσέγγιση υπολογισμού της σχέσης διασποράς ενσωματώνοντας έτσι τη μη γραμμικότητα σε οποιοδήποτε βάθος νερού. Αρχικά υπολογίζεται η παράμετρος Ursell:  $Ur = HL^2/h^3$  ( $H$  είναι το ύψος κύματος και  $L$  είναι το μήκος κύματος) και η παράμετρος που εκφράζει τη διασπορά συχνοτήτων,  $s = H/L$ , σε κάθε κελί του υπολογιστικού πεδίου. Στη συνέχεια, λαμβάνοντας υπόψη τις παραπάνω παραμέτρους καθώς και τις περιοχές εφαρμογής των διαφόρων θεωριών διάδοσης των κυματισμών όπως προτάθηκαν αυτές από τον Hedges (1995), υπολογίζεται η μη γραμμική διασπορά σε συνάρτηση με τις θεωρίες κυματισμών Stokes δεύτερης ή πέμπτης τάξης, Cnoidal ή θεωρία μοναχικού κύματος ως ακολούθως:

Περιοχές εφαρμογής θεωριών διάδοσης κυματισμών			Σχέση διασποράς
$s < 0.04$	$Ur < 40$	Stokes 1st	$\omega^2 = gk \tanh(kh)$
$s > 0.04$	$Ur < 40$	Stokes higher	$\omega^2 = gk(1 + \varepsilon^2 D) \tanh(kh)$
$s > 0.00$	$40 < Ur < 4000$	Cnoidal	$\omega^2 = gk^2 h(1 + H/mh(2 - m - 3E/K))$ , όπου $K, E$ are the complete elliptic functions of the first and second kind, respectively. The parameter $m$ is the modulus of the elliptic functions. Alternatively, the modified Cnoidal equation is used herein: $\omega^2 = gk^2 h(1 + f(m)H/h)$ , Bell et al. (2004) assumed a value of 0.4 for $f(m)$
$s > 0.00$	$Ur > 4000$	Solitary	$\omega^2 = gk^2 h(1 + H/h)$

Οι τάξεις ακτινοβολίας υπολογίζονται από τις κάτωθι σχέσεις (Copeland 1985):

$$\frac{S_{xx}}{\rho} = h^2 \langle U_w^2 \rangle A_r - h^2 \left\langle \left( \frac{\partial U_w}{\partial x} + \frac{\partial V_w}{\partial y} \right)^2 \right\rangle B_r + \frac{\partial}{\partial x} \left\langle U_w \left( \frac{\partial U_w}{\partial x} + \frac{\partial V_w}{\partial y} \right) \right\rangle D_r + h^2 \frac{\partial}{\partial y} \left\langle V_w \left( \frac{\partial U_w}{\partial x} + \frac{\partial V_w}{\partial y} \right) \right\rangle D_r + \frac{1}{2} g \langle \zeta^2 \rangle$$

$$\frac{S_{yy}}{\rho} = h^2 \langle V_w^2 \rangle A_r - h^2 \left\langle \left( \frac{\partial U_w}{\partial x} + \frac{\partial V_w}{\partial y} \right)^2 \right\rangle B_r + \frac{\partial}{\partial y} \left\langle V_w \left( \frac{\partial U_w}{\partial x} + \frac{\partial V_w}{\partial y} \right) \right\rangle D_r + h^2 \frac{\partial}{\partial x} \left\langle U_w \left( \frac{\partial U_w}{\partial x} + \frac{\partial V_w}{\partial y} \right) \right\rangle D_r + \frac{1}{2} g \langle \zeta^2 \rangle$$

$$\frac{S_{yy}}{\rho} = h^2 \langle U_w V_w \rangle A_r$$

όπου τα σύμβολα  $\langle \rangle$  δηλώνουν ολοκλήρωση ως προς την περίοδο των κυματισμών και

$$A_r = \frac{k}{4 \sinh^2 kd} (\sinh 2kd + 2kd)$$

$$B_r = \frac{1}{4k \sinh^2 kd} (\sinh 2kd - 2kd)$$

$$D_r = \frac{d}{4 \sinh^2 kd} \left( \frac{1}{2kd} \sinh 2kd - \cosh 2kd \right)$$

Αξίζει να σημειωθεί ότι ο υπολογισμός και η ενσωμάτωση μη γραμμικών ταχυτήτων, με τον πιο πάνω τρόπο, καθιστούν το μοντέλο πολύ ακριβές χωρίς να ανεβάζουν σημαντικά τον απαιτούμενο υπολογιστικό φόρτο και χρόνο.

### 7.3 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την επίλυση των βασικών εξισώσεων του μοντέλου είναι αυτή των πεπερασμένων διαφορών που εφαρμόζεται σε κάρναβο ορθογωνικού πλέγματος με σταθερά χωρικά και χρονικά βήματα που ικανοποιούν το κριτήριο Courant. Ο αλγόριθμος επιλύει τις εξισώσεις, αρχικά με την παραδοχή γραμμικών ταχυτήτων, μέχρι να επέλθει μονιμοποίηση όλου του αριθμητικού πεδίου, δηλαδή το ύψος κύματος στη νέα χρονική στιγμή, σε κάθε κελί του κάρναβου, να μην διαφέρει περισσότερο από 0.5% από την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή. Εφόσον ολοκληρωθεί το πρώτο στάδιο μονιμοποίησης επαναυπολογίζονται οι ταχύτητες με ενσωμάτωση της μη γραμμικότητας και επανεπιλύεται το πεδίο μέχρι να μονιμοποιηθεί.

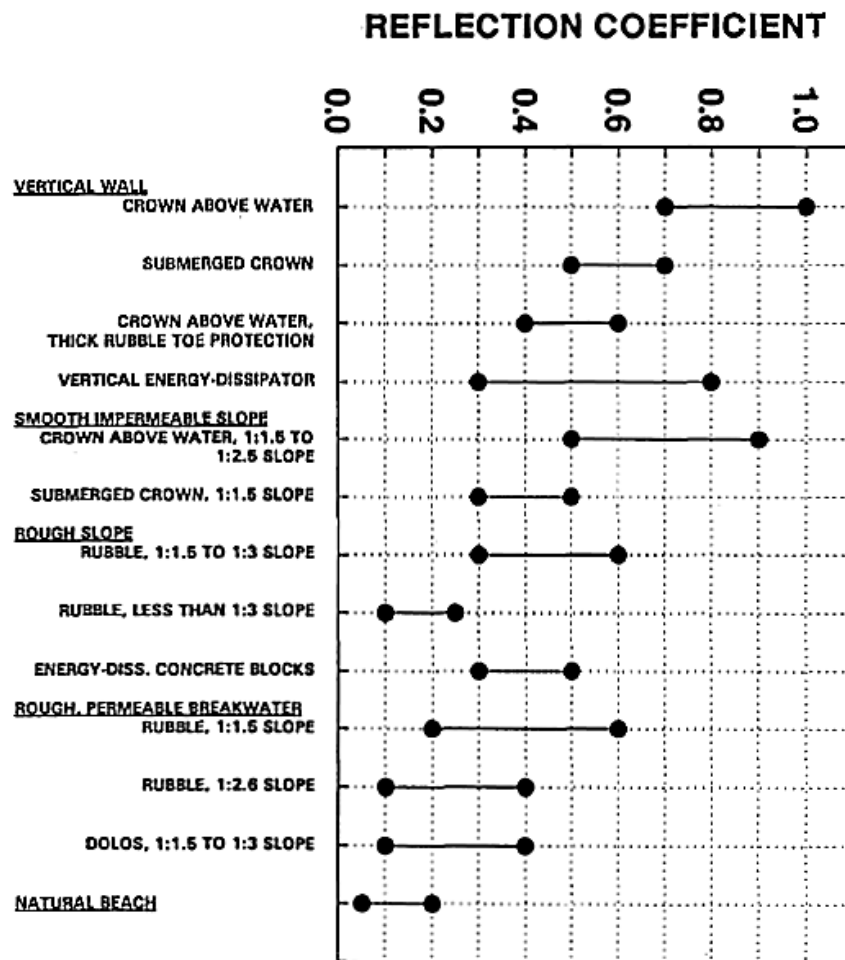
Για την παραγωγή της κυματικής διαταραχής μέσα στην περιοχή μελέτης, χρησιμοποιείται η μέθοδος της εσωτερικής γένεσης (internal generation):

$$\zeta = 2 \frac{H_o}{2} \cos(ky \sin \theta - \omega t) c \frac{\Delta t}{\Delta x} \cos \theta$$

Στα όρια όπου αναμένεται ολική ανάκλαση (όπως π.χ. κατακόρυφα μέτωπα - κρηπιδότοιχοι) εφαρμόζεται η συνθήκη:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial n} = 0$$

Τέλος, το μοντέλο **MARIS HMS**, λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου ένα δισδιάστατο αρχείο, όπου προσδιορίζεται κοντά στα στερεά όρια (3-4 κελιά) της περιοχής μελέτης, ο συντελεστής τυρβώδους ιξώδους  $\nu_h$  όπου προσομοιώνουν τεχνητά τη διάχυση ενέργειας λόγω μερικής ή ολικής ανάκλασης των κυματισμών. Οι συντελεστές υπολογίζονται από ένα αρχικό σετ προσομοιώσεων με την εφαρμογή του μοντέλου με βάση την περίοδο του κύματος  $T$ , το ύψος κύματος  $H$  και ένα σταθερό βάθος  $d$  στον πόδα του έργου. Η σωστή εκτίμηση των συντελεστών ανακλάσεως  $r$  (ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του εισερχόμενου κυματισμού προς τον ανακλώμενο  $= H_i/H_r$ ) και των αντίστοιχων συντελεστών ιξώδους  $\nu_h$  σε κάθε τμήμα του στερεού ορίου είναι πρωτεύουσας σημασίας για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου. Στην ακόλουθη εικόνα δίνονται τυπικά εύρη (Thompson et al. 1996) συντελεστών ανάκλασης για περιόδους κυματισμού μικρότερες των 20 s.



Εικόνα 6-4 Τυπικά εύρη συντελεστών ανάκλασης (Thompson et al. 1996).

#### 7.4 ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα απαιτούμενα δεδομένα εισόδου για να εφαρμοστεί το μοντέλο είναι τα εξής:

- Η βαθυμετρία της περιοχής μελέτης δίνεται ως διδιάστατος αριθμητικός κάρναβος όπου κάθε κελί αντιπροσωπεύει και μια τιμή βάθους ή ένα κελί ξηράς.
- Επιλογή συνοριακών συνθηκών (ακτινοβολίας ή ανακλαστικές) στα όρια του αριθμητικού πεδίου
- Καθορισμός κυματικών χαρακτηριστικών στην κυματογενήτρια του αριθμητικού πεδίου, ύψος, περίοδο και διεύθυνση.
- Καθορισμός συντεταγμένων γραμμής κυματογένεσης
- Επιλογή ή μη προσομοίωσης θραύσης και τριβής πυθμένα
- Χάρτης χωρικής κατανομής συντελεστή τριβής

Τα αποτελέσματα του μαθηματικού μοντέλου δίνονται υπό μορφή διδιάστατων αρχείων που περιέχουν το ύψος κύματος, τη διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών, τις τάσεις ακτινοβολίας και την ανύψωση της ελεύθερης επιφάνειας, σε όλα τα σημεία του καννάβου.





## 8. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στην παρούσα μελέτη, για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής της υφιστάμενης κατάστασης (ή αλλιώς **Do Nothing, DN**), χρησιμοποιείται όπως ήδη αναφέρθηκε, το μοντέλο **Maris-HMS** το οποίο είναι ένα μαθηματικό μοντέλο για τη μελέτη κυματικής διαταραχής σε κλειστές θαλάσσιες περιοχές (κόλπους, λιμενολεκάνες) και των φαινομένων συντονισμού μέσα στο λιμένα.

### 8.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

#### 8.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου

Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης αξιοποιήθηκαν βυθομετρικές αποτυπώσεις στην περιοχή του λιμένα αλλά και βάσεις ανοιχτών δεδομένων (Navionics) για δεδομένα στην ευρύτερη περιοχή.

Με συνδυασμό των ως άνω στοιχείων δημιουργήθηκε ο βυθομετρικός κάρναβος **BATH\_DN (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ)** με χωρικό βήμα  $\Delta x = \Delta y = 2.5$  m. Η απεικόνιση στο συγκεκριμένο σχέδιο ισχύσει για μια έκταση  $1.8\text{km} \times 1.2\text{km}$ , ενώ ο συνολικός δημιουργούμενος βυθομετρικός κάρναβος που εισάγεται στο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης καλύπτει μία μεγαλύτερη περιοχή εκτάσεως  $2.5\text{km} \times 1.6\text{km}$ .

#### 8.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης

Το μοντέλο κυματικής διείδυσης / διαταραχής **Maris-HMS**, λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου εκτός από το αρχείο της βυθομετρίας και ένα δεύτερο διδιάστατο αρχείο, όπου προσδιορίζονται κοντά στα στερεά όρια (3-4 κελιά) της περιοχής μελέτης, οι συντελεστές τυρβώδους ιζώδους  $v_h$  όπου προσομοιώνουν τεχνητά τη διάχυση ενέργειας λόγω μερικής ανάκλασης των κυματισμών. Οι συντελεστές τριβής υπολογίζονται από ένα αρχικό σετ προσομοιώσεων με την εφαρμογή του μοντέλου με βάση την περίοδο του κύματος  $T$ , το ύψος κύματος  $H$  και ένα σταθερό βάθος  $d$  στον πόδα του έργου. Η σωστή εκτίμηση των συντελεστών ανακλάσεως  $r$  (ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του εισερχόμενου κυματισμού προς τον ανακλώμενο  $= H_i/H_r$ ) και των αντίστοιχων συντελεστών τριβής  $v_h$  σε κάθε τμήμα του στερεού ορίου είναι πρωτεύουσας σημασίας για την αποτελεσματικότητα του μοντέλου.

Στην παρούσα μελέτη θεωρούνται οι ακόλουθοι συντελεστές ανάκλασης για τους διάφορους τύπους στερεών ορίων και εκτιμώνται οι αντίστοιχοι συντελεστές τριβής.

- Κατακόρυφα μέτωπα - Κρηπιδότοιχοι,  $r = 1,0$
- Κατακόρυφα μέτωπα - Απορροφητικοί Κρηπιδότοιχοι,  $r = 0,55$
- Βραχώδης ακτή,  $r = 0,45$
- Πρανή από φυσικούς ογκόλιθους (φ.ο.),  $r = 0,4$
- Απορροφητική ακτή,  $r = 0,15$



Εικόνα 8-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), κατακόρυφο μέτωπο απορροφητικού κρηπιδότοιχου (μωβ γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από φ.ο. (πορτοκαλί γραμμή).

### 8.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου

Τα τελικά δεδομένα εισόδου των μαθηματικών προσομοιώσεων έχουν αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 6.4.

## 8.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στα Σχέδια **WV\_DN\_1** έως **WV\_DN\_15** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ) δίνονται τα αποτελέσματα της μαθηματικής προσομοίωσης για όλες τις εξεταζόμενες κυματικές διευθύνσεις. Συγκεκριμένα, στα Σχέδια **WV\_DN\_1** έως **WV\_DN\_4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της κυματικής διαταραχής για κυματική διεύθυνση από Ανατολικά, στα Σχέδια **WV\_DN\_5** έως **WV\_DN\_9** από Νοτιοανατολικά και τέλος στα Σχέδια **WV\_DN\_10** έως **WV\_DN\_15** από Νότια. Επιπλέον, στο Σχέδιο **WV\_DN\_16** δίνονται τα αποτελέσματα του κυματικού πεδίου για την περίπτωση εμφάνισης ακραίων κυματισμών από τη Νότια διεύθυνση.

## 8.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ - ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Τα γενικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την επισκόπηση των παραπάνω Σχεδίων είναι τα ακόλουθα:

- Παρατηρείται ότι οι κυματισμοί από N και NA διευθύνσεις διεισδύουν στη λιμενολεκάνη και δημιουργούν διαταραχή εντός αυτής. Οι μεγαλύτεροι κυματισμοί στα ανοιχτά, ως αναμενόμενα,

δημιουργούν και μεγαλύτερη διαταραχή εντός αυτής καθώς το φαινόμενο της ανάκλασης στα κατακόρυφα μέτωπα συμβάλει σημαντικά.

- Αποτυπώνεται η μερική απομείωση της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας στα κατακόρυφα μέτωπα των απορροφητικών κρηπιδότοιχων καθώς και στα πρανή με φ.ο.
- Εκτός του λιμένα, στις παρακείμενες ακτές, παρατηρείται, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι τα ύψη κυματισμών μειώνονται προς τα ρηχά έως και μηδενίζονται μόλις φτάνουν την ακτογραμμή λόγω του φαινομένου της θραύσης. Η μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών τείνει να γίνει κάθετη προς την ακτογραμμή όσο κατευθυνόμαστε προς τα ρηχά, λόγω του φαινομένου της διάθλασης. Στις περιοχές με βραχώδη ακτογραμμή παρατηρείται μερική ανάκλαση των κυματισμών που δεν επηρεάζουν σημαντικά το ευρύτερο κυματικό πεδίο της περιοχής.

Σε γενικές γραμμές, στα αποτελέσματα αποτυπώνεται ξεκάθαρα σε όλες τις περιπτώσεις η ενσωμάτωση των φαινομένων της ρήχωσης, της διάθλασης, της περίθλασης, της θραύσης και ιδιαίτερα της ανάκλασης των κυματισμών που είναι και το ζητούμενο σε μελέτες κυματικής διαταραχής εντός της λιμενολεκάνης. Το μοντέλο Maris HMS, που εφαρμόστηκε για να προσομοιώσει το κυματικό κλίμα της υφιστάμενης κατάστασης, **υπολογίζει με σημαντική ακρίβεια τα ύψη κύματος σε όλο το πεδίο αφού λαμβάνει υπόψη όλα τα κυρίαρχα φαινόμενα που συμβαίνουν σε αυτήν.**



## 9. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ

Στο παρόν Κεφάλαιο περιγράφονται συνοπτικά τα προτεινόμενα έργα, δηλαδή η **Διάταξη W1**, όπως προτάθηκαν από την εταιρεία OPTIMUM VALUE A.E. στο πλαίσιο του έργου με τίτλο «Μελέτη Σκοπιμότητας Χώρου Ελλιμενισμού Τουριστικών Σκαφών στην Μαρίνα Α' Λιμένα Λαυρίου», OPTIMUM VALUE A.E., 2019. Η εν λόγω διάταξη προσομοιώθηκε αριθμητικά προκειμένου να διερευνηθεί η διείδυση των κυματισμών στη νέα λιμενολεκάνη του τμήματος σκαφών αναψυχής του λιμένα Λαυρίου και να εξεταστεί σε συγκεκριμένες περιοχές ελέγχου που προτείνεται να τοποθετηθούν σκάφη αναψυχής συγκεκριμένου μεγέθους κατά πόσο εξασφαλίζεται η απαιτούμενη ηρεμία έτσι ώστε το τμήμα σκαφών αναψυχής να παραμένουν λειτουργικές στο μεγαλύτερο ποσοστό του έτους.

Πιο συγκεκριμένα, η προτεινόμενη Διάταξη W1 αποτελείται από πλωτά στοιχεία, κυματοθραύστες και προβλήτες όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 9-1 και πιο συγκεκριμένα:

- Πλωτοί κυματοθραύστες τύπου SF400 (διαστάσεις ενός στοιχείου: μήκος x πλάτος x ύψος = 15.0m x 4.0m x 2.4m) σε διάταξη σχήματος Γ (σήμανση με πράσινο χρώμα Εικόνα 9-1), συνολικού μήκους περίπου 220m που εκκινεί από τον υφιστάμενο Προβλήτα III.
- Πλωτοί κυματοθραύστες τύπου SF400 (διαστάσεις ενός στοιχείου: μήκος x πλάτος x ύψος = 15.0m x 4.0m x 2.4m), συνολικού μήκους 55 m που εκκινεί από τον Προβλήτα II (σήμανση με μπλε χρώμα Εικόνα 9-1).
- 3 Πλωτοί προβλήτες στο εσωτερικό της νέας λιμενολεκάνης τύπου SF1024 με μήκη 100m, 60m, 50m (σήμανση με κίτρινο χρώμα Εικόνα 9-1).



Εικόνα 9-1 Γενική διάταξη προτεινόμενων έργων νέου τμήματος σκαφών αναψυχής του λιμένα Λαυρίου σύμφωνα με το έργο «Μελέτη Σκοπιμότητας Χώρου Ελλιμενισμού Τουριστικών Σκαφών στην Μαρίνα Α' Λιμένα Λαυρίου», OPTIMUM VALUE A.E., 2019.



## 10. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΗ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΜΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΩΝ ΠΛΩΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Στο προηγούμενο Κεφάλαιο διερευνήθηκε η κυματική διαταραχή με τα υφιστάμενα έργα δηλαδή η Διάταξη DN (Do Nothing). Στη συνέχεια θα διερευνηθεί η κυματική διείδυση για τη Διάταξη W1, με τη παρουσία των πλωτών κυματοθραυστών και προβλητών.

### 10.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

#### 10.1.1 Δημιουργία Βυθομετρικού Υπόβαθρου

Το βυθομετρικό υπόβαθρο της Διάταξης W1 είναι αντίστοιχο με την DN Διάταξη, που αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 8.1 και παρουσιάζεται στο Σχέδιο **BATH\_W1 (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΙΩΣΕΩΝ)** με χωρικό βήμα  $\Delta x = \Delta y = 2.5$  m εκτάσεως. Η απεικόνιση στο συγκεκριμένο σχέδιο ισχύει για μια έκταση 1.8km x 1.2km, ενώ ο συνολικός δημιουργούμενος βυθομετρικός κάρναβος που εισάγεται στο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης καλύπτει μία μεγαλύτερη περιοχή εκτάσεως 2.5km x 1.6km.

#### 10.1.2 Προσδιορισμός Συντελεστών Ανάκλασης και Συντελεστών Μετάδοσης Πλωτών Κυματοθραυστών

Οι συντελεστές ανάκλασης κατά μήκος της ακτογραμμής λαμβάνονται ίδιοι με αυτούς που προσδιορίστηκαν για τις προσομοιώσεις της υφιστάμενης κατάστασης. Στην παρούσα διάταξη όμως προστίθενται και οι πλωτοί κυματοθραύστες που έχουν διαφορετικούς συντελεστές ανάκλασης και μετάδοσης της κυματικής ενέργειας κατάντη.

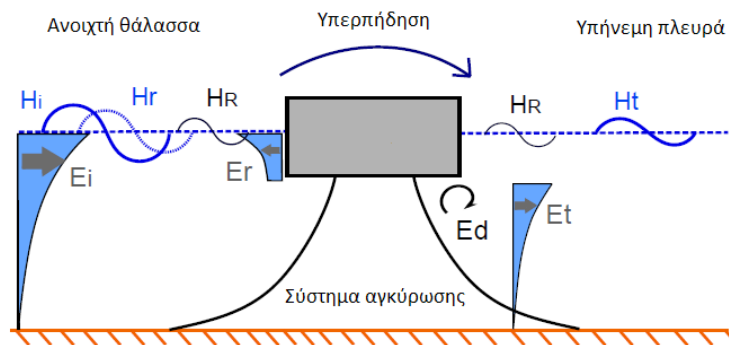
Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε στην παρούσα μελέτη για τον προσδιορισμό των συντελεστών αυτών για την περίπτωση παρουσίας πλωτών στοιχείων έχει ως εξής:

- Από τις προσομοιώσεις της υφιστάμενης κατάστασης υπολογίζεται το ύψος και η περίοδος των κυματισμών στη θέση όπου θα εγκατασταθούν οι πλωτοί κυματοθραύστες.
- Ανάλογα με τις διαστάσεις του επιλεχθέντος τύπου πλωτού κυματοθραύστη (SF400, πλάτος  $B=4$ m και βύθισμα  $D=1.9$ m), το βάθος στη θέση εγκατάστασης ( $d=9$ m) και την περίοδο του εισερχόμενου κυματισμού για κάθε σενάριο, υπολογίζεται ο αναμενόμενος συντελεστής μετάδοσης από τις εξισώσεις που παρατίθενται παρακάτω καθώς και ο συντελεστής ανάκλασης.
- Υλοποιείται ένα αρχικό σετ προσομοιώσεων όπου τα κελιά του βυθομετρικού κάρναβου του αριθμητικού πεδίου που αντιστοιχούν στους πλωτούς κυματοθραύστες αντικαθίστανται με ένα ιδεατό βάθος και στο διδιάστατο χάρτη με τους συντελεστές τυρβώδους ιξώδους, εισάγονται συντελεστές στις αντίστοιχες θέσεις. Μέσω αυτού του σετ προσομοιώσεων προσδιορίζεται η τιμή του ιδεατού βάθους και η τιμή του συντελεστή για να επιτευχθεί κάθε φορά ο αναμενόμενος συντελεστής μετάδοσης καθώς και ο συντελεστής ανάκλασης.
- Υλοποιείται μια συντηρητική προσέγγιση όπου η διάχυση της ενέργειας στο πλωτό στοιχείο παραμένει πολύ μικρή και ουσιαστικά ένα μέρος του εισερχόμενου κυματισμού μεταδίδεται και το υπόλοιπο ανακλάται. Επίσης για τους πλωτούς προβλήτες (SF 1024) που θα εγκατασταθούν

εντός της λιμενολεκάνης γίνεται η παραδοχή ότι δεν συμβάλουν καθόλου στην απομείωση της διαδιδόμενης κυματικής ενέργειας.

Γενικά, οι πλωτοί κυματοθραύστες αποτελούν κατασκευές από πλαστικό ή οπλισμένο σκυρόδεμα υπό μορφή λεπτότοιχου κιβωτίου. Κατασκευάζονται τόσο για την προστασία λιμένων όσο και για την προστασία ακτών έναντι διάβρωσης σε ημιπροστατευμένες περιοχές, όπου επικρατούν ήπιες κυματικές συνθήκες. Η προστασία που προσφέρουν εξαρτάται από τα κυματικά χαρακτηριστικά και το βάθος. Κάτω από κυματικά επεισόδια περιόδου 3-5 δευτερολέπτων και ύψους 1-2 μέτρων απορροφούν 50-80% της κυματικής ενέργειας (Καραμπάς et al, 2015). Τα βασικά πλεονεκτήματα των πλωτών έναντι των συμβατικών κατασκευών είναι το χαμηλότερο κόστος κατασκευής και ο μικρότερος χρόνος που απαιτείται για τη τοποθέτησή τους. Επιπλέον, οι κατασκευές αυτές δεν παρεμποδίζουν την κυκλοφορία και την ανανέωση των υδάτων ούτε τη στερεομεταφορά, περιορίζοντας έτσι τις αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην περιοχή όπου τοποθετούνται. Ωστόσο, οι πλωτοί κυματοθραύστες μπορεί να αστοχήσουν όταν προσπίπτουν κυματισμοί με ύψη μεγαλύτερα από 2-3 m.

Όσον αφορά τη λειτουργία ενός πλωτού κυματοθραύστη, κατά την πρόσπτωση των κυματισμών σε αυτόν ένα μέρος της κυματικής τους ενέργειας ανακλάται ( $E_r$ ) και ένα μέρος μεταδίδεται προς τα κατάντη ( $E_t$ ) (Εικόνα 10-1). Το μεταδιδόμενο ύψος κύματος ( $H_t$ ) προκαλείται από την κυματική ενέργεια που μεταδίδεται κάτω από τον κυματοθραύστη, από την ποσότητα του νερού που τον υπερπηδά καθώς και από τους ακτινοβολούμενους κυματισμούς ( $H_R$ ) λόγω της κίνησης της πλωτής κατασκευής. Κατά τη ροή του νερού κάτω από τον κυματοθραύστη προκαλούνται απώλειες ενέργειας ( $E_d$ ) λόγω τριβής και της τύρβης που αναπτύσσεται στις παρειές της κατασκευής.



Εικόνα 10-1. Αλληλεπίδραση κυματισμών και πλωτών κυματοθραυστών (Biesheuvel, 2013).

Η απόδοση των πλωτών κυματοθραυστών ορίζεται από την απόσβεση της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας, η οποία εξαρτάται από την ποσότητα της ανακλώμενης ενέργειας, την ποσότητα της ενέργειας που μεταδίδεται προς την υπήνεμη πλευρά, καθώς και από τις απώλειες που προκαλούνται από τις διεργασίες που περιγράφηκαν παραπάνω.

Γενικά για όλους τους τύπους των πλωτών κυματοθραυστών η αποτελεσματικότητά τους εκφράζεται από το συντελεστή μετάδοσης ( $C_t$ ), που ορίζεται ως ο λόγος του μεταδιδόμενου ύψους κύματος ( $H_t$ ) προς το ύψος του προσπίπτοντος κυματισμού ( $H_i$ ):

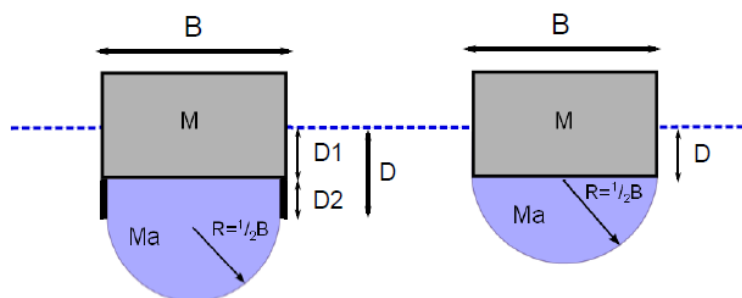
$$C_t = \frac{H_t}{H_i}$$

Για τις άκαμπτες ανακλαστικές κατασκευές που είναι σταθερές σε σχέση με τον πυθμένα, ο Macagno (1954) ανέπτυξε την ακόλουθη εξίσωση για το συντελεστή μετάδοσης:

$$C_{t;Macagno} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left[ \frac{kB \sinh(kd)}{2 \cosh(kd - kD)} \right]^2}}$$

όπου  $D$  το βύθισμα της κατασκευής [m],  $B$  το πλάτος της [m],  $d$  το βάθος [m] και  $k = 2\pi/L$  ο κυμαριθμός [rad/m], με  $L$  το μήκος κύματος, κάνοντας τις παραδοχές της άκαμπτης και σταθερής κατασκευής πεπερασμένου πλάτους και λαμβάνοντας υπόψη τη γραμμική θεωρία των κυματισμών.

Για τις μη σταθερές άκαμπτες κατασκευές στην εξίσωση του συντελεστή διάδοσης πρέπει να ληφθούν υπόψη οι κινήσεις του πλωτήρα. Οι Ruol et al (2013a) ανέπτυξαν έναν τροποποιητικό συντελεστή για την εξίσωση του Macagno (1954) προκειμένου να υπολογιστεί κατά προσέγγιση ο συντελεστής διάδοσης σε πλωτές κατασκευές, είτε κλασσικού τύπου είτε τύπου Π (pi-type), που είναι αγκυρωμένες στον πυθμένα με αλυσίδες ή καλώδια και παρουσιάζουν έξι βαθμούς ελευθερίας. Η εξίσωση των Ruol et al (2013a) αποτελεί μια συνάρτηση της σχετικής περιόδου  $\chi (=T_p/T_h)$ , που ορίζεται από το λόγο της περιόδου κορυφής ( $T_p$ ) του κύματος προς την ιδιοπερίοδο της κατακόρυφης ταλάντωσης ( $T_h$ ). Για τον προσδιορισμό της ιδιοπεριόδου της κατακόρυφης ταλάντωσης (heave motion) μιας πλωτής κατασκευής λαμβάνεται υπόψη η προστιθέμενη μάζα του νερού η οποία επιταχύνεται καθώς επιταχύνεται η κατασκευή. Ως προστιθέμενη μάζα μπορεί να θεωρηθεί ο όγκος του νερού κάτω από τον πλωτήρα, που οριοθετείται από ένα ημικύκλιο με ακτίνα ίση με το μισό του πλάτους της κατασκευής, όπως παρουσιάζεται γραφικά στην παρακάτω Εικόνα.



**Εικόνα 10-2.** Προστιθέμενη μάζα σε πλωτήρα τύπου Π (αριστερά) και κλασσικού τύπου ορθογωνικής διατομής (δεξιά) (Biesheuvel, 2013).

Ερευνώντας οι Ruol et al (2013a) την ιδιοπερίοδο της κατακόρυφης ταλάντωσης των πλωτών κυματοθραυστών τύπου Π και συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των αναλυτικών υπολογισμών με πειραματικές μετρήσεις προέκυψε η σχέση:

$$T_h = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{g}{D + 0.35B}}}$$

Η παραπάνω σχέση μπορεί να εφαρμοστεί και σε πλωτούς κυματοθραύστες κλασσικού τύπου, όπως προέκυψε από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν στο Ερευνητικό Ινστιτούτο Deltares για κατασκευές αγκυρωμένες με πασσάλους.

Η αδιάστατη παράμετρος  $\chi$ , που αναφέρθηκε παραπάνω, ορίζεται από τη σχέση:

$$\chi = \frac{T_p}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{D + 0.35B}}$$

Από πειραματικά δεδομένα προέκυψε ότι ο τροποποιητικός συντελεστής  $\beta(\chi)$  μπορεί να οριστεί από τη σχέση:

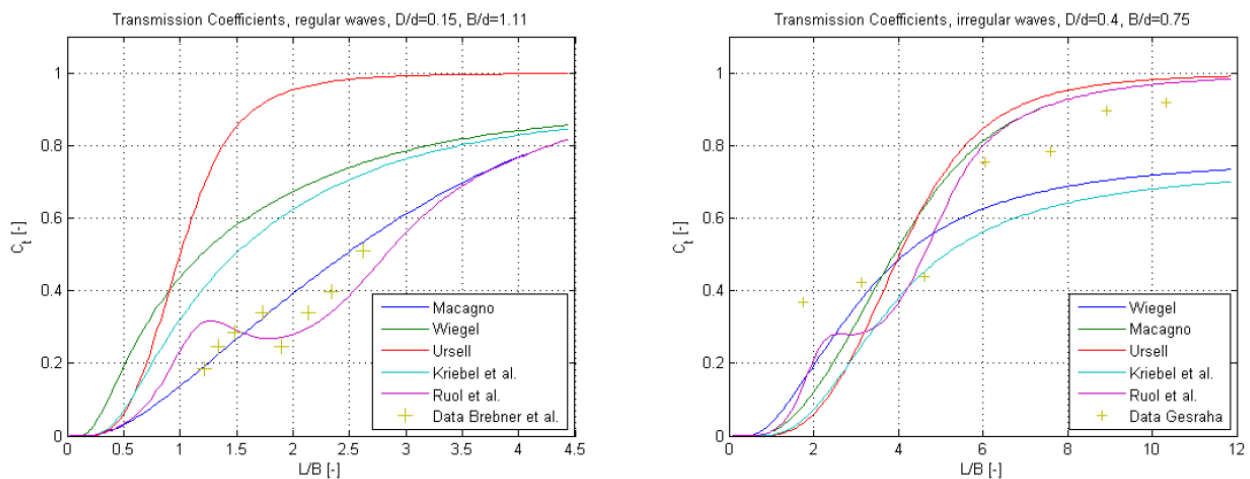
$$\beta(\chi) = \frac{1}{1 + \left(\frac{\chi - \chi_0}{\sigma}\right) e^{-\left(\frac{\chi - \chi_0}{\sigma}\right)^2}}$$

όπου  $\chi_0 = 0.7919$  (με 95% διάστημα εμπιστοσύνης 0.7801, 0.8037) και  $\sigma = 0.1922$  (με 95% διάστημα εμπιστοσύνης 0.1741, 0.2103).

Τελικά, ο συντελεστής μετάδοσης των Ruol et al (2013a) διαμορφώνεται από τη σχέση:

$$C_{t;Ruol} = \beta(\chi) C_{t;Macagno}$$

Από τη σύγκριση πειραματικών δεδομένων (Brebner and Ofuya, 1968, Gesraha, 2006, Pena et al., 2011) με αποτελέσματα από διάφορες αναλυτικές σχέσεις προκύπτει ότι ο συντελεστής μετάδοσης των Ruol et al. (2013a) δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα, τόσο για πλωτούς κυματοθραύστες τύπου Π όσο και για κλασσικού τύπου πλωτήρες ορθογωνικής διατομής. Με άλλες αναλυτικές σχέσεις γίνεται υπερεκτίμηση ή υπεκτίμηση του συντελεστή διάδοσης ανάλογα αν πρόκειται για πλωτούς κυματοθραύστες κλασσικού τύπου ή τύπου Π αντίστοιχα, όπως φαίνεται στα παρακάτω διαγράμματα.



**Εικόνα 10-3. Σύγκριση αποτελεσμάτων αναλυτικών σχέσεων και πειραματικών δεδομένων για (α) μετάδοση μονοχρωματικών κυματισμών σε κλασσικού τύπου πλωτό κυματοθραύστη (Brebner and Ofuya, 1968) και (β) σύνθετων κυματισμών σε πλωτό τύπου Π (Gesraha, 2006) (Biesheuvel, 2013).**

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς που έγιναν με βάση τα παραπάνω και έχοντας υπόψη τις διαστάσεις των κυματοθραυστών που θα εγκατασταθούν αλλά και τα χαρακτηριστικά του προσπίπτοντος κυματικού κλίματος (κυρίως τις περιόδους των κυματισμών), οι πλωτοί κυματοθραύστες δεν αναμένεται να είναι αποδοτικοί για περιόδους κυματισμών μεγαλύτερες των 5 s καθώς επιτρέπουν τη μετάδοση της κυματικής ενέργειας σε ποσοστό από 92% έως και 99% για τα σενάρια που εξετάστηκαν. Αντιθέτως σε περιόδους μικρότερες των 5 s είναι περισσότερο αποδοτικοί και κυρίως για περιόδους μικρότερες των 4 s. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα όπου για το σενάριο κυματικής πρόσπτωσης 5, από τη ΝΑ διεύθυνση, με περίοδο 3.58 s, ο συντελεστής μετάδοσης της κυματικής ενέργειας υπολογίζεται σε 60%, απομειώνοντας δηλαδή το 40% της εισερχόμενης ενέργειας.

### 10.1.3 Κυματικά Δεδομένα Εισόδου

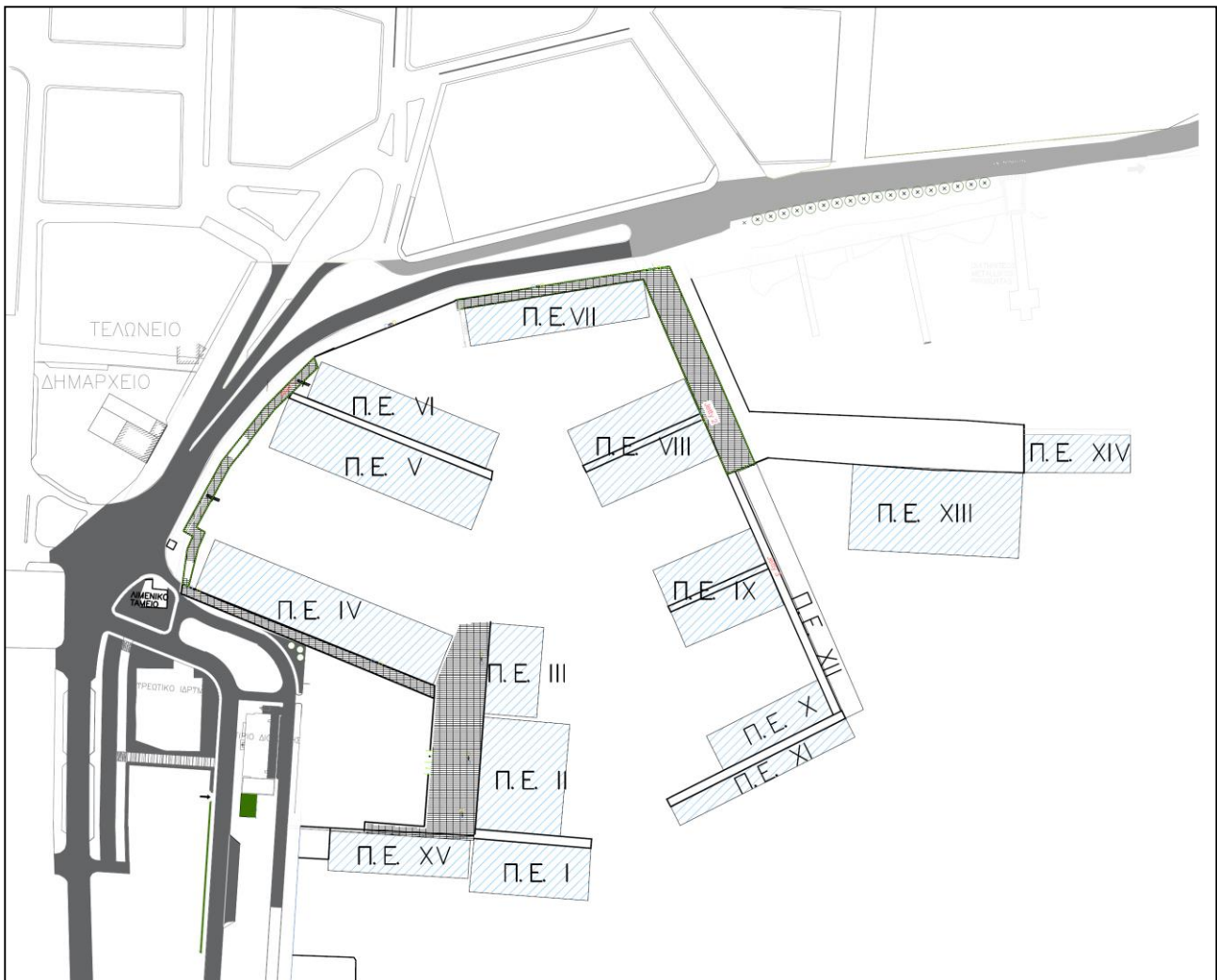
Τα τελικά δεδομένα εισόδου των μαθηματικών προσομοιώσεων έχουν αναφερθεί στο υποκεφάλαιο 6.4.

## 10.2 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΕΛΕΓΧΟΥ ΚΑΙ ΑΝΕΚΤΑ ΟΡΙΑ ΥΨΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

### 10.2.1 Περιοχές Ελέγχου

Σύμφωνα με την προτεινόμενη Διάταξη W1, όπως σχεδιάστηκε από την εταιρεία OPTIMUM VALUE (Εικόνα 9-1) και περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 9, ορίζονται οι δεκαπέντε Περιοχές Ελέγχου (ΠΕ), I – XV, όπως απεικονίζεται στο ακόλουθο σχήμα. Οι περιοχές αυτές αντιπροσωπεύουν ουσιαστικά τις θέσεις παραβολής και διαχωρίζονται ανάλογα με τη θέση τους και το μέγιστο μήκος σκαφών που φιλοξενούν.

Οι ΠΕ II έως και X βρίσκονται εκτός της νέας λιμενολεκάνης, ενώ οι I, XI, XII, XIII, XIV και XV εκτός αυτής. Το πλάτος της κάθε ΠΕ είναι ίσο με το μέγιστο μήκος των σκαφών που φιλοξενεί, ενώ το μήκος της κάθε ΠΕ είναι πολλαπλάσιο του μέγιστου πλάτους των σκαφών που φιλοξενεί.



Εικόνα 10-4. Περιοχές Ελέγχου (ΠΕ) προτεινόμενης Διάταξης W1.

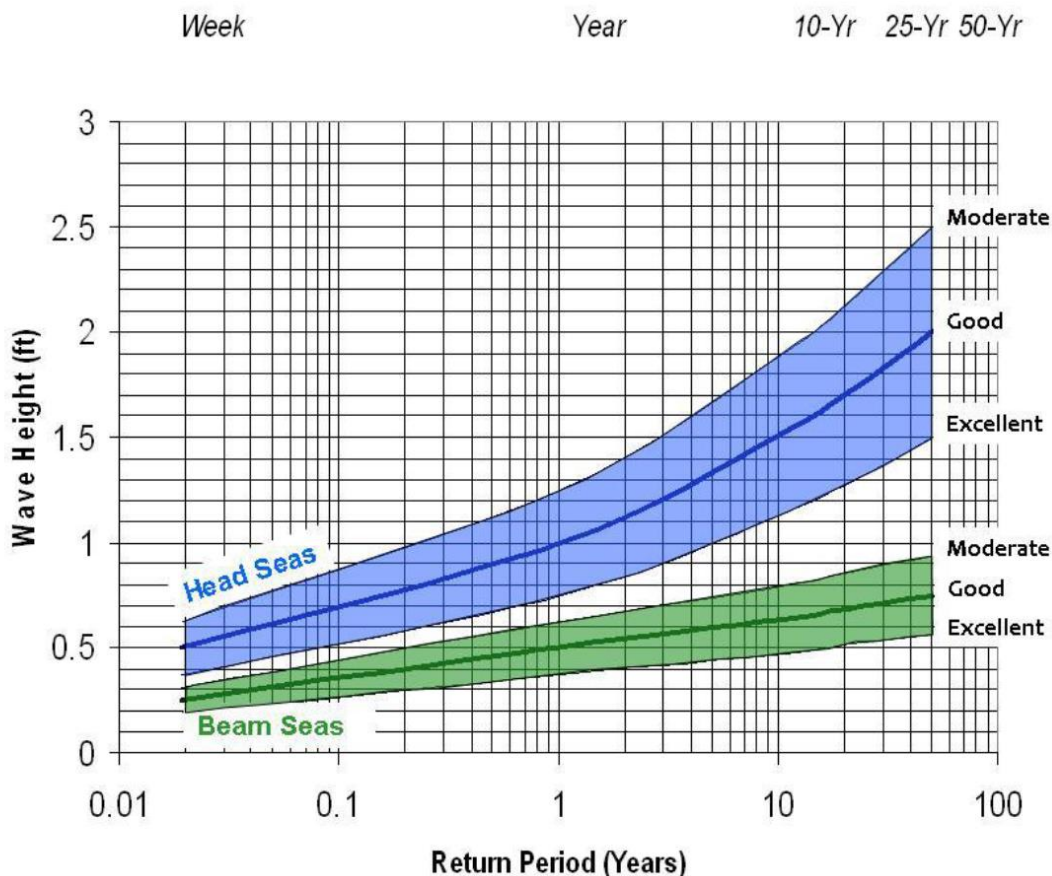
### 10.2.2 Ανεκτά Όρια Ύψους Κύματος

Σύμφωνα με την PIANC (World Association for Waterborne Transport Infrastructure) καθορίζονται τα ανεκτά όρια ύψους προσπιπτόντων κυματισμών (PIANC, 2016) στις θέσεις παραβολής της λεκάνης του νέου τμήματος σκαφών αναψυχής, ανάλογα με:

- Το μήκος του σκάφους (vessel length).
- Τη διεύθυνση των κυματισμών σε σχέση με τον διαμήκη άξονα του σκάφους (beam or head seas).
- Την περίοδο των κυματισμών ( $T < 2s$ ,  $2 < T < 6s$ ,  $T > 6s$ ).
- Την περίοδο επαναφοράς (50yrs, 25yrs, 10yrs, 1yr, 1week).
- Την ταξινόμηση του κυματικού κλίματος σε μέτριο, καλό και εξαιρετικό (moderate, good, excellent).
- Τις κινήσεις των παραβεβλημένων σκαφών (motion response of yachts) λόγω κυματισμού (PIANC, 1995).



Στο ακόλουθο διάγραμμα δίνεται το ανεκτό όριο υψών κυματισμού για ηρεμία λιμενολεκάνης ανάλογα με την περίοδο επαναφοράς, την ταξινόμηση του κυματικού κλίματος και τη διεύθυνση κυματισμών σε σχέση με το σκάφος. Η υιοθέτηση των ορίων αυτών οδηγεί στην ασφαλή πρόσδεση των σκαφών αναψυχής ελαχιστοποιώντας τον κίνδυνο εμφάνισης ατυχημάτων με επιπτώσεις στις ανθρώπινες ζωές, στα παραβεβλημένα σκάφη και στις υποδομές.



Εικόνα 10-5. Ανεκτά όρια υψών κυματισμού για ηρεμία λιμενολεκάνης (PIANC, 2016).

Σύμφωνα με την PIANC (2016) επιλέγονται τα ακόλουθα ανεκτά όρια υψών κυματισμού για κάθε εξετασθείσα Περιοχή Ελέγχου (με τα αντίστοιχα μήκη των παραβεβλημένων σκαφών αναψυχής) όπως παρουσιάζεται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 10-1. Ανεκτά όρια υψών κυματισμού ανά Περιοχή Ελέγχου.

Περιοχή Ελέγχου	Μήκος σκάφους (m)	Ανεκτό όριο ύψους (m)
VI, IX, X, VII, VIII, XIV, XV	18	0.20
III, IV, V	25	0.22
I, XI, XII	30	0.25
II, XIII	40	0.30

Για την επιλογή των παραπάνω ορίων έγιναν οι ακόλουθες παραδοχές:

- Η διεύθυνση των προσπιπτόντων κυματισμών σε σχέση με τα σκάφη θεωρείται πλευρική -Beam seas- για όλες τις ΠΕ. Η παραδοχή αυτή είναι προς τη μεριά της ασφαλείας καθώς η θεώρηση πλευρικής πρόσπτωσης δίνει πιο χαμηλά ανεκτά όρια (PIANC, 2016) σε σχέση με την πρόσπτωση κυματισμών παράλληλα με τον άξονα του σκάφους (Head seas) ή την πλάγια πρόσπτωση (Oblique seas).
- Η περίοδος των προσπιπτόντων κυματισμών λαμβάνεται μικρότερη των 6 s για όλα τα σενάρια προσομοίωσης ακόμα και για αυτά με μεγαλύτερη περίοδο. Η παραδοχή αυτή επίσης είναι προς τη μεριά της ασφαλείας καθώς η θεώρηση περιόδων μεγαλύτερων των 6 s δίνει μεγαλύτερα ανεκτά όρια (PIANC, 2016). Ειδικά για τις περιπτώσεις των σεναρίων κυματικής πρόσπτωσης με περίοδο μεγαλύτερη των 6 s προστίθεται ακόμα ένα κριτήριο όπως αναλύεται παρακάτω.
- Το ανεκτό όριο ύψους κυματισμού για μήκη σκαφών 18 m και 20 m επιλέγεται 0.20 m ενώ για μεγαλύτερα μήκη σκαφών, 40 m, επιλέγεται το όριο των 0.30 m. Για τα ενδιάμεσα μήκη θεωρείται γραμμική αύξηση.
- Επιλέγεται περίοδος επαναφοράς ενός έτους.
- Το κυματικό κλίμα ταξινομείται ως μέτριο.

Επιπρόσθετα, στην περίπτωση όπου οι περίοδοι των κυματισμών είναι μεγαλύτερες των 6 s εισάγεται ένα δεύτερο κριτήριο, το οποίο ελέγχει την ανεκτή οριζόντια κίνηση (surge and sway) του σκάφους στη θέση παραβολής. Η ανεκτή οριζόντια κίνηση του σκάφους ελέγχεται από το μήκος του προσπίπτοντος κυματισμού και το τοπικό βάθος νερού. Σύμφωνα με την PIANC (2016) επιλέγεται ανεκτό όριο οριζόντιας κίνησης είναι ίσο με 0.30 m για περίοδο επαναφοράς ενός έτους και πλευρική πρόσπτωση κυματισμών (beam seas). Η οριζόντια κίνηση του σκάφους, σύμφωνα με τους Hiraishi et al. (1997), λαμβάνεται ίση με το 65 % της συνολικής μετακίνησης ενός υγρού σωματιδίου στην ελεύθερη επιφάνεια:

$$E = 0.65H \cosh kd / \sinh kd$$

Όπου  $H$  το ύψος κύματος,  $k$  ο κυματαριθμός ίσος με  $2\pi/L$ ,  $L$  το μήκος κύματος και  $d$  το βάθος στην εξεταζόμενη θέση. Σύμφωνα με την παραπάνω σχέση, για δεδομένα βάθη σε κάθε Περιοχή Ελέγχου, για ανεκτό όριο οριζόντιας κίνησης  $E = 0.30 m$  και για τις διαφορετικές εισερχόμενες περιόδους (μεγαλύτερες των 6s), μπορούν να προκύψουν τα αντίστοιχα ανεκτά όρια υψών κυματισμού.

Στη συνέχεια διερευνάται η κυματική διείδυση για την προτεινόμενη (από την εταιρεία OPTIMUM VALUE) διάταξη των πλωτών στοιχείων (**Διάταξη W1**) του λιμένα για να ελεγχθεί αν η εν λόγω διάταξη καθιστά το λιμένα λειτουργικό όλη τη διάρκεια του έτους.

### 10.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

Στα Σχέδια **WV\_W1\_1** έως **WV\_W1\_15** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ) δίνονται τα αποτελέσματα της μαθηματικής προσομοίωσης για την εύρεση του ετήσιου κυματικού κλίματος για όλες τις εξεταζόμενες κυματικές διευθύνσεις. Συγκεκριμένα, στα Σχέδια **WV\_W1\_1** έως **WV\_W1\_4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της κυματικής διαταραχής για κυματική διεύθυνση από Ανατολικά, στα Σχέδια **WV\_W1\_5** έως **WV\_W1\_9** από Νοτιοανατολικά και τέλος

στα Σχέδια **WV\_W1\_10** έως **WV\_W1\_15** από Νότια. Επιπλέον, στο Σχέδιο **WV\_W1\_16** δίνονται τα αποτελέσματα του κυματικού πεδίου για την περίπτωση εμφάνισης ακραίου κυματισμού από τη Νότια διεύθυνση.

#### 10.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

Τα ύψη των κυματισμών ελέγχονται με τα ανεκτά όρια στις **15 Περιοχές Ελέγχου (ΠΕ), I έως XV**. Στους ακόλουθους πίνακες παρουσιάζεται ξεχωριστά για κάθε ΠΕ η συνολική διάρκεια διακοπής λειτουργίας αυτής λόγω μη ανεκτής κυματικής διαταραχής εκφρασμένης σε ποσοστό, σε ημέρες και σε ώρες στο έτος. Στην πρώτη στήλη του κάθε πίνακα δίνεται ο αριθμός του σεναρίου κυματικής πρόσπτωσης που προσομοιώθηκε και στις επόμενες τρεις στήλες δίνονται τα χαρακτηριστικά των κυματισμών ανοιχτά της εισόδου του λιμένα, ενώ στην πέμπτη στήλη δίνεται το μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης του κυματισμού με τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά. Αυτές οι πέντε στήλες είναι πανομοιότυπες για κάθε ΠΕ. Ακολούθως, στην έκτη στήλη δίνεται το μέγιστο ύψος κυματισμού όπως προέκυψε από τις προσομοιώσεις για κάθε σενάριο κυματικής πρόσπτωσης. Ακολουθούν δυο στήλες με τα ανεκτά όρια ύψους κύματος ανάλογα με το μήκος των σκαφών που φιλοξενεί η κάθε ΠΕ και ανάλογα με τα προσπίπτοντα κυματικά χαρακτηριστικά και το βάθος νερού για ανεκτή οριζόντια κίνηση 0.30 m. Στην τελευταία στήλη γίνεται ο έλεγχος ικανοποίησης των δυο προηγούμενων κριτηρίων. Εάν το μέγιστο ύψος κυματισμού στην ΠΕ, όπως προέκυψε από τις προσομοιώσεις, είναι μικρότερο από το ελάχιστο εκ των δυο ανεκτών ορίων υψών κυματισμού τότε οι θέσεις παραβολής της ΠΕ παραμένουν λειτουργικές (σήμανση με πράσινο χρώμα), σε αντίθετη περίπτωση όπου το μέγιστο ύψος είναι ίσο ή μεγαλύτερο του ελαχίστου εκ των δυο ανεκτών ορίων υψών κυματισμού τότε οι θέσεις παραβολής της ΠΕ είναι μη λειτουργικές (σήμανση με κόκκινο χρώμα). Για κάθε σενάριο κυματικής πρόσπτωσης που δεν ικανοποιούνται τα κριτήρια ανεκτής διαταραχής το αντίστοιχο μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης προστίθεται στο ποσοστό διακοπής λειτουργίας στο έτος (εκφρασμένο σε %, ημέρες και ώρες) στις τελευταίες γραμμές του πίνακα. Στον Πίνακα 10-17 δίνονται συγκεντρωτικά τα αποτελέσματα για όλες τις ΠΕ.

Από την επισκόπηση των αποτελεσμάτων της αριθμητικής προσομοίωσης αλλά και τους εν λόγω πίνακες προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εντός της υφιστάμενης λιμενολεκάνης (εσωτερική λιμενολεκάνη του νέου τμήματος σκαφών αναψυχής), δηλαδή οι ΠΕ IV, V, VI, VII και VIII, παραμένουν λειτουργικές περίπου για το 99% του έτους. Εξ αυτών η πλέον προστατευμένη, ως αναμενόταν, είναι η ΠΕ IV με ποσοστό μη λειτουργίας 0.992% στο έτος και η περισσότερο εκτεθειμένη είναι η ΠΕ VI με πολύ μικρή διαφορά στο ποσοστό μη λειτουργίας 1.009%.
- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εντός της νέας λιμενολεκάνης (εξωτερική λιμενολεκάνη του νέου τμήματος σκαφών αναψυχής), δηλαδή οι ΠΕ II, III, IX, και X, παραμένουν λειτουργικές για το 97.826% του έτους. Το ποσοστό είναι ελαφρώς μικρότερο σε σχέση με αυτό των θέσεων εντός της υφιστάμενης λιμενολεκάνης. Συγκεκριμένα, μειώνεται, καθώς για το σενάριο κυματικής πρόσπτωσης 12 (με ύψος κύματος στα ανοιχτά 2 m, περίοδο 6.81 s και ετήσια συχνότητα εμφάνισης 1.165%), που αντιστοιχεί σε Νότια πρόσπτωση κυματισμών, οι θέσεις αυτές είναι εκτεθειμένες στη διαταραχή που προκαλείται εντός της λιμενολεκάνης του λιμένα λόγω ανακλάσεων. Οι πλωτοί κυματοθραύστες δεν απομειώνουν την εισερχόμενη κυματική ενέργεια (καθώς η περίοδος είναι μεγαλύτερη των 5 s) και συνεπώς το μέγιστο ύψος κυματισμού που εμφανίζεται σε αυτές τις θέσεις είναι οριακά ίσο ή μεγαλύτερο των ανεκτών ορίων. Σημαντική επίσης, για την αύξηση της διαταραχής σε αυτές τις θέσεις, είναι η συμβολή του κατακόρυφου μετώπου του υφιστάμενου Προβλήτα II (ΠΕ II και III), στον οποίο ανακλώνται οι κυματισμοί.

- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εκτός της νέας λιμενολεκάνης και συγκεκριμένα ΝΔ αυτής, δηλαδή οι ΠΕ Ι και XV, παραμένουν λειτουργικές περίπου για το 99% του έτους.
- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εκτός της νέας λιμενολεκάνης και συγκεκριμένα στην εξωτερική πλευρά των πλωτών κυματοθραυστών, δηλαδή οι ΠΕ XI και XII, παραμένουν λειτουργικές περίπου για 97.826% και 95.510% του έτους. Ειδικά για την περιοχή XII το ποσοστό λειτουργίας είναι μικρότερο αφενός επειδή βρίσκεται εκτός της λιμενολεκάνης που διαμορφώνουν οι πλωτοί κυματοθραύστες και αφετέρου επειδή είναι εγγύτερα του κατακόρυφου μετώπου του υφιστάμενου Προβλήτα III (προσήμενος μώλος του αλιευτικού καταφυγίου), στον οποίο ανακλώνται οι κυματισμοί.
- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εκτός της νέας λιμενολεκάνης και συγκεκριμένα στην εξωτερική πλευρά του κατακόρυφου μετώπου του υφιστάμενου Προβλήτα III (προσήμεμος μώλος του αλιευτικού καταφυγίου), δηλαδή οι ΠΕ XIII και XIV, είναι οι πλέον εκτεθειμένες περιοχές από όσες εξετάστηκαν με ποσοστό λειτουργίας στο έτος 94.345% ή διακοπή λειτουργίας περίπου 20 ημέρες το έτος. Οι συγκεκριμένες ΠΕ είναι εκτεθειμένες για όλα τα σενάρια κυματικής πρόσπτωσης που εξετάστηκαν από ΝΑ διεύθυνση και για τα περισσότερα από τη Ν διεύθυνση. Σημαντική επίσης, για την αύξηση της διαταραχής σε αυτές τις θέσεις, είναι η συμβολή του κατακόρυφου μετώπου του υφιστάμενου Προβλήτα III, στον οποίο ανακλώνται οι κυματισμοί.
- Οι πλωτοί κυματοθραύστες δεν είναι αποδοτικοί για περιόδους κυματισμών μεγαλύτερες των 5 s καθώς επιτρέπουν τη μετάδοση της κυματικής ενέργειας σε ποσοστό από 92% έως και 99% για τα σενάρια που εξετάστηκαν. Αντιθέτως σε περιόδους μικρότερες των 5 s είναι περισσότερο αποδοτικοί και κυρίως για περιόδους μικρότερες των 4 s. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα όπου για το σενάριο κυματικής πρόσπτωσης 5, από τη ΝΑ διεύθυνση (με ύψος κύματος στα ανοιχτά 1 m, περίοδο 3.58 s και ετήσια συχνότητα εμφάνισης 1.165%), όπου το ύψος κυματισμού στην εξωτερική πλευρά του κυματοθραύστη είναι 0.25m ενώ στην εσωτερική μειώνεται στα 0.15m, αποδίδοντας ένα συντελεστή μετάδοσης της κυματικής ενέργειας 60% και προστατεύοντας τις θέσεις παραβολής εντός της νέας λιμενολεκάνης.
- Σύμφωνα με την προσομοίωση του ακραίου γεγονότος, με μεγάλο ύψος προσπίπτοντος κυματισμού στα ανοιχτά της εισόδου του λιμένα, από τη Νότια διεύθυνση, προκύπτει ότι το μέγιστο εμφανιζόμενο ύψος κυματισμού στις θέσεις εγκατάστασης των πλωτών κυματοθραυστών είναι 2.5 m. Ύψος το οποίο, σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία των πλωτών κυματοθραυστών, είναι εντός των ανεκτών ορίων για να μην αστοχήσουν.

Πίνακας 10-2. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου Ι.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	E (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.02	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.13	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.24	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.25	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.09	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.45	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	0.93	0.25	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	0.97	0.25	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.35	0.25	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.12	0.25	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.15	0.25	0.36	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.30	0.25	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.65	0.25	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	0.80	0.25	0.30	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								1.000%
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								3.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								87.6

Πίνακας 10-3. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου II.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.14	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.31	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
4		2.50	5.82	0.008%	0.32	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.06	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.85	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1.33	0.30	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.44	0.30	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.6	0.30	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.16	0.30	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.32	0.30	0.36	ΔΙΑΚΟΠΗ
13		2.50	7.43	0.359%	0.48	0.30	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	1.3	0.30	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	0.9	0.30	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>2.174%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								7.9
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								190.4



Πίνακας 10-4. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου III.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.14	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.25	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
4		2.50	5.82	0.008%	0.38	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.07	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.9	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1	0.22	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.77	0.22	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.85	0.22	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.15	0.22	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.25	0.22	0.36	ΔΙΑΚΟΠΗ
13		2.50	7.43	0.359%	0.45	0.22	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.25	0.22	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	0.65	0.22	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>2.174%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								7.9
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								190.4

Πίνακας 10-5. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου IV.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.05	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.1	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.21	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.01	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.27	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	0.6	0.22	0.27	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.1	0.22	0.25	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.5	0.22	0.23	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.07	0.22	0.26	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.09	0.22	0.24	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.46	0.22	0.22	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.7	0.22	0.21	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1.05	0.22	0.20	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>0.992%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								3.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								86.9

Πίνακας 10-6. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου V.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.08	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.18	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.28	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.06	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.4	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	0.7	0.22	0.27	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.1	0.22	0.25	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.95	0.22	0.23	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.22	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.07	0.22	0.26	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.1	0.22	0.24	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.49	0.22	0.22	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.85	0.22	0.21	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1.05	0.22	0.20	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>1.000%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								3.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								87.6

Πίνακας 10-7. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου VI.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.08	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.2	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
4		2.50	5.82	0.008%	0.24	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.04	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.52	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1.05	0.20	0.27	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1	0.20	0.25	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.35	0.20	0.23	ΔΙΑΚΟΠΗ
10		1.00	4.42	23.413%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11	S (180° N)	1.50	6.35	2.760%	0.07	0.20	0.26	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.09	0.20	0.24	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.44	0.20	0.22	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.98	0.20	0.21	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1.1	0.20	0.20	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>1.009%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>3.7</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>88.4</b>

Πίνακας 10-8. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου VII.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.07	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.11	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.15	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.5	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	0.9	0.20	0.27	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	0.95	0.20	0.25	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1	0.20	0.23	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.06	0.20	0.26	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.08	0.20	0.24	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.3	0.20	0.22	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.8	0.20	0.21	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1	0.20	0.20	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>0.992%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								3.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								86.9

Πίνακας 10-9. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου VIII.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.09	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.11	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.2	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.07	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.54	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	0.81	0.20	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	0.95	0.20	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	0.85	0.20	0.29	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.08	0.20	0.32	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.09	0.20	0.30	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.28	0.20	0.28	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.6	0.20	0.26	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1.25	0.20	0.25	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>1.000%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								3.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								87.6



Πίνακας 10-10. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου ΙΧ.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.12	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.22	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
4		2.50	5.82	0.008%	0.42	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.15	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.87	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1.48	0.20	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.6	0.20	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.7	0.20	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.02	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.13	0.20	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.21	0.20	0.36	ΔΙΑΚΟΠΗ
13		2.50	7.43	0.359%	0.6	0.20	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	1.1	0.20	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1	0.20	0.30	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>2.174%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								7.9
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								190.4

Πίνακας 10-11. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου Χ.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.12	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.23	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
4		2.50	5.82	0.008%	0.36	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.12	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.6	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1	0.20	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.15	0.20	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.65	0.20	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.023	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.1	0.20	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.2	0.20	0.36	ΔΙΑΚΟΠΗ
13		2.50	7.43	0.359%	0.4	0.20	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.88	0.20	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1	0.20	0.30	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>2.174%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								7.9
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								190.4

Πίνακας 10-12. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου XI.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.03	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.12	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.28	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
4		2.50	5.82	0.008%	0.4	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.2	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.7	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	0.94	0.25	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.1	0.25	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.82	0.25	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.04	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.15	0.25	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.25	0.25	0.36	ΔΙΑΚΟΠΗ
13		2.50	7.43	0.359%	0.42	0.25	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.95	0.25	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1.2	0.25	0.30	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>2.174%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								7.9
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								190.4

Πίνακας 10-13. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου XII.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.02	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.13	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.24	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.36	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.3	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
6		1.50	5.23	0.285%	0.97	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1.33	0.25	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.7	0.25	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	2.2	0.25	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.04	0.25	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.18	0.25	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.22	0.25	0.36	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.52	0.25	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	1.05	0.25	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1.35	0.25	0.30	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>4.490%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								16.4
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								393.3

Πίνακας 10-14. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου XIII.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.02	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.1	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.15	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.4	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.45	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
6		1.50	5.23	0.285%	0.95	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1.3	0.30	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.7	0.30	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	2.5	0.30	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.04	0.30	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.18	0.30	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.4	0.30	0.36	ΔΙΑΚΟΠΗ
13		2.50	7.43	0.359%	0.6	0.30	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.98	0.30	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	1.3	0.30	0.30	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								5.655%
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								20.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								495.4

Πίνακας 10-15. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου XIV.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού (m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.05	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.08	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.2	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.25	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
6		1.50	5.23	0.285%	0.8	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	1.1	0.20	0.39	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	1.2	0.20	0.37	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.5	0.20	0.34	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.12	0.20	0.37	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.42	0.20	0.36	ΔΙΑΚΟΠΗ
13		2.50	7.43	0.359%	0.6	0.20	0.33	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	1.2	0.20	0.31	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	0.8	0.20	0.30	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								5.655%
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								20.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								495.4



Πίνακας 10-16. Μέσο ετήσιο ποσοστό λειτουργίας/ διακοπής των θέσεων παραβολής που ανήκουν στην Περιοχή Ελέγχου XV.

α/α Σεναρίου Κυματικής Πρόσπτωσης	Διεύθυνση διάδοσης κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα	Ύψος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Περίοδος κυματισμού ανοιχτά του Λιμένα (m)	Μέσο ετήσιο ποσοστό εμφάνισης κυματισμού (%)	Μέγιστο ύψος κυματισμού(m) από τις προσομοιώσεις στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) στην ΠΕ	Ανεκτό όριο ύψους κυματισμού (m) για οριζόντια κίνηση 0.30 m στην ΠΕ	Έλεγχος ικανοποίησης κριτηρίων και Λειτουργίας/ Διακοπής στην ΠΕ
1	Ε (90° N)	1.00	3.13	2.460%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
2		1.50	4.84	0.035%	0.08	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
3		2.00	5.42	0.009%	0.1	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
4		2.50	5.82	0.008%	0.22	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
5	SE (135° N)	1.00	3.58	3.490%	0.08	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
6		1.50	5.23	0.285%	0.25	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΔΙΑΚΟΠΗ
7		2.00	5.99	0.125%	0.65	0.20	0.27	ΔΙΑΚΟΠΗ
8		2.50	6.55	0.064%	0.9	0.20	0.25	ΔΙΑΚΟΠΗ
9		3.00	7.2	0.033%	1.3	0.20	0.23	ΔΙΑΚΟΠΗ
10	S (180° N)	1.00	4.42	23.413%	0.01	0.20	Δεν εφαρμόζεται	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
11		1.50	6.35	2.760%	0.1	0.20	0.26	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
12		2.00	6.81	1.165%	0.12	0.20	0.24	ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ
13		2.50	7.43	0.359%	0.45	0.20	0.22	ΔΙΑΚΟΠΗ
14		3.00	8.16	0.096%	0.7	0.20	0.21	ΔΙΑΚΟΠΗ
15		3.50	8.46	0.031%	0.8	0.20	0.20	ΔΙΑΚΟΠΗ
ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΟΣΟΣΤΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								<b>1.000%</b>
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΗΜΕΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								3.6
ΔΙΑΚΟΠΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΣΕ ΩΡΕΣ ΣΤΟ ΕΤΟΣ :								87.6

Πίνακας 10-17. Συγκεντρωτικός πίνακας μέσου ετήσιου ποσοστού διακοπής λειτουργίας για κάθε Περιοχή Ελέγχου.

Περιοχή Ελέγχου	Μήκος σκαφών αναψυχής που φιλοξενεί (m)	Ανεκτό όριο ύψους κύματος (m)	Συνολικό ποσοστό διακοπής λειτουργίας στο έτος	Διακοπή λειτουργίας σε ημέρες στο έτος	Διακοπή λειτουργίας σε ώρες στο έτος
I	30	0.25	1.000%	3.6	87.6
II	40	0.30	2.174%	7.9	190.4
III	25	0.22	2.174%	7.9	190.4
IV	25	0.22	0.992%	3.6	86.9
V	25	0.22	1.000%	3.6	87.6
VI	18	0.20	1.009%	3.7	88.4
VII	18	0.20	0.992%	3.6	86.9
VIII	18	0.20	1.000%	3.6	87.6
IX	18	0.20	2.174%	7.9	190.4
X	18	0.20	2.174%	7.9	190.4
XI	30	0.25	2.174%	7.9	190.4
XII	30	0.25	4.490%	16.4	393.3
XIII	40	0.30	5.655%	20.6	495.4
XIV	18	0.20	5.655%	20.6	495.4
XV	18	0.20	1.000%	3.6	87.6

## 11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα **βασικά συμπεράσματα** από την διερεύνηση της υφιστάμενης διάταξης (**DN**) είναι τα ακόλουθα:

- Οι μεγαλύτεροι και οι συχνότερα εμφανιζόμενοι κυματισμοί προσιπτούν από τη Νότια διεύθυνση, ακολουθεί η ΝΑ διεύθυνση και τέλος η Α.
- Παρατηρείται ότι οι κυματισμοί από ΝΑ και Ν διευθύνσεις διεισδύουν στη λιμενολεκάνη και δημιουργούν διαταραχή εντός αυτής αλλά και κυματισμοί με μεγάλο ύψος από την Α διεύθυνση μπορούν να προκαλέσουν διαταραχή. Οι μεγαλύτεροι κυματισμοί στα ανοιχτά, ως αναμενόταν, δημιουργούν και μεγαλύτερη διαταραχή εντός αυτής καθώς το φαινόμενο της ανάκλασης στα κατακόρυφα μέτωπα συμβάλει σημαντικά.
- Ειδικά για το τμήμα σκαφών αναψυχής οι κυματισμοί που προσιπτούν από ΝΑ διεύθυνση προκαλούν και τη μεγαλύτερη διαταραχή στην περιοχή αυτή και ακολουθούν οι Νότιοι, ως αναμενόταν έχοντας υπόψη τον προσανατολισμό της εισόδου του λιμένα.
- Υπάρχει μερική απομείωση της προσιπτούσας κυματικής ενέργειας στα κατακόρυφα μέτωπα των απορροφητικών κρηπιδότοιχων καθώς και στα πρανή με φ.ο.
- Εκτός του λιμένα, στις παρακείμενες ακτές, παρατηρείται, όπως ήταν αναμενόμενο, ότι τα ύψη κυματισμών μειώνονται προς τα ρηχά έως και μηδενίζονται μόλις φτάνουν την ακτογραμμή λόγω του φαινομένου της θραύσης. Η μέση διεύθυνση διάδοσης των κυματισμών τείνει να γίνει κάθετη προς την ακτογραμμή όσο κατευθυνόμαστε προς τα ρηχά, λόγω του φαινομένου της διάθλασης. Στις περιοχές με βραχώδη ακτογραμμή παρατηρείται μερική ανάκλαση των κυματισμών που δεν επηρεάζουν σημαντικά το ευρύτερο κυματικό πεδίο της περιοχής.

Τα **βασικά συμπεράσματα** από τη διερεύνηση της Διάταξης **W1**, είναι τα ακόλουθα:

- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εντός της υφιστάμενης λιμενολεκάνης (εσωτερική λιμενολεκάνη του νέου τμήματος σκαφών αναψυχής), δηλαδή **οι ΠΕ IV, V, VI, VII και VIII, παραμένουν λειτουργικές περίπου για το 99% του έτους.**
- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εντός της νέας λιμενολεκάνης (εξωτερική λιμενολεκάνη του νέου τμήματος σκαφών αναψυχής), δηλαδή **οι ΠΕ II, III, IX, και X, παραμένουν λειτουργικές για το 97.826% του έτους.** Το ποσοστό είναι ελαφρώς μικρότερο σε σχέση με αυτό των θέσεων εντός της υφιστάμενης λιμενολεκάνης.
- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εκτός της νέας λιμενολεκάνης και συγκεκριμένα ΝΔ αυτής, δηλαδή **οι ΠΕ I και XV, παραμένουν λειτουργικές περίπου για το 99% του έτους.**
- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εκτός της νέας λιμενολεκάνης και συγκεκριμένα **στην εξωτερική πλευρά των πλωτών κυματοθραυστών, δηλαδή οι ΠΕ XI και XII, παραμένουν λειτουργικές περίπου για 97.826% και 95.510% του έτους.**
- Οι θέσεις παραβολής που βρίσκονται εκτός της νέας λιμενολεκάνης και συγκεκριμένα στην εξωτερική πλευρά του κατακόρυφου μετώπου του υφιστάμενου Προβλήτα III (προσήνεμος μώλος του αλιευτικού καταφυγίου), δηλαδή **οι ΠΕ XIII και XIV, είναι οι πλέον εκτεθειμένες περιοχές από όσες εξετάστηκαν με ποσοστό λειτουργίας στο έτος 94.345% ή διακοπή λειτουργίας περίπου 20 ημέρες το έτος.**
- **Οι πλωτοί κυματοθραύστες δεν είναι αποδοτικοί για περιόδους κυματισμών μεγαλύτερες των 5 s** καθώς επιτρέπουν τη μετάδοση της κυματικής ενέργειας σε ποσοστό από 92% έως και 99% για

τα σενάρια που εξετάστηκαν. **Αντιθέτως σε περιόδους μικρότερες των 5 s είναι περισσότερο αποδοτικοί και κυρίως για περιόδους μικρότερες των 4 s.**

- Σύμφωνα με την προσομοίωση του ακραίου γεγονότος, με μεγάλο ύψος προσπίπτοντος κυματισμού στα ανοιχτά της εισόδου του λιμένα, από τη Νότια διεύθυνση, προκύπτει ότι **το μέγιστο εμφανιζόμενο ύψος κυματισμού στις θέσεις εγκατάστασης των πλωτών κυματοθραυστών είναι 2.5 m.** Ύψος το οποίο, σύμφωνα με την κατασκευάστρια εταιρεία των πλωτών κυματοθραυστών, είναι εντός των ανεκτών ορίων για να μην αστοχήσουν.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

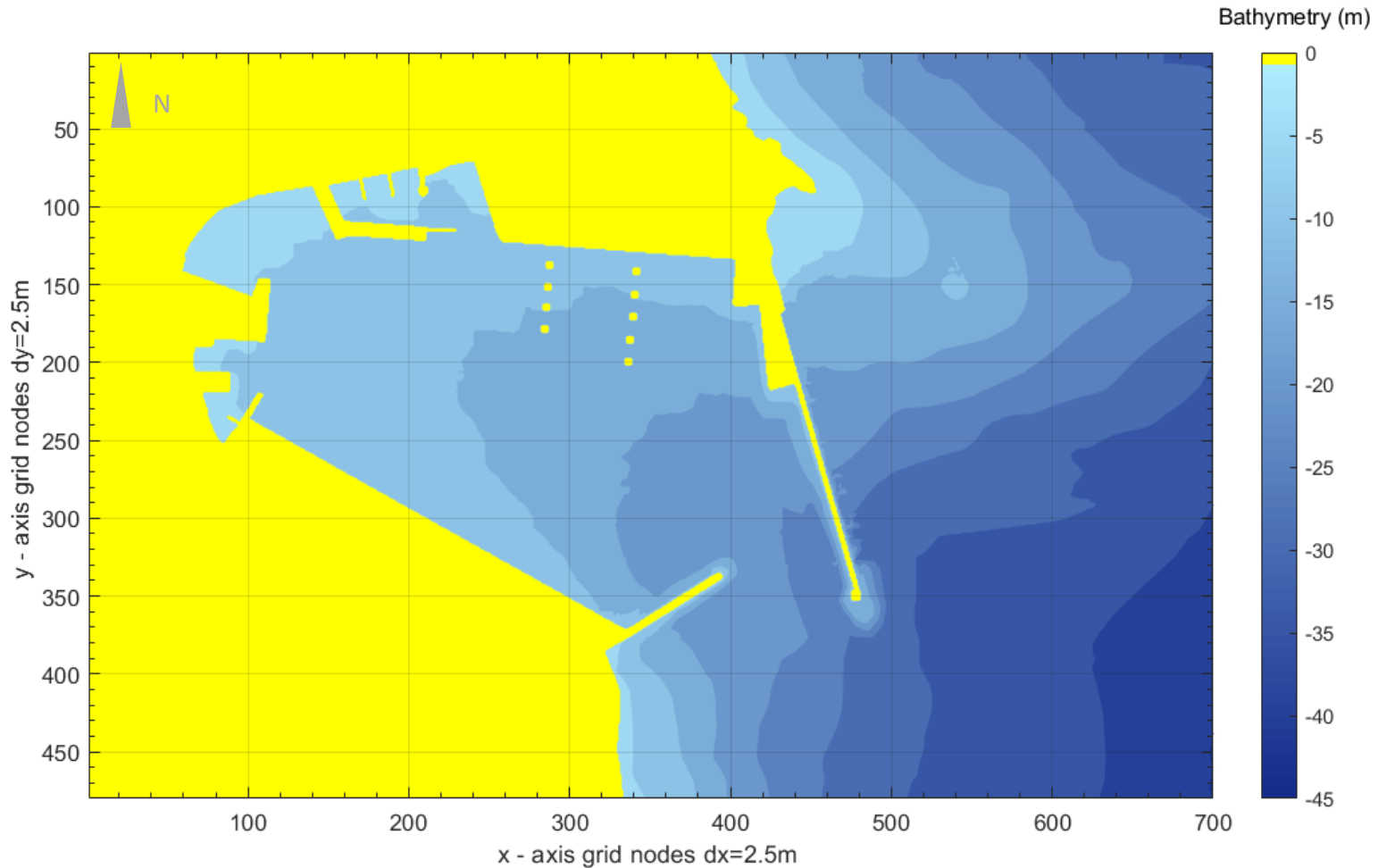
- Berkhoff J C W. (1972). Computation of combined refraction-diffraction. Proc 13th Conf on Coastal Eng, Vancouver, Canada, 471–490
- Biesheuvel A.C. *Effectiveness of Floating Breakwaters - Wave attenuating floating structures*. MSc Thesis. Delft University of Technology, 2013.
- Brebner A. and Ofuya A.O. Floating breakwaters. *In Proceedings of 11th conference on Coastal Engineering*, pp. 1055-1094, 1968.
- Booij N. (1981). Gravity waves on water with non-uniform depth and current. Report n 81-1, Delft University of Tech, Dept Civil Eng Chamberlain P G, Porter D. 1995. The modified of mild-slope equation. *J Fluid Mech.*, 291: 393–407
- CEM, (2008). Coastal Engineering Manual. Coast. Eng. Res. Centre, US Army Corps Eng.
- Chondros, M.K., Metallinos, A., Papadimitriou, A., and Memos, C.D. (2019). Advanced numerical models for the simulation of wave fields, 1st International Scientific Conference on Design and Management of Harbor, Coastal and Offshore Works. Athens, Greece, 8 to 11 May, 2019
- Chondros, M.K., Metallinos, A.S., Memos, C.D., Karambas, Th,V., Papadimitriou, A.G. (2019). Concerted nonlinear mild-slope wave models for enhanced simulation of coastal processes. *Applied mathematical modeling* (under review)
- Chondros, M.K. and Memos, C.D. (2014). A 2DH Nonlinear Boussinesq Wave Model of Improved Dispersion, Shoaling, and Wave Generation Characteristics, *Coastal Engineering*, Vol.91, pp. 99-122
- Galiatsatou, P. and Prinos, P. (2014). Analysing the Effects of Climate Change on Wave Height Extremes in the Greek Seas. ICHE 2014, Hamburg
- Gesraha M.R. Analysis of shaped floating breakwater in oblique waves: I. impervious rigid wave boards. *Applied Ocean Research*, 28(5):327-338, 2006.
- Hiraishi, T., Atsumi, Y., Kunita, A. and Sekiguchi, S. (1997): “Observation of Long Period Wave and Ship Motion in Tomakomai-port”, *Proceedings of the Seventh (1997) International Offshore and Polar Engineering Conference*, May 25-30, 1997, Honolulu, Hawaii.
- Karambas, T., Christopoulos, S. and Avgeris, I. (2010). HARBOUR\_L: Integrated mathematical model for the design of harbor works. 5th Pan-Hellenic Conf. of Harbour Works, Athens, Greece.
- Karambas Th., E. Koutandos, N. Kampanis, (2013). Numerical simulation of wave induced morphology evolution. *Maritime Engineering Journal*, 166 (3), 113 –124. [doi.org/10.1680/maen.07.00008](https://doi.org/10.1680/maen.07.00008)
- Krestenitis YN, Androulidakis Y, Kombiadou K, Makris Ch, Baltikas V, Kalantzi G (2013). Operational oceanographic forecasts in the Thermaikos gulf: The WaveForUs project, *Proceedings of the 12th International Conference on Protection and Restoration of the Environment*, Vol.29, pp. 313-318.
- Macagno E. Wave action in a flume containing a submerged culvert. *La Houille Blanche*, 1954.
- Mamoutos, G., Tragou, E., Kakagiannis, G., 2014. Mean sea level changes in the Greek Seas. In 6th Panhellenic Conference in Management and Improvement of Coastal Zones, November 2014, Athens, Greece, pp. 335-344
- Massel S. R. (1993). Extended refraction diffraction equation for surfer wave. *Coastal Eng*, 19: 97–26
- Metallinos, A.S, Chondros, M.K, Karambas, Th., Memos, C.D Papadimitriou, A. (2019). “Advanced Numerical Models for Wave Disturbance Simulation in Port Basins”, 1st International Scientific Conference on Design and Management of Harbor, Coastal and Offshore Works. Athens, Greece, 8 to 11 May.
- Pena E., Ferreras J., and Sanchez-Tembleque F. Experimental study on wave transmission coefficient, mooring lines and module connector forces with different designs of floating breakwaters. *Ocean Engineering*, 38(10):1150-1160, 2011.




- PIANC (1995): “Criteria for Movements of Moored Ships in Harbors, a Practical Guide”, Report of Working Group no. 24, Supplement to Bulletin N° 88.
- PIANC (2016): “Guidelines for Marina Design”, Report N° 149/part II, Recreational Navigation Commission.
- Ruol P., Martinelli L., and Pezzutto P. Formula to predict transmission for pi-type floating breakwaters. *Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering*, 139(1):1-8, 2013a.
- Ruol P., Martinelli L., and Pezzutto P. Limits of the new transmission formula for pi-type floating breakwaters. *Coastal Engineering Proceedings*, 1(33): 47, 2013b.
- Shore Protection Manual, (1984). 4th ed., 2 Vols., US Army Engineer Waterways Experiment Station, Coastal Engineering Research Center, US Government Printing Office, Washington, DC, Chapter 3, pp. 24-66.
- Smith, J.M. (1991). Wind-Wave Generation on Restricted Fetches, Miscellaneous Paper CERC-91-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Thoresen C. A. (2003). *Port Designer's Handbook: Recommendations and Guidelines*. Thomas Telford, London
- Tsimplis, M. N., Calafat, F. M., Marcos, M., Jordà, G., Gomis, D., Fenoglio-Marc, L., Struglia, M. V., Josey, S. A., and Chambers, D. P. (2013). The effect of the NAO on sea level and on mass changes in the Mediterranean Sea, *J. Geophys. Res. Oceans*, 118, 944– 952, doi:[10.1002/jgrc.20078](https://doi.org/10.1002/jgrc.20078).
- Καραμπάς Θ., Κρεσενίτης Γ., και Κουτίτας Χρ. *Ακτομηχανική – Έργα Προστασίας Ακτών*. ΣΕΑΒ, 2015.

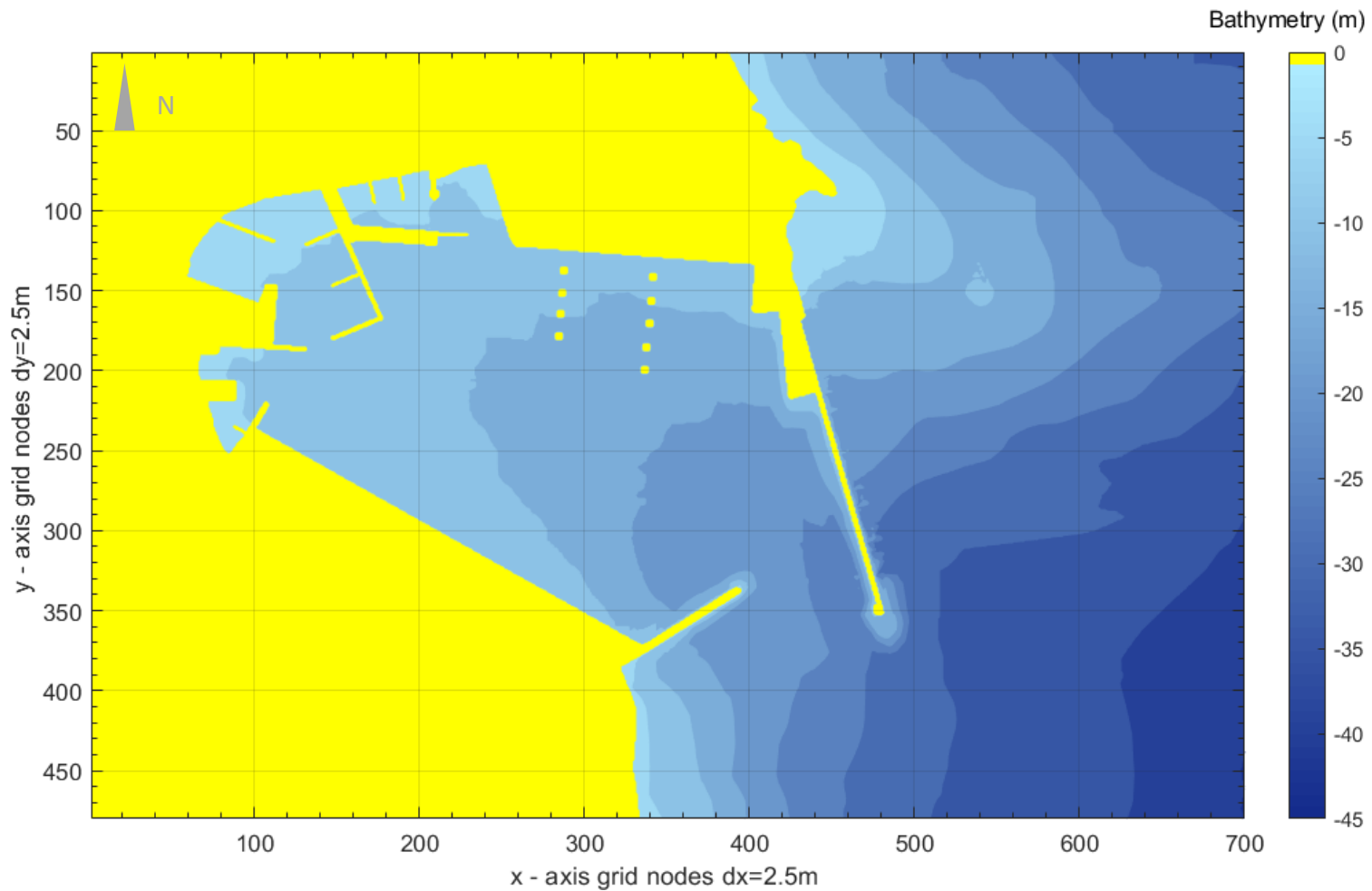





**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ**

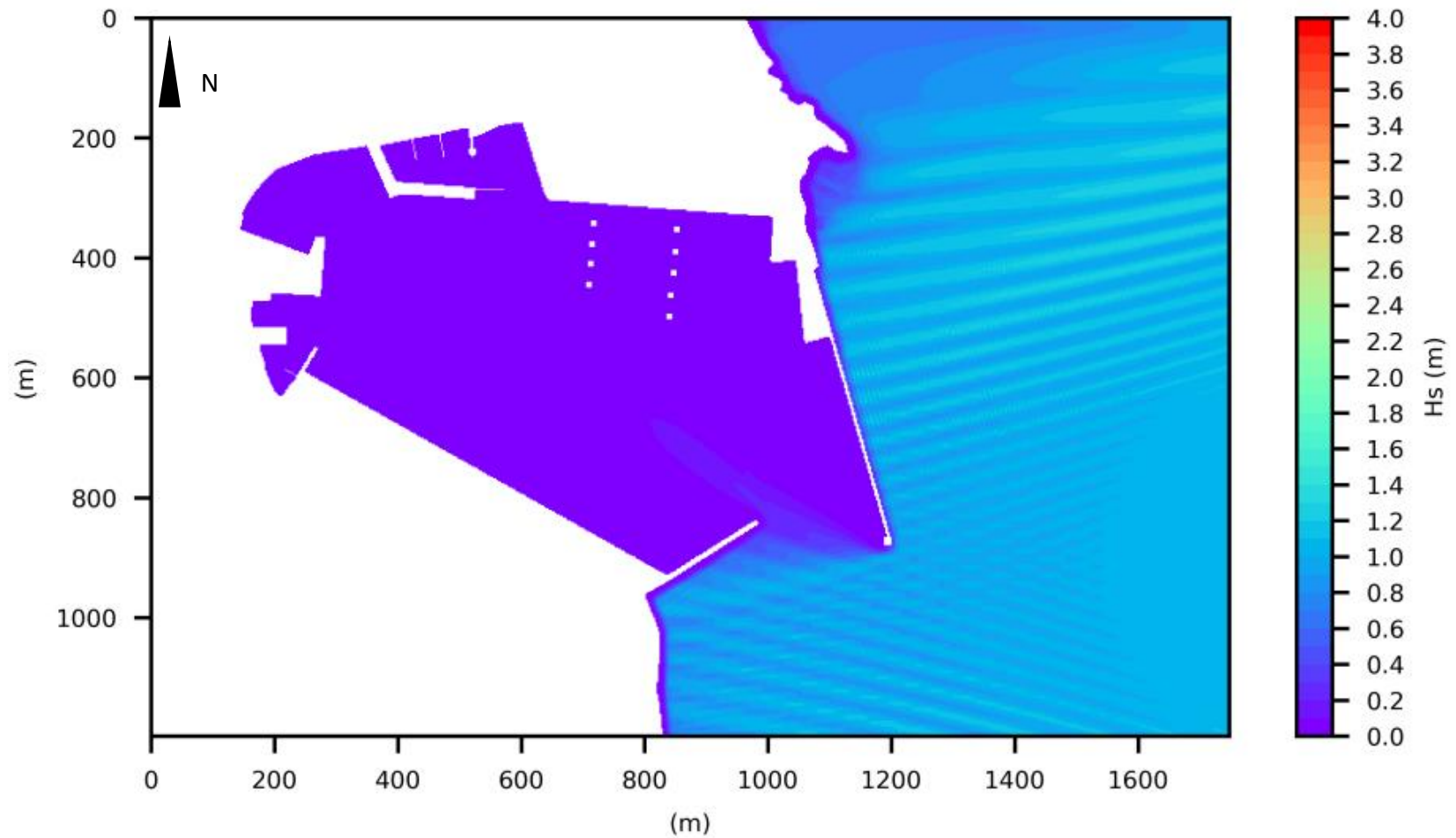
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ**






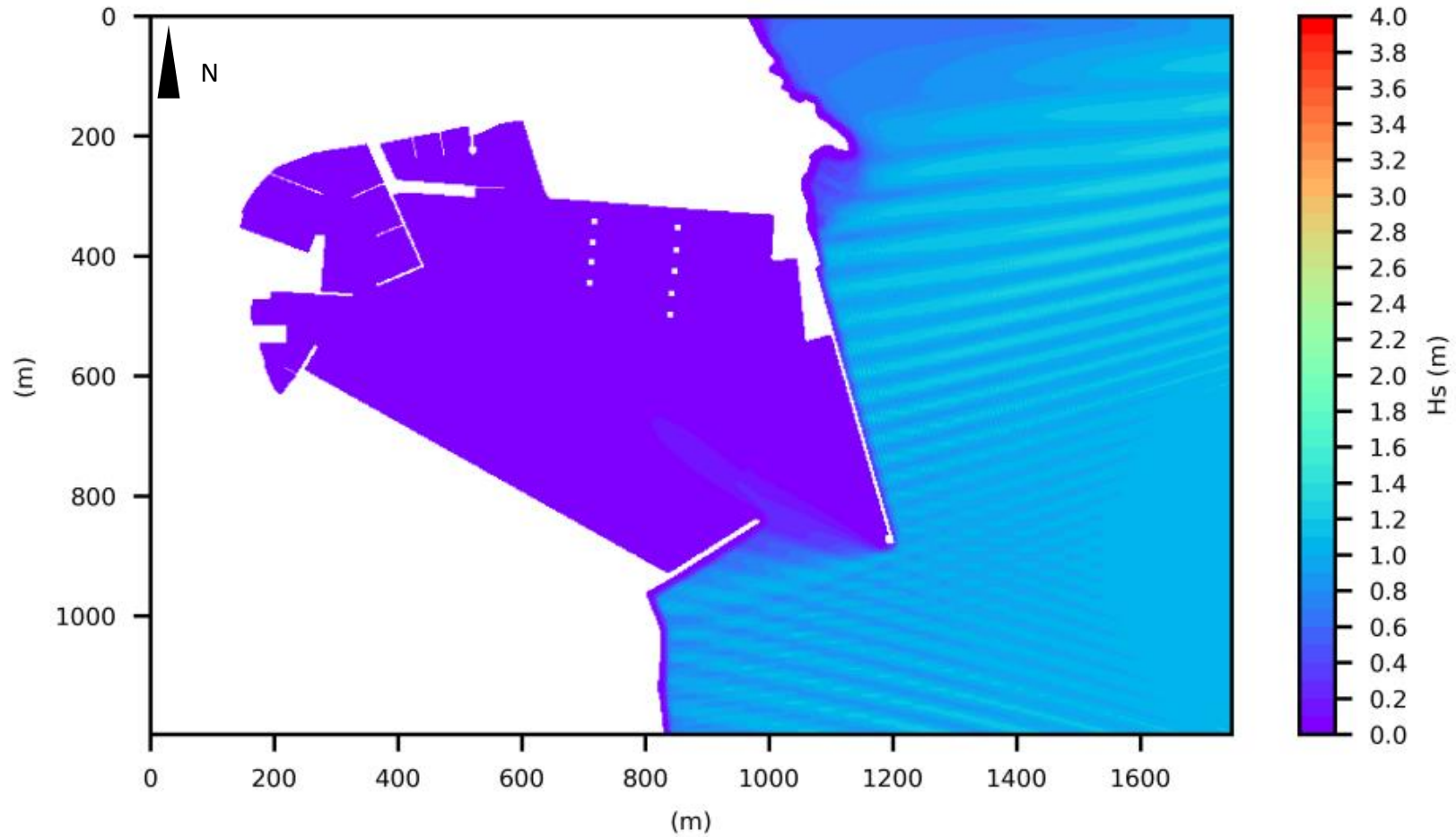
<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p><b>Optimum Value</b> Financial &amp; Business Advisors</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>BATH_DN</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> BTG developed by</p>  <p><b>scientia maris</b></p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Grid of equal spatial steps <math>dx=dy=2.5m</math> representing bathymetry of “Do Nothing” Alternative</p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Bathymetry grid</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε.</p>		<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>






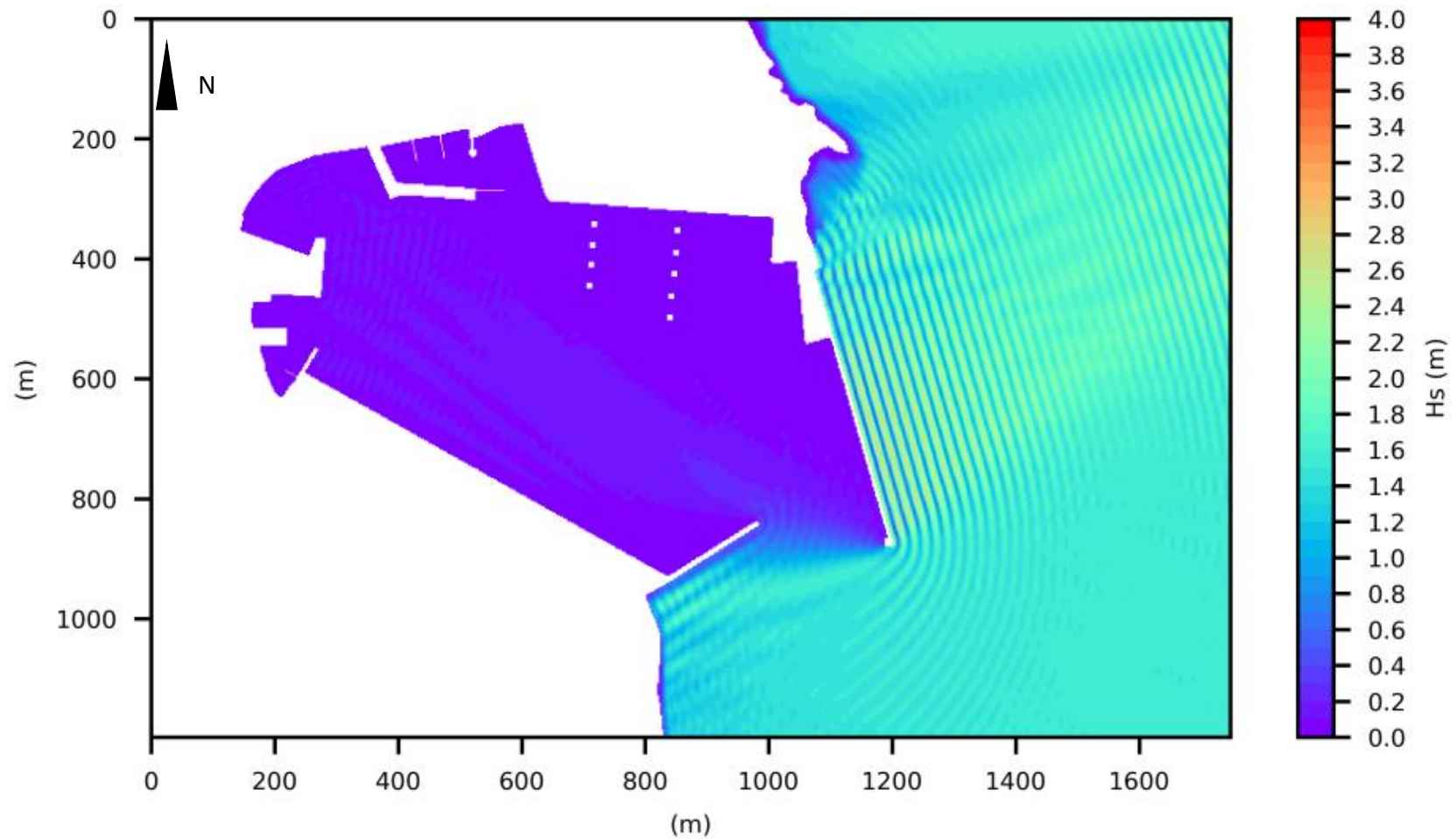
<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p><b>Optimum Value</b> Financial &amp; Business Advisors</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>BATH_W1</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> BTG developed by</p>  <p><b>scientia maris</b></p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Grid of equal spatial steps dx=dy=2.5m representing bathymetry of “W1” Alternative</p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Bathymetry grid</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 		<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>






<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Business Analytics</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_1</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.00\text{m}</math>, <math>T_p = 3.13\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

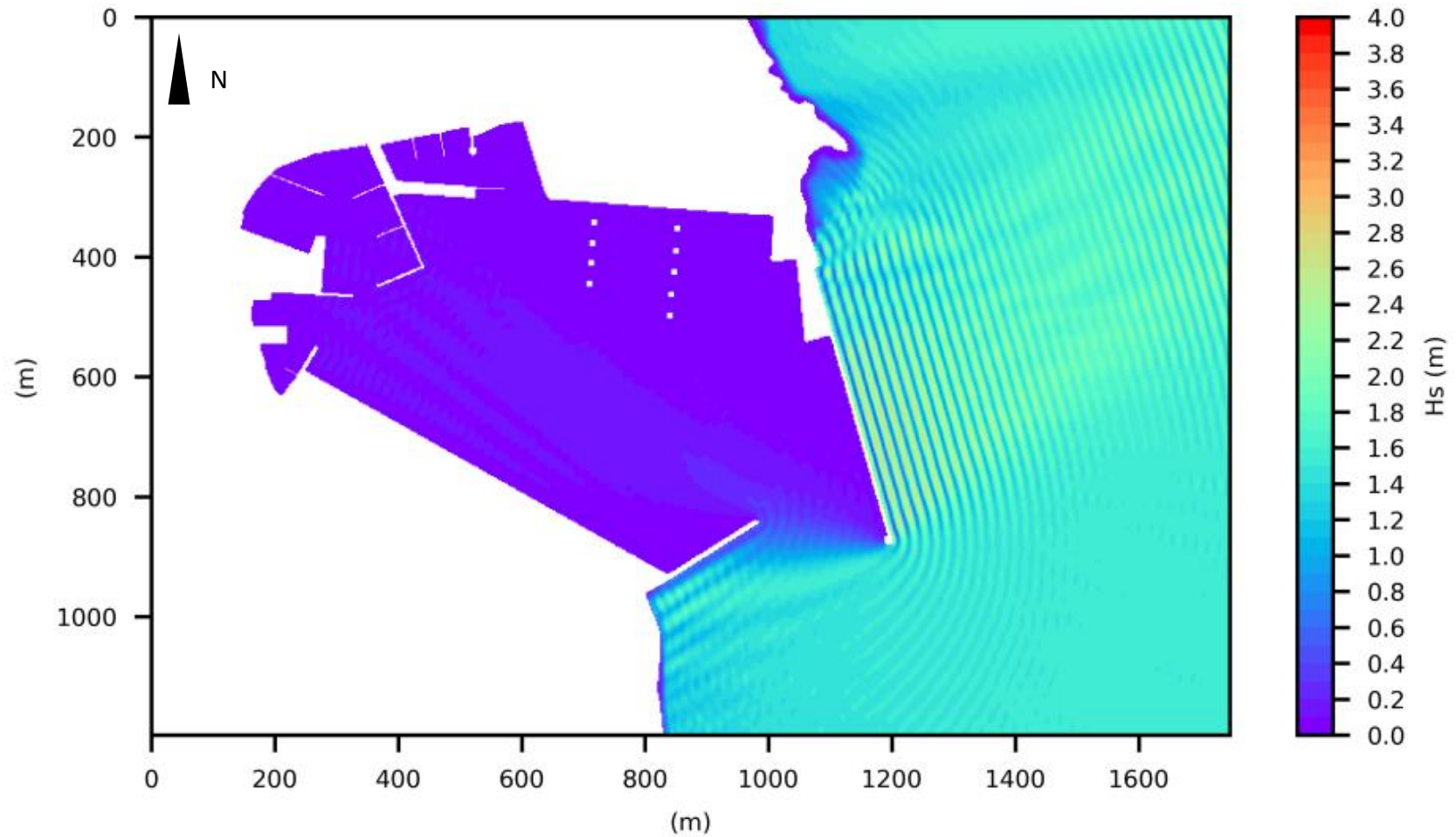





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική Αντιμετώπιση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_1</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.00\text{m}</math>, <math>T_p = 3.13\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>



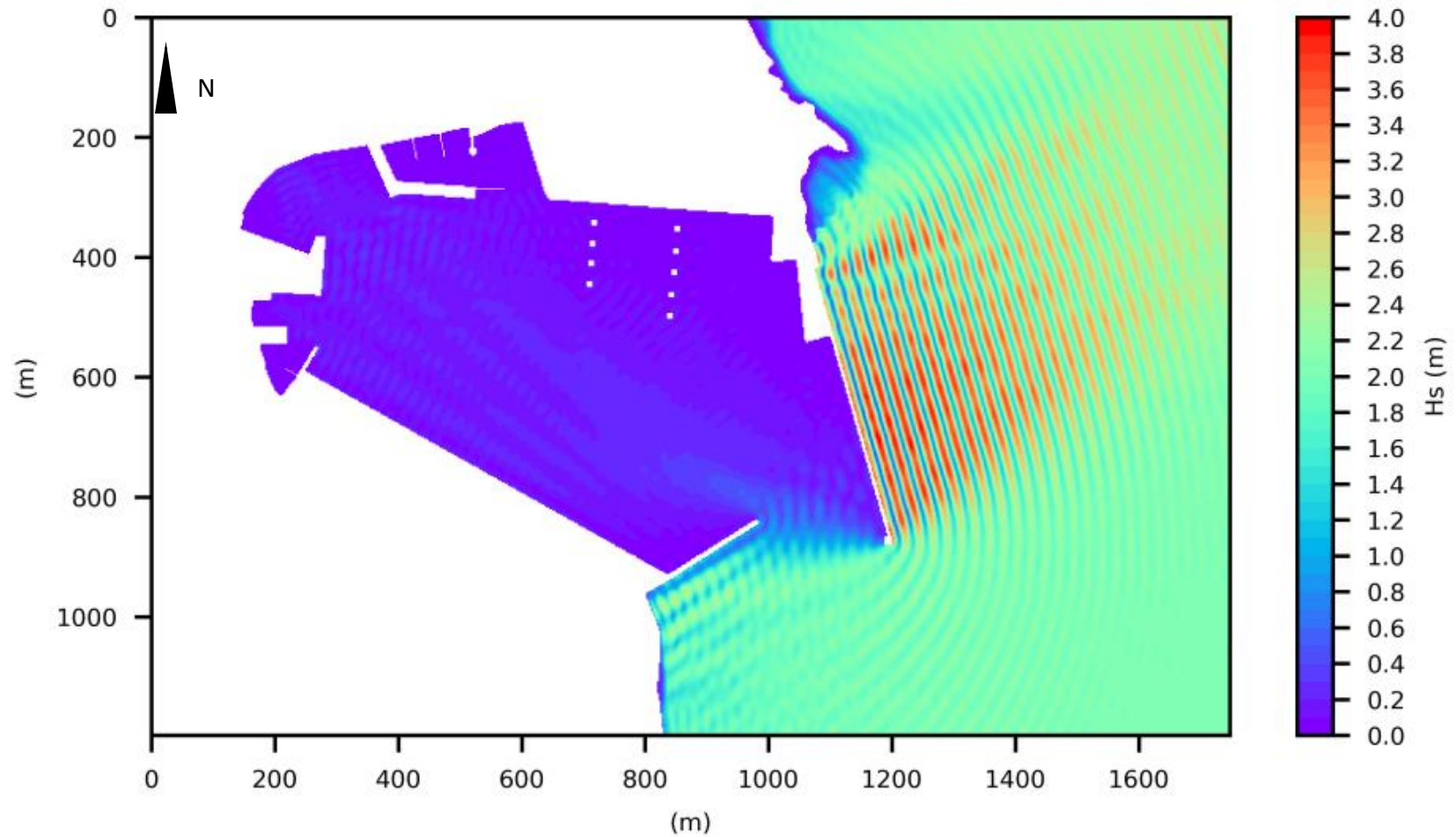
<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_2</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.50\text{m}</math>, <math>T_p = 4.84\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>






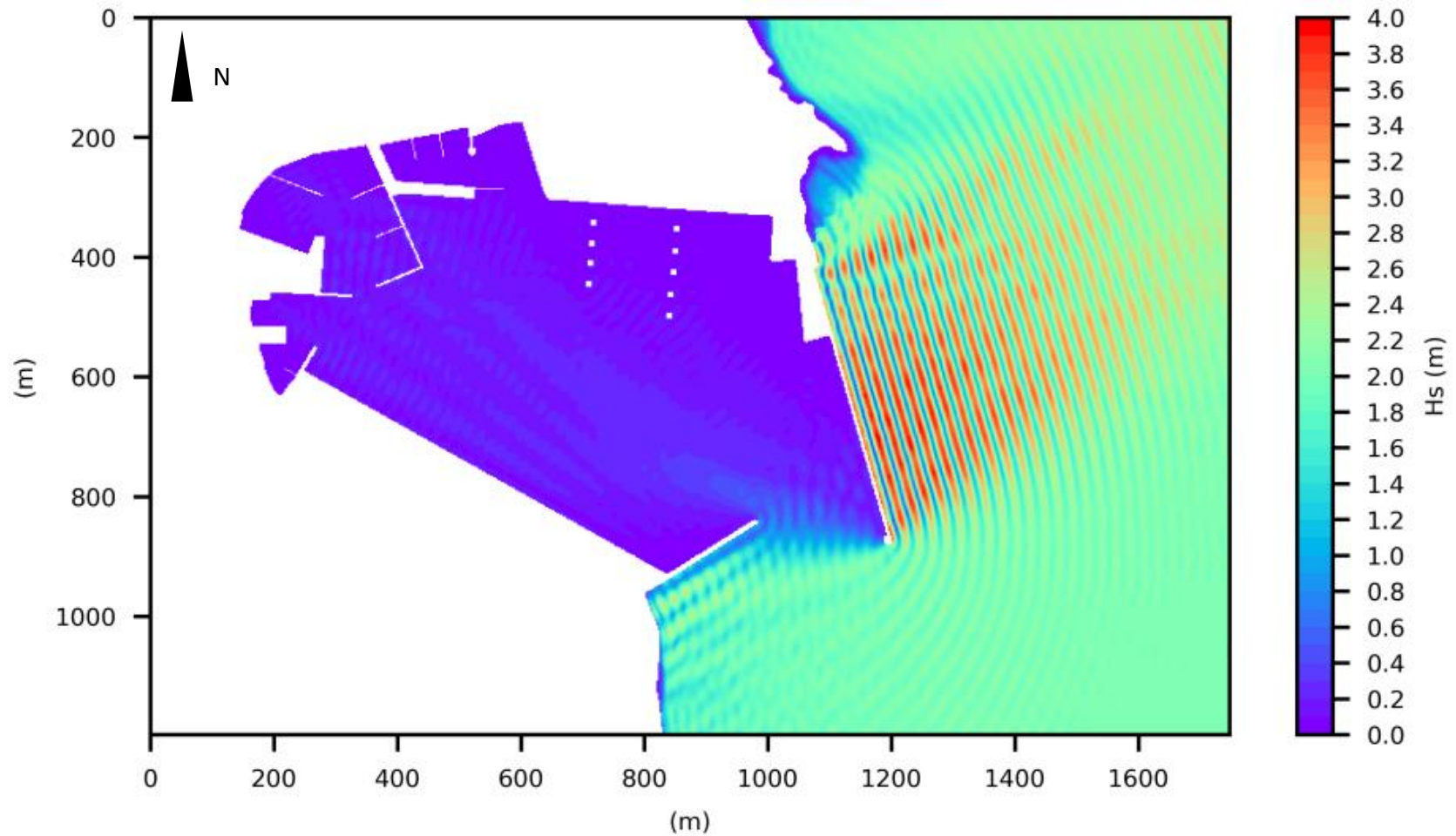





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_2</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.50\text{m}</math>, <math>T_p = 4.84\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

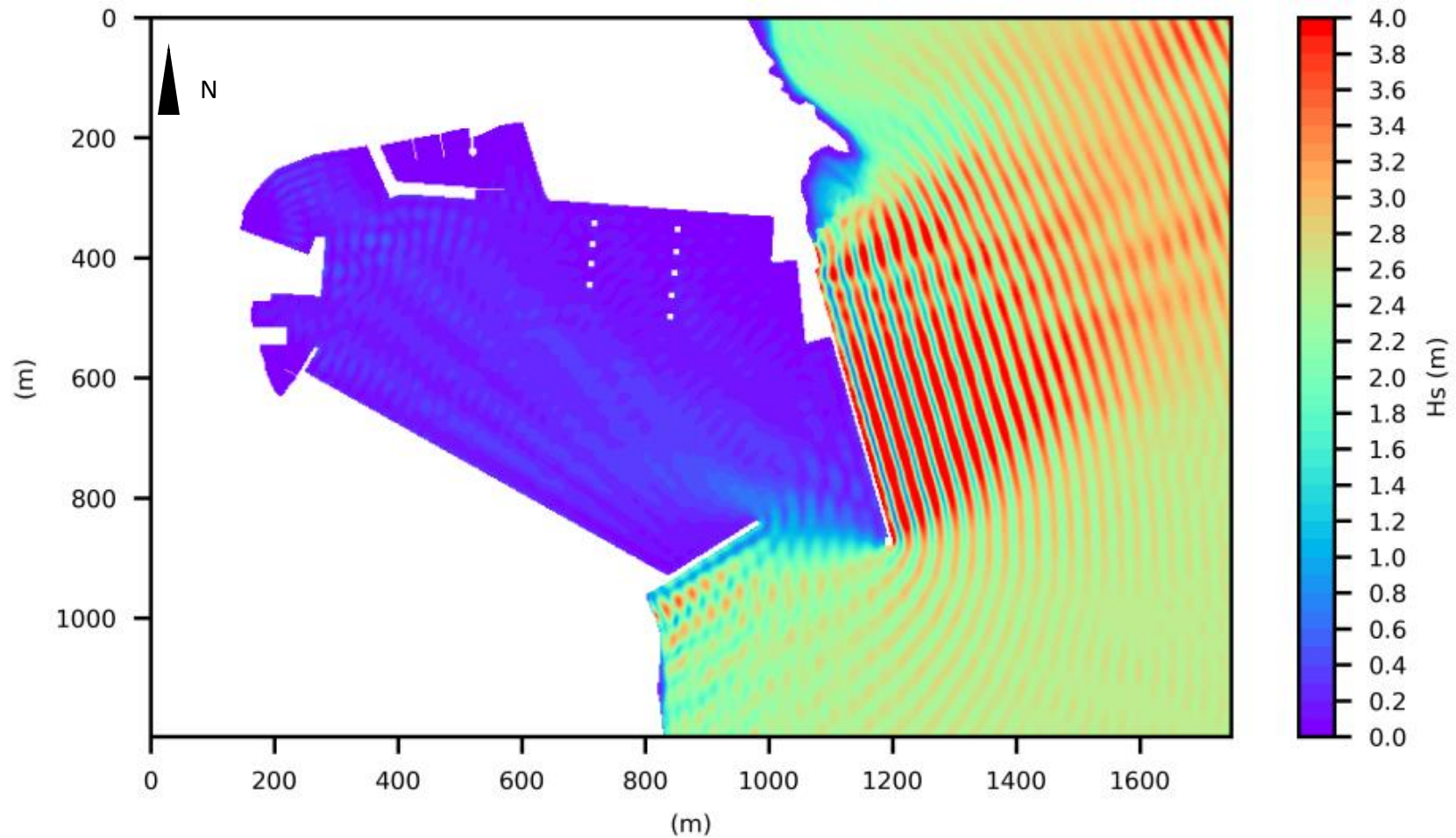







<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Βιομηχανική Ανάλυση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_3</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.00\text{m}</math>, <math>T_p = 5.42\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

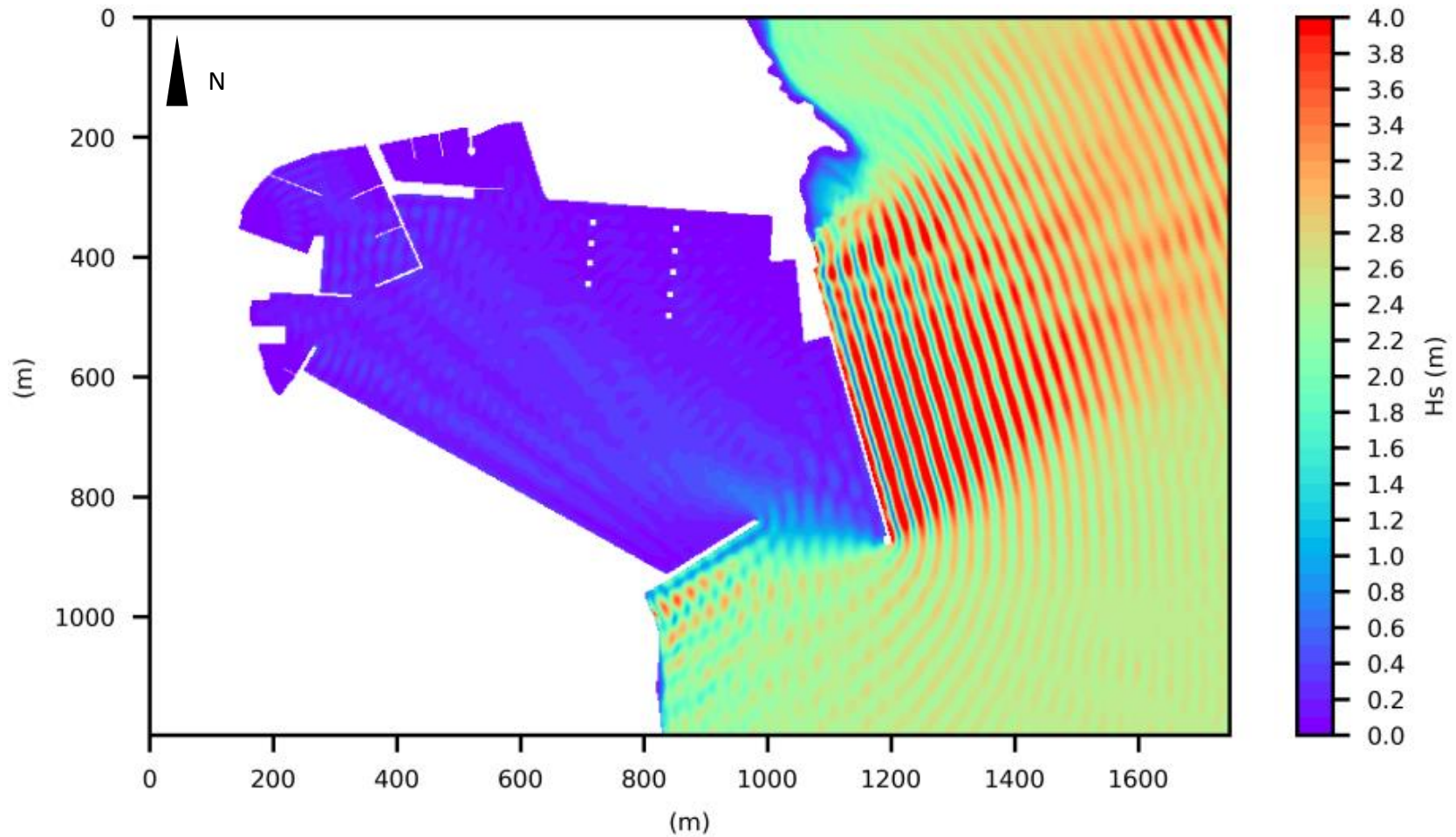





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_3</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.00\text{m}</math>, <math>T_p = 5.42\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

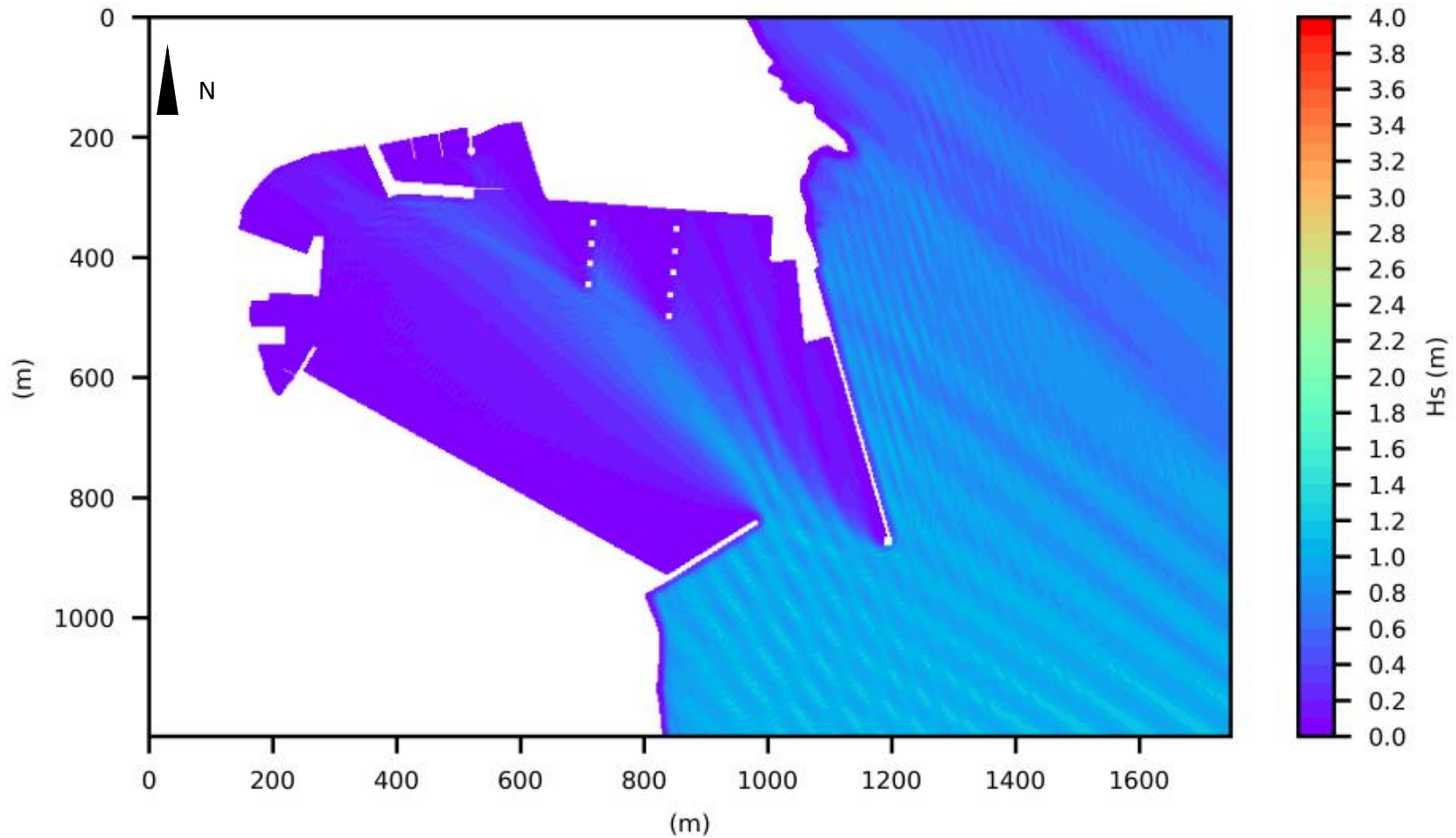





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> WV_DN_4</p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.50\text{m}</math>, <math>T_p = 5.82\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

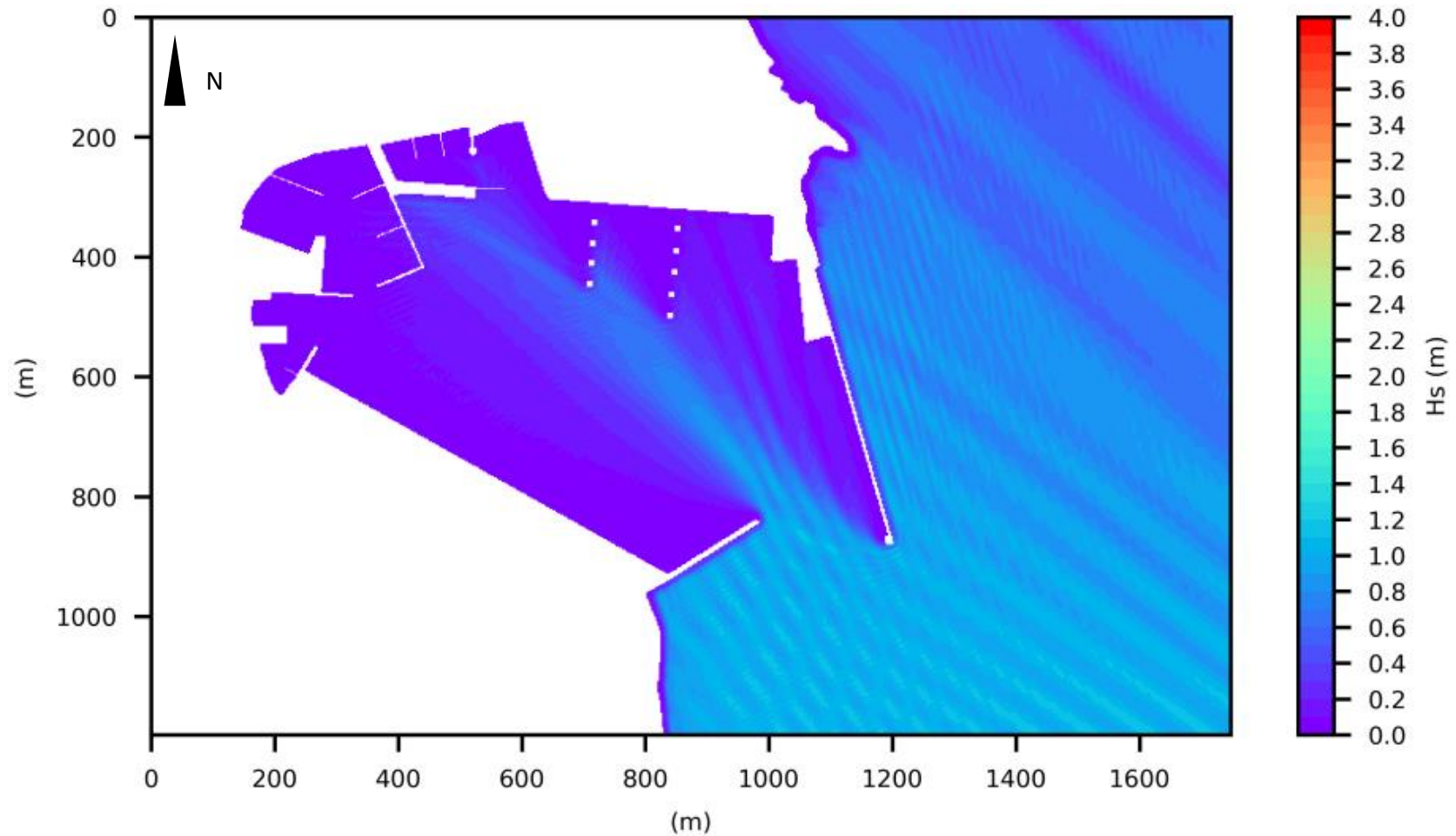







<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_4</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.50\text{m}</math>, <math>T_p = 5.82\text{s}</math>, <math>MWaveDir = E (90^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

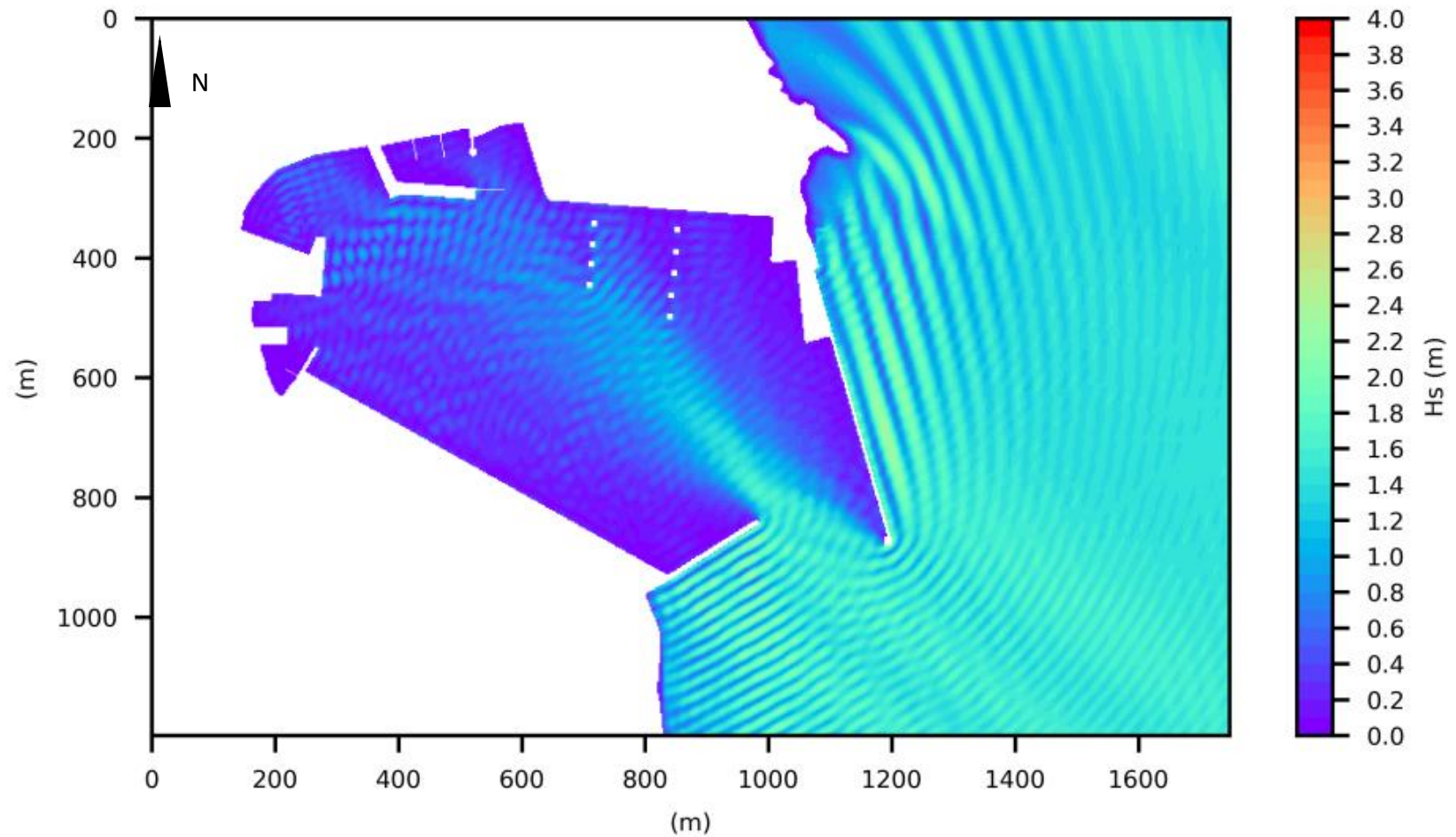





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική Αντιμετώπιση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_5</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.00\text{m}</math>, <math>T_p = 3.58\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λαυρίου Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>



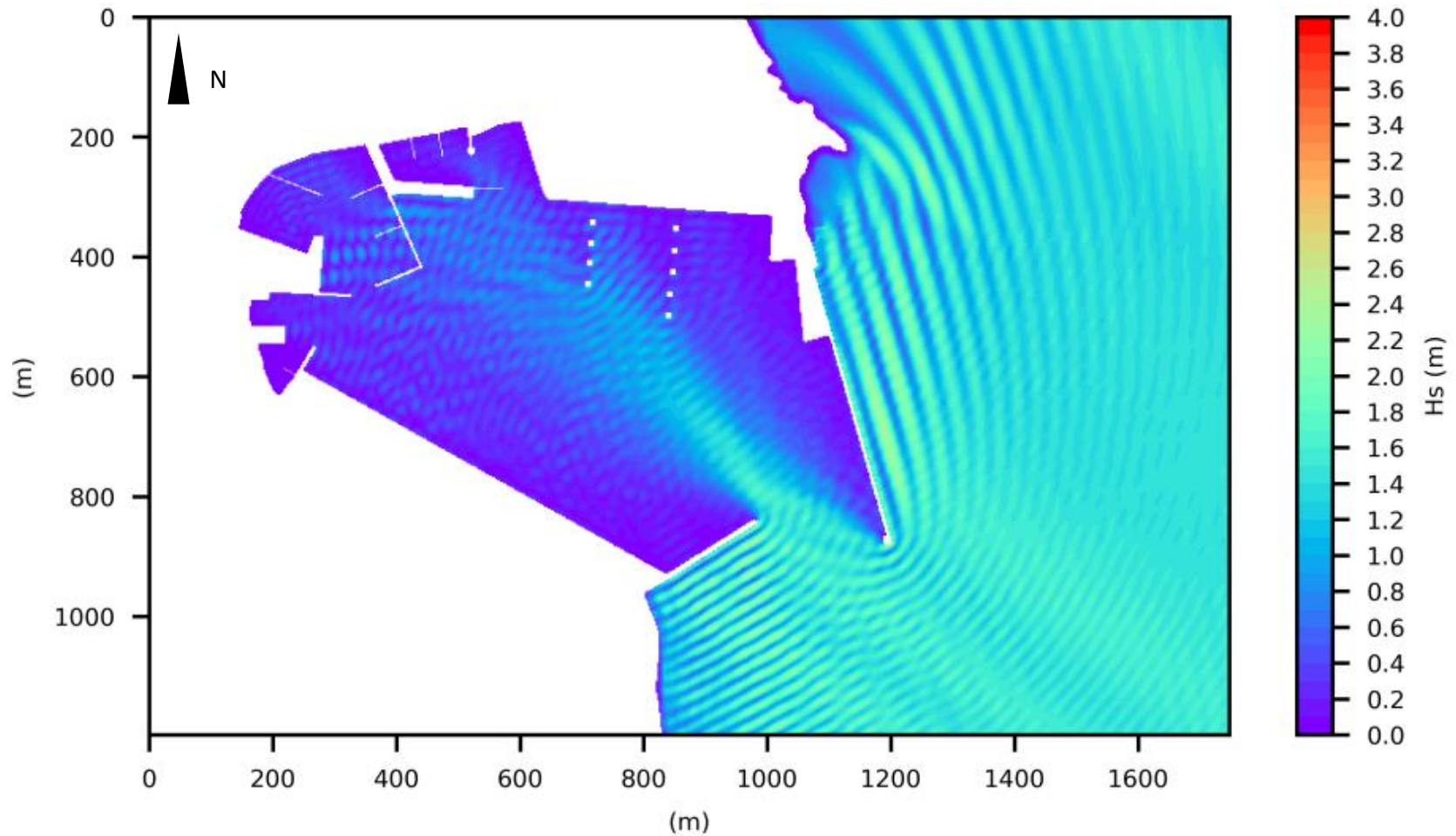
<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Business Analytics</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_5</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.00\text{m}</math>, <math>T_p = 3.58\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>






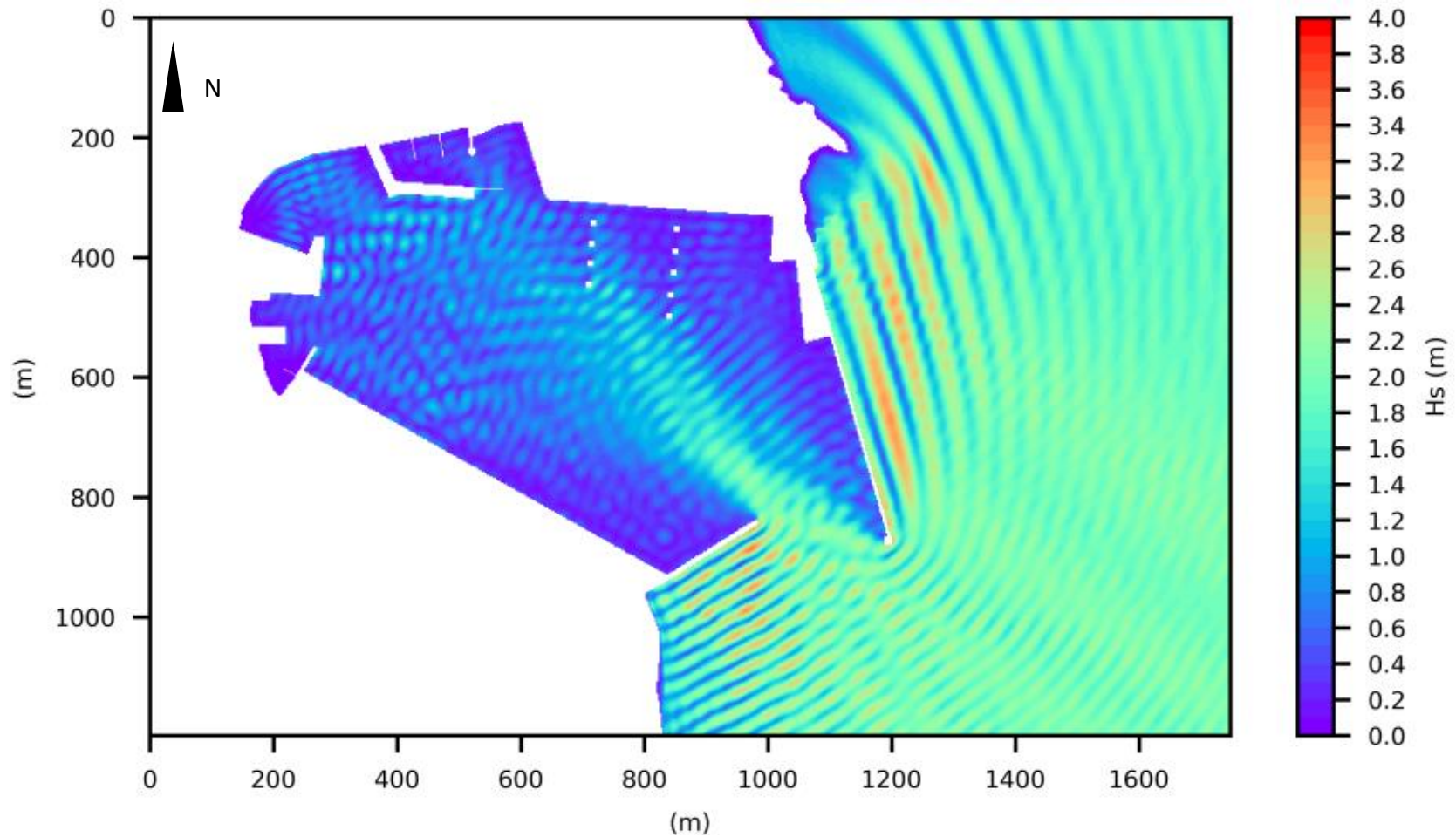





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική Ανάλυση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_6</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.50\text{m}</math>, <math>T_p = 5.23\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

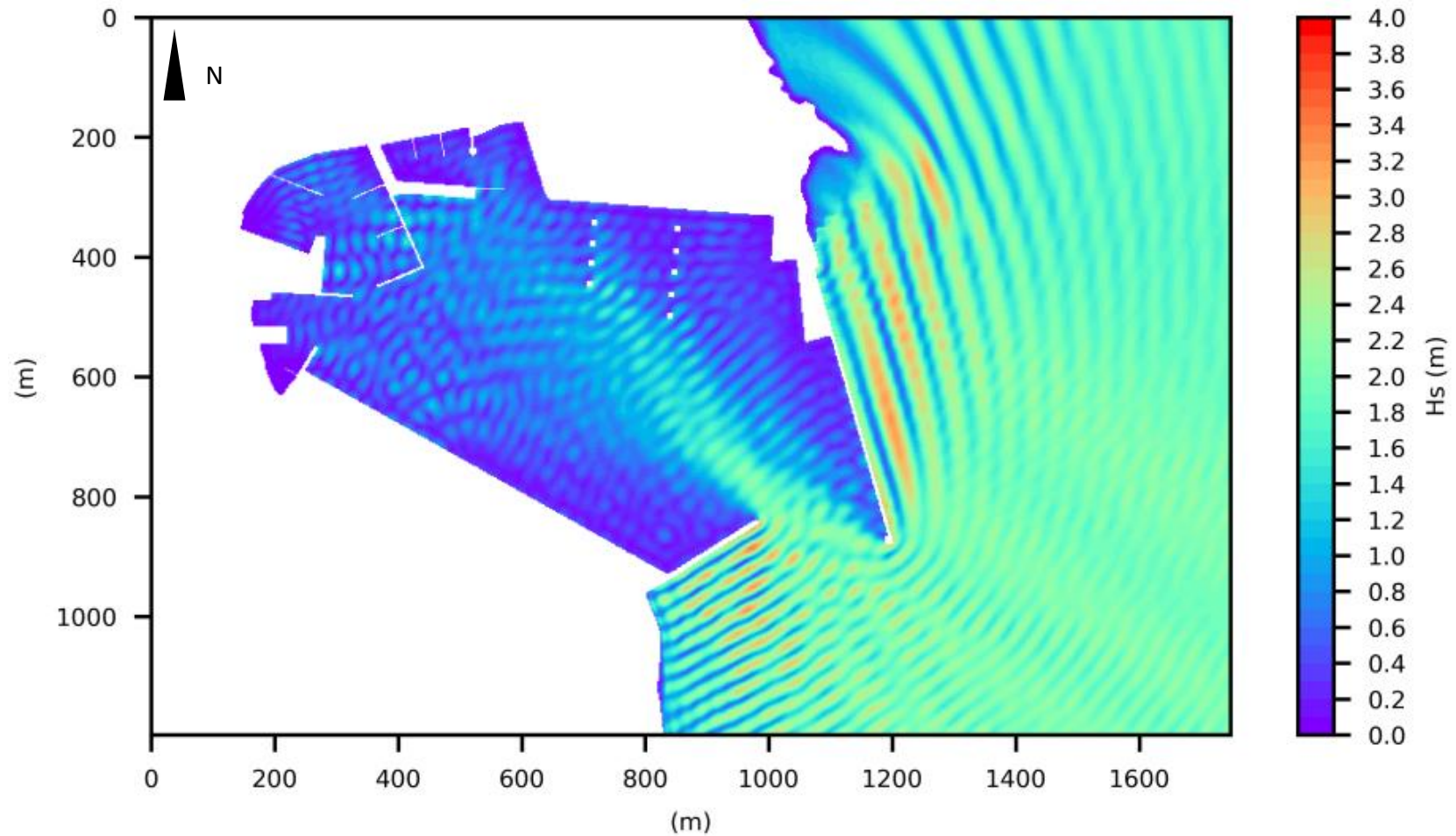







<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Business Analytics</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_6</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.50\text{m}</math>, <math>T_p = 5.23\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

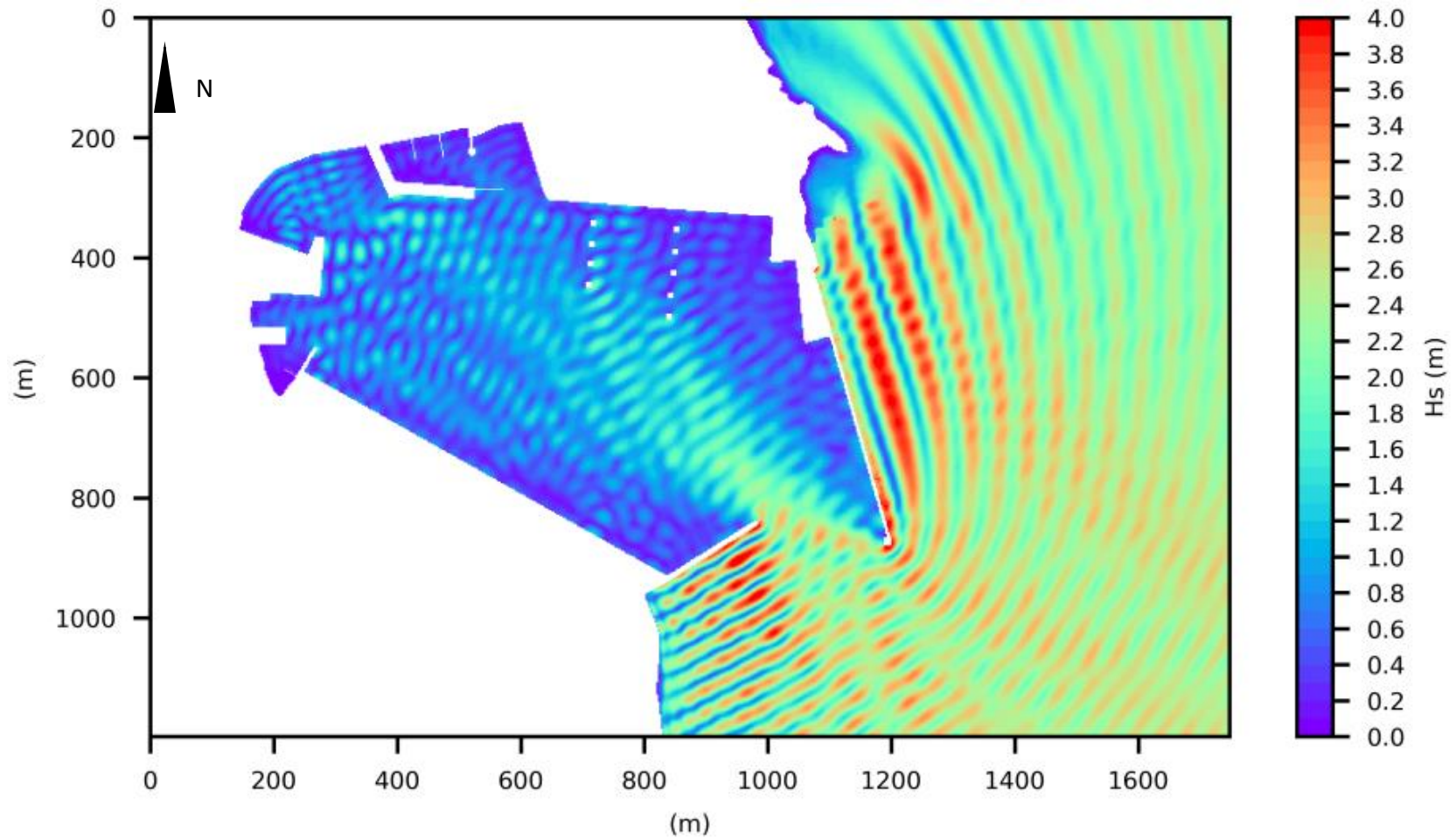





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Βιομηχανική Ανάλυση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_7</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.00\text{m}</math>, <math>T_p = 5.99\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

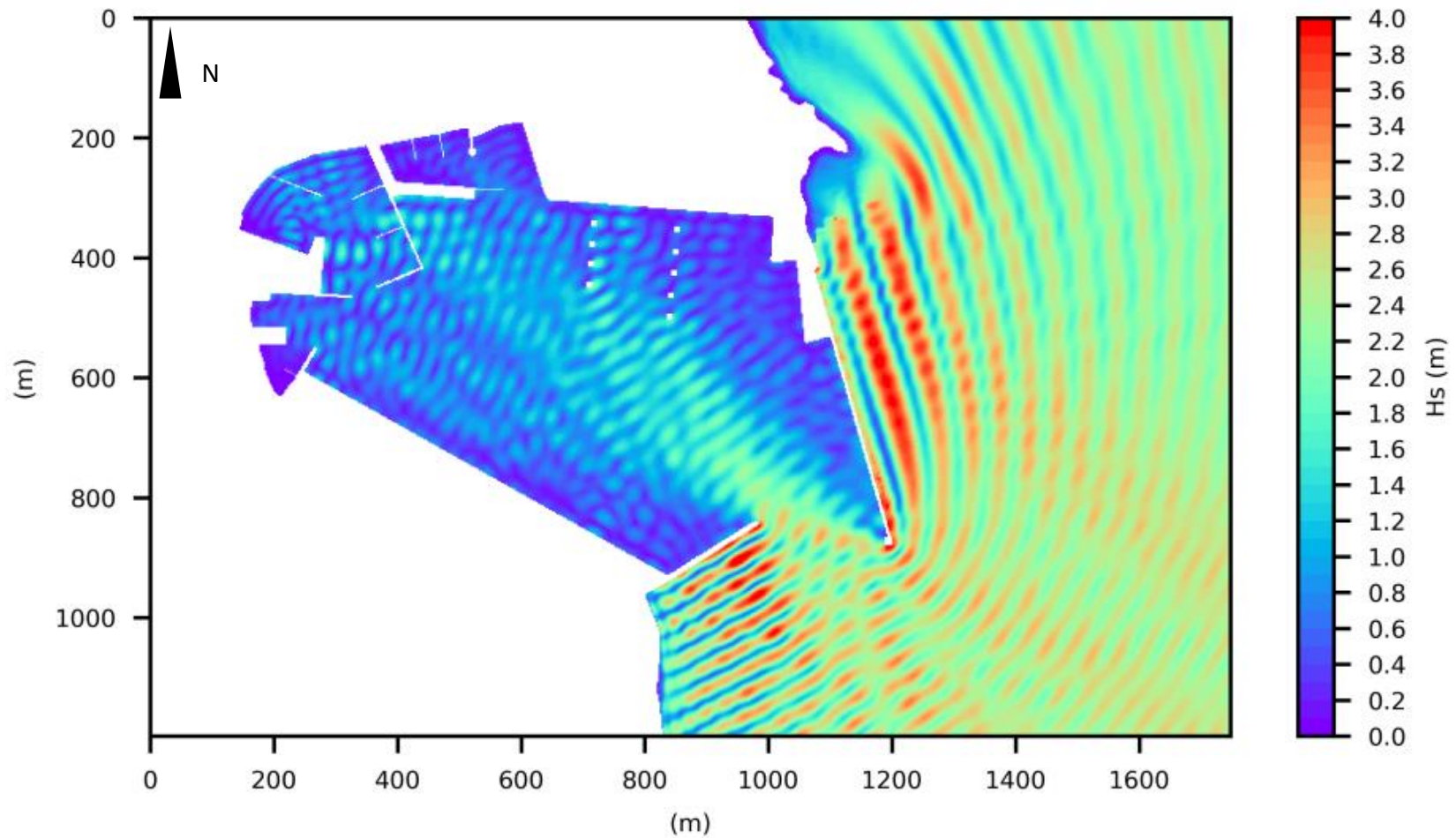





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Business Analytics</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_7</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.00\text{m}</math>, <math>T_p = 5.99\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

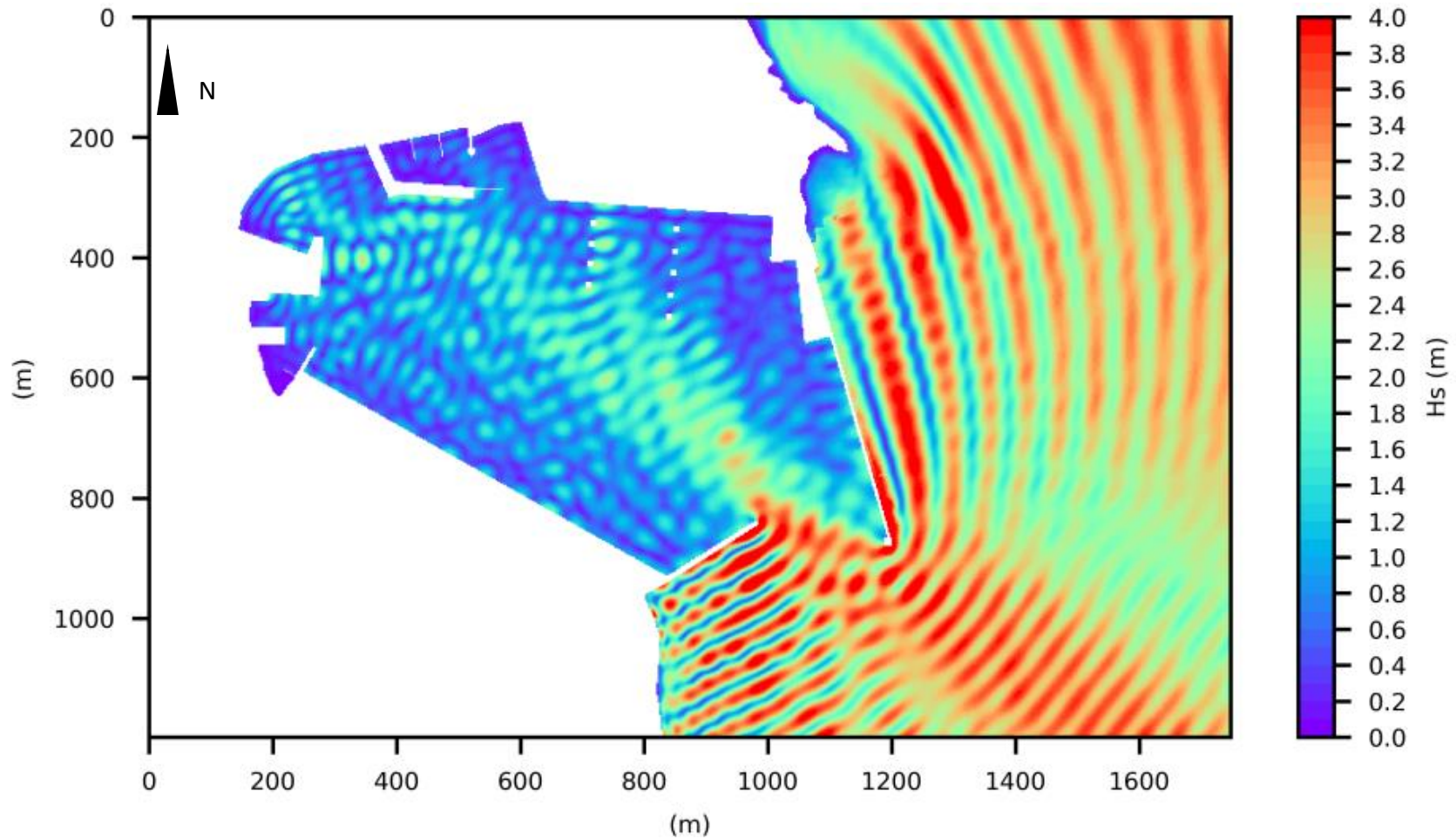







<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική Αξιοποίηση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_8</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.50\text{m}</math>, <math>T_p = 6.55\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

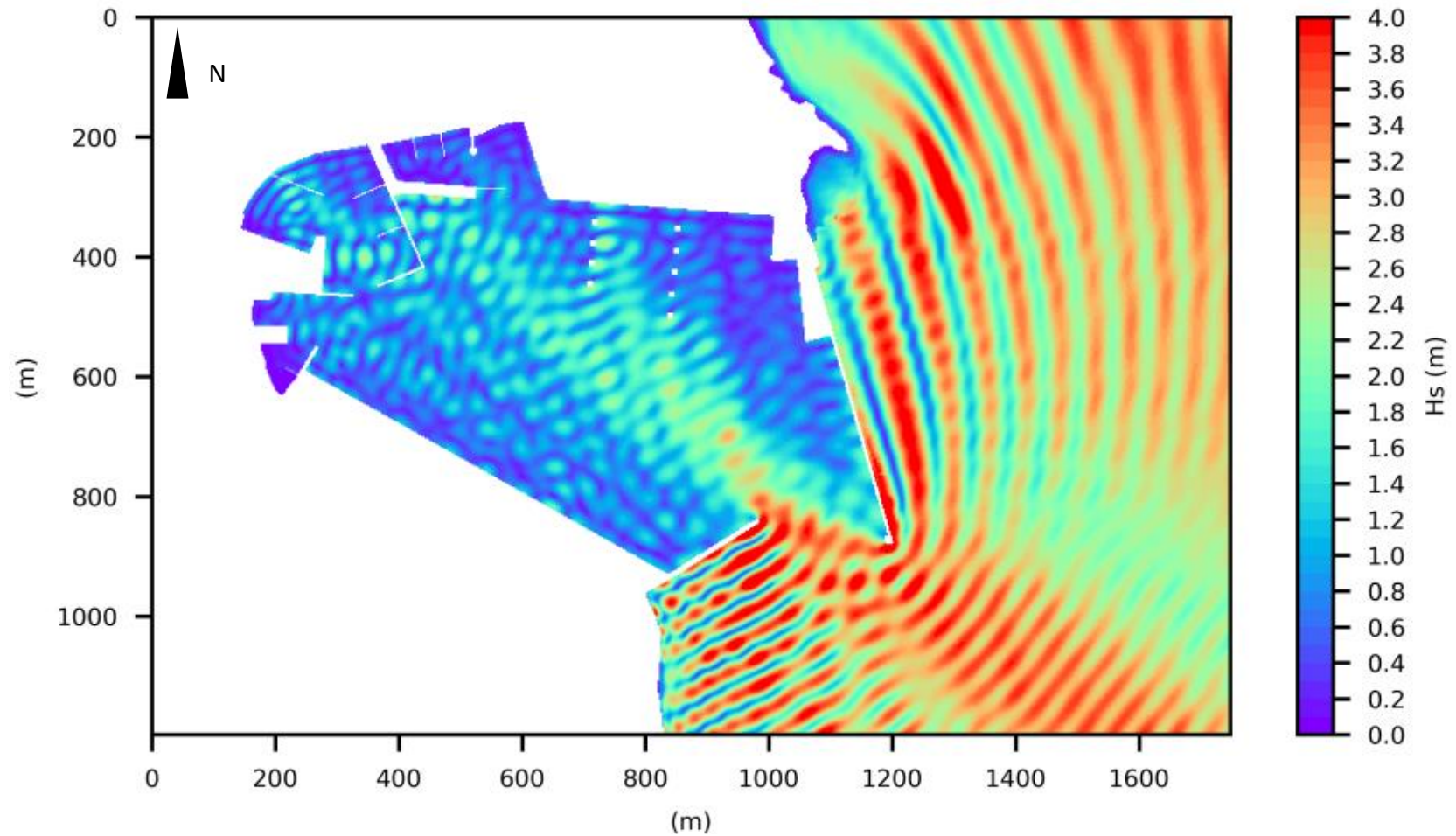





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Business Analytics</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_8</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.50\text{m}</math>, <math>T_p = 6.55\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>



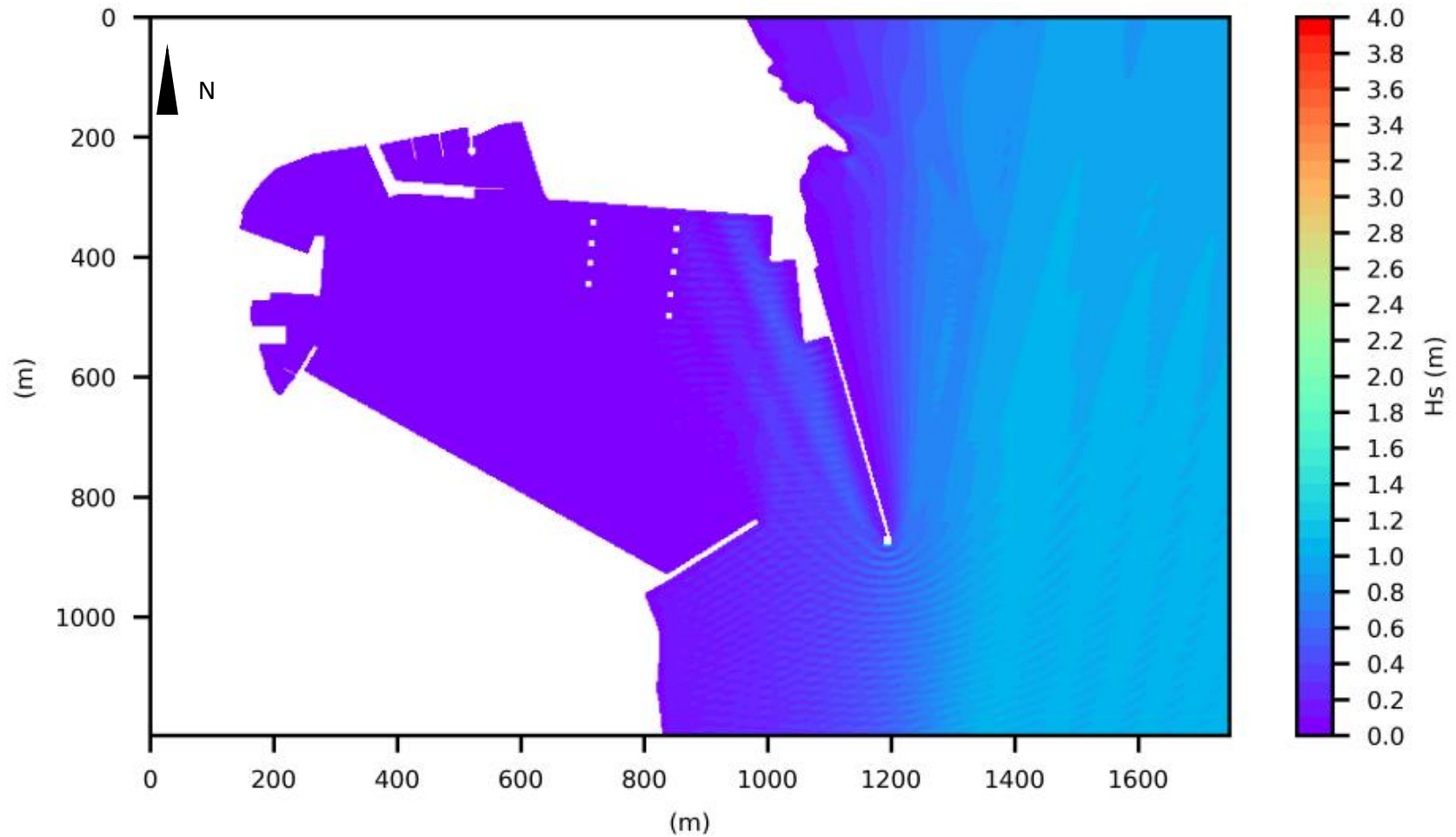
<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_9</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 3.00\text{m}</math>, <math>T_p = 7.20\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>






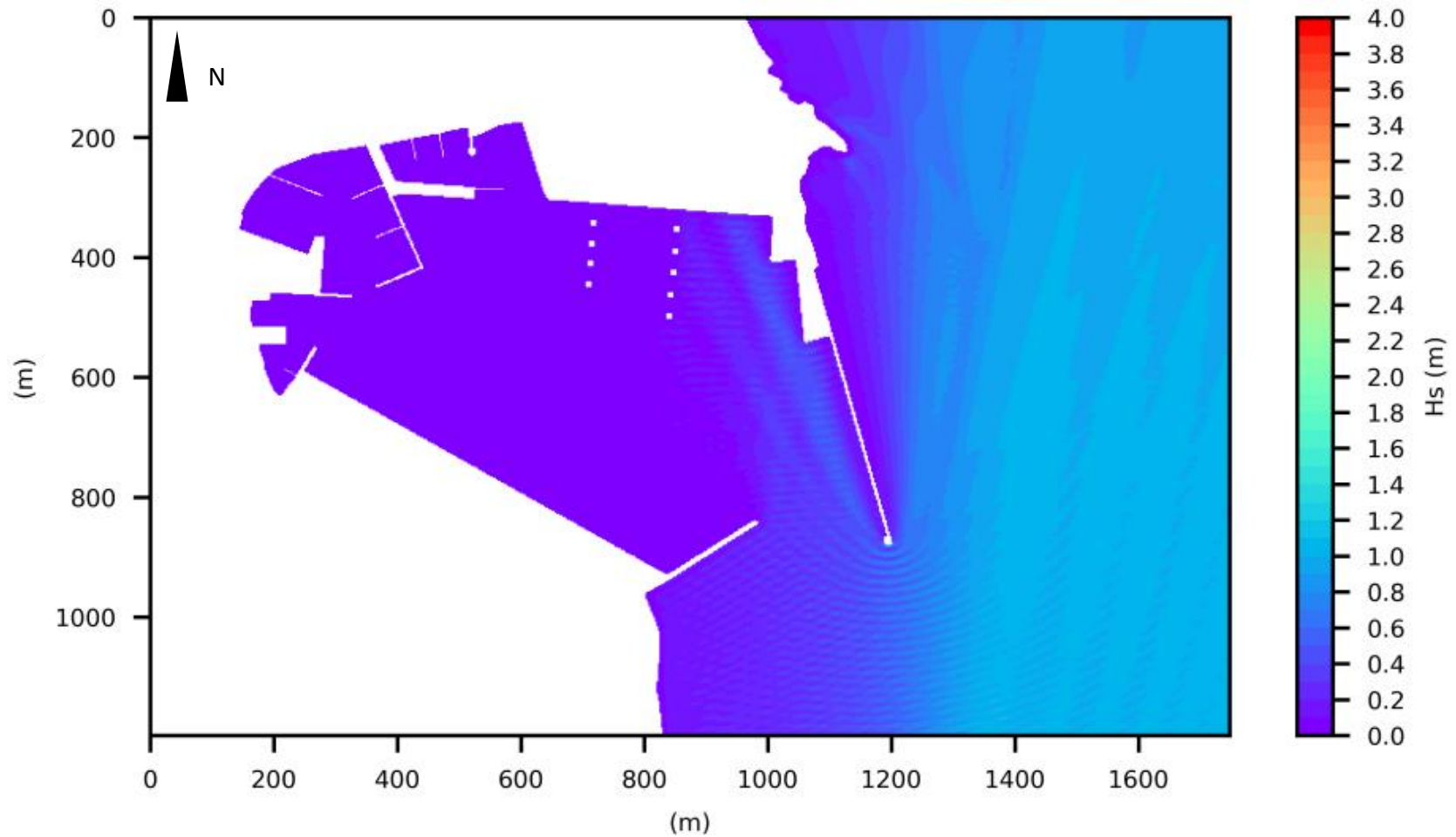





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Structural Analysis</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_9</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 3.00\text{m}</math>, <math>T_p = 7.20\text{s}</math>, <math>MWaveDir = SE (135^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λιμένος Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

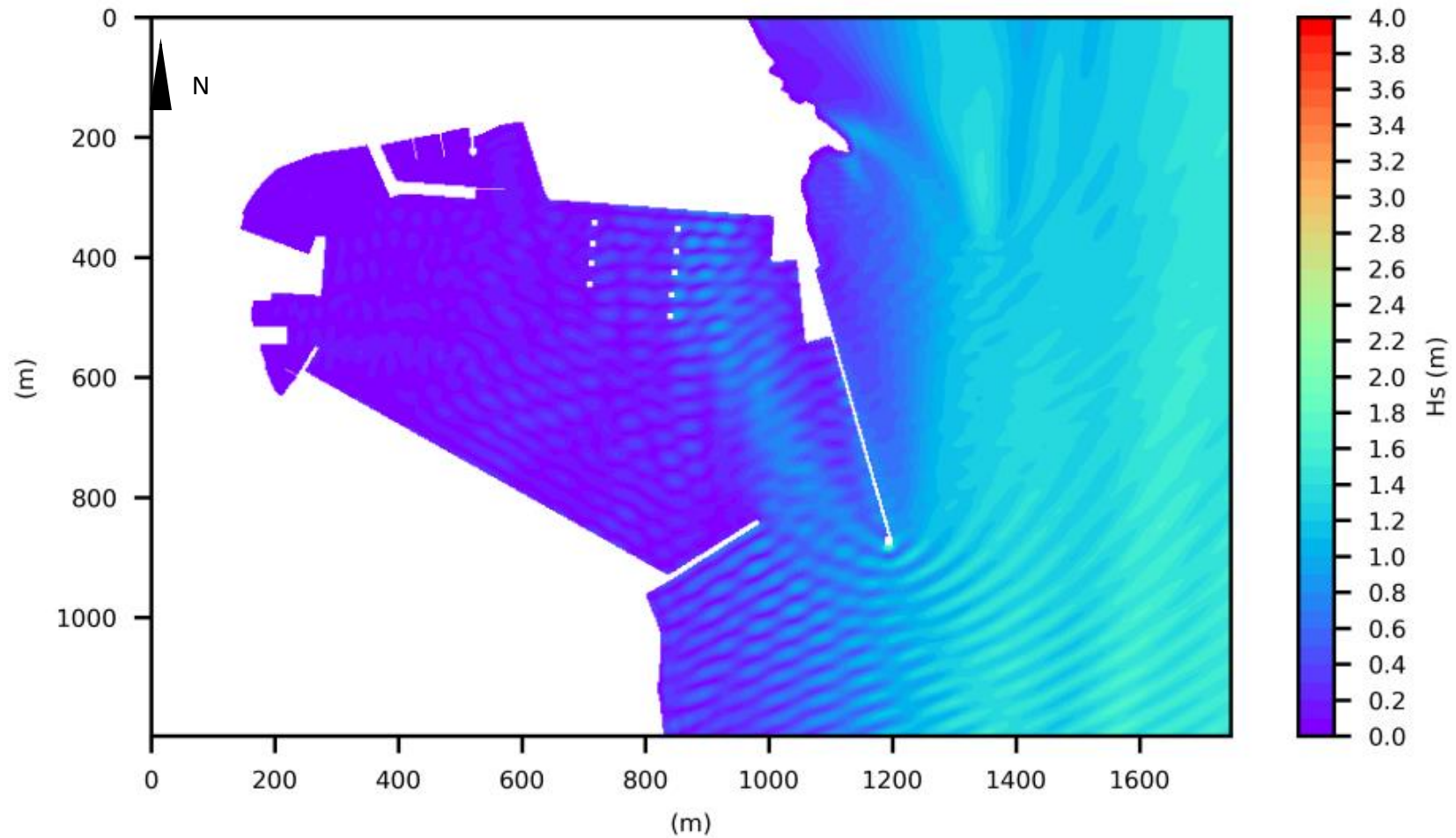







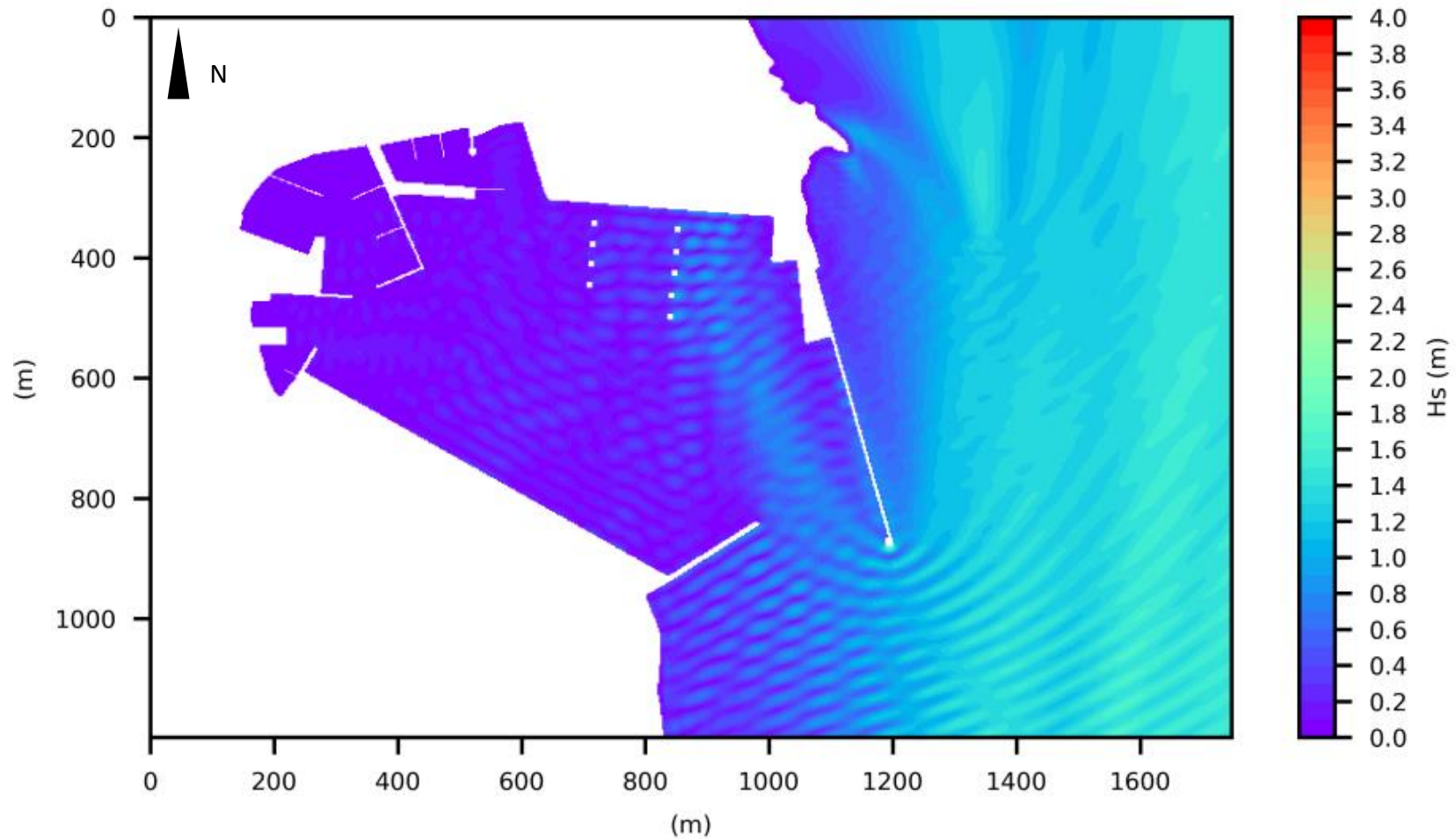
<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Βιομηχανική Ανάλυση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_10</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.00\text{m}</math>, <math>T_p = 4.42\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>






<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική Αξιοποίηση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_10</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.00\text{m}</math>, <math>T_p = 4.42\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λιμένας Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

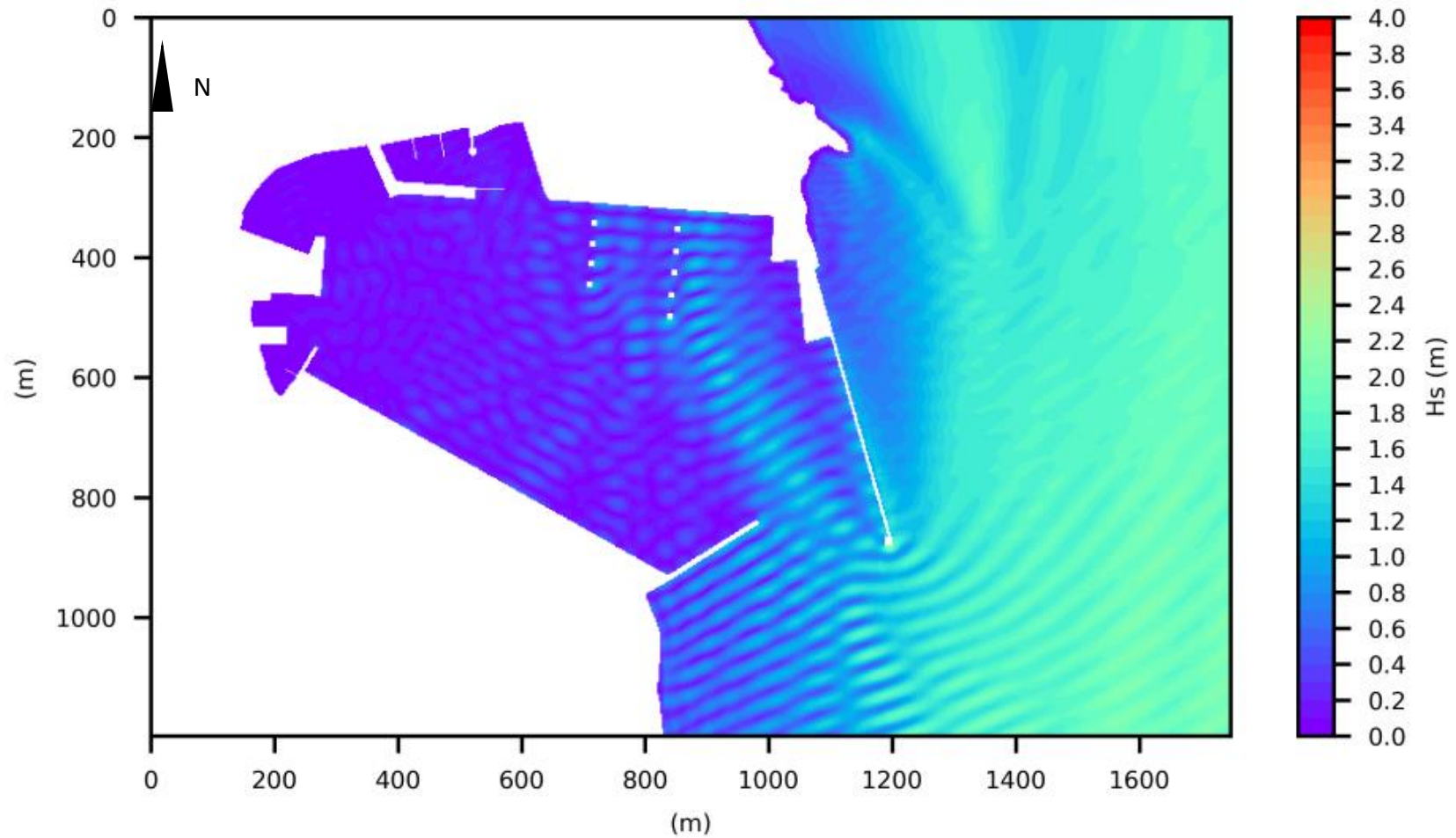





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική Αξιοποίηση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_11</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.50\text{m}</math>, <math>T_p = 6.35\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

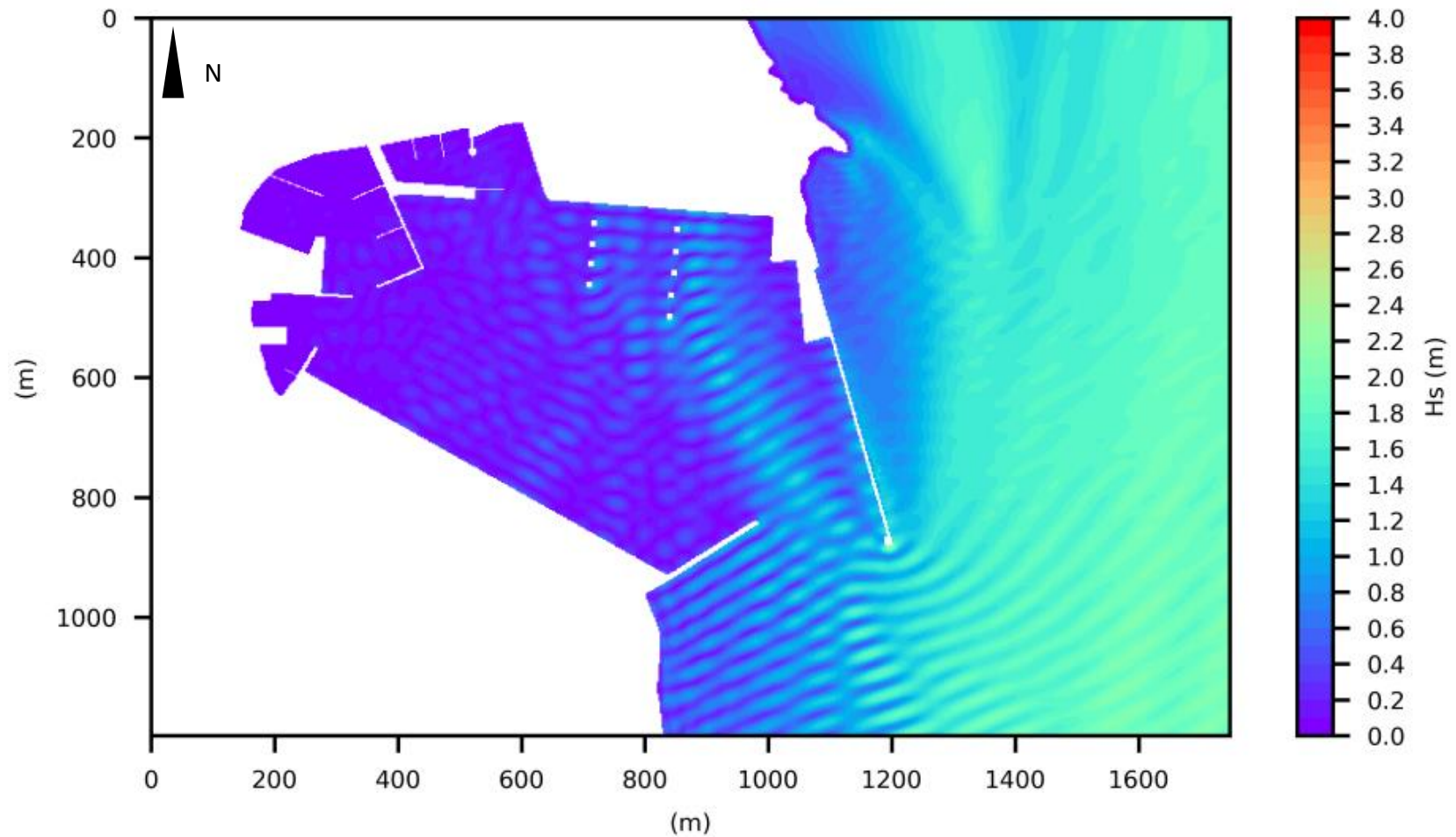





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική Αντιμετώπιση</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_11</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 1.50\text{m}</math>, <math>T_p = 6.35\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

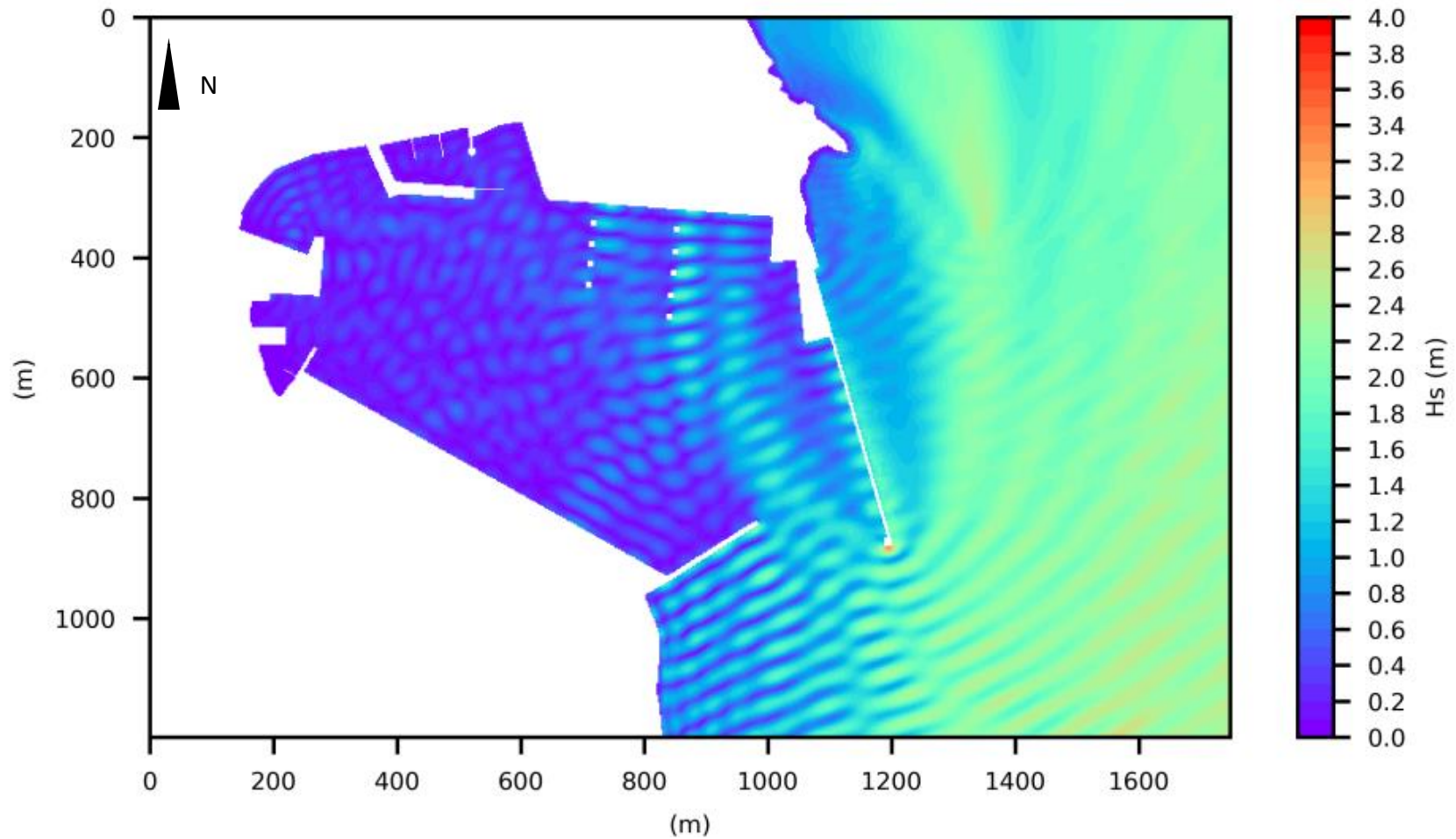







<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_12</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.00\text{m}</math>, <math>T_p = 6.81\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

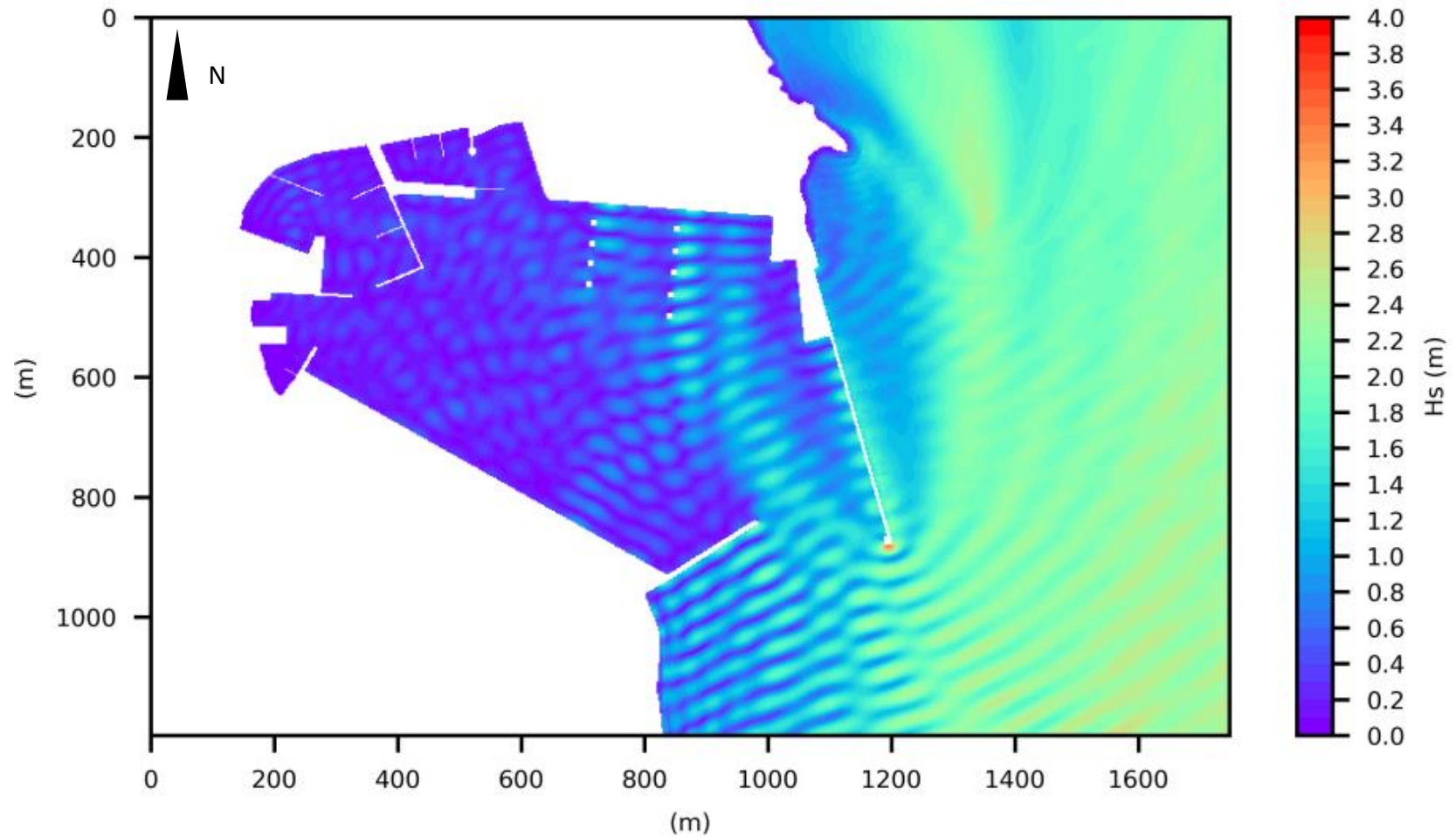





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_12</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.00\text{m}</math>, <math>T_p = 6.81\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

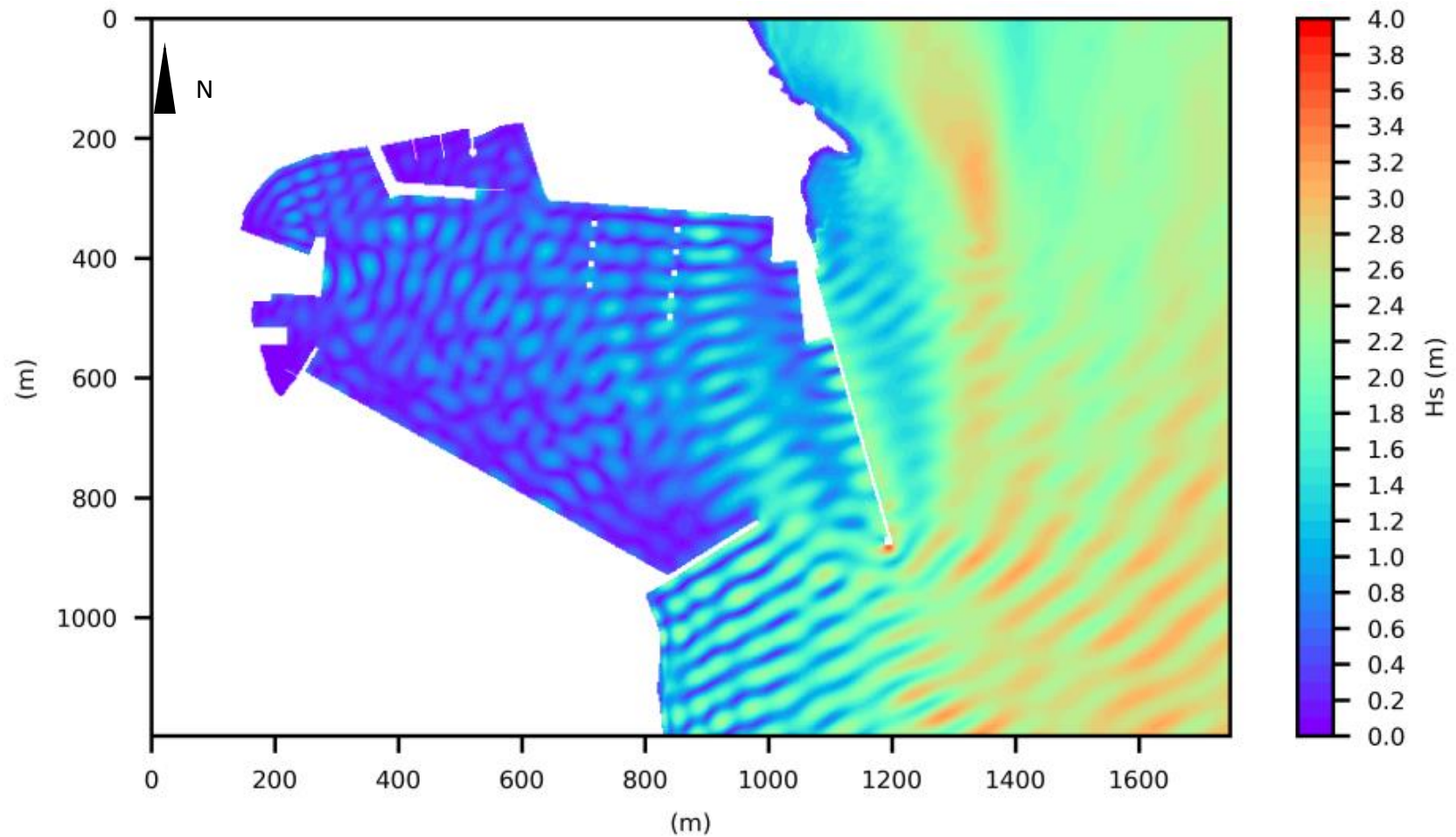





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_13</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.50\text{m}</math>, <math>T_p = 7.43\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

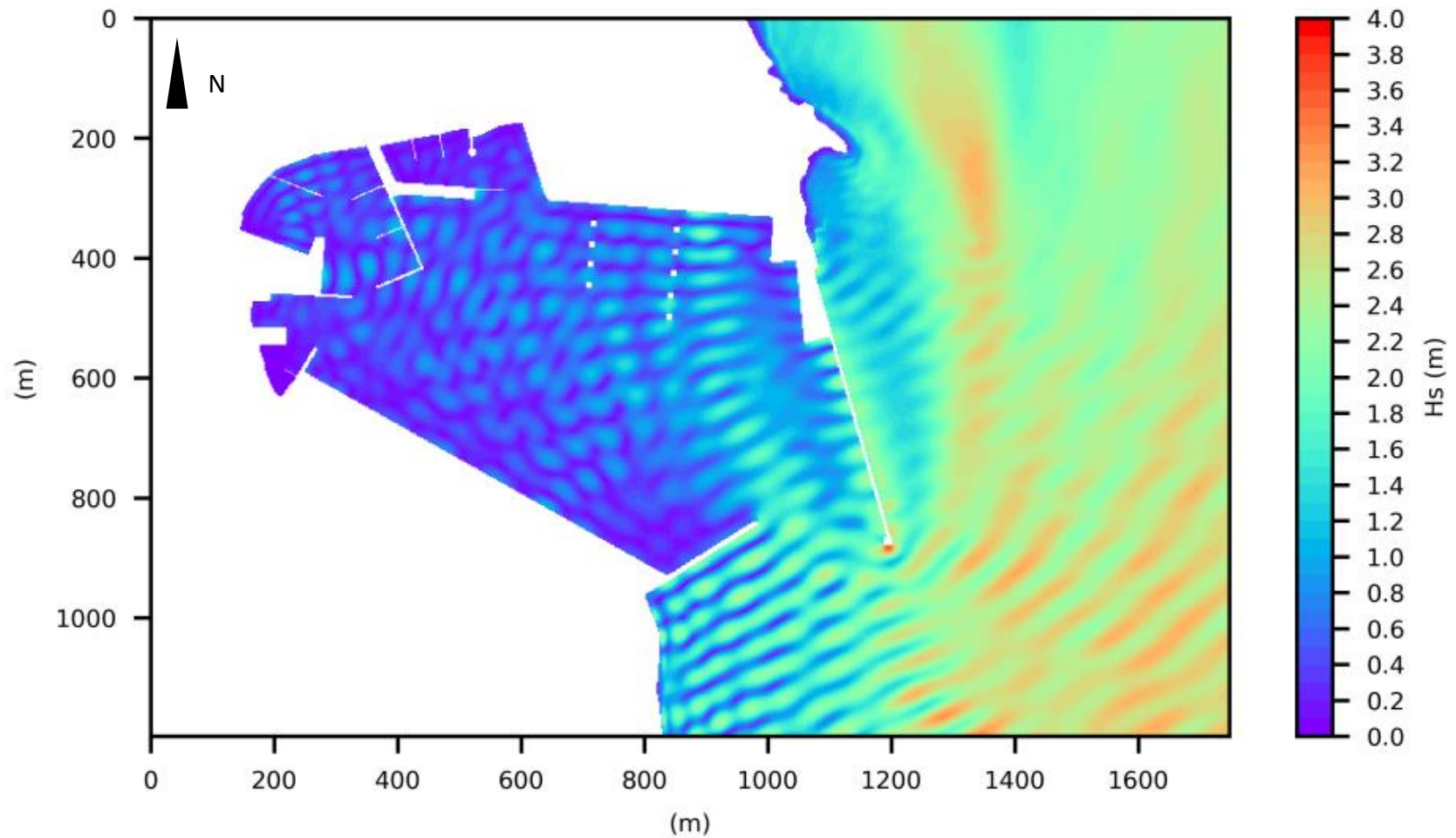







<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_13</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 2.50\text{m}</math>, <math>T_p = 7.43\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

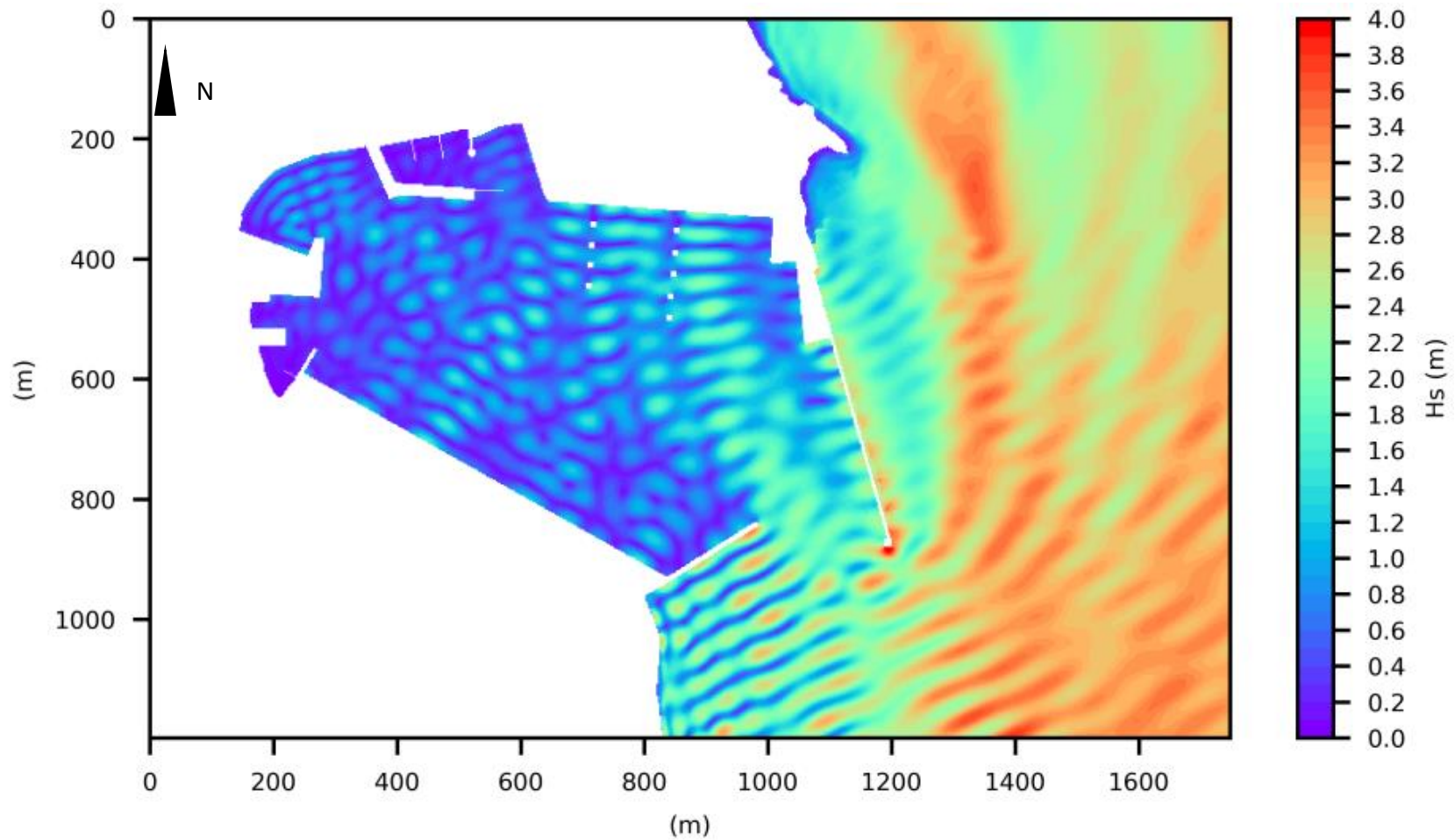





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_14</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 3.00\text{m}</math>, <math>T_p = 8.16\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

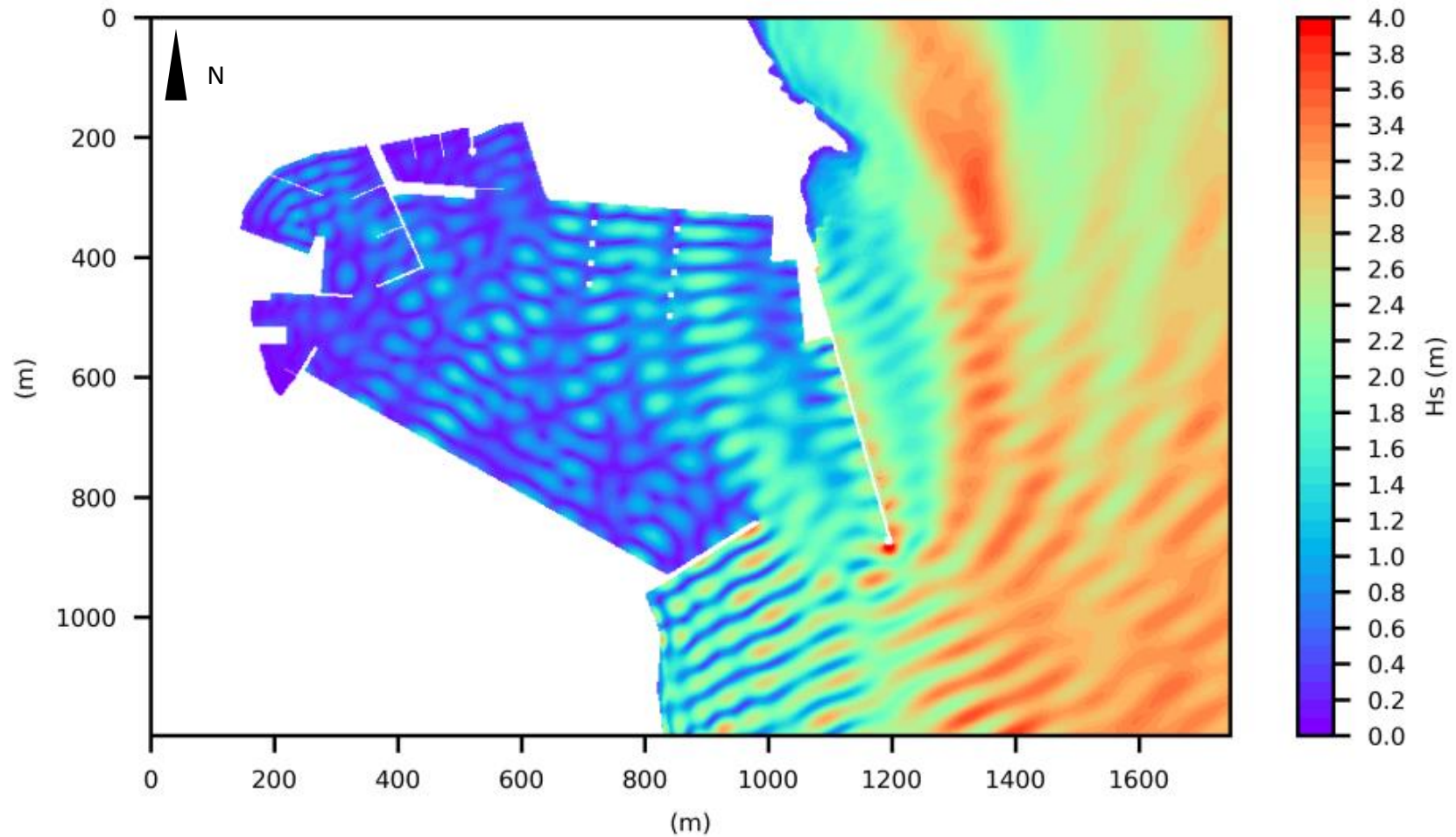





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_14</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 3.00\text{m}</math>, <math>T_p = 8.16\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p>  <p>Οργανισμός Λαυρίου Α.Ε.</p>	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

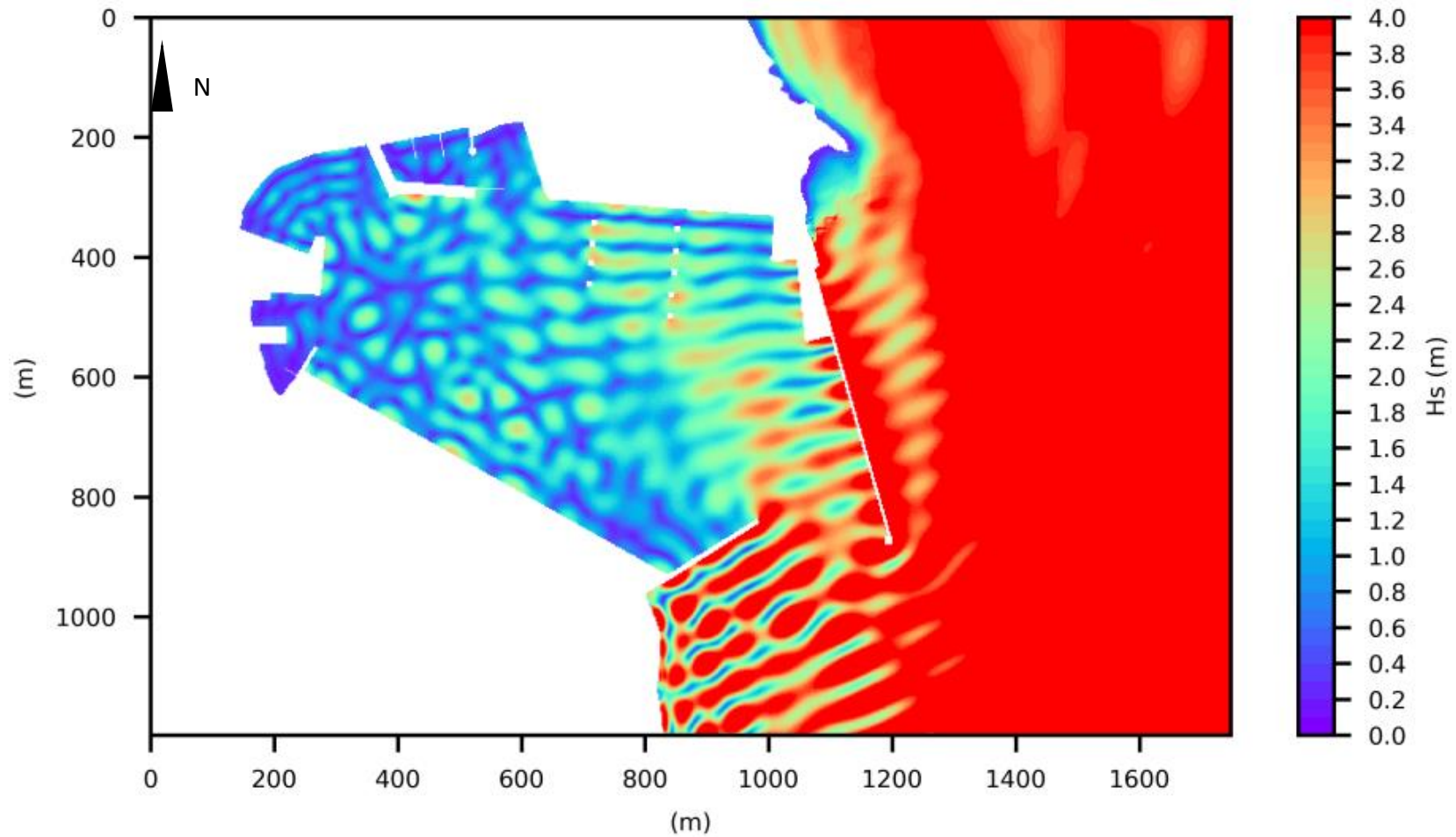







<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Business Analytics</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_15</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p>  <p>scientia maris</p>	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 3.50\text{m}</math>, <math>T_p = 8.46\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

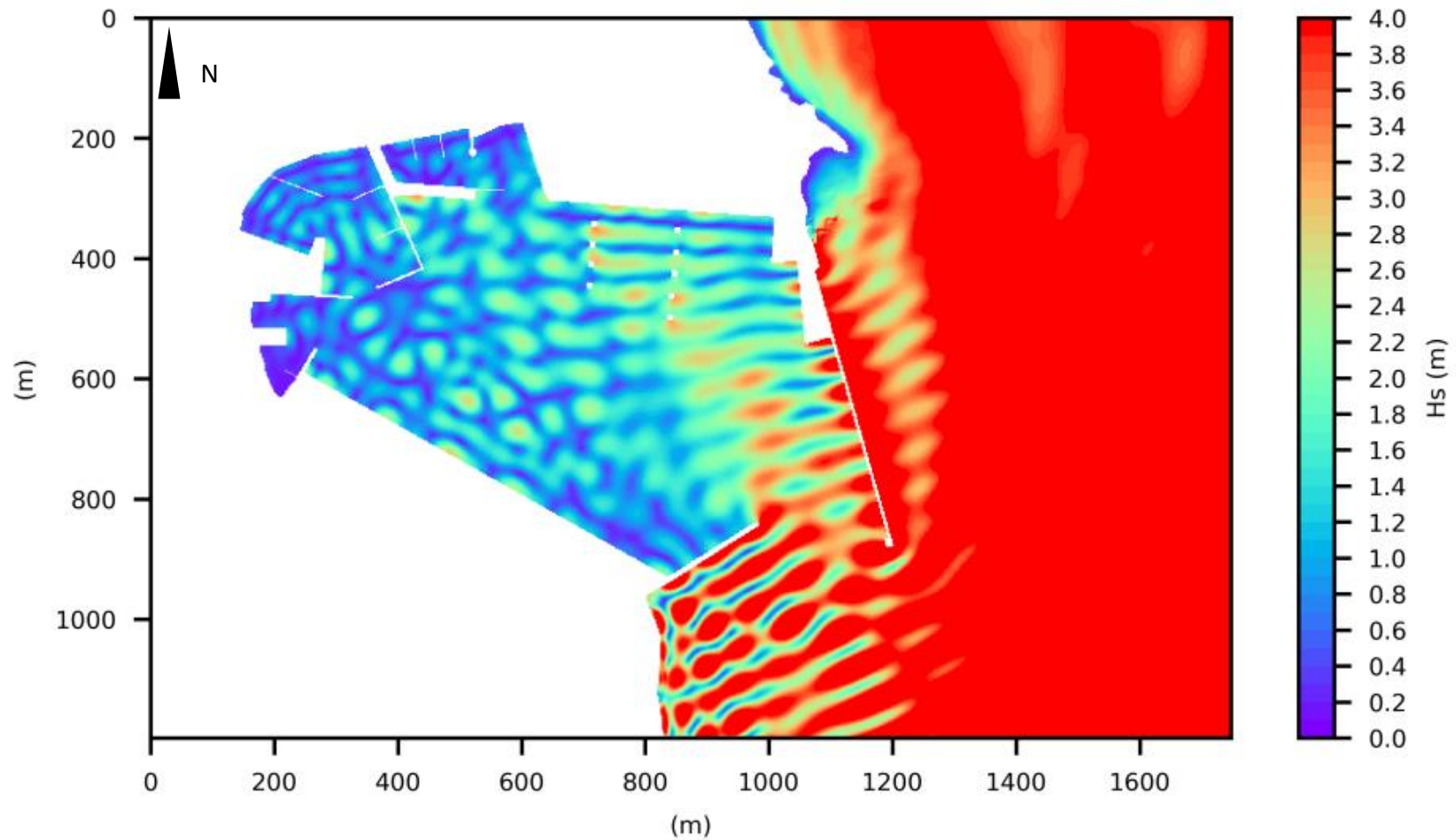





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Environmental &amp; Business Analytics</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_15</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 3.50\text{m}</math>, <math>T_p = 8.46\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>



<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value</p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_DN_16</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 5.75\text{m}</math>, <math>T_p = 9.39\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“Do Nothing” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>





<p><b>CONSULTANT:</b></p>  <p>Optimum Value <small>Επιχειρησιακή &amp; Συμβουλευτική</small></p>	<p><b>PROJECT TITLE:</b> Wave Disturbance Study – Port of Lavrio</p>	<p><b>FIGURE NUMBER:</b> <b>WV_W1_16</b></p>
<p><b>MODEL APPLIED:</b> HMS developed by</p> 	<p><b>FIGURE DESCRIPTION:</b> Spatial Distribution of Wave Heights for Incoming wave characteristics: <math>H_s = 5.75\text{m}</math>, <math>T_p = 9.39\text{s}</math>, <math>MWaveDir = S (180^\circ N)</math></p>	<p><b>FIGURE TITLE:</b> Wave disturbance</p>
<p><b>CONTRACTING AUTHORITY:</b> Lavrio Port Authority S.A.</p> 	<p><b>“W1” Alternative</b></p>	<p><b>DATE:</b> 20/01/2020</p>

