ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
Δ/ΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ
ΜΕ ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ (Δ16)

ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ
Μελέτη - Κατασκευή - Χρηματοδότηση - Λειτουργία - Συντήρηση και Εκμετάλλευση του Έργου Μόνιμης Υποθαλάσσιας Οδικής Ζεύξης Νήσου Σαλαμίνας

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΣΤ – ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ

ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ

ADVANCED ENVIRONMENTAL STUDIES A.E.
(δ.τ. ADENS A.E.)
Βασ. Σοφίας 98Α, Τ.Κ. 115 28, Αθήνα,
Τηλ. 210-7788665,
Fax: 210-7788668 E-mail: info@adens.gr

Μάρτιος, 2021

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ

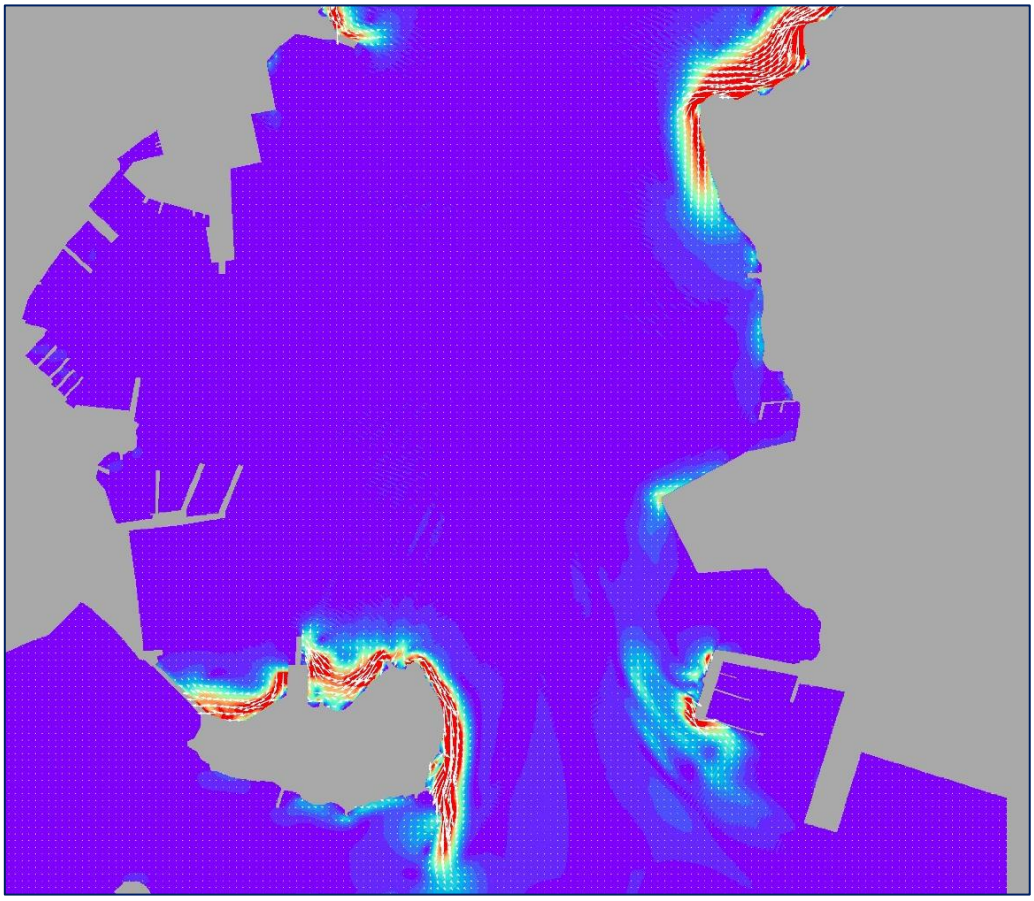
ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

ΓΕΝ. Δ/ΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΥΠΟΔΟΜΩΝ ΜΕ ΣΥΜΒΑΣΗ ΠΑΡΑΧΩΡΗΣΗΣ (Δ16)

ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΟΔΙΚΗ ΣΗΡΑΓΓΑ Ν. ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ - ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ



ΜΕΛΕΤΗ

MARNET
ΑΝΩΝΥΜΗ ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΙΑ

ΒΕΝΤΗΡΗ 7, 115 28 ΑΘΗΝΑ – ΤΗΛ.: 2107222160, 2107292349 – FAX: 2107250320 – e-mail: info@marnet.gr

ΑΘΗΝΑ
ΜΑΡΤΙΟΣ 2021

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΚΟΝΕΣ **4**

ΠΙΝΑΚΕΣ **1**

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ **1**

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ 1

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ 1

1.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ 2

1.4 ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ 2

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ **3**

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ 3

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 7

2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ 10

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ **12**

3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΑΝΟΙΧΤΑ 12

3.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ 12

4. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ **16**

4.1 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ SCIENTIA MARIS 16

4.1.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MARIS HMS 16

4.1.2 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ – MARIS HYD 19

4.1.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – MARIS SDT 20

4.2 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21 – DHI 21

4.2.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MIKE21 FM-SW 21

4.2.2 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ – MIKE21 FM-HD 22

4.2.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – MIKE21 FM-ST 22

5. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ **24**

6. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ **26**

7. ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΙΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ **27**

7.1 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ 27

7.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 30

8. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ **31**

8.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ: ΚΟΛΠΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ 31

8.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ: ΚΟΛΠΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ 32

8.3 ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ 33

9. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ 35

9.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ....35

9.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 36

9.2.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS - SCIENTIA MARIS....36

9.2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW - DHI 36

9.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ 37

9.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ....37

9.3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HYD - SCIENTIA MARIS....37

9.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-HD....37

9.3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ 38

9.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ....38

9.4.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MARIS SDT - SCIENTIA MARIS....38

9.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MIKE21 FM-ST - DHI 38

9.5 ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ – ΜΕΣΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ 39

9.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ 39

10. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ 40

11. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΠΙΧΩΣΗΣ....42

11.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1 42

11.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1....43

11.2.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS - SCIENTIA MARIS 43

11.2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW - DHI....43

11.2.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 44

11.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ .44

11.3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HYD - SCIENTIA MARIS 44

11.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21/3 HD - DHI 44

11.3.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 45

11.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1 45

11.4.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MARIS SDT - SCIENTIA MARIS 45

11.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MIKE21/3 ST - DHI....45

11.5 ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ – ΜΕΣΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1 45

11.5.1 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ 46

11.6 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ 46

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 49

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ 51

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 53

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE21 FM-SW DHI 53

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS 54

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21 55

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 2-1. Ευρύτερη περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος (πηγή: Google Earth). 3

Εικόνα 2-2. Περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth). 4

Εικόνα 2-3 Γεωλογικός χάρτης Σαλαμίνας-Περάματος (απόσπασμα από χάρτη ΙΓΜΕ) όπου: al: αλλουβιακές αποθέσεις, p: πλειοκαινικές αποθέσεις, c2: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Κρητιδικού, jc: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Ιουρασικού, tj: ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού, Pz3: παλαιοζωϊκοί σχηματισμο (Γαϊτανάκης 1982). .. 5

Εικόνα 2-4 Οι νεοτεκτονικές δομές της νήσου Σαλαμίνας με τα κύρια περιθωριακά ρήγματα – ρηξιγενείς ζώνες καθώς και ορισμένα από τα κυριότερα ρήγματα μικρότερης τάξης. Στο χάρτη είναι σημειωμένη η κινηματική των μακροδομών, καθώς και τα σημαντικότερα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά (Μαριολάκος κ.α., 2009) 6

Εικόνα 2-5 Σημαντικές λιμενικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής μελέτης. 7

Εικόνα 2-6 Θαλάσσια περιοχή προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth) 8

Εικόνα 2-7 Υφιστάμενη λιμενική υποδομή βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: https://tripinview.com) 8

Εικόνα 2-8. Ακτές, περιορισμένου μήκους και πλάτους, όπου εντοπίζεται ίζημα βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος. 9

Εικόνα 2-9. Ακτή, περιορισμένου μήκους και πλάτους, όπου εντοπίζεται ίζημα νότια του προτεινόμενου επιχώματος και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια» 10

Εικόνα 2-10 Σύγκριση θέσης ακτογραμμής στην ακτή νότια του προτεινόμενου επιχώματος και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια» για τα έτη 2011, 2015 και 2019. 11

Εικόνα 3-1. Διάγραμμα ροής εφαρμογής αριθμητικών μοντέλων και προσομοίωσης παράκτιων διεργασιών. 14

Εικόνα 3-2. Αλυσίδες μοντέλων που εφαρμόζονται για την προσομοίωση των παράκτιων διεργασιών. 14

Εικόνα 4-1 Τυπικά εύρη συντελεστών ανάκλασης (Thompson et al. 1996). 18

Εικόνα 5-1 Βυθομετρική αποτύπωση θαλάσσιας περιοχής κατασκευής του προτεινόμενου επιχώματος μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος («Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών) 24

Εικόνα 5-2 Ναυτικός Χάρτης του κόλπου της Ελευσίνας από τη βάση Navionics (πηγή: webapp.navionics.com) 25

Εικόνα 7-1. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997. 28

Εικόνα 8-1. Αριθμητικό πλέγμα βαθυμετρίας Κόλπου της Ελευσίνας και περιοχής ενδιαφέροντος και σημείο εξαγωγής κυματικών χαρακτηριστικών (σήμανση με κόκκινο κύκλο) για περαιτέρω προσομοιώσεις. 31

Εικόνα 8-2. Χρονική εξέλιξη κυματικών χαρακτηριστικών στο σημείο ενδιαφέροντος (4204045N, 460100E) για πνοή ανέμου Βόρειας διεύθυνσης. 33

Εικόνα 9-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή)..... 36

Εικόνα 10-1 Διάταξη προτεινόμενου επιχώματος. 40

Εικόνα 11-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή)..... 43

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 7-1 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997 27

Πίνακας 7-2 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-2020 29

Πίνακας 8-1. Κυματικά χαρακτηριστικά στο σημείο ενδιαφέροντος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος 32

Πίνακας 8-2. Κυματικά χαρακτηριστικά ως δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος 34

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ

Η Διεύθυνση Συγκοινωνιακών Υποδομών με Σύμβαση Παραχώρησης του Υπουργείου Υποδομών και Μεταφορών ανέθεσε στην MARNET Α.Τ.Ε. την παροχή υπηρεσιών Συμβούλου για την υποβοήθηση της ανωτέρω Διεύθυνσης στην εκπόνηση προμελέτης λιμενικών έργων, καθώς και στην εκπόνηση ακτομηχανικής μελέτης και μελέτης κυματικών συνθηκών στα πλαίσια των διαδικασιών για την ανάθεση της Σύμβασης Παραχώρησης «ΜΕΛΕΤΗ, ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ, ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ, ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ, ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ & ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΤΗΣ ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΟΔΙΚΗΣ ΖΕΥΞΗΣ ΝΗΣΟΥ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ».

1.2 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

Προκειμένου να κατασκευαστεί η υποθαλάσσια οδική σήραγγα που συνδέει το Πέραμα Αττικής με τη Νήσο Σαλαμίνα προβλέπεται η κατασκευή επίχωσης στη δυτική ακτή του Περάματος. Για την κατασκευή του εν λόγω έργου είναι απαραίτητη η εκπόνηση δυο υποστηρικτικών μελετών, μιας Ακτομηχανικής Μελέτης και μιας Μελέτης Κυματικής Διαταραχής. Η πρώτη παρουσιάζεται στο παρόν τεύχος και έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της επίδρασης της προτεινόμενης επίχωσης στην ακτομηχανική δίαιτα της ευρύτερης περιοχής.

Πιο συγκεκριμένα, αντικείμενο της εν λόγω μελέτης είναι η διερεύνηση του κυματικού και υδροδυναμικού πεδίου καθώς και των τάσεων στερεομεταφοράς και του ρυθμού μεταβολής του πυθμένα στην περιοχή μελέτης ώστε να προκύψουν οι τάσεις διάβρωσης / απόθεσης τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση (Διάταξη Do Nothing) όσο και για τη Διάταξη με την παρουσία των προβλεπόμενων παράκτιων επίχωσης (Διάταξη W1). Ο στόχος αυτών των προσομοιώσεων είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων των προτεινόμενων έργων στην παράκτια δίαιτα και στις παρακείμενες ακτογραμμές συγκρίνοντας τα αποτελέσματα χωρίς και με την παρουσία των έργων. Η εκπόνηση της βασίζεται στα ακόλουθα διακριτά βήματα:

- Αξιολόγηση υφιστάμενων στοιχείων και δεδομένων. Θα καταστρωθούν συγκεκριμένα σενάρια κυματικών χαρακτηριστικών προς προσομοίωση, που δύνανται να προκαλέσουν παράκτια στερεομεταφορά από τη Βόρεια διεύθυνση.
- Αριθμητική προσομοίωση κυματικής διάδοσης στο παράκτιο πεδίο για τον υπολογισμό των τάσεων ακτινοβολίας.
- Αριθμητική προσομοίωση παράκτιου υδροδυναμικού πεδίου για τον υπολογισμό των αναπτυσσόμενων κυματογενών ρευμάτων.
- Αριθμητική προσομοίωση τάσεων στερεομεταφοράς και ρυθμού εξέλιξης πυθμένα για τη διερεύνηση περιοχών απόθεσης και διάβρωσης.

Για τη βέλτιστη προσέγγιση του προβλήματος η παρούσα ακτομηχανική μελέτη θα υλοποιηθεί με την εφαρμογή **δύο (2) διαφορετικών πακέτων δισδιάστατων αριθμητικών μοντέλων**, δηλαδή των εμπορικών μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί από το Ερευνητικό Κέντρο **Danish Hydraulic Institute (DHI)** αλλά και των εξελιγμένων αριθμητικών μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί από την εταιρεία **Scientia Maris**.

1.3 ΔΙΑΘΕΣΙΜΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα διαθέσιμα στοιχεία και οι Μελέτες που έλαβε υπόψη της η παρούσα είναι τα εξής:

- Ψηφιακά δεδομένα βαθυμετρίας από το Έργο: «Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Γεωφυσικά δεδομένα από το Έργο: «Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Φυσικά και Βιοχημικά Δεδομένα από το Έργο: «Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Διάταξη Προτεινόμενων Έργων Επίχωσης «Γενική Οριζοντιογραφία», ΝΑΜΑ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ Α.Ε.
- Δορυφορικές φωτογραφίες και αεροφωτογραφίες.
- Ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελευσίνας (WMO 718) της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (**hnms.gr**).
- Βυθομετρικά δεδομένα από στοιχεία της βάσης Navionics (**webapp.navionics.com**).

1.4 ΟΜΑΔΑ ΜΕΛΕΤΗΣ

Στην εκπόνηση της μελέτης συμμετείχαν τα παρακάτω στελέχη της MARNET Α.Τ.Ε.:

- Νικόλαος Σ. Φλώριος, Ναυπηγός Μηχανικός – MSc
- Χαρίλαος Γ. Αντωνόπουλος, Δρ Πολιτικός Μηχανικός
- Αθανάσιος Γ. Παπαθανασίου, Δρ Μηχανολόγος Μηχανικός
- Εμμανουήλ Χ. Σούνδιας, Δρ Πολιτικός Μηχανικός

Επίσης κατά την εφαρμογή του μαθηματικού μοντέλου MARIS HMS της SCIENTIA MARIS συμμετείχε ο Μιχαήλ Χονδρός, Δρ Πολιτικός Μηχανικός.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ & ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης βρίσκεται νότια του κόλπου της Ελευσίνας στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 2-1 και στην Εικόνα 2-2.

Εικόνα 2-1. Ευρύτερη περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος (πηγή: Google Earth).

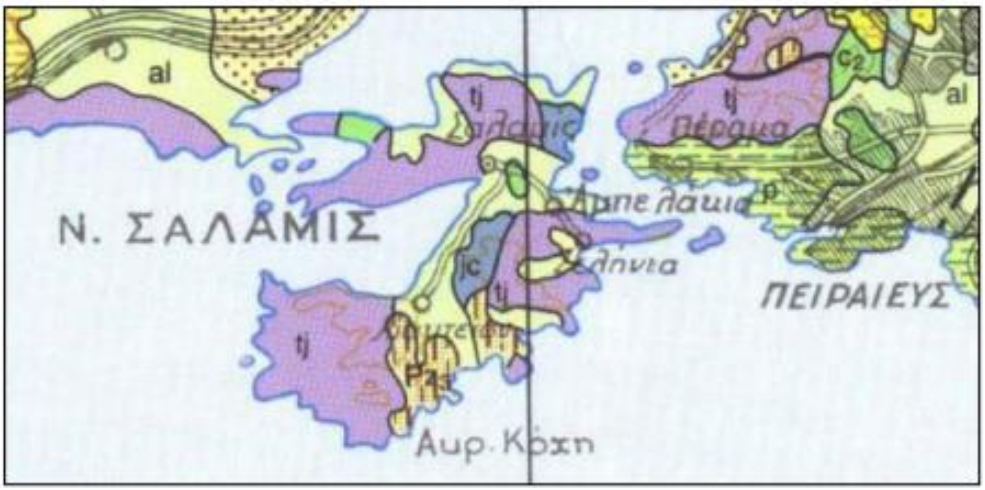
Εικόνα 2-2. Περιοχή μελέτης και θέση προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth).

Ο κόλπος της Ελευσίνας είναι μια αβαθής λεκάνη (με μέγιστο βάθος περί τα 35 m) που επικοινωνεί με τον Σαρωνικό κόλπο μέσω δύο στενών διαύλων: τον δίαυλο του Κερατσινίου (βάθος 12m, πλάτος επιφάνειας 1200m, πλάτος βυθού 250 m) και τον δίαυλο των Μεγάρων (βάθος 8m, πλάτος επιφάνειας 600m, πλάτος βυθού 170m). Η συνολική έκταση του Κόλπου υπολογίζεται περί τα 67 km^2 με το διαθέσιμο όγκο νερού στα 1.2 km^3. Στο βόρειο παραλιακό μέτωπο εντοπίζεται η μεγαλύτερη βιομηχανική ζώνη της Ελλάδας που περιλαμβάνει ναυπηγεία, διυλιστήρια, τσιμεντοβιομηχανίες, σιδηροβιομηχανίες κ.ά. Σημαντικότερες πόλεις της περιοχής είναι η Ελευσίνα, από την οποία προέρχεται και η ονομασία του λιμένα. Σημαντικότερος όρμος του Κόλπου είναι ο όρμος Σκαραμαγκάς ενώ εντός του Κόλπου βρίσκεται και το μεγαλύτερο σε έκταση νησί του Σαρωνικού, η Σαλαμίνα.

Στο δυτικό τμήμα του Κόλπου παρατηρούνται απότομες κλίσεις πυθμένα, μέση κλίση περίπου 20% και μέγιστο βάθος περίπου 35 m ενώ στο κεντρικό και στο ανατολικό τμήμα παρατηρούνται ηπιότερες κλίσεις πυθμένα και μικρότερα βάθη (μέση κλίση περίπου 2 % και μέγιστο βάθος περί τα 25 m).

Στον κόλπο της Ελευσίνας συναντώνται Τριαδικοί – Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες, αλλά και Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι. Στην ευρύτερη περιοχή Σαλαμίνας-Περάματος, που θα πραγματοποιηθεί η υποθαλάσσια οδική ζεύξη, κυριαρχούν γεωλογικοί σχηματισμοί που ανήκουν από γεωτεκτονική άποψη στην Υποπελαγονική ζώνη. Σύμφωνα με το τμήμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ (Εικόνα 2-3) τα παλαιότερα πετρώματα που συναντώνται είναι περμικής ηλικίας και εντοπίζονται κυρίως στο Σκαραμαγκά και νότια του όρμου Κακής Βίγλας στη Σαλαμίνα. Αυτοί οι σχηματισμοί διαμορφώνονται κυρίως από πρασινότεφρους ή ερυθρωπούς αργιλικούς σχιστόλιθοι και ψαμμίτες, εναλλασσόμενους με χαλαζιακά κροκαλοπαγή. Στα ανώτερα μέλη του συστήματος αυτού, στην περιοχή Σκαραμαγκά, απαντώνται ασβεστόλιθοι και δολομίτες ενώ περικλείονται επίσης και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα. Στη Σαλαμίνα επικρατούν οι φυλλίτες, χαλαζίτες και σερικιτικοί σχιστόλιθοι. Σημαντική έκταση της περιοχής κατέχουν οι

ασβεστόλιθοι τριαδικής ηλικίας, που αποτελούνται από λευκότεφρους ή τεφρούς ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες που είναι πλακώδεις ή παχυπλακώδεις στη βάση τους, ενώ στα ανώτερα μέλη τους είναι παχυστρωματώδεις ή έχουν αμελητέου πάχους στρώμα. Στην περιοχή μελέτης πλειοκαινικές αποθέσεις, αποτελούμενες κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή θαλάσσιας ή παράκτιας φάσης καταλαμβάνουν πολύ μικρή έκταση, και εμφανίζονται κοντά στην είσοδο του Ναυστάθμου Περάματος, στο Καματερό και στην Κυνοσούρα Σαλαμίνας καθώς και στο νότιο τμήμα της νησίδας Αγ. Γεώργιος.

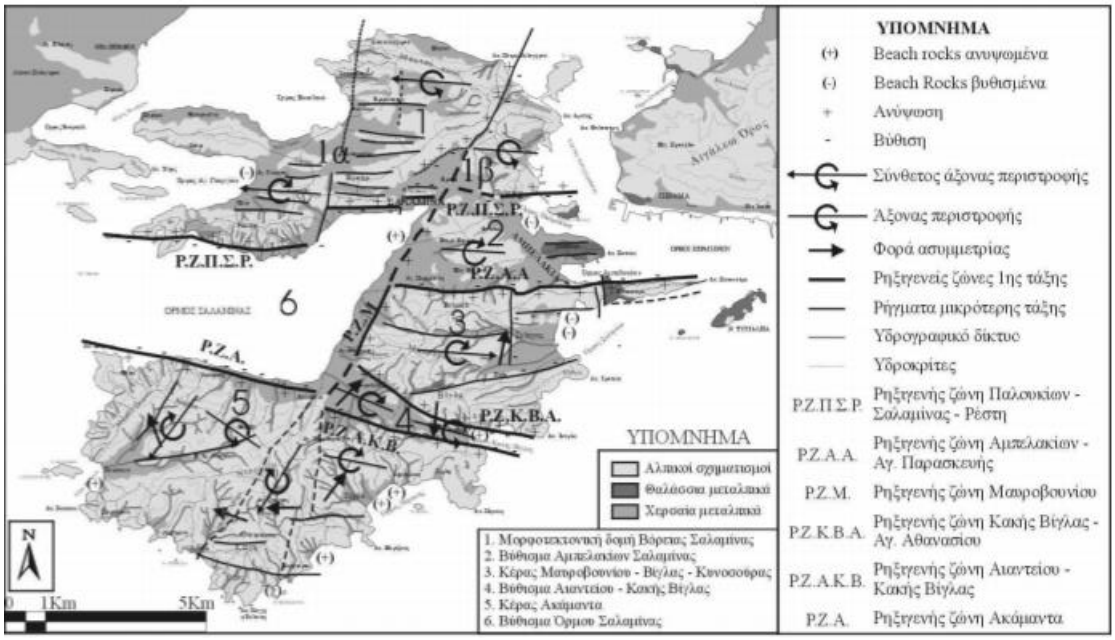


Εικόνα 2-3 Γεωλογικός χάρτης Σαλαμίνας-Περάματος (απόσπασμα από χάρτη ΙΓΜΕ) όπου: al: αλλουβιακές αποθέσεις, p: πλειοκαινικές αποθέσεις, c2: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Κρητιδικού, jc: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Ιουρασικού, tj: ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού, Pz3: παλαιοζωϊκοί σχηματισμο (Γαϊτανάκης 1982).

Τα επιφανειακά ιζήματα του κόλπου της Ελευσίνας από ανατολικά προς δυτικά χαρακτηρίζονται ως ιλυοαμμώδη και ιλυοαμμώδη με χονδρόκοκκη άμμο αντίστοιχα. Το κύριο ωστόσο χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η εξάπλωση ενός μαύρου στρώματος ιλύος, πλούσιου σε οργανικό υλικό με πάχος μέχρι και 12cm, το οποίο είναι άμεσα σχετιζόμενο με την διαρκή εναλλαγή οξειδωτικών και ανοξικών συνθηκών στην επιφάνεια του πυθμένα, προσδίδοντας σε μεγάλη έκταση της επιφάνειας αυτού μαύρο χρώμα. Στις παράκτιες ζώνες του Περάματος και της Σαλαμίνας παρατηρούνται βραχώδεις εξάρσεις περιορίζοντας το διαθέσιμο πάχος των ιζηματογενών στρώσεων. Τα ιζήματα στην προαναφερθείσα περιοχή, στο σημείο της εκβάθυνσης για τη διαμόρφωση της οδικής σύνδεσης, είναι κατά κύριο λόγο χαλαρά ιλυοαμμώδη με εναλλαγές χονδρόκοκκων υλικών.

Σε ότι αφορά τη σεισμική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, αυτή χαρακτηρίζεται μέτρια αφού σύμφωνα με το Χάρτη Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας του Ελληνικού Χώρου που αναφέρεται στο Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΟΑΣΠ 2000), ο Δήμος Περάματος ανήκει στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας Ι ενώ η Δυτική Αττική και ο Δ. Σαλαμίνας ανήκουν στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας ΙΙ.

Όσον αφορά στο τεκτονικό καθεστώς, η περιοχή μελέτης ελέγχεται από το σύστημα ρηγμάτων που διαμορφώνει την μορφολογία της Σαλαμίνας (Εικόνα 2-4). Η Σαλαμίνα ελέγχεται από ένα σύστημα μορφοτεκτονικών δομών που έχουν διεύθυνση Α-Δ και ΒΑ- ΝΔ, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα την δημιουργία νεοτεκτονικών βυθισμάτων και κεράτων αντίστοιχων διευθύνσεων (Μαριολάκος κ.α., 2009).



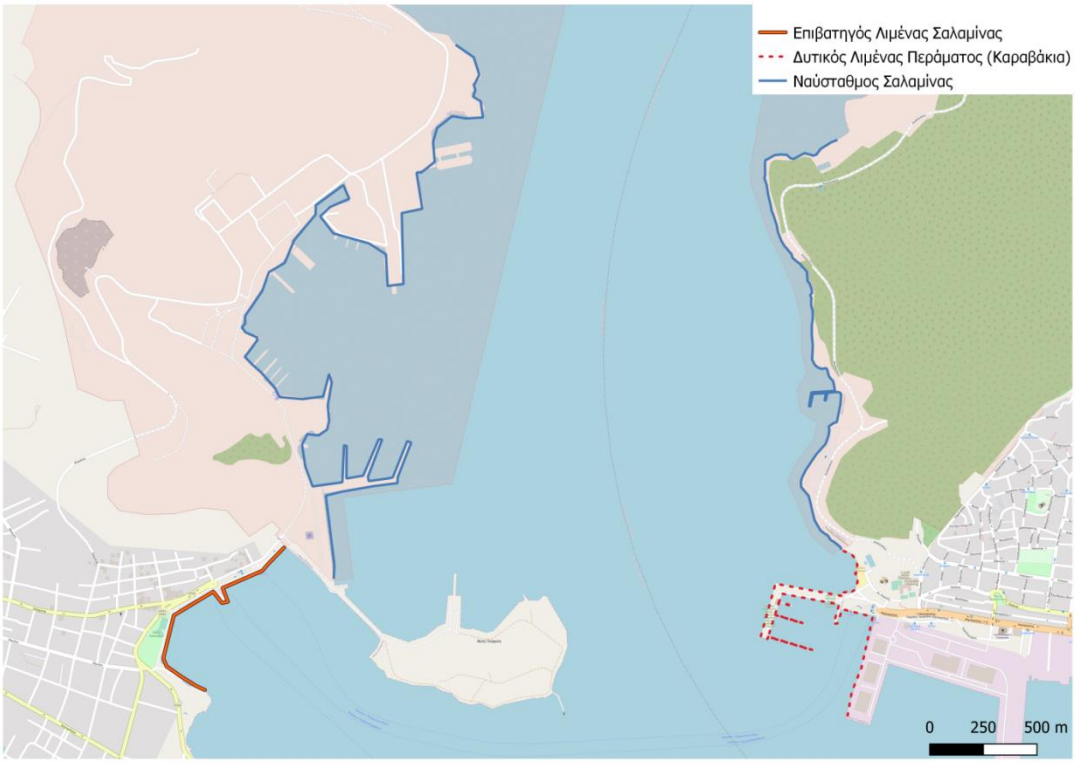
Εικόνα 2-4 Οι νεοτεκτονικές δομές της νήσου Σαλαμίνας με τα κύρια περιθωριακά ρήγματα – ρηξιγενείς ζώνες καθώς και ορισμένα από τα κυριότερα ρήγματα μικρότερης τάξης. Στο χάρτη είναι σημειωμένη η κινηματική των μακροδομών, καθώς και τα σημαντικότερα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά (Μαριολάκος κ.α., 2009)

Οι περιβαλλοντικές συνθήκες και η ποιότητα των υδάτων είναι υποβαθμισμένη, και λόγω των στενών διαύλων επικοινωνίας με το Σαρωνικό αλλά και λόγω σημαντικού βαθμού ρύπανσης λόγω απόρριψης αστικών και βιομηχανικών λυμάτων της πόλης των Αθηνών.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή είναι 407 mm, με το μέγιστο και το ελάχιστο μηνιαίο ύψος να είναι αντίστοιχα 244.6mm και 0mm. (Ε.Μ.Υ. Μετεωρολογικός Σταθμός Ελευσίνας). Η επικρατέστερη διεύθυνση ανέμου είναι η βόρεια, ακολουθούμενη από νότια και βορειοδυτική με μικρή ή μέση ένταση (Ε.Μ.Υ.).

2.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Το βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης ανήκει στη δικαιοδοσία του Πολεμικού Ναυτικού και πιο συγκεκριμένα στο Ναυτικό Οχυρό Σκαραμαγκά (Εικόνα 2-5). . Το όριο της περιοχής αυτής εκτείνεται πέραν της στεριάς και στον παρακείμενο θαλάσσιο χώρο φτάνοντας μέχρι και τον Ναύσταθμο στην Σαλαμίνα στο βορειοδυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης, όπου και συνορεύει με τον εκεί λιμένα των επιβατηγών πλοίων. Οι κύριες λιμενικές υποδομές και λειτουργίες στην ευρύτερη περιοχή του προτεινόμενου επιχώματος όπου θα πραγματοποιηθεί και η υποθαλάσσια σύνδεση Περάματος – Σαλαμίνας αποτυπώνεται στην Εικόνα 2-5.



Εικόνα 2-5 Σημαντικές λιμενικές υποδομές της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Το προτεινόμενο επίχωμα, πρόκειται να κατασκευαστεί στη θαλάσσια περιοχή βορειότερα του δυτικού λιμένα Περάματος «Καραβάκια» (Εικόνα 2-2 και Εικόνα 2-6) ο οποίος πέραν της χρήσης του ως συνδετικός κρίκος με τη Σαλαμίνα αποτελεί και έναν πόλο αναψυχής και ελλιμενισμού σκαφών για τον δήμο. Στο νοτιανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης βρίσκεται ο λιμένας επιβατηγών πλοίων Σαλαμίνας, ένας από τους δύο λιμένες σύνδεσης της Σαλαμίνας με τις γύρω περιοχές της Αττικής, και βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με τον λιμένα Πειραιώς και τον προαναφερθέντα δυτικό λιμένα του Δήμου Περάματος, από όπου και γίνεται η μεγαλύτερη κίνηση ανθρώπων και οχημάτων, από και προς την Σαλαμίνα. Ακριβώς βόρεια της θέσης του προτεινόμενου επιχώματος υφίσταται λιμενική υποδομή του Πολεμικού Ναυτικού (Εικόνα 2-7).

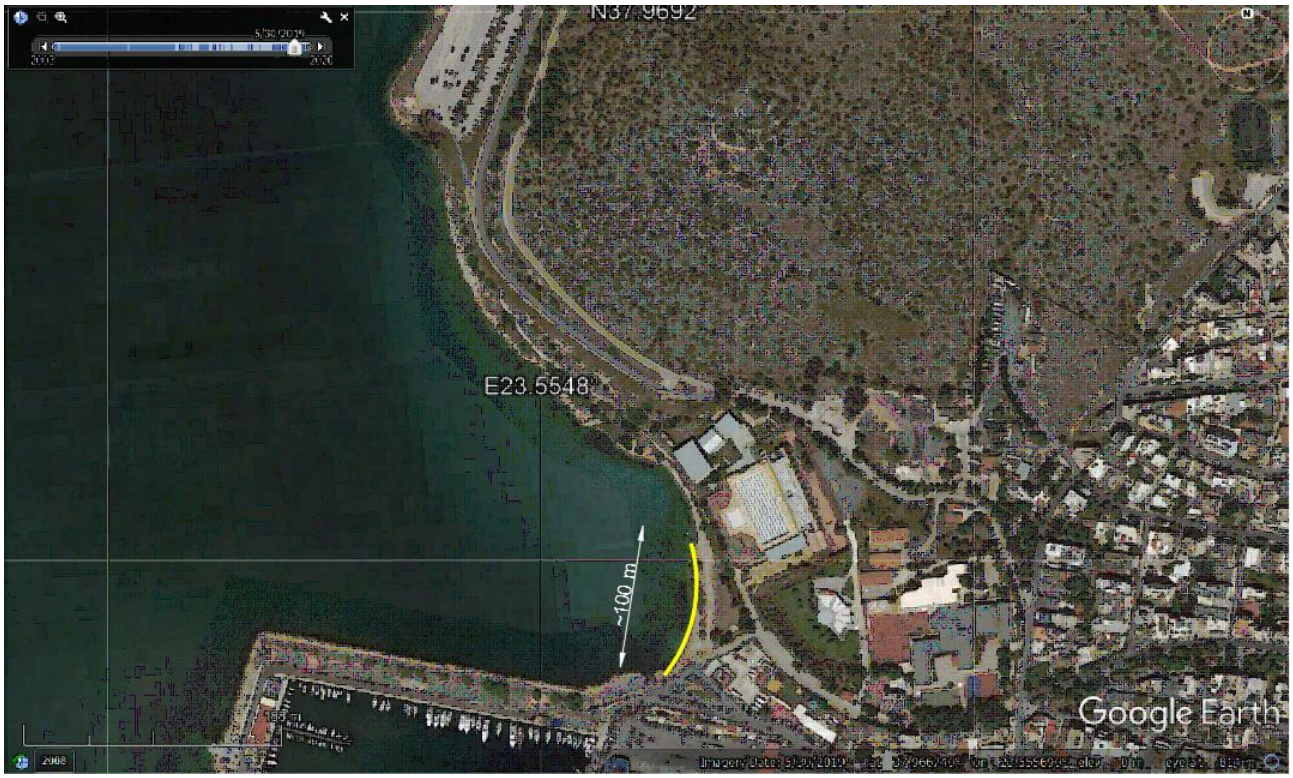
Εικόνα 2-6 Θαλάσσια περιοχή προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: Google Earth)

Εικόνα 2-7 Υφιστάμενη λιμενική υποδομή βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος (πηγή: https://tripinview.com)

Η ακτογραμμή της υπό εξέταση περιοχής χαρακτηρίζεται κατά κύριο λόγο από ανάγλυφο με βραχώδεις και απότομες κλίσεις πρανών στο κεντρικό και βόρειο τμήμα και βραχώδεις αλλά ήπιες κλίσεις πρανών στην περιοχή κατασκευής του προτεινόμενου επιχώματος και νότια αυτής. Οι μοναδικές ακτές που εντοπίζεται

ίζημα είναι δυο ακτές βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος και μια νότια αυτής τύπου θύλακα (pocket beach), οι οποίες όμως έχουν μικρό μήκος και μικρό πλάτος.

Εικόνα 2-8. Ακτές, περιορισμένου μήκους και πλάτους, όπου εντοπίζεται ίζημα βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος.



Εικόνα 2-9. Ακτή, περιορισμένου μήκους και πλάτους, όπου εντοπίζεται ίζημα νότια του προτεινόμενου επιχώματος και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια».

2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

Για την ακτή νότια του προτεινόμενου επιχώματος και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια» πραγματοποιείται σύγκριση ιστορικών δορυφορικών αεροφωτογραφιών, από την εφαρμογή Google Earth για τα έτη 2011, 2015 και 2019 όπως εμφαίνεται στην Εικόνα 2-10. Από την εν λόγω σύγκριση προκύπτει ότι, πέραν κάποιων μικρών ανρθωπογενών παρεμβάσεων, δεν παρατηρούνται σημαντικές τάσεις διάβρωσης ή απόθεσης και άρα εξέλιξη της ακτογραμμής. Το ίδιο ακριβώς συμπέρασμα προκύπτει και τις δυο ακτές βόρεια της επίχωσης που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Εικόνα 2-10 Σύγκριση θέσης ακτογραμμής στην ακτή νότια του προτεινόμενου επιχώματος και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια» για τα έτη 2011, 2015 και 2019.

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΠΟΝΗΣΗΣ ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η μεθοδολογία που ακολουθεί η παρούσα μελέτη βασίζεται στα ακόλουθα τέσσερα διακριτά στάδια:

- **Πρώτο στάδιο** αποτελεί η συλλογή και αξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων και δεδομένων με σκοπό τον προσδιορισμό των γεωμορφολογικών, μετεωρολογικών και θαλάσσιων συνθηκών στην περιοχή μελέτης. Ειδικότερα, προσδιορίζονται και αξιολογούνται τα ακόλουθα:
    - Βαθυμετρία περιοχής μελέτης και χαρακτηριστικά ιζήματος
    - Ανεμολογική δίαιτα περιοχής μελέτης και ευρύτερης περιοχής
    - Υπολογισμούς του μέσου ετήσιου κυματικού κλίματος μέσω αριθμητικών προσομοιώσεων Βόρεια και Βορειοδυτική διεύθυνση πνοής ανέμου στη θαλάσσια περιοχή ενδιαφέροντος μεταξύ της Ν. Σαλαμίνας και του Περάματος.
- Σε **δεύτερο στάδιο**, έχοντας ως βάση όλα τα παραπάνω δεδομένα, γίνεται προσομοίωση των παράκτιων διεργασιών για την υφιστάμενη κατάσταση (Διάταξη DN) όπου προσδιορίζεται το κυματικό πεδίο (ύψος, περίοδος και διεύθυνση κυματισμών), το υδροδυναμικό πεδίο (ταχύτητα και διεύθυνση κυματογενών ρευμάτων) και ο συνεπακόλουθος ρυθμός μεταβολής πυθμένα στην θαλάσσια περιοχή ενδιαφέροντος μεταξύ της Ν. Σαλαμίνας και του Περάματος, αποδίδοντας τις περιοχές με τάσεις απόθεσης ή διάβρωσης σε κάθε σημείο της εν λόγω περιοχής. Οι αριθμητικές προσομοιώσεις πραγματοποιούνται τόσο με τα αριθμητικά μοντέλα του DHI όσο και με τα αριθμητικά μοντέλα της Scientia Maris.
- Σε **τρίτο στάδιο**, έχοντας ξανά ως βάση τα δεδομένα του πρώτου σταδίου, εκπονείται νέος κύκλος προσομοιώσεων, αντίστοιχος με το δεύτερο στάδιο, όπου στην περιοχή προσομοίωσης περιλαμβάνεται πλέον και η προτεινόμενη επίχωση (Διάταξη W1). Στόχος είναι η διερεύνηση της των παράκτιων διεργασιών μετά την κατασκευή του επιχώματος.

3.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΣΟΥ ΕΤΗΣΙΟΥ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΑ ΑΝΟΙΧΤΑ

Προκειμένου να προβλεφθεί το επικρατούν κυματικό κλίμα σε ετήσια βάση αξιοποιήθηκαν τα μέσα ετήσια ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελευσίνας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.). Συγκεκριμένα, για διάφορες εντάσεις ανέμου προερχόμενες από τη Βόρεια και Βορειοδυτική διεύθυνση πραγματοποιήθηκαν αριθμητικές προσομοιώσεις με σκοπό την γένεση και διάδοση των κυματισμών σε ολόκληρο τον κόλπο της Ελευσίνας μέσω κατάλληλου φασματικού μοντέλου (MIKE21 FM-SW του DHI).

Έτσι, προέκυψαν τα κυματικά σενάρια, τα οποία και αποτελούν και δεδομένα εισόδου στις αριθμητικές προσομοιώσεις της παρούσας Μελέτης που αφορούν την θαλάσσια περιοχή ενδιαφέροντος που βρίσκεται μεταξύ Σαλαμίνας – Περάματος.

Η διαδικασία και τα αποτελέσματα για το κυματικό κλίμα περιφράφονται αναλυτικότερα στο Κεφάλαιο 8.

3.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Μετά την πρόβλεψη των κυματικών συνθηκών (κυματικά σενάρια) στα «ανοιχτά» της περιοχής μελέτης, ανατολικά της νησίδας Λέρου, υλοποιούνται τα ακόλουθα βήματα:

Βήμα 1. Είναι αρχικά απαραίτητη η σύνταξη πλέγματος και καννάβου βαθυμετρίας που να αντιπροσωπεύει πιστά τη βαθυμετρία της περιοχής μελέτης.

Βήμα 2. Έπειτα προσομοιώνεται η κυματική διάδοση στην παράκτια περιοχή μελέτης, λαμβάνοντας υπόψη τα φαινόμενα της ρήχωσης, διάθλασης, περίθλασης καθώς και της απώλειας ενέργειας, λόγω τριβής πυθμένα και θραύσεως των κυματισμών. Λόγω των σημαντικών λιμενικών υποδομών / κατακόρυφων μετώπων που συναντώνται στην περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας – Περάματος, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν και οι ανακλώμενοι κυματισμοί οι οποίοι δύνανται να επηρεάσουν σημαντικά το κυματικό και το υδροδυναμικό πεδίο της περιοχής μελέτης.

Βήμα 3. Για κάθε κυματικό πεδίο, προσομοιώνεται με την χρήση υδροδυναμικού μοντέλου, το διανυσματικό πεδίο ταχυτήτων των κυματογενών ρευμάτων, που οφείλεται κατά βάση στις τάσεις ακτινοβολίας που αναπτύσσονται από το κυματικό πεδίο.

Βήμα 4. Κατόπιν, στη βάση της κυματογενούς κυκλοφορίας που υπολογίσθηκε στο προηγούμενο βήμα, προσομοιώνεται ο ρυθμός στερεομεταφοράς και εκτιμώνται οι περιοχές που εμφανίζουν τάσεις απόθεσης ή διάβρωσης σε κάθε σημείο της περιοχής ενδιαφέροντος.

Βήμα 5. Τα προηγούμενα βήματα επαναλαμβάνονται για κάθε μία από τις επικρατέστερες δυνάμενες να προκαλέσουν στερεομεταφορά, κυματικές συνθήκες. Έπειτα πραγματοποιείται σταθμισμένη επαλληλία των αποτελεσμάτων, για τον προσδιορισμό του συνολικού ρυθμού στερεομεταφοράς και απόθεσης / διάβρωσης σε κάθε σημείο της περιοχής ενδιαφέροντος. Με τον τρόπο αυτό εξάγονται συμπεράσματα για τις κυρίαρχες τάσεις διαβρώσεως (ή αποθέσης ιζήματος) σε κάθε τμήμα των εξεταζόμενων ακτογραμμών.

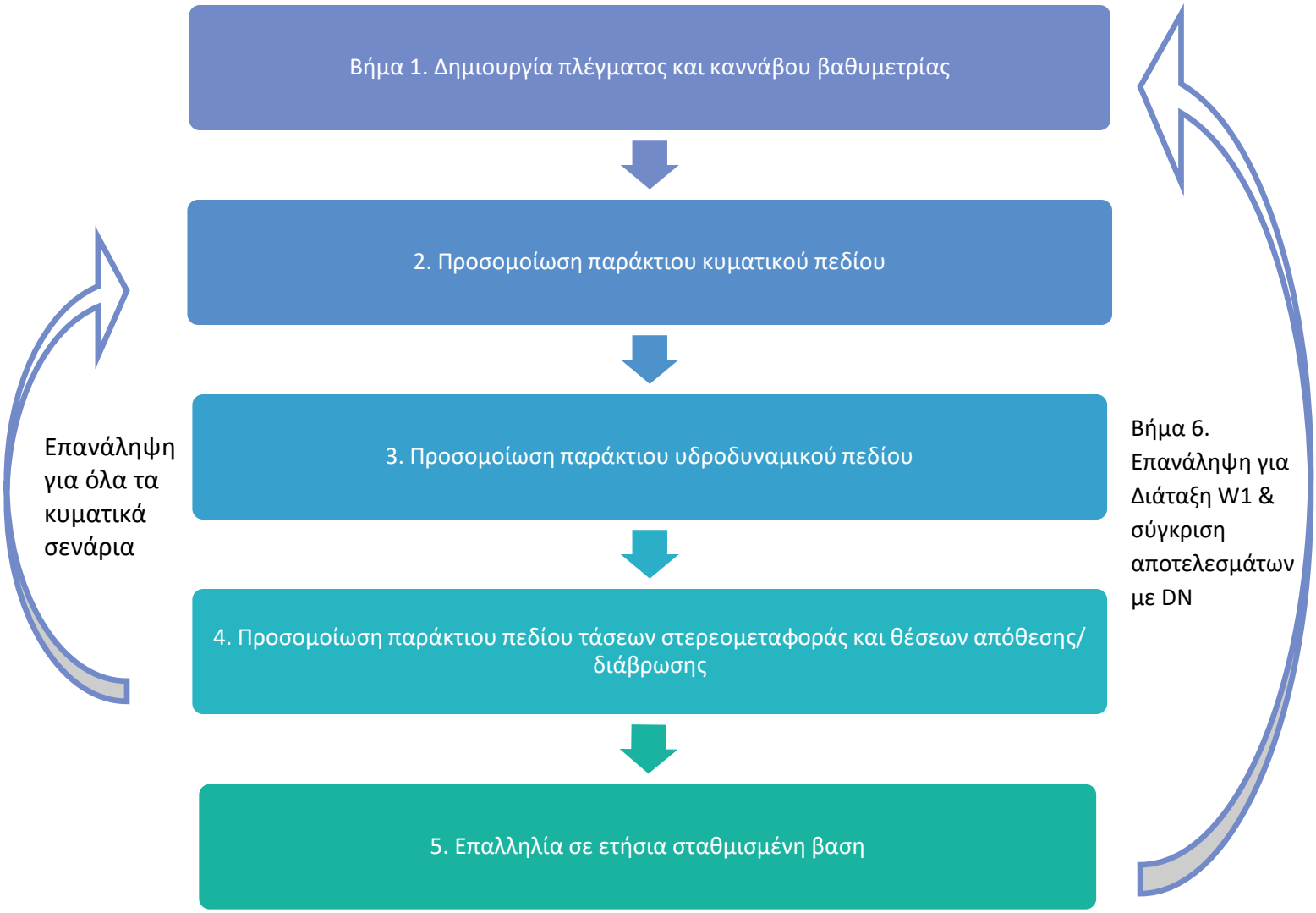
Βήμα 6. Τα παραπάνω βήματα εκπονούνται τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση (Διάταξη DN) όσο και για την διάταξη με παρουσία του προτεινόμενου επιχώματος (Διάταξη W1). Σε περίπτωση που δεν προκύπτουν μεταβολές στα σημεία όπου εμφανίζονται τάσεις για διάβρωση ή απόθεση μεταξύ των διατάξεων DN και W1, τότε τα προτεινόμενα έργα επίχωσης κρίνεται πως δεν μεταβάλλουν το ακτομηχανικό καθεστώς της περιοχής.

Η αλληλουχία των παραπάνω βημάτων συνοψίζεται στο ακόλουθο διάγραμμα ροής (Εικόνα 3-1).

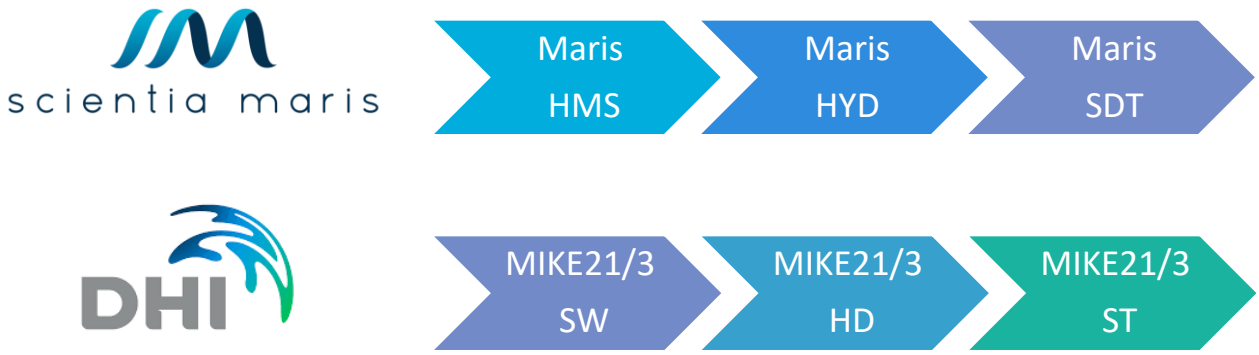
Λόγω της σημαντικότητας της παρούσας ακτομηχανικής διερεύνησης, για την επαλήθευση και την τη βέλτιστη διερεύνηση των παράκτιων διεργασιών η υλοποίηση των παραπάνω βημάτων περιλαμβάνει την εφαρμογή δυο διαφορετικών πακέτων αριθμητικών μοντέλων. Δηλαδή, των μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί από το Danish Hydraulic Institute (DHI) αλλά και των αριθμητικών μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί από τη Scientia Maris. Συγκεκριμένα τα μοντέλα που θα εφαρμοστούν είναι τα εξής:

- Το κυματικό πεδίο στην περιοχή μελέτης, μεταξύ Σαλαμίνας – Περάματος, θα προσομοιωθεί με το αριθμητικό μοντέλο **MARIS HMS** (Scientia Maris) καθώς και με το μοντέλο **MIKE21 FM-SW** (DHI).
- Το διδιάστατο υδροδυναμικό πεδίο θα προσομοιωθεί με το μοντέλου **MARIS HYD** (Scientia Maris) και το μοντέλο **MIKE21 FM-HD** (DHI).
- Τέλος ο ρυθμός διάβρωσης / απόθεσης ιζημάτων σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης θα προσομοιωθεί με τη χρήση του αριθμητικού μοντέλου **MARIS SDT** (Scientia Maris) και **MIKE21 FM-ST** (DHI).

Συγκεκριμένα οι αλυσίδες μοντέλων που θα εφαρμοστούν απεικονίζονται στην Εικόνα 3-2.



Εικόνα 3-1. Διάγραμμα ροής εφαρμογής αριθμητικών μοντέλων και προσομοίωσης παράκτιων διεργασιών.



Εικόνα 3-2. Αλυσίδες μοντέλων που εφαρμόζονται για την προσομοίωση των παράκτιων διεργασιών.

Επισημαίνεται ότι η προσομοίωση των παράκτιων διεργασιών με ταυτόχρονη εφαρμογή των δυο προαναφερθέντων πακέτων αριθμητικών μοντέλων πραγματοποιείται με στόχο την ολοκληρωμένη προσέγγιση του προβλήματος.

4. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

4.1 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ SCIENTIA MARIS

4.1.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MARIS HMS

Ακολούθως δίνεται το μαθηματικό υπόβαθρο του αριθμητικού μοντέλου MARIS HMS της Scientia Maris που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη κυματικής διαταραχής για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής στην περιοχή ενδιαφέροντος. Το μοντέλο αυτό αποτελεί ένα εξελιγμένο μη γραμμικό μοντέλο εξίσωσης ήπιας κλίσης υπερβολικής μορφής που προσομοιώνει τη χωροχρονική διάδοση απλών ή σύνθετων 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
- Θραύση
- Διάθλαση
- Περίθλαση
- Ανάκλαση (Μερική ή Ολική)
- Απώλεια ενέργειας λόγω θραύσης και τριβής πυθμένα

Το εν λόγω μοντέλο αποτελεί ένα 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.

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:

$$\zeta_t + \frac{c}{c_g}\nabla\frac{c_g}{c}\boldsymbol{Q_w} = 0$$

$$\boldsymbol{U_{w,t}} + \frac{c^2}{d}\nabla\zeta = \upsilon_h\nabla^2\boldsymbol{U_w}$$

όπου ζ 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, $\mathbf{U_w} \equiv (U_\mathrm{w}, V_\mathrm{w})$, 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 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.

Είναι φανερό ότι η μέγιστη τιμή του Q_b είναι η μονάδα (όλοι οι κυματισμοί είναι θραυόμενοι), και όταν H_{rms}<<H_m, τότε Q_b<<1 (μη θραυόμενοι κυματισμοί). Η παραπάνω εξίσωση της απώλειας D μπορεί να περιγράψει την απώλεια τυχαίων κυματισμών σε οποιαδήποτε πολύπλοκη βαθυμετρία.

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

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

Στις παραπάνω εξισώσεις η ταχύτητα φάσης, η ταχύτητα ομάδος και ο κυματαριθμός είναι μεταβλητές οι οποίες εξαρτώνται άμεσα από τη επιλεχθείσα σχέση διασποράς.

Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για την επίλυση των βασικών εξισώσεων του μοντέλου είναι αυτή των πεπερασμένων διαφορών που εφαρμόζεται σε κάνναβο 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 καννάβου, να μην διαφέρει περισσότερο από 0.5% από την αμέσως προηγούμενη χρονική στιγμή. Εφόσον ολοκληρωθεί το πρώτο στάδιο μονιμοποίησης επαναϋπολογίζονται οι ταχύτητες με ενσωμάτωση της μη γραμμικότητας και επανεπιλύεται το πεδίο μέχρι να μονιμοποιηθεί.

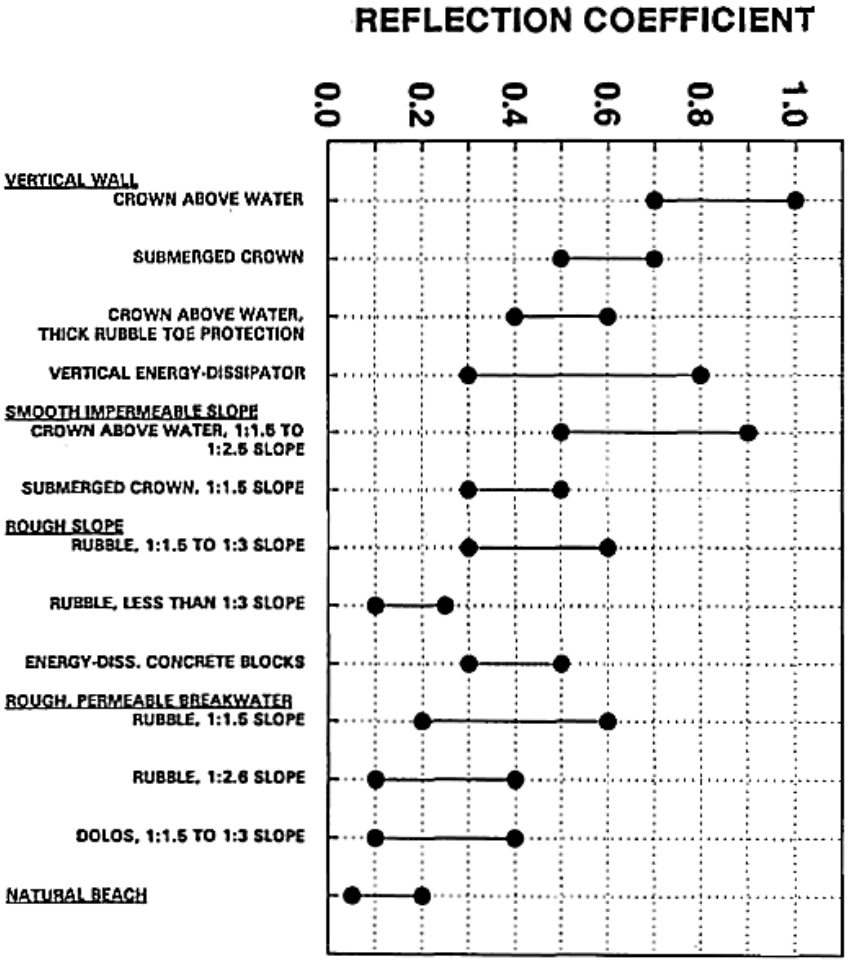
Για την παραγωγή της κυματικής διαταραχής μέσα στην περιοχή μελέτης, χρησιμοποιείται η μέθοδος της εσωτερικής γένεσης (internal generation):

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

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 v_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 $\boldsymbol{r}$ (ο οποίος ορίζεται ως ο λόγος του εισερχόμενου κυματισμού προς τον ανακλώμενο $= H_i/H_r$) και των αντίστοιχων συντελεστών ιξώδους v_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 4-1 Τυπικά εύρη συντελεστών ανάκλασης (Thompson et al. 1996).

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

- Η βαθυμετρία της περιοχής μελέτης δίνεται ως διδιάστατος αριθμητικός κάνναβος 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.

4.1.2 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ – MARIS HYD

Η απώλεια ενέργειας των κυματισμών, κυρίαρχα λόγω της θραύσης τους λόγω ρήχωσης, σε συνδυασμό με την επίδραση των φαινομένων της διάθλασης και της περίθλασης, οδηγεί στη δημιουργία παράκτιων κυματογενών ρευμάτων. Το μοντέλο **MARIS HYD** παρέχει την υδροδυναμική βάση για τους υπολογισμούς πού εκτελούνται στη συνέχεια στο μοντέλο μεταφοράς ιζημάτων MARIS SDT.

Το εν λόγω μοντέλο υπολογίζει την διακύμανση της στάθμης της θάλασσας και τις ροές πού προκύπτουν από μια πλειάδα μηχανισμών γένεσης σε λίμνες, εκβολές ποταμών και παράκτιες περιοχές. Οι διακυμάνσεις και οι ροές επιλύονται σε ένα πλέγμα ορθογωνικών στοιχείων που καλύπτει την περιοχή ενδιαφέροντος.

Δίνονται σαν δεδομένα εισόδου η βαθυμετρία, οι συντελεστές τριβής πυθμένα, το πεδίο ανέμου και το πεδίο των τάσεων ακτινοβολίας από την θραύση των κυματισμών στην παράκτια ζώνη, οι οποίες έχουν παραχθεί από τα αποτελέσματα του κυματικού μοντέλου MARIS HMS, καθώς και οι κατάλληλες οριακές συνθήκες.

Στην επίλυση περιλαμβάνονται τα εξής φαινόμενα:

- Τάσεις τριβής πυθμένα
- Διατμητικές τάσεις ανέμου στην επιφάνεια
- Μεταβολές του βαρομετρικού πεδίου
- Δυνάμεις Coriolis
- Διασπορά ορμής
- Πηγές και απώλειες (sources and sinks)

Οι εξισώσεις συνέχειας και ορμής που βασίζεται το υδροδυναμικό μοντέλο είναι:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial (Uh)}{\partial x} + \frac{\partial (Vh)}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U\frac{\partial U}{\partial x} V\frac{\partial U}{\partial y} + g\frac{\partial \zeta}{\partial x} = -\frac{1}{\rho h}\left(\frac{\partial S_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial y}\right) + \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_h h\frac{\partial U}{\partial x}\right) + \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial y}(\nu_h h\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{t_{sx}}{\rho h} - \frac{t_{bx}}{\rho h})$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U\frac{\partial V}{\partial x} V\frac{\partial V}{\partial y} + g\frac{\partial \zeta}{\partial y} = -\frac{1}{\rho h}\left(\frac{\partial S_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial S_{xy}}{\partial x}\right) + \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial x}\left(\nu_h h\frac{\partial V}{\partial x}\right) + \frac{1}{h}\frac{\partial}{\partial y}(\nu_h h\frac{\partial V}{\partial y} + \frac{t_{sy}}{\rho h} - \frac{y}{\rho h})$$

όπου ζ είναι η ανύψωση της μέσης στάθμης θάλασσας και U και V οι μέσες ως προς το βάθος νερού οριζόντιες ταχύτητες ρεύματος κατά τη διεύθυνση x και y αντίστοιχα.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι το πεδίο ταχυτήτων της ροής σε όλο το υπολογιστικό πεδίο το οποίο και αποτελεί δεδομένο εισόδου στο μετέπειτα μοντέλο στερεομεταφοράς MARIS SDT.

4.1.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – MARIS SDT

Το μοντέλο **MARIS SDT** υπολογίζει τις μορφοδυναμικές μεταβολές και την εξέλιξη πυθμένα σε παράκτιες περιοχές με τη μέθοδο των πεπερασμένων διαφορών σε ορθογωνικό πλέγμα μεταβλητού χωρικού βήματος.

Η βασική εξίσωση υπολογισμού του μοντέλου είναι η εξίσωση διατήρησης μάζας των ιζημάτων ή εξίσωση Exner, με την οποία υπολογίζεται η μεταβολή του πυθμένα σε κάθε χρονικό βήμα:

$$(1-n)\frac{\partial z_b}{\partial t} + \nabla \cdot \overrightarrow{Q_t} = 0$$

όπου:

n: το πορώδες του ιζήματος του πυθμένα

$\overrightarrow{Q_t} = (\overrightarrow{Q_{tx}}, \overrightarrow{Q_{ty}})$: ο ολικός ρυθμός στερεομεταφοράς (m^2/s) λόγω ρεύματος και κύματος

Η άνω εξίσωση επιλύεται με το αριθμητικό σχήμα WENO (Long et al., 2008) το οποίο περιορίζει την αριθμητική διάχυση (πτυχώσεις στον πυθμένα) που προκαλείται από την επίλυση της εξίσωσης Exner για μακροχρόνιες μεταβολές.

Για τον υπολογισμό του ολικού ρυθμού στερεομεταφοράς προσφέρονται από το μοντέλο MARIS-SDT οι ακόλουθες σχέσεις υπολογισμού:

- Soulsby – Van Rijn (1997) total load formula
- Van Thiel – Van Rijn (2008) total load formula
- Van Rijn (2007) total load formula
- Soulsby (1997) bed load formula

Στην παρούσα μελέτη επιλέχθηκε να εφαρμοστεί η σχέση υπολογισμού Soulsby – Van Rijn (1997) που υπολογίζει τη στερεομεταφορά λόγω φορτίου πυθμένα. Ο ολικός ρυθμός στερεομεταφοράς υπολογίζεται από τη σχέση των Soulsby-Van Rijn (Soulsby 1997) υπό τη συνδυασμένη δράση κυμάτων και ρευμάτων ως εξής:

$$Q_t = A_s \overline{U}\left[\left(\overline{U}_{tot}^2 + \frac{0.018}{C_D}U_{rms}\right)^{\frac{1}{2}}\right]^{2.4}(1-1.6tan\beta)$$

όπου:

$A_s = A_{sb} + A_{ss}$ (αθροιστικός συντελεστής που περιλαμβάνει το φορτίο πυθμένα A_{sb} και το φορτίο σε αιώρηση A_{ss})

$\overline{U}_{tot} = \overline{U}^2 + \overline{V}^2$: Η ολοκληρωμένη ως προς το βάθος ταχύτητα ρεύματος

$C_D = \left[\frac{0.40}{\ln\left(\frac{h}{z_0}\right)-1}\right]^2$: συντελεστής τριβής (μόνο λόγω ρεύματος)

z_0: ύψος τραχύτητας πυθμένα, λαμβάνεται 0.006 m

tanβ: κλίση του πυθμένα στη διεύθυνση της ροής

U_{rms}: Η r.m.s. τροχιακή ταχύτητα του κύματος στον πυθμένα

Έναρξη κίνησης ιζήματος πραγματοποιείται όταν ο όρος $\left(\overline{U}_{tot}^2 + \frac{0.018}{C_D} U_{rms}\right)^{\frac{1}{2}}$ υπερβεί την τιμή της κρίσιμης ταχύτητας ρεύματος U_{cr} , η οποία υπολογίζεται από την ακόλουθη σχέση:

$$U_{cr} = 0.19(d_{50})^{0.1} log_{10}\left(\frac{4h}{d_{90}}\right) \qquad \gamma\iota\alpha\ 0.1 \leq d_{50} < 0.5\ mm$$

$$U_{cr} = 8.5(d_{50})^{0.6} log_{10}\left(\frac{4h}{d_{90}}\right) \qquad \gamma\iota\alpha\ 0.5 \leq d_{50} \leq 2.0\ mm$$

Οι συντελεστές A_{sb} και A_{ss} για το φορτίο πυθμένα και σε αιώρηση αντίστοιχα δίνονται από τις σχέσεις:

$$A_{sb} = \frac{0.005h\left({d_{50}}/{h}\right)^{1.2}}{[(s-1)gd_{50}]^{1.2}}$$

$$A_{ss} = \frac{0.012d_{50}D_*^{-0.6}}{[(s-1)gd_{50}]^{1.2}}$$

όπου:

$D_* = \left[\frac{g(s-1)}{\nu^2}\right]^{1/3}$: αδιάστατη διάμετρος ιζήματος

$s = \frac{\rho_s}{\rho_w}$: η σχετική πυκνότητα των στερεών κόκκων

h: το τοπικό βάθος νερού στο αντίστοιχο κελί του υπολογιστικού πεδίου

Η τροχιακή ταχύτητα του κύματος στον πυθμένα υπολογίζεται για γραμμικούς ή σύνθετους κυματισμούς σύμφωνα με τις προσεγγιστικές σχέσεις των Soulsby & Smallman (1986).

Τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι οι τάσεις στερεομεταφοράς, ο ρυθμός μεταβολής του πυθμένα και οι περιοχές που εμφανίζονται τάσεις απόθεσης ή διάβρωσης σε όλο το υπολογιστικό πεδίο.

4.2 ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21 – DHI

4.2.1 ΜΟΝΤΕΛΟ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ – MIKE21 FM-SW

Ακολούθως δίνεται το μαθηματικό υπόβαθρο του αριθμητικού μοντέλου MIKE21 FM-SW του Danish Hydraulic Institute που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη κυματικής διαταραχής με σκοπό την προσδιορισμό του κυματικού κλίματος σε ολόκληρο τον Κόλπο της Ελευσίνας.

Οι εξισώσεις που βασίζεται το συγκεκριμένο μοντέλο, είναι η εξίσωση ισοζυγίου κυματικής δράσης σε καρτεσιανές ή σφαιρικές συντεταγμένες (Komen et al., 1994; Young, 1999). Σε οριζόντιες καρτεσιανές συντεταγμένες, η εν λόγω εξίσωση γράφεται:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\vec{v}N) = \frac{S}{\sigma}$$

Όπου $N(\vec{x}, \sigma, \theta, t)$ είναι η πυκνότητα δράσης,

t είναι ο χρόνος,

$\vec{x} = (x, y)$ είναι οι καρτεσιανές συντεταγμένες,

$(\vec{v}) = (c_x, c_y, c_\sigma, c_\theta)$ ταχύτητα διάδοσης ομάδας κυματισμού στον 4-διάστατο χώρο $\vec{x}, \sigma, \theta$ και

S είναι ο όρος πηγής για την εξίσωση ενεργειακού ισοζυγίου:

$S = S_{in} + S_{n1} + S_{ds} + S_{bot} + S_{surf}$, όπου S_{in} ενέργεια από άνεμο, S_{n1} μεταφορά κυματικής ενέργειας λόγω μη γραμμικών αλληλεπιδράσεων, S_{ds} διάχυση λόγω θραύσης στα βαθιά, S_{bot} διάχυση λόγω τριβής πυθμένα και S_{surf} διάχυση λόγω θραύσης στα ρηχά.

Η διακριτοποίηση των εξισώσεων που διέπουν την προσομοίωση των παραπάνω φυσικών δεδομένων στο γεωμετρικό και φασματικό χώρο γίνεται με τη χρήση της μεθόδου πεπερασμένων όγκων. Στο γεωγραφικό πεδίο χρησιμοποιείται ένας μη δομημένος κάνναβος – τριγωνικό πλέγμα.

4.2.2 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ – MIKE21 FM-HD

Η διακριτοποίηση των εξισώσεων που διέπουν την προσομοίωση των παραπάνω φυσικών δεδομένων στο γεωμετρικό και φασματικό χώρο γίνεται με τη χρήση της μεθόδου πεπερασμένων όγκων. Στο γεωγραφικό πεδίο χρησιμοποιείται ένας μη δομημένος κάνναβος – τριγωνικό πλέγμα. Το μοντέλο MIKE21 FM-HD παρέχει την υδροδυναμική βάση για τους υπολογισμούς πού εκτελούνται στο μοντέλο μεταφοράς ιζημάτων MIKE21 FM-ST.

Το εν λόγω μοντέλο υπολογίζει την διακύμανση της στάθμης της θάλασσας, και τις ροές πού προκύπτουν από μια πλειάδα μηχανισμών γένεσης σε λίμνες, εκβολές ποταμών και παράκτιες περιοχές. Οι διακυμάνσεις και οι ροές επιλύονται σε ένα πλέγμα τριγωνικών στοιχείων που καλύπτει την περιοχή ενδιαφέροντος.

Δίνονται σαν δεδομένα εισόδου η βαθυμετρία, οι συντελεστές τριβής πυθμένα, το πεδίο ανέμου, το πεδίο των τάσεων ακτινοβολίας από την θραύση των κυματισμών στην παράκτια ζώνη, οι οποίες έχουν παραχθεί από τα αποτελέσματα του κυματικού μοντέλου MIKE21 FM-SW, καθώς και οι κατάλληλες οριακές συνθήκες.

Στην επίλυση περιλαμβάνονται τα εξής φαινόμενα:

- Τάσεις τριβής πυθμένα
- Διατμητικές τάσεις ανέμου στην επιφάνεια
- Μεταβολές του βαρομετρικού πεδίου
- Δυνάμεις Coriolis
- Διασπορά της ορμής
- Πηγές και απώλειες (sources and sinks)
- Εξάτμιση κ.α.

Τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι η διακύμανση της επιφάνειας και το πεδίο ταχυτήτων της ροής σε όλη την περιοχή υπολογισμού.

Ακολούθως δίνεται το μαθηματικό υπόβαθρο του αριθμητικού μοντέλου MIKE21 FM-SW του Danish Hydraulic Institute που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη κυματικής διαταραχής με σκοπό την προσδιορισμό του κυματικού κλίματος σε ολόκληρο τον Κόλπο της Ελευσίνας.

4.2.3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ – MIKE21 FM-ST

Το μοντέλο MIKE21/3 ST FM είναι ένα υπολογιστικό εργαλείο για τον υπολογισμό των ρυθμών μεταφοράς μη συνεκτικού ιζήματος (άμμου), και των συνεπαγόμενων από αυτό αρχικών ρυθμών μεταβολής της βαθυμετρίας λόγω απόθεσης ή διάβρωσης, πού οφείλεται στην δράση των ρευμάτων, ή την συνδυασμένη δράση ρευμάτων και κυματισμών. Το μοντέλο υπολογίζει τους ρυθμούς αυτούς σε ένα πλέγμα τριγωνικών στοιχείων, που καλύπτει την περιοχή ενδιαφέροντος, στην βάση των υδροδυναμικών δεδομένων που αποκτώνται από ένα κάθε σενάριο προσομοίωσης του υδροδυναμικού μοντέλου που παρουσιάστηκε προηγουμένως, και επίσης στην βάση των αποτελεσμάτων των κυματικών μοντέλων MIKE21 FM-SW.

Το MIKE21/3 ST FM λαμβάνει υπόψη τα εξής φαινόμενα και παραμέτρους:

- Συνδυασμένη δράση κυμάτων και ρευμάτων
- Τυχαία γωνία διάδοσης των κυματισμών σε σχέση με την διεύθυνση ροής των ρευμάτων
- Θραυόμενα και μη θραυόμενα κύματα
- Ομοιογενές ή μη υλικό βυθού
- Επίπεδη ή μη επιφάνεια βυθού

Για την περίπτωση της συνδυασμένης δράσης κυμάτων και ρευμάτων, δύο εναλλακτικές θεωρήσεις χρησιμοποιούνται για την επίλυση του προβλήματος:

- Η θεώρηση του Bijker για ξεχωριστό υπολογισμό του αιωρούμενου φορτίου και τού φορτίου βυθού.
- Η θεώρηση ερευνητών του DHI για το συνολικό φορτίο (αιωρούμενο + επικαθήμενο στον βυθό).

Σαν δεδομένα εισόδου στο μοντέλο δίνονται:

- Η βαθυμετρία
- Το πεδίο ταχυτήτων των παράκτιων ρευμάτων
- Τα αποτελέσματα του κυματικού μοντέλου
- Οι συντελεστές τριβής βυθού
- Η κοκκομετρική διαβάθμιση του υλικού του βυθού

Τα αποτελέσματα του μοντέλου είναι:

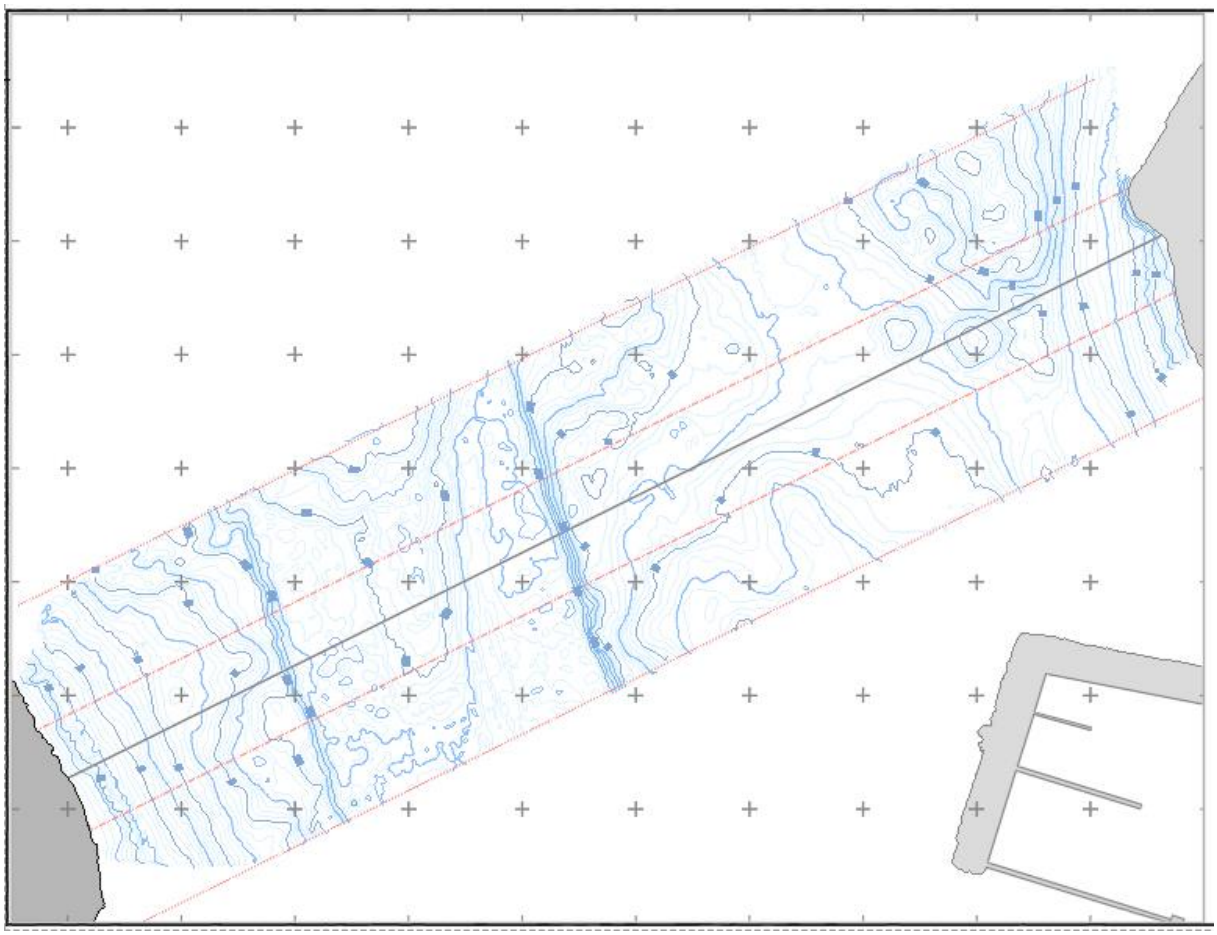
- Χρονοσειρές των ρυθμών μεταφοράς ιζήματος σε κάθε σημείο.
- Οι μέσοι ρυθμοί μεταφοράς ιζήματος σε κάθε σημείο.
- Οι αρχικοί ρυθμοί διαβρώσεως / αποθέσεως άμμου σε κάθε σημείο.

5. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

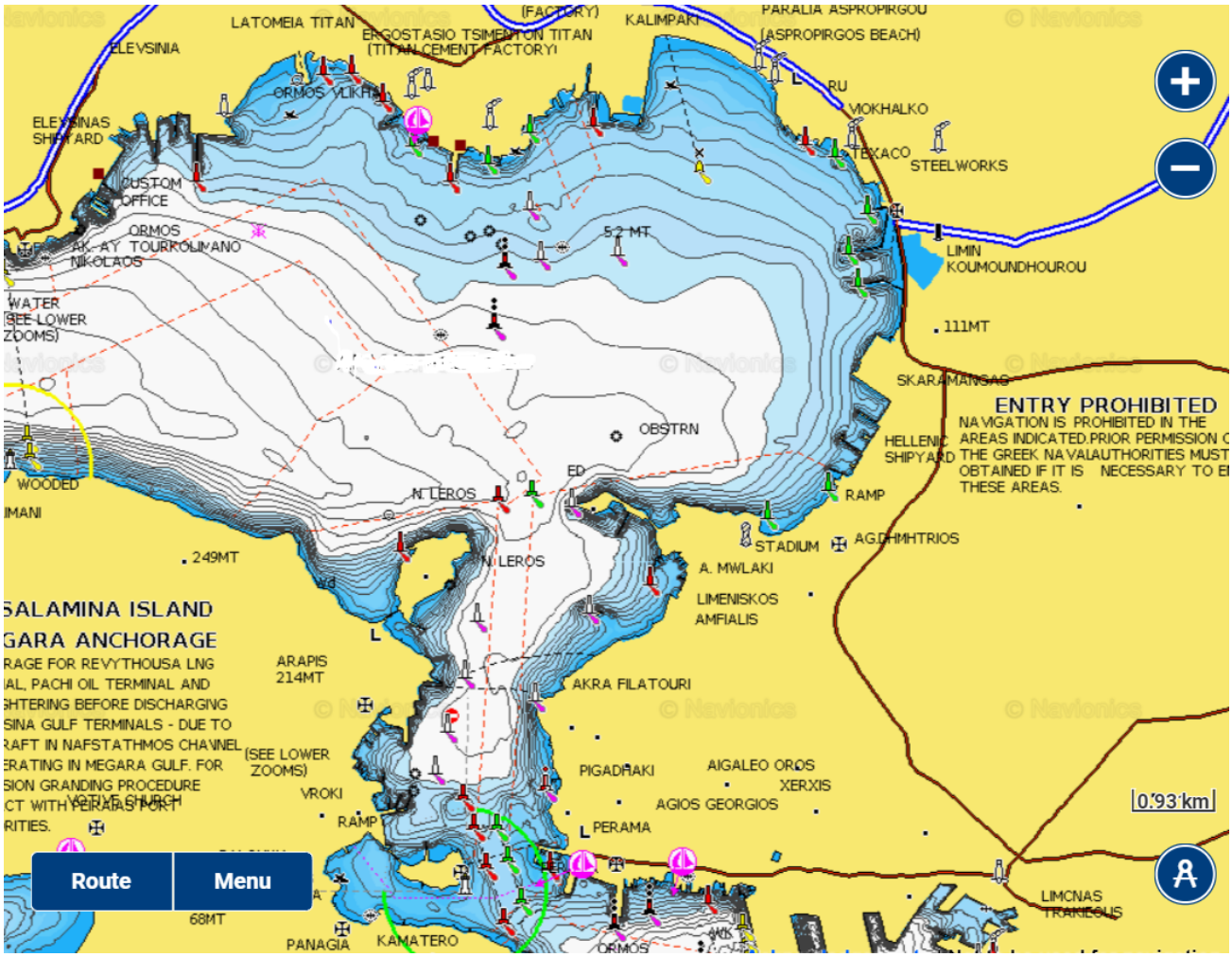
Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, η βαθυμετρία της περιοχής που πρόκειται να κατασκευαστούν τα έργα επίχωσης προέκυψε από πρόσφατη βυθομετρική αποτύπωση (Εικόνα 5-1) που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου της υποθαλάσσιας οδικής σήραγγας Ν. Σαλαμίνας – Περάματος.

Η πρόσφατη βαθυμετρική αποτύπωση αποτελεί δεδομένο εισόδου για τα αριθμητικά μοντέλα. Η συμπλήρωση των υπόλοιπων βαθυμετρικών δεδομένων που περιλαμβάνει τόσο ολόκληρο τον κόλπο της Ελευσίνας όσο και την θαλάσσια περιοχή Σαλαμίνας – Περάματος που αποτελεί και την περιοχή ενδιαφέροντος πραγματοποιήθηκε αξιοποιώντας τα βυθομετρικά δεδομένα από στοιχεία της βάσης Navionics (Εικόνα 5-2) (webapp.navionics.com).

Σημειώνεται πως τα βάθη από την βαθυμετρική αποτύπωση εξαρτώνται από τη Μέση Στάθμη Θάλασσας, ενώ τα βάθη των δεδομένων της βάσης Navionics εξαρτώνται από την Κατώτατη Ρηχία. Ως εκ τούτου πραγματοποιήθηκε κατάλληλη τροποποίηση των δεδομένων της βάσης Navionics ώστε όλα τα βάθη να αναφέρονται στη Μ.Σ.Θ.



Εικόνα 5-1 Βυθομετρική αποτύπωση θαλάσσιας περιοχής κατασκευής του προτεινόμενου επιχώματος μεταξύ Ν. Σαλαμίνας και Περάματος («Θαλάσσιες Έρευνες στην Περιοχή της Υποθαλάσσιας Ζεύξης Περάματος - Σαλαμίνας», Τίτλος Σχεδίου: «Βυθομετρικό Διάγραμμα», Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών)



Εικόνα 5-2 Ναυτικός Χάρτης του κόλπου της Ελευσίνας από τη βάση Navionics (πηγή: webapp.navionics.com)

6. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Τα επιφανειακά ιζήματα του κόλπου της Ελευσίνας από ανατολικά προς δυτικά χαρακτηρίζονται ως ιλυοαμμώδη και ιλυοαμμώδη με χονδρόκοκκη άμμο αντίστοιχα. Το κύριο ωστόσο χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η εξάπλωση ενός μαύρου στρώματος ιλύος, πλούσιου σε οργανικό υλικό με πάχος μέχρι και 12 cm, το οποίο είναι άμεσα σχετιζόμενο με την διαρκή εναλλαγή οξειδωτικών και ανοξικών συνθηκών στην επιφάνεια του ιζήματος, προσδίδοντας σε μεγάλη έκταση της επιφάνειας του βυθού μαύρο χρώμα. Στις παράκτιες ζώνες του Περάματος και της Σαλαμίνας παρατηρούνται βραχώδεις εξάρσεις περιορίζοντας το διαθέσιμο πάχος των ιζηματογενών στρώσεων.

Η σύσταση του επιφανειακού ιζήματος της περιοχής μελέτης, όπου αυτή εμφανίζεται, εκτιμήθηκε μακροσκοπικά. Στην περιοχή μελέτης, μεταξύ Σαλαμίνας – Περάματος επικρατούν κυρίως χαλαρά ιλυοαμμώδη ιζήματα με εναλλαγές χονδρόκοκκων υλικών. Ως εκ τούτου, στην περιοχή που είναι δυνατόν να προκληθεί οποιαδήποτε μεταβολή της ακτογραμμής, βόρεια και νότια των προτεινόμενων έργων επίχωσης, γίνονται οι εξής παραδοχές:

Πυκνότητα κόκκων	:	ρ_s = 2.65 t/m^3
Μέση διάμετρος	:	D_{50} = 1.5 – 2 mm
Πορώδες	:	n = 0.40
Διασπορά ιζήματος	:	G_g = 1.8

7. ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΗ ΔΙΑΙΤΑ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

7.1 ΑΝΕΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Έχοντας υπόψη τη θέση των προτεινόμενων παράκτιων έργων, έχουν ενδιαφέρον από άποψη γένεσης των κυματισμών οι άνεμοι που πνέουν από :

- **Βόρεια διεύθυνση και**
- **Βορειοδυτική διεύθυνση**

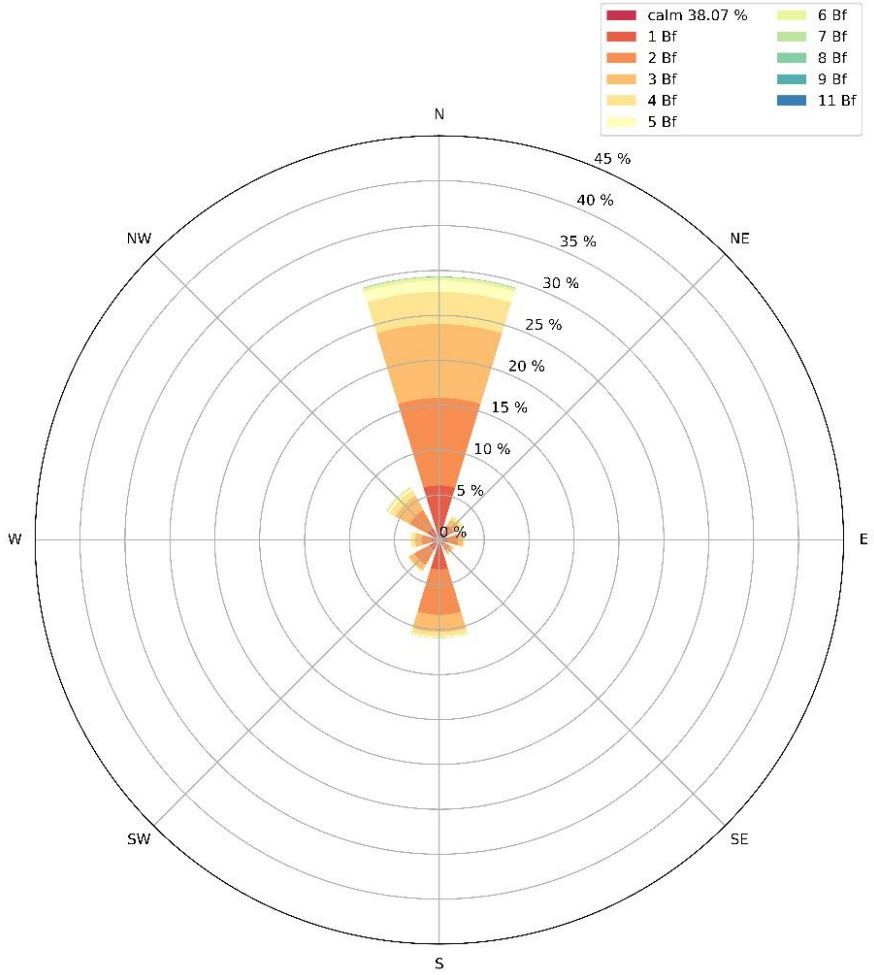
οι οποίοι επηρεάζουν την περιοχή μελέτης και δημιουργούν σημαντική κυματική διαταραχή. Όλες οι υπόλοιπες διευθύνσεις πνοής ανέμου δεν είναι ικανές να γεννήσουν κυματισμούς με αξιόλογο ύψος κυματισμών.

Στο πλαίσιο της παρούσας Μελέτης αξιοποιούνται τα ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελευσίνας της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) ο οποίος θεωρείται ο πλέον κατάλληλος λόγω της θέσης του. Ο συγκεκριμένος σταθμός έχει συντεταγμένες 38°04'N και 23°33'E. Οι επικρατέστεροι άνεμοι της περιοχής είναι οι Βόρειοι με ετήσιο ποσοστό εμφάνισης 29.32% και ακολουθούν οι Νότιοι με ποσοστό εμφάνισης 10.93%. Οι μετρήσεις αναφέρονται στο διάστημα 1958-1997.

Το ποσοστό νηνεμίας είναι 38.069% του ετήσιου συνόλου των μετρήσεων. Η συχνότερη ένταση των επικρατούντων ανέμων είναι στα 3 BF και η μέγιστη ένταση φτάνει τα 11Bf για Βόρειους ανέμους (με μέσο ετήσιο ποσοστό 0.011%). Οι ετήσιες συχνότητες ανά διεύθυνση και ένταση ανέμου παρουσιάζονται ακολούθως.

Πίνακας 7-1 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	S U M
0	-	-	-	-	-	-	-	-	38.069	38.069
1	0.427	0.077	0.066	0.044	0.230	0.121	0.121	0.142	-	1.228
2	5.643	0.778	0.877	0.603	3.046	1.118	0.734	1.348	-	14.147
3	9.740	0.975	1.139	0.723	5.062	1.895	1.063	2.235	-	22.832
4	8.228	0.789	0.559	0.373	1.906	0.701	0.745	1.797	-	15.098
5	3.583	0.340	0.131	0.110	0.471	0.077	0.373	0.734	-	5.819
6	1.249	0.088	0.022	0.044	0.153	0.011	0.142	0.252	-	1.961
7	0.340	0.033	0.011	0.022	0.044	0.011	0.044	0.099	-	0.604
8	0.077	0.011	0.011	0.011	0.011	-	0.011	0.044	-	0.176
9	0.011	-	-	-	0.011	-	-	0.011	-	0.033
10	0.011	-	-	-	-	-	-	0.011	-	0.022
>=11	0.011	-	-	-	-	-	-		-	0.011
SUM	29.320	3.091	2.816	1.930	10.934	3.934	3.233	6.673	38.069	100.00

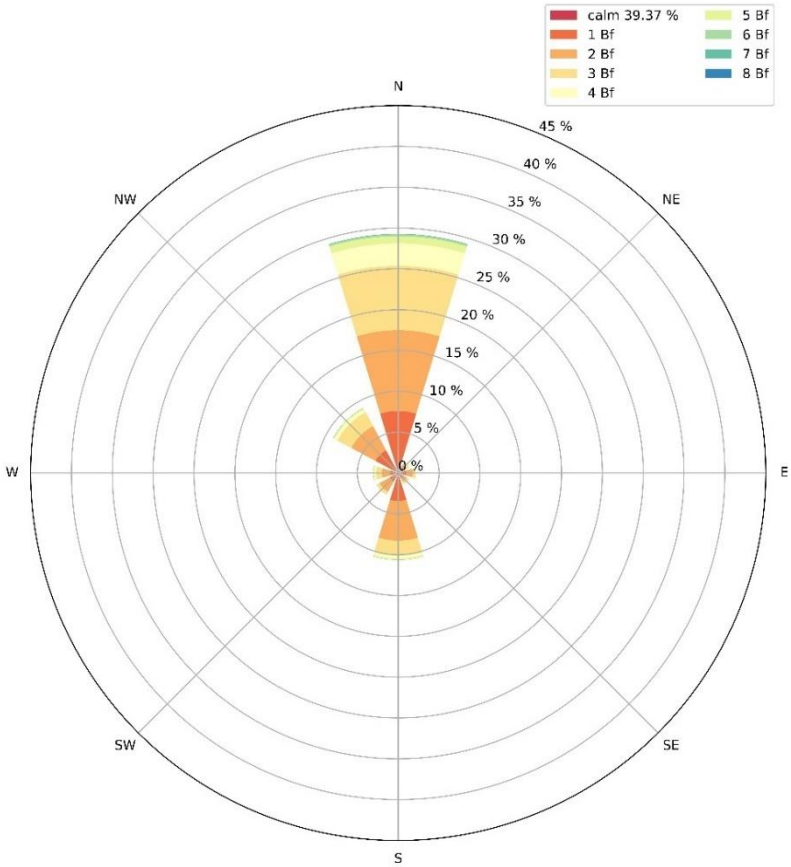


Εικόνα 7-1. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-1997.

Επιπρόσθετα, στα πλαίσια της παρούσας μελέτης αναζητήθηκαν τα πλέον πρόσφατα ανεμολογικά δεδομένα του Μετεωρολογικού Σταθμού Ελευσίνας από την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (Ε.Μ.Υ.) τα οποία και παρατίθενται ακολούθως. Οι μετρήσεις αναφέρονται στο χρονικό διάστημα 1958-2020.

Πίνακας 7-2 Μέσες ετήσιες συχνότητες εμφάνισης ανέμων Σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-2020.

BEAUF	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	CALM	S U M
0	-	-	-	-	-	-	-	-	39.371	39.371
1	0.396	0.069	0.070	0.058	0.183	0.090	0.103	0.184	-	2.455
2	7.177	0.645	0.911	0.631	3.250	1.073	0.874	2.970	-	17.578
3	9.889	0.462	0.795	0.512	4.836	1.425	1.008	3.351	-	22.299
4	7.886	0.301	0.340	0.283	1.848	0.414	0.697	1.933	-	13.716
5	2.759	0.118	0.072	0.054	0.377	0.040	0.270	0.443	-	4.137
6	0.869	0.040	0.015	0.016	0.118	0.006	0.094	0.139	-	1.298
7	0.221	0.011	0.005	0.007	0.029	0.002	0.026	0.034	-	0.337
8	0.073	0.003	0.001	0.001	0.010	-	0.008	0.017	-	0.113
>=9	0.004	-	0.003	-	0.001	-	0.002	0.005	-	0.016
SUM	29.282	1.650	2.213	1.561	10.660	3.051	3.083	9.078	-	100.00



Εικόνα 7-2. Ροδόγραμμα ανεμολογικών δεδομένων σταθμού Ελευσίνας (ΕΜΥ) χρονικής περιόδου 1958-2020.

Από τη σύγκριση των παραπάνω δεδομένων (μετρήσεις περιόδου 1958-1997 και μετρήσεις περιόδου 1958-2020) διαπιστώνεται ότι για τις διευθύνσεις ενδιαφέροντος, δηλαδή τη Βόρεια και τη Βορειοδυτική, οι εντάσεις των ανέμων και οι αντίστοιχες συχνότητες εμφάνισής τους διαφέρουν και συγκεκριμένα για την πρώτη περίοδο είναι μεγαλύτερες. Χαρακτηριστικά, για τους Βόρειους ανέμους, στο διάστημα 1958-1997, οι εντάσεις φτάνουν τα 11 Bf και η αντίστοιχη μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης είναι 0.011%. Η αθροιστική μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης για Βόρεια διεύθυνση και εντάσεις μεγαλύτερες ή ίσες από 9 Bf είναι 0.033%. Ενώ για τη δεύτερη περίοδο, 1958-2020, και για τους Βόρειους ανέμους, οι μέγιστες εντάσεις που καταγράφονται είναι μεγαλύτερες ή ίσες από 9 Bf και η αντίστοιχη μέση ετήσια συχνότητα εμφάνισης είναι 0.004%, μικρότερη από την προαναφερθείσα 0.033%. Αντίστοιχα συμπεράσματα προκύπτουν και για τη Βορειοδυτική διεύθυνση. Σημειώνεται ότι στην παρούσα μελέτη επελέγη η πλέον συντηρητική προσέγγιση και έτσι λαμβάνονται υπόψη για τις προσομοιώσεις οι μεγαλύτερες εντάσεις και συχνότητες εμφάνισης, αυτές της περιόδου 1958-1997, υπέρ της ασφαλείας, λόγω της σημασίας των προτεινόμενων έργων και της ανάγκης διερεύνησης της μέγιστης δυνατής επίδρασης αυτών στην ευρύτερη περιοχή.

7.2 ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΤΑΘΜΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ

Σύμφωνα με το μόνιμο δίκτυο παλιρροιογράφων της Υδρογραφικής Υπηρεσίας ο πλησιέστερος εγκατεστημένος σταθμηγράφος βρίσκεται στον λιμένα του Ναυστάθμου Σαλαμίνας (γεωγραφικό πλάτος: 37° 58' 46.59' γεωγραφικό μήκος: 23° 32' 11.89''). Σύμφωνα με τα στατιστικά στοιχεία του εν λόγω σταθμηγράφου κατά την περίοδο 1990-2012 προκύπτουν τα ακόλουθα μεγέθη:

Πίνακας 7-3 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Ναυστάθμου Σαλαμίνας (ως προς το μηδέν του παλιρροιομέτρου – κατωτάτη ρηχία).

Σταθμός	Μέγιστη πλήμμη	Μέση πλήμμη	Μέση στάθμη	Μέση ρηχία
Ναύσταθμος Σαλαμίνας (1990-2008)	1.08 m	0.57 m	0.49 m	0.43 m

Πίνακας 7-4 Στατιστικά στοιχεία Υδρογραφικής Υπηρεσίας Λιμένα Ναυστάθμου Σαλαμίνας (μη εξαρτώμενο σημείο αναφοράς).

Σταθμός	Μέγιστο εύρος	Μέσο εύρος	Ελάχιστο εύρος	Επάλλαξη
Ναύσταθμος Σαλαμίνας (1990-2008)	0.40 m	0.05 m	0.01 m	1.08 m

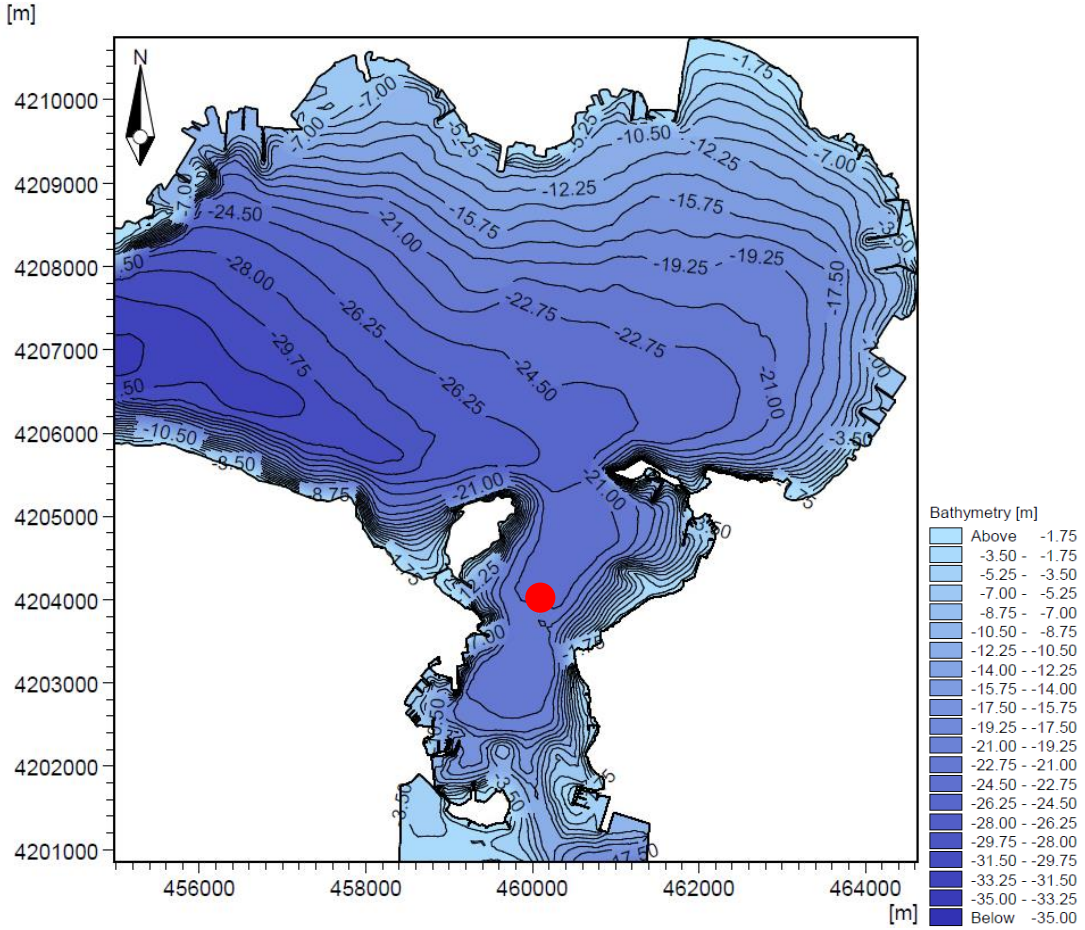
8. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Στο παρόν Κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματικού κλίματος ολόκληρου του Κόλπου της Ελευσίνας, ως έχει στην υφιστάμενη κατάσταση, χρησιμοποιώντας το αριθμητικό μοντέλο MIKE21 FM-SW της DHI. Επιπλέον δίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

8.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ: ΚΟΛΠΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Για την αριθμητική προσομοίωση ολόκληρου του Κόλπου της Ελευσίνας χρησιμοποιήθηκαν τα βυθομετρικά δεδομένα της βάσης Navionics, που βασίζονται στους χάρτες της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού και ενσωματώθηκαν επιπρόσθετα στα βυθομετρικά διαγράμματα της πρόσφατης αποτύπωσης που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.

Με συνδυασμό των ως άνω στοιχείων, κατασκευάστηκε χωρικά μεταβλητό πλέγμα **MESH_DN** (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE21 FM-SW DHI και Εικόνα 8-1) περίπου 25.132 κόμβων και 42.654 στοιχείων, το οποίο καλύπτει τη συγκεκριμένη περιοχή εκτάσεως περίπου 11.5 km x 10.0 km και αναπαριστά τη βαθυμετρία.



Εικόνα 8-1. Αριθμητικό πλέγμα βαθυμετρίας Κόλπου της Ελευσίνας και περιοχής ενδιαφέροντος και σημείο εξαγωγής κυματικών χαρακτηριστικών (σήμανση με κόκκινο κύκλο) για περαιτέρω προσομοιώσεις.

Προσομοιώθηκε η δράση του ανέμου και η γένεση των κυματισμών για εντάσεις ανέμου από 8Bf έως και 11Bf με Βόρεια διεύθυνση και 8Bf έως και 10Bf για Βορειοδυτική διεύθυνση. Για όλες τις περιπτώσεις εφαρμόστηκε διάρκεια ικανή ώστε να επιτευχθούν συνθήκες μέγιστου κυματισμού (fetch-limited) και να εκτιμηθεί ο κυματισμός για κάθε ένταση και διεύθυνση ανέμου.

8.2 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ: ΚΟΛΠΟΣ ΕΛΕΥΣΙΝΑΣ

Στα Σχέδια **SW_DN_1** έως και **SW_DN_6** (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE21 FM-SW DHI) δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματικού πεδίου για όλα τα εξεταζόμενα κυματικά σενάρια. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **SW_DN_1** δίνονται τα ύψη κύματος για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής Β ανέμου 11 Bf, στο Σχέδιο **SW_DN_2** δίνονται τα ύψη κύματος για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής Β ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **SW_DN_3** δίνονται τα αποτελέσματα για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής Β ανέμου 9 Bf, και τέλος στο Σχέδιο **SW_DN_4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματικού κλίματος για κυματισμούς που προκύπτουν από ένταση πνοής Β ανέμου 8 Bf. Στα σχέδια **SW_DN_5** και **SW_DN_6** δίνονται τα αποτελέσματα για κυματισμούς που προκύπτουν από πνοή ΒΔ ανέμου έντασης 10 και 9 Bf αντίστοιχα.

Σημειώνεται ότι προσομοιώθηκε και η γένεση κυματισμών από Βόρεια διεύθυνση ανέμων έντασης 7 Bf αλλά και από Βορειοδυτική διεύθυνση έντασης 8 Bf. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το ύψος κυματισμού παραμένει μικρότερο ή ίσο από 0,50 m και οι εντάσεις αυτές δεν προσομοιώνονται περαιτέρω λόγω του μικρού ύψους που αναπτύσσουν.

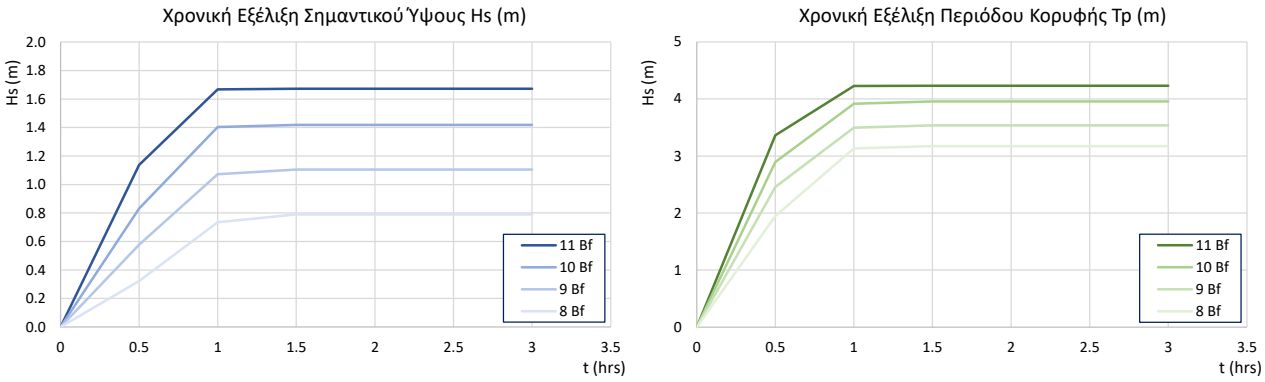
Ειδικότερα εξάγονται και εξετάζονται τα αποτελέσματα των κυματικών χαρακτηριστικών στο σημείο ενδιαφέροντος με συντεταγμένες ΕΓΣΑ ’87, 4204045N, 460100E (βλ. Εικόνα 8-1), ΝΑ της Ν. Λέρου (όπου αποτελεί και την οριακή συνθήκη για τα επόμενα μοντέλα προσομοίωσης). Τα αποτελέσματα δίνονται στον ακόλουθο πίνακα.

Πίνακας 8-1. Κυματικά χαρακτηριστικά στο σημείο ενδιαφέροντος στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος

α/α Σεναρίου	Διεύθυνση	Ένταση πνοής ανέμου (Bf)	Σημαντικό ύψος κύματος Hs (m)	Περίοδος Κορυφής Tp (s)	Μέση ετήσια συχν. εμφ. (%)
1	Β	11	1.67	4.23	0.011
2	Β	10	1.42	3.95	0.011
3	Β	9	1.10	3.55	0.011
4	Β	8	0.80	3.18	0.077
5	ΒΔ	10	1.04	3.78	0.011
6	ΒΔ	9	0.80	3.42	0.011

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επισκόπηση των παραπάνω Σχεδίων και αποτελεσμάτων για την περιοχή μελέτης είναι τα ακόλουθα:

- Η θαλάσσια περιοχή μελέτης, λόγω της γεωμορφολογίας της, είναι επαρκώς προστατευμένη από κυματισμούς πλην αυτών που γεννώνται από την πνοή ανέμων Βόρειας και Βορειοδυτικής διεύθυνσης στον Κόλπο της Ελευσίνας.
- Οι κυματισμοί φτάνουν αρκετά γρήγορα σε μέγιστες δυνατές συνθήκες fetch-limited conditions σε χρονικό διάστημα ίσο με 1 έως 1,5 ώρες (Εικόνα 8-2).
- Το μέγιστο σημαντικό ύψος κυματισμού που εμφανίζεται στο σημείο ενδιαφέροντος με την πνοή της μεγαλύτερης έντασης ανέμου (11 Bf) βόρειας διεύθυνσης είναι 1.67m και μειώνεται για τις μικρότερες εντάσεις ανέμου φτάνοντας περίπου τα 0.80m για πνοή ανέμου 8 Bf. Σύμφωνα και με τα ανεμολογικά δεδομένα όμως, αυτές οι εντάσεις της βόρειας διεύθυνσης (από 8 Bf έως και 11 Bf) δεν είναι συχνές, εμφανίζοντας αθροιστικά μια μέση ετήσια συχνότητα 0.11% (< 1 ημέρα). Συνεπώς το κυματικό κλίμα στην περιοχή μελέτης θεωρείται ήπιο.
- Η διεύθυνη των κυματισμών στην περιοχή ενδιαφέροντος (μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος) είναι από Β προς Ν τόσο για την πνοή των Βόρειων ανέμων όσο και για αυτή των ΒΔ ανέμων
- Παρατηρείται επίσης 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 οι κυματισμοί εισέρχονται στα ενδιάμεσα και ρηχά ύδατα, λόγω του φαινομένου της διάθλασης.



Εικόνα 8-2. Χρονική εξέλιξη κυματικών χαρακτηριστικών στο σημείο ενδιαφέροντος (4204045N, 460100E) για πνοή ανέμου Βόρειας διεύθυνσης.

8.3 ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΠΡΟΣ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ ΕΝΤΟΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ ΚΑΙ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

Όπως προαναφέρθηκε η διεύθυνη των κυματισμών στην περιοχή ενδιαφέροντος (μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος) είναι από Β προς Ν τόσο για την πνοή των Βόρειων ανέμων όσο και για αυτή των ΒΔ ανέμων. Γι' αυτό το λόγο, για τις περαιτέρω προσομοιώσεις, οι κυματισμοί που γεννώνται από ΒΔ ομαδοποιούνται με αυτούς από Β, με κριτήριο το αμέσως μεγαλύτερο πλησιέστερο ύψος κύματος. Συγκεκριμένα το Σενάριο 5 του Πίνακας 8-1 ομαδοποιείται με το Σενάριο 3 καθώς επίσης το Σενάριο 6 ομαδοποιείται με το Σενάριο 4. Έτσι καταρτίζεται ο ακόλουθος πίνακας όπου δίνει για κάθε ένταση ανέμου τα κυματικά χαρακτηριστικά στο σημείο ενδιαφέροντος με συντεταγμένες ΕΓΣΑ '87, 4204045N, 460100E (Εικόνα 8-1), ΝΑ της Ν. Λέρου, όπου αποτελεί και την οριακή συνθήκη για τα επόμενα μοντέλα προσομοίωσης.

Πίνακας 8-2. Κυματικά χαρακτηριστικά ως δεδομένα εισόδου για την προσομοίωση της κυματικής διαταραχής στη θαλάσσια περιοχή μεταξύ Σαλαμίνας και Περάματος

α/α Σεναρίου	Διεύθυνση	Ένταση πνοής ανέμου (Bf)	Σημαντικό ύψος κύματος Hs (m)	Περίοδος Κορυφής Tp (s)	Μέση ετήσια συχν. εμφ. (%)
1	Β	11	1.67	4.23	0.011
2	Β	10	1.42	3.95	0.011
3	Β (+ΒΔ)	9	1.10	3.55	0.022
4	Β (+ΒΔ)	8	0.80	3.18	0.088

9. ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ

Στα ακόλουθα υποκεφάλαια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων που αφορούν το κυματικό και το υδροδυναμικό πεδίο καθώς και τις τάσεις στερεομεταφοράς της παράκτιας περιοχής μελέτης για την υφιστάμενη κατάσταση - Διάταξη DN (ή αλλιώς **D**o **N**othing, **DN**). Η αριθμητική προσομοίωση της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκε τόσο με τα μοντέλα της Scientia Maris όσο και με τα μοντέλα του DHI.. Επίσης, δίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

9.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Για το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης χρησιμοποιήθηκαν τα βυθομετρικά δεδομένα της πρόσφατης βυθομετρικής αποτύπωση και βάσεις ανοιχτών δεδομένων (Navionics) όπως παρουσιάστηκε παραπάνω.

Με συνδυασμό των ως άνω στοιχείων δημιουργήθηκε ο βυθομετρικός κάνναβος **BATH_DN** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) με χωρικό βήμα dx = dy = 2.5 m. Η απεικόνιση στο συγκεκριμένο σχέδιο αφορά έκταση 3.25 km x 2.75 km, ενώ ο συνολικός δημιουργούμενος βυθομετρικός κάνναβος που εισάγεται στο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης καλύπτει μία μεγαλύτερη περιοχή εκτάσεως 3.25 km x 4.0 km.

Επιπλέον, για την εφαρμογή του δεύτερου πακέτου λογισμικού της DHI, κατασκευάστηκε χωρικά μεταβλητό πλέγμα **MESH_DN** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) περίπου 27.091 κόμβων και 50.456 στοιχείων, το οποίο καλύπτει την ευρύτερη περιοχή μελέτης, εκτάσεως περίπου 6.5 km x 3.0 km.

Προσομοιώθηκαν τα σενάρια προσπιπτόντων κυματισμών, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακας 8-2.

Ειδικά για το μοντέλο MARIS HMS, όπως περιγράφθηκε και στο Κεφάλαιο 4, δίνεται επιπλέον ένας διδιάστατος χάρτης όπου προσδιορίζεται κοντά στα στερεά όρια (3-4 κελιά) της περιοχής μελέτης, ο τυρβώδης συντελεστής διάχυσης v_h που προσομοιώνει τεχνητά τη διάχυση ενέργειας στο μέτωπο και την ανακλώμενη ενέργεια των κυματισμών. Στην παρούσα μελέτη θεωρούνται οι ακόλουθοι συντελεστές ανάκλασης για τους διάφορους τύπους στερεών ορίων:

- Κατακόρυφα μέτωπα - Κρηπιδότοιχοι, $\boldsymbol{r}$ **= 1.0**
- Βραχώδης ακτή, $\boldsymbol{r}$ **=0.20**
- Πρανή από Φυσικούς Ογκόλιθους (Φ.Ο.), $\boldsymbol{r}$ **=0.3**
- Απορροφητική ακτή, $\boldsymbol{r}$ **=0.10**

Στην Εικόνα 9-1 απεικονίζεται ο χωρικός προσδιορισμός των συντελεστών ανάκλασης που λήφθηκαν υπόψη στην προσομοίωση της Διάταξης DN.

Εικόνα 9-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή).

9.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

9.2.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS - SCIENTIA MARIS

Στα Σχέδια **WV_DN_SM1 έως και WV_DN_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) δίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα εξεταζόμενα κυματικά σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **WV_DN_SM1** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **WV_DN_SM2** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **WV_DN_SM3** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **WV_DN_SM4** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 BF.

9.2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW - DHI

Στα Σχέδια **SW_DN_1 έως SW_DN_4** ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) δίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα εξεταζόμενα κυματικά σενάρια. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **SW_DN_1** δίνεται το κυματικό πεδίο που

προκαλείται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **SW_DN_2** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **SW_DN_3** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **SW_DN_4** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 BF.

9.2.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΚΥΜΑΤΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

Π παρατηρείται 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. Οι διαφορές στα αποτελέσματα, των δυο μοντέλων που εφαρμόστηκαν, έχουν να κάνουν κυρίως με το πλάτος της ζώνης θραύσης, την περίθλαση και την ανάκλαση. Χαρακτηριστικά, συγκρίνοντας τα Σχέδια **WV_DN_SM4** και **SW_DN_4,** στο πρώτο αποτυπώνεται η ενσωμάτωση των φαινομένων της ανάκλασης και της περίθλασης από το μοντέλο MARIS HMS.

9.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

9.3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HYD - SCIENTIA MARIS

Για τον υπολογισμό της παράκτιας κυματογενούς υδροδυναμικής κυκλοφορίας χρησιμοποιείται το υδροδυναμικό μοντέλο **MARIS HYD** που λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου το πεδίο των τάσεων ακτινοβολίας όπως υπολογίστηκε από το προηγούμενο βήμα.

Στα Σχέδια **HD_DN_SM1 έως HD_DN_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματογενούς υδροδυναμικού πεδίου για όλα τα εξεταζόμενα σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **HD_DN_SM1** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 11 Bf, στο Σχέδιο **HD_DN_SM2** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 Bf, στο Σχέδιο **HD_DN_SM3** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 Bf και τέλος στο Σχέδιο **HD_DN_SM4** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 Bf.

9.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-HD

Ταυτόχρονα, για τον υπολογισμό της παράκτιας κυματογενούς υδροδυναμικής κυκλοφορίας χρησιμοποιείται και το υδροδυναμικό μοντέλο **MIKE21 FM-HD** που λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου το πεδίο των τάσεων ακτινοβολίας όπως υπολογίστηκε από το προηγούμενο βήμα.

Στα Σχέδια **HD_DN_1 έως HD_DN_4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματογενούς υδροδυναμικού πεδίου για όλες εξεταζόμενα σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **HD_DN_1** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **HD_DN_2** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **HD_DN_3** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **HD_DN_4** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 BF.

9.3.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΩΝ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

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

- Τα διανύσματα των ρευμάτων είναι παράλληλα με την ακτογραμμή, στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης.
- Λόγω του ήπιου κυματικού κλίματος τα κυματογενή ρεύματα που αναπτύσσονται είναι επίσης ήπια με μικρές ταχύτητες και περιορισμένο εύρος ανάπτυξης από την ακτογραμμή αφού το πλάτος της ζώνης θραύσης των κυματισμών είναι επίσης περιορισμένο. Τοπικά μόνο σε ορισμένες περιοχές οι ταχύτητες των ρευμάτων μπορούν να αυξηθούν λόγω της μορφολογίας του πυθμένα (όπως π.χ. στο ακρωτήρι βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος). Η κατεύθυνση των ρευμάτων είναι γεικά από Β προς Ν και παραμένει παράλληλη στην ακτογραμμή.

Σαν γενική εικόνα, όσον αφορά τη κατεύθυνση των αναπτυσσόμενων ρευμάτων κατά μήκος όλης της περιοχής μελέτης, τα δυο μοντέλα παράγουν συγκρίσιμα αποτελέσματα. Οι όποιες διαφορές στα αποτελέσματα, έχουν να κάνουν κυρίως με την ένταση (ταχύτητες) των ρευμάτων που αναπτύσσονται. Οι διαφορές οφείλονται στις διαφορές που προκύπτουν από το προηγούμενο βήμα υπολογισμού του παράκτιου κυματικού πεδίου. Η σύζευξη των μοντέλων MARIS HMS-HYD, προσομοιώνοντας τη διάδοση μη γραμμικών τυχαίων (σύνθετων) κυματισμών δημιουργεί μεγαλύτερες κλίσεις κυματισμών, αυξημένες τάσεις ακτινοβολίας και πιο διευρυμένο πλάτος ζώνης θραύσης, οδηγώντας σε μεγαλύτερης ταχύτητας ρεύματα και σε αλλαγή της διεύθυνσης ροής τοπικά σε συγκεκριμένες περιοχές λόγω των ανακλώμενων κυματισμών σε σχέση με τις αντίστοιχες εικόνες που προκύπτουν από την εφαρμογή των μοντέλων MIKE21 SW-HD.

9.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

9.4.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MARIS SDT - SCIENTIA MARIS

Στα Σχέδια **ST_DN_SM1 έως ST_DN_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) δίνονται τα αποτελέσματα των παράκτιων διεργασιών της υφιστάμενης κατάστασης όπως αυτή προσομοιώθηκε με το μοντέλο **MARIS SDT**, όπου παρουσιάζονται οι ρυθμοί μεταβολής της βαθυμετρίας, δηλαδή οι τάσεις για διάβρωση ή απόθεση σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **ST_DN_SM1** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **ST_DN_SM2** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **ST_DN_SM3** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **ST_DN_SM4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 8 BF.

9.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MIKE21 FM-ST - DHI

Στα Σχέδια **ST_DN_1 έως ST_DN_4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) δίνονται τα αποτελέσματα των παράκτιων διεργασιών της υφιστάμενης κατάστασης όπως αυτή προσομοιώθηκε με το μοντέλο **MIKE21 FM-ST**, όπου παρουσιάζονται οι ρυθμοί μεταβολής της βαθυμετρίας, δηλαδή οι τάσεις για διάβρωση ή απόθεση σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **ST_DN_1** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής

προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **ST_DN_2** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **ST_DN_3** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **ST_DN_4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 8 BF.

9.5 ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ – ΜΕΣΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται η μέση ετήσια σταθμισμένη επαλληλία των αποτελεσμάτων όλων των κυματικών καταστάσεων που αναμένεται να επηρεάσουν την περιοχή μελέτης, προκειμένου να προσδιοριστεί ο συνολικός ρυθμός μεταβολής της βαθυμετρίας δείχνοντας τις τάσεις για διάβρωση ή απόθεση σε κάθε σημείο της περιοχής ενδιαφέροντος και υποδεικνύοντας την τάση εξέλιξης της ακτογραμμής.

Σαν συντελεστές βαρύτητας για την επαλληλία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται οι μέσες ετήσιες συχνότητες εμφανίσεως, όλων των κυματικών συνθηκών που δίνονται στο Κεφάλαιο 8.3.

Στο Σχέδιο **INT_DZ_DN_SM** (αποτέλεσμα του μοντέλου MARIS SDT) και στο σχέδιο **DZ_DN_INT** (αποτέλεσμα του μοντέλου MIKE21 ST) παρουσιάζεται ο σταθμισμένος ετήσιος ρυθμός μεταβολής του πυθμένα, μετά από επαλληλία των αποτελεσμάτων των 4 κυματικών σεναρίων που αναφέρθηκε προηγουμένως.

9.5.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΜΟΝΤΕΛΩΝ

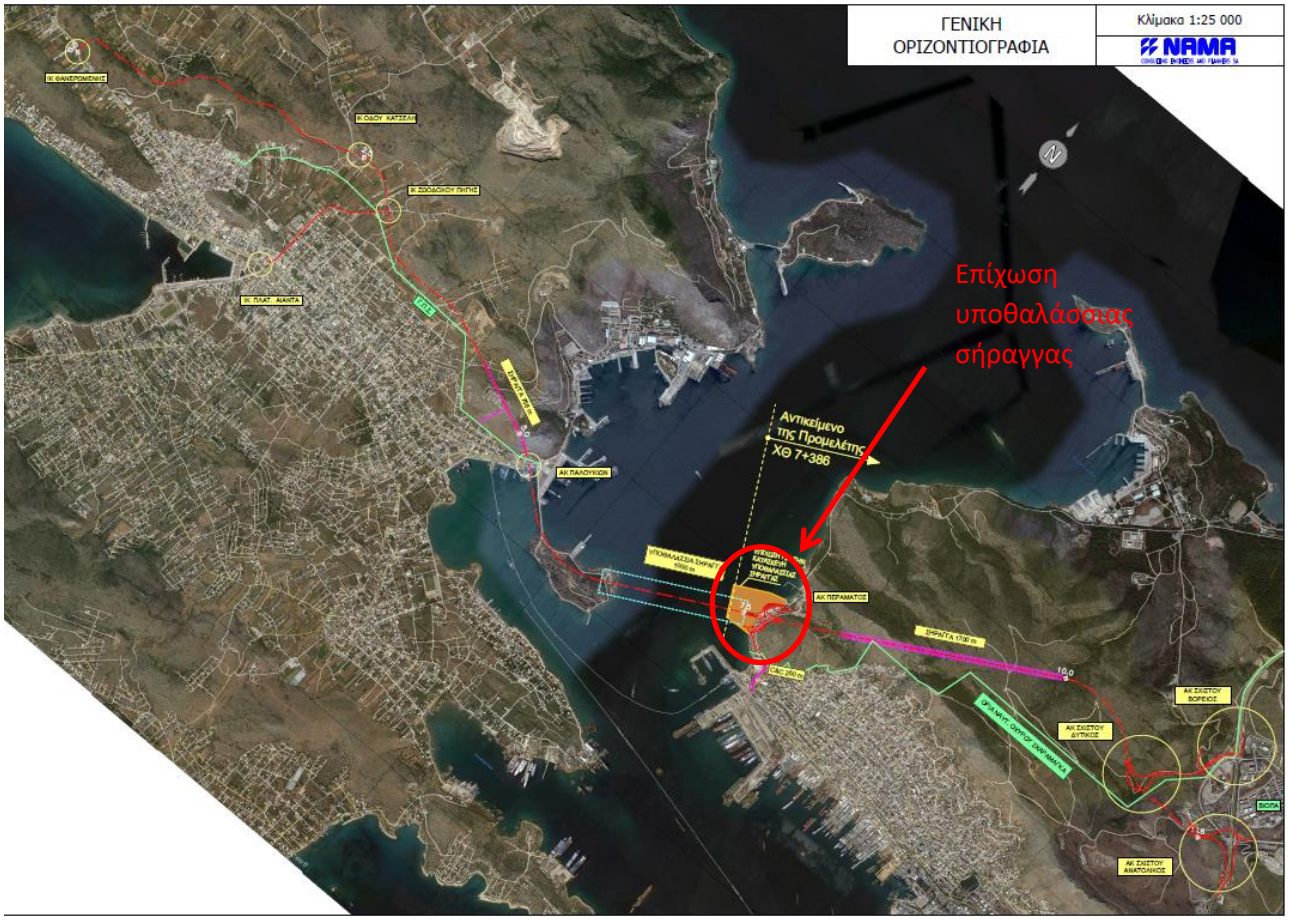
Τα γενικά αποτελέσματα που προκύπτουν από την επισκόπηση των παραπάνω Σχεδίων είναι τα ακόλουθα:

- Γενικότερα δεν παρατηρείται ιδιαίτερης έντασης μεταβολή του πυθμένα.
- Παρατηρούνται εναλλασσόμενες τάσεις για διάβρωση και απόθεση σε ορισμένα τμήματα των παρακείμενων ακτών.
- Υπάρχει εξαιρετικά περιορισμένη παροχή στερεομεταφοράς στην περιοχή μελέτης.
- Η ακτή νότια του προτεινόμενου επιχώματος και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια» δεν τροφοδοτείται με ίζημα από τις βόρεια παρακείμενες ακτές.

Σαν γενική εικόνα, τα δυο μοντέλα παράγουν συγκρίσιμα αποτελέσματα. Οι διαφορές στα αποτελέσματα έχουν να κάνουν με ορισμένες περιοχές απόθεσης και διάβρωσης κατά μήκος της ακτής που μοορεί να αλλάζουν τοπικά. Οι διαφορές αυτές οφείλονται στις διαφορές των κυματικών και υδροδυναμικών πεδίων όπως εξηγήθηκε παραπάνω.

10. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ

Στη συνέχεια δίδεται συνοπτική περιγραφή του προτεινόμενου επιχώματος στην περιοχή του Περάματος, το οποίο απεικονίζεται στην ακόλουθη εικόνα.



Εικόνα 10-1 Διάταξη προτεινόμενου επιχώματος.

Σκοπός του τεχνητού επιχώματος είναι η διάθεση της ποσότητας των βυθοκορήματων, που θα προκύψουν από τις εκσκαφές του θαλάσσιου πυθμένα κατά τις εργασίες κατασκευής της υποθαλάσσιας σήραγγας. Θα αποφευχθεί έτσι η απόρριψη των βυθοκορημάτων στη θάλασσα.

Προβλέπεται συγκεκριμένα η εναπόθεση των βυθοκορημάτων κατά στρώσεις για τη δημιουργία του τεχνητού επιχώματος, με την προϋπόθεση ότι πριν από τη διάστρωση, θα αναμιγνύονται τα βυθοκορήματα με θραυστό υλικό λατομείου, σε αναλογία από 1:1 έως 2:1, προκειμένου να αυξηθεί η συνοχή και αντοχή του υλικού, ανάλογα με την κοκκομετρική διαβάθμιση του διατιθέμενου υλικού.

Το επίχωμα διαστάσεων 250x250m περίπου και ανώτατη στάθμη στα +3,00m (από ΜΣΘ) προβλέπεται να προστατεύεται περιμετρικά, έναντι της δράσης των κυματισμών, με θωράκιση από φυσικούς ογκολίθους. Η προστασία του επιχώματος θα γίνει από την ανώτατη στάθμη αυτού (+3,00m) μέχρι την στάθμη -3,00m, που αντιστοιχεί σε στάθμη -1,5H (όπου H το ύψος κύματος σχεδιασμού).

Αρχικά, επί του υλικού του επιχώματος θα τοποθετηθεί γεωύφασμα μη υφαντό βάρους 400gr/m2 και επ΄αυτού θα διαστρωθεί στρώση λιθορριπής (φίλτρο) ατομικού βάρους 50-100 kg. Τέλος επί του φίλτρου θα τοποθετηθούν οι φυσικοί ογκόλιθοι της θωράκισης ατομικού βάρους 600-1.000kg. Το πάχος της στρώσης του φίλτρου θα είναι 0,70m, ενώ αυτό της θωράκισης 1,40m. Η κλίση του πρανούς της θωράκισης θα είναι 2(οριζ.):1(κατακ.). Το πλάτος της θωράκισης στη στάθμη +3,00m θα είναι 6,00m περίπου.

Σημειώνεται τέλος ότι εκτός από το επίχωμα, στην υπό μελέτη περιοχή κατασκευάζεται ένα ακόμη λιμενικό έργο. Πρόκειται για ένα νέο κρηπίδωμα, κατά μήκος της στενής λωρίδας ξηράς που συνδέει τη νησίδα Αγ. Γεώργιος με τα Παλούκια Σαλαμίνας, το οποίο προβλέπεται να εξυπηρετήσει τα Ε/Γ-Ο/Γ ανοικτού τύπου που δρομολογούνται στη γραμμή Περάματος-Σαλαμίνας. Αποτελείται από ευθύγραμμο μέτωπο μήκους 579 m περίπου με κατεύθυνση ΒΔ προς ΝΑ, το οποίο οριοθετείται στο ΝΑ άκρο του από μέτωπο μήκους 66 m περίπου προς Α. Τα δύο μέτωπα σχηματίζουν αμβλεία γωνία 147 μοιρών περίπου. Το καθαρό βάθος στο μέτωπο προβλέπεται ίσο με -3.80 m (ΜΣΘ) και η στέψη στη θέση του μετώπου +0.80 m (ΜΣΘ).

11. ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΚΑΙ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΠΑΡΟΥΣΙΑ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΠΙΧΩΣΗΣ

Στα ακόλουθα υποκεφάλαια παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων που αφορούν το κυματικό και το υδροδυναμικό πεδίο καθώς και τις τάσεις στερεομεταφοράς της παράκτιας περιοχής μελέτης για την διάταξη με την παρουσία του προτεινόμενου επιχώματος (Διάταξη W1). Η αριθμητική προσομοίωση της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκε, όπως και στην περίπτωση της υφιστάμενης κατάτασταης, τόσο με τα μοντέλα της Scientia Maris όσο και με τα μοντέλα του DHI. Επίσης, δίνεται σχολιασμός των αποτελεσμάτων.

11.1 ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΣΤΑ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΑ ΜΟΝΤΕΛΑ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

Για το σενάριο της υφιστάμενης κατάστασης χρησιμοποιήθηκαν τα βυθομετρικά δεδομένα της πρόσφατης βυθομετρικής αποτύπωση και βάσεις ανοιχτών δεδομένων (Navionics) όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 5.

Με συνδυασμό των ως άνω στοιχείων δημιουργήθηκε ο βυθομετρικός κάνναβος **BATH_W1** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) με χωρικό βήμα dx = dy = 2.5 m. Η απεικόνιση στο συγκεκριμένο σχέδιο αφορά έκταση 3.25 km x 2.75 km, ενώ ο συνολικός δημιουργούμενος βυθομετρικός κάνναβος που εισάγεται στο αριθμητικό μοντέλο προσομοίωσης καλύπτει μία μεγαλύτερη περιοχή εκτάσεως 3.25 km x 4.0 km.

Επιπλέον, για την εφαρμογή του δεύτερου πακέτου λογισμικού της DHI, κατασκευάστηκε χωρικά μεταβλητό πλέγμα **MESH_W1** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) περίπου 25.081 κόμβων και 46.368 στοιχείων, το οποίο καλύπτει την ευρύτερη περιοχή μελέτης, εκτάσεως περίπου 6.5 km x 3.0 km.

Προσομοιώθηκαν όλοι οι προσπίπτοντες κυματισμοί, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακας 8-2.

Ειδικά για το μοντέλο MARIS HMS, θεωρούνται οι ακόλουθοι συντελεστές ανάκλασης για τους διάφορους τύπους στερεών ορίων (ομοίως με την Διάταξη DN):

- Κατακόρυφα μέτωπα - Κρηπιδότοιχοι, $\boldsymbol{r}$ **= 1.0**
- Βραχώδης ακτή, $\boldsymbol{r}$ **=0.20**
- Πρανή από Φυσικούς Ογκόλιθους (Φ.Ο.), $\boldsymbol{r}$ **=0.3**
- Απορροφητική ακτή, $\boldsymbol{r}$ **=0.10**

Ομοίως με την DN διάταξη θεωρήθηκαν οι αντίστοιχοι συντελεστές ανάκλασης. Σημειώνεται πως για την θωράκιση των έργων επίχωσης έχει ληφθεί υπόψη στις προσομοιώσεις η μερική διάχυση της ενέργειας των κυματισμών στους φυσικούς ογκολίθους της εξωτερικής στρώσης. Στην Εικόνα 11-1 απεικονίζεται ο χωρικός προσδιορισμός των συντελεστών ανάκλασης που λήφθηκαν υπόψη στην προσομοίωση της Διάταξης W1.

Εικόνα 11-1 Χωρικός προσδιορισμός συντελεστών ανάκλασης των κυματισμών ανάλογα με τον τύπο του στερεού ορίου. Κατακόρυφο μέτωπο συμβατικού κρηπιδότοιχου (κόκκινη γραμμή), απορροφητική ακτή (κίτρινη γραμμή), βραχώδης ακτή (πράσινη γραμμή), πρανή από Φ.Ο. (πορτοκαλί γραμμή).

11.2 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΗΣ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

11.2.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HMS - SCIENTIA MARIS

Στα Σχέδια **WV_W1_SM1 έως WV_W1_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) δίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα εξεταζόμενα κυματικά σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **WV_W1_SM1** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **WV_W1_SM2** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **WV_W1_SM3** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **WV_W1_SM4** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 BF.

11.2.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21 FM-SW - DHI

Στα Σχέδια **SW_W1_1 έως και SW_W1_4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) δίνονται τα αποτελέσματα της προσομοίωσης για τα εξεταζόμενα κυματικά σενάρια. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **SW_W1_1** δίνεται το κυματικό πεδίο που

προκαλείται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **SW_W1_2** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **SW_W1_3** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **SW_W1_4** δίνεται το κυματικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 BF.

11.2.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο μεγαλύτερο μέρος της ακτής βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος παρατηρείται παρόμοιο πεδίο με αυτό της υφιστάμενης κατάστασης. Συνεπώς η επίχωση δεν θα επηρεάσει σημαντικά το κυματικό πεδίο αυτής της περιοχής. Αντίθετα στο νότιο τμήμα, η προτεινόμενη επίχωση δημιουργεί ηπιότερες κυματικές συνθήκες σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση καθώς οι εισερχόμενοι κυματισμοί θραύωνται και ανακλώνται σε αυτήν. Η εικόνα παραμένει ίδια με μικρότερη ένταση (ύψη κυματισμών) για τα σενάρια μικρότερης έντασης ανέμου.

11.3 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ: ΥΦΙΣΤΑΜΕΝΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

11.3.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MARIS HYD - SCIENTIA MARIS

Για τον υπολογισμό της παράκτιας κυματογενούς υδροδυναμικής κυκλοφορίας χρησιμοποιείται το υδροδυναμικό μοντέλο **MARIS HYD** που λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου το πεδίο των τάσεων ακτινοβολίας όπως υπολογίστηκε από το προηγούμενο βήμα.

Στα Σχέδια **HD_W1_SM1 έως HD_W1_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματογενούς υδροδυναμικού πεδίου για όλες εξεταζόμενα σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **HD_W1_SM1** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **HD_W1_SM2** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **HD_W1_SM3** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **HD_W1_SM4** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 BF.

11.3.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ MIKE21/3 HD - DHI

Ταυτόχρονα, για τον υπολογισμό της παράκτιας κυματογενούς υδροδυναμικής κυκλοφορίας χρησιμοποιείται και το υδροδυναμικό μοντέλο **MIKE21/3 HD FM** που λαμβάνει ως δεδομένο εισόδου το πεδίο των τάσεων ακτινοβολίας όπως υπολογίστηκε από το προηγούμενο βήμα.

Στα Σχέδια **HD_W1_1 έως HD_W1_4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης του κυματογενούς υδροδυναμικού πεδίου για όλες εξεταζόμενα σενάρια. Πιο συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **HD_W1_1** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **HD_W1_2** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **HD_W1_3** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **HD_W1_4** δίνεται το υδροδυναμικό πεδίο που προκαλείται από ένταση ανέμου 8 BF.

11.3.3 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Στο μεγαλύτερο μέρος της ακτής βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος παρατηρείται παρόμοιο υδροδυναμικό πεδίο με αυτό της υφιστάμενης κατάστασης. Συνεπώς η επίχωση δεν επηρεάζει σημαντικά το υδροδυναμικό πεδίο αυτής της περιοχής. Αντίθετα στο νότιο τμήμα, η προτεινόμενη επίχωση δημιουργεί ηπιότερες υδροδυναμικές συνθήκες σε σχέση με την υφιστάμενη κατάσταση. Η εικόνα παραμένει ίδια με μικρότερη ένταση (ταχύτητες ρευμάτων) για τα σενάρια μικρότερης έντασης ανέμου.

11.4 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

11.4.1 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MARIS SDT - SCIENTIA MARIS

Στα Σχέδια **ST_W1_SM1 έως ST_W1_SM4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS) δίνονται τα αποτελέσματα των παράκτιων διεργασιών της υφιστάμενης κατάστασης όπως αυτή προσομοιώθηκε με το μοντέλο **MARIS SDT**, όπου παρουσιάζονται οι ρυθμοί μεταβολής της βαθυμετρίας, δηλαδή οι τάσεις για διάβρωση ή απόθεση σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης. Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **ST_W1_SM1** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **ST_W1_SM2** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **ST_W1_SM3** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **ST_W1_SM4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 8 BF.

11.4.2 ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΣΤΕΡΕΟΜΕΤΑΦΟΡΑΣ MIKE21/3 ST - DHI

Στα Σχέδια **ST_W1_1 έως ST_W1_4** (ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) δίνονται τα αποτελέσματα των παράκτιων διεργασιών της υφιστάμενης κατάστασης όπως αυτή προσομοιώθηκε με το μοντέλο **MIKE21/3 ST**, όπου παρουσιάζονται οι ρυθμοί μεταβολής της βαθυμετρίας, δηλαδή οι τάσεις για διάβρωση ή απόθεση σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης, Συγκεκριμένα, στο Σχέδιο **ST_W1_1** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 11 BF, στο Σχέδιο **ST_W1_2** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 10 BF, στο Σχέδιο **ST_W1_3** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 9 BF και τέλος στο Σχέδιο **ST_W1_4** δίνονται τα αποτελέσματα της αριθμητικής προσομοίωσης της παράκτιας στερεομεταφοράς για κυματισμούς που προκαλούνται από ένταση ανέμου 8 BF.

11.5 ΕΠΑΛΛΗΛΙΑ – ΜΕΣΟΣ ΕΤΗΣΙΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΕΞΕΛΙΞΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ: ΔΙΑΤΑΞΗ W1

Στο υποκεφάλαιο αυτό γίνεται η μέση ετήσια σταθμισμένη επαλληλία των αποτελεσμάτων όλων των κυματικών καταστάσεων που αναμένεται να επηρεάσουν την περιοχή μελέτης στην διάρκεια ενός έτους, προκειμένου να προσδιοριστεί ο συνολικός ρυθμός μεταβολής της βαθυμετρίας δείχνοντας τις τάσεις για διάβρωση ή απόθεση σε κάθε σημείο της περιοχής ενδιαφέροντος και υποδεικνύοντας την τάση εξέλιξης της ακτογραμμής.

Σαν συντελεστές βαρύτητας για την επαλληλία των αποτελεσμάτων χρησιμοποιούνται οι μέσες ετήσιες συχνότητες εμφανίσεως, όλων των κυματικών συνθηκών που δίνονται στο Κεφάλαιο 8.

Στο Σχέδιο **DZ_W1_SMINT** (αποτέλεσμα του μοντέλου MARIS SDT) και στο σχέδιο **INT_DZ_W1** (αποτέλεσμα του μοντέλου MIKE21 ST) παρουσιάζεται ο σταθμισμένος ετήσιος ρυθμός μεταβολής του πυθμένα, μετά από επαλληλία των αποτελεσμάτων των 4 κυματικών σεναρίων που αναφέρθηκε προηγουμένως.

11.5.1 ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Η κατεύθυνση των τάσεων στερεομεταφοράς ταυτίζεται με αυτή των ρευμάτων και είναι από Β προς Ν, παράλληλα με την ακτογραμμή. Στο μεγαλύτερο μέρος της ακτής βόρεια του προτεινόμενου επιχώματος παρατηρείται παρόμοιο πεδίο στερεομεταφοράς και εξέλιξης του πυθμένα με αυτό της υφιστάμενης κατάστασης. Συνεπώς η επίχωση δεν επηρεάζει αυτή την περιοχή. Στο νότιο τμήμα, λόγω των ηπιότερων υδροδυναμικών και κυματικών πεδίων τα αποτελέσματα δείχνουν σχεδόν μηδενικό ρυθμό εξέλιξης πυθμένα. Η υφιστάμενη ακτή, νότια του προτεινόμενου επιχώματος, δεν παρουσιπάζει τάσεις διάβρωσης, το ίζημα που έχει συσσωρευθεί εκεί προστατεύεται από τη μορφολογία της ακτής, η οποία είναι τύπου θύλακα. Η εικόνα παραμένει ίδια με μικρότερη ένταση ρυθμό μεταβολής πυθμένα) για τα σενάρια μικρότερης έντασης ανέμου.

11.6 ΕΞΕΛΙΞΗ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

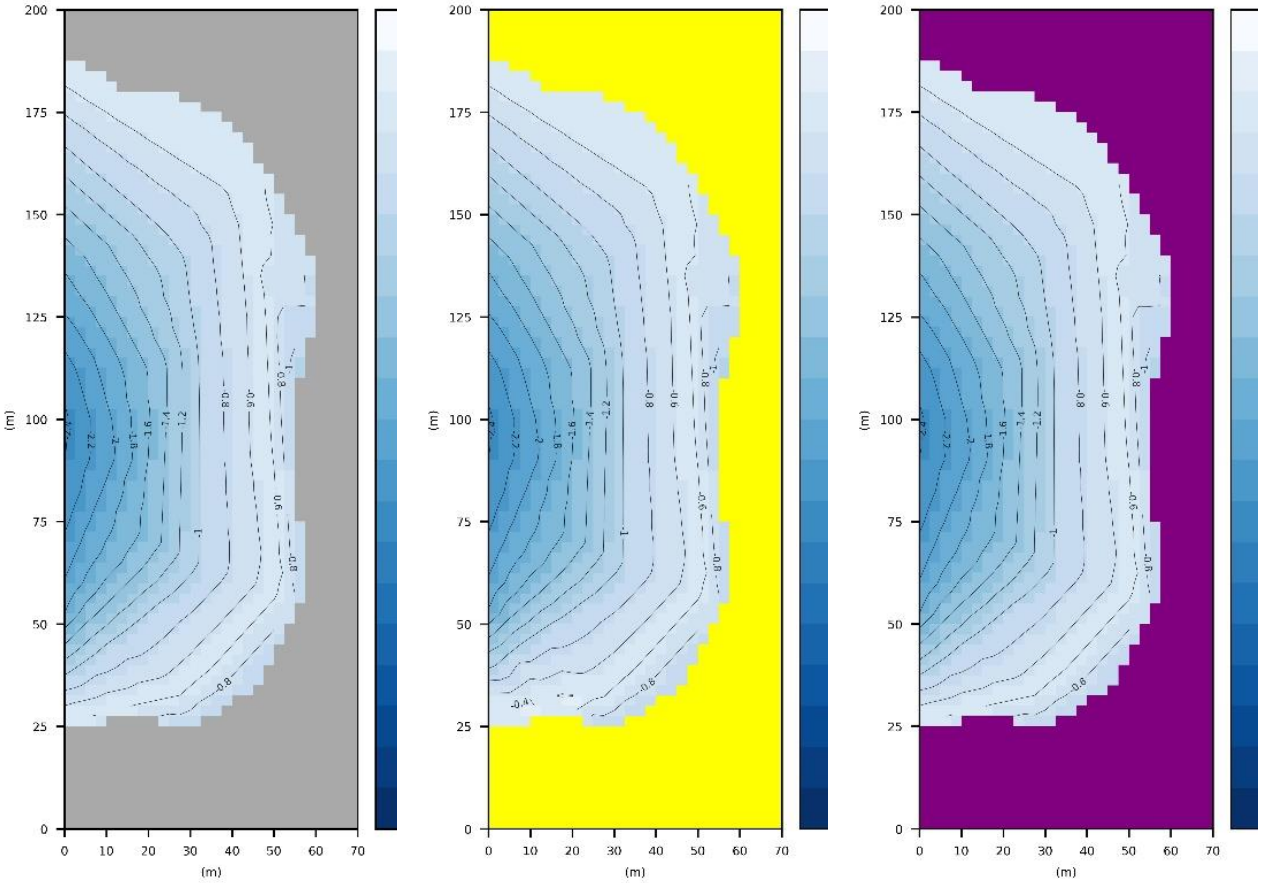
Σχετικά με τη διερεύνηση της εξέλιξης της ακτογραμμής σημειώνεται ως γενικό σχόλιο ότι ακόμα και τα πλέον αξιόπιστα διεθνώς αριθμητικά μοντέλα προσομοίωσης αυτής, λαμβάνουν υπόψη μια σειρά απλοποιητικών παραδοχών για να προσεγγίσουν ένα τόσο σύνθετο και πολύπλοκο πρόβλημα. Συγκεκριμένα, τα μοντέλα που προσομοιώνουν την εξέλιξη της ακτογραμμής, “1-line models”, βασίζονται στις εξισώσεις ρηχών νερών και εκτιμούν αλλαγές εγκάρσιων προφίλ του πυθμένα. Η βασική τους παραδοχή είναι ότι η υπό μελέτη ακτή είναι ευθεία με παράλληλες ισοβαθείς και χωρίς την παρουσία λιμενικών έργων παρά μόνο κάποιων τεχνικών έργων όπως κυματοθραυστών και προβόλων. Συνεπώς τα μοντέλα αυτά εφαρμόζονται με αξιοπιστία όπου πληρούνται οι παραπάνω παραδοχές. Επιπρόσθετα, πέραν της εφαρμοσιμότητας των διαθέσιμων αριθμητικών μοντέλων, οι συνθήκες στερεομεταφοράς, σε μια παράκτια ζώνη, μπορούν να προσεγγιστούν ποιοτικά με μεγάλη αξιοπιστία αλλά η ποσοτική εκτίμηση τους για τα επόμενα έτη βασίζεται εξ ολοκλήρου στην ακριβή πρόβλεψη όλων των κυματικών και υδροδυναμικών συνθηκών που θα λάβουν χώρα τα επόμενα έτη. Μια τέτοια πρόβλεψη σε επίπεδο μέσων στο χρόνο μεγεθών μπορεί να γίνει με αξιοπιστία, ωστόσο η ακριβής πρόβλεψη εμφάνισης αριθμού, έντασης και διάρκειας γεγονότων καταιγίδας και ακραίων κυματισμών τα επόμενα έτη δεν είναι δυνατή. Επιπλέον, το διαθέσιμο ίζημα σε μια παράκτια περιοχή και στον θαλάσσιο πυθμένα αυτής, μπορεί να κυμαίνεται σημαντικά σε ετήσια ή μηνιαία βάση, π.χ. λόγω στερεοπαροχής από θέσεις εκβολής υδατορεμάτων σε συνάρτηση των πλημμυρικών απορροών.

Συνεπώς, τα όποια συμπεράσματα προκύπτουν από την αριθμητική προσομοίωση της εξέλιξης της ακτογραμμής, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ως ενδεικτικά της τάσης εξέλιξης και όχι ως ακριβή ποσοτικά αποτελέσματα.

Ωστόσο, χρήσιμα συμπεράσματα για την προβλεπόμενη εξέλιξη της μορφολογίας του πυθμένα και της ακτογραμμής μπορούν να προκύψουν από τη σταθμισμένη ετήσια επαλληλία των αποτελεσμάτων (περιοχές απόθεσης ή διάβρωσης ιζήματος), τόσο για το επόμενο έτος αλλά και για την επόμενη 5-ετία όπου δεν αναμένονται σημαντικές αλλαγές στο μέσο ετήσιο κυματικό κλίμα και συνεπώς στο υδροδυναμικό πεδίο. Στην παρούσα μελέτη λοιπόν, για τη διερεύνηση της εξέλιξης της ακτογραμμής και της μορφολογίας του πυθμένα αξιοποιούνται τα αριθμητικά αποτελέσματα της σταθμισμένης ετήσιας επαλληλίας του ρυθμού εξέλιξης του πυθμένα dz/dt (meters/day). Τα αποτελέσματα αυτά ανάγονται στο έτος (meters/year) και προστίθενται στην υφιστάμενη βαθυμετρία αποδίδοντας την μορφολογική εξέλιξη για το επόμενο έτος.

Η ακτή στην οποία εντοπίζεται σήμερα (έστω και περιορισμένο) ίζημα και η οποία δυνητικά θα μπορούσε να επηρεαστεί από τα προτεινόμενα έργα επίχωσης, εντοπίζεται νότια της προτεινόμενης επίχωσης και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια» (Εικόνα 11 2). Για τη εν λόγω ακτή, δίΔεται η προβλεπόμενη εξέλιξη της μορφολογίας του πυθμένα όπως αυτή προκύπτει από τη σταθμισμένη ετήσια επαλληλία των αποτελεσμάτων (περιοχές απόθεσης ιζήματος ή διάβρωσης ακτής) για το επόμενο έτος, τόσο για την διάταξη της υφιστάμενης κατάστασης όσο και την διάταξη με παρουσία των προτεινόμενων έργων (Εικόνα 11-3). Από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων διαπιστώνεται πως η εν λόγω αΚτογραμμή και ο πυθμένας δεν μεταβάλλονται με την παρουσία των προτεινόμενων έργων. Ένα συμπέρασμα που συνάδει και με το κυματικό και υδροδυναμικό πεδίο που αναπτύσσεται εκεί όπως χαρακτηριστικά απεικονίζεται στα προαναφερθέντα σχέδια.

Εικόνα 11-2. Ακτή, περιορισμένου μήκους και πλάτους, όπου εντοπίζεται ίζημα νότια της προτεινόμενης επίχωσης και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια».



(α) (β) (γ)

Εικόνα 11 -3 Προβλεπόμενη εξέλιξη μορφολογίας πυθμένα της ακτής νότια των προτεινόμενων έργων επίχωσης για: (α) DN Διάταξη, (β) DN Διάταξη σε 1-έτος, (γ) W1 Διάταξη σε 1-έτος.

12. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παρούσα Ακτομηχανική Μελέτη έχει ως αντικείμενο τη διερεύνηση της επίδρασης του τεχνητού επιχώματος – που προβλέπεται να κατασκευασθεί στα πλαίσια του έργου της υποθαλάσσιας οδικής σήραγγας που συνδέει το Πέραμα Αττικής με τη Νήσο Σαλαμίνα – στην ακτομηχανική δίαιτα των παρακείμενων ακτών, βόρεια και νότια της σήραγγας. Εκπονήθηκαν προσομοιώσεις γένεσης και διάδοσης κυματισμών λόγω πνοής βόρειων και βορειοδυτικών ανέμων σε όλο τον κόλπο της Ελευσίνας (βλ. Σχέδιο BATH_DN ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) με κατάλληλο φασματικό μοντέλο (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE21 FM-SW DHI). Επιπλέον, πραγματοποιηθήκαν με δύο διαφορετικές αλληλουχίες αριθμητικών μοντέλων (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21) καθώς και προσομοιώσεις του κυματικού και υδροδυναμικού πεδίου και του πεδίου της στερεομεταφοράς καθώς και του ρυθμού μεταβολής του πυθμένα, εντός της θαλάσσιας περιοχής ενδιαφέροντος, τόσο για την υφιστάμενη κατάσταση (**Διάταξη DN –Do Nothing**, βλ. Σχέδιο BATH_DN ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ)), όσο και για τη διάταξη με παρουσία του επιχώματος (**Διάταξη W1,** βλ. Σχέδιο BATH_W1 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ), ούτως ώστε να προσδιοριστεί επακριβώς η επίδραση αυτού.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν, από τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων και την ανάλυση τους, είναι τα ακόλουθα:

- Η θαλάσσια περιοχή μελέτης, λόγω της γεωμορφολογίας της, είναι επαρκώς προστατευμένη από κυματισμούς πλην αυτών που γεννώνται από την πνοή ανέμων βόρειας (βλ. Σχέδια SW_DN_1-4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) και βορειοδυτικής διεύθυνσης (βλ. Σχέδια SW_DN_5-6, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) στον Κόλπο της Ελευσίνας. Οι κυματισμοί λόγω βόρειας διεύθυνσης ανέμου φτάνουν αρκετά γρήγορα σε fetch-limited συνθήκες σε χρονικό διάστημα έως 2 ωρών. Το μέγιστο σημαντικό ύψος κυματισμού που εμφανίζεται στο σημείο ενδιαφέροντος με την πνοή της μεγαλύτερης έντασης ανέμου (11 Bf), βόρειας διεύθυνσης, είναι 1.67m (βλ. Σχέδιο SW_DN_1, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι) και μειώνεται για τις μικρότερες εντάσεις ανέμου, φτάνοντας περίπου τα 0.80m για πνοή ανέμου 8 Bf. Σύμφωνα και με τα ανεμολογικά δεδομένα όμως, αυτές οι εντάσεις της βόρειας διεύθυνσης (από 8 Bf έως και 11 Bf) δεν είναι συχνές, εμφανίζοντας αθροιστικά μια μέση ετήσια συχνότητα 0.11% . Συνεπώς το κυματικό κλίμα στην περιοχή μελέτης θεωρείται ήπιο.
- Λόγω του ήπιου κυματικού κλίματος τα κυματογενή ρεύματα που αναπτύσσονται (βλ. Σχέδια HD_DN_SM1-4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ και HD_DN_1-4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ) χαρακτηρίζονται από μικρές ταχύτητες και περιορισμένο εύρος ανάπτυξης από την ακτογραμμή αφού το πλάτος της ζώνης θραύσης των κυματισμών είναι επίσης περιορισμένο. Τοπικά μόνο σε ορισμένες περιοχές οι ταχύτητες των ρευμάτων μπορούν να αυξηθούν λόγω της μορφολογίας του πυθμένα (όπως π.χ. στο ακρωτήρι βόρεια του επιχώματος, βλ. Σχέδιο HD_DN_SM1, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. Η κατεύθυνση των ρευμάτων γενικά είναι από Β προς Ν παράλληλα με την ακτογραμμή.
- Η παράκτια ζώνη μελέτης δεν είναι πλούσια σε ίζημα και ταυτόχρονα το ήπιο κυματικό και υδροδυναμικό πεδίο δεν δημιουργούν σημαντικές παροχές στερεομεταφοράς. Η κατεύθυνση των τάσεων στερεομεταφοράς ταυτίζεται με αυτή των ρευμάτων και είναι από Β προς Ν ,παράλληλα με την ακτογραμμή. Το μεγαλύτερο μήκος της ακτογραμμής αποτελείται από βραχώδεις σχηματισμούς με χονδρόκοκκο ίζημα. Συνεπώς οι ρυθμοί εξέλιξης πυθμένας και οι εναλλαγές απόθεσης και διάβρωσης είναι εξαιρετικά περιορισμένες (βλ. Σχέδια ST_DN_SM1-4 και ST_DN_SMINT, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ καθώς και ST_DN_INT και ST_W1_INT, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ).

- Η υφιστάμενη ακτή μικρού μήκους και πλάτους, νότια του επιχώματος και βόρεια του λιμένα «Καραβάκια», δεν τροφοδοτείται από τις βόρειες ακτές. Το ίζημα που έχει συσσωρευθεί εκεί προστατεύεται από τη μορφολογία της ακτής, η οποία είναι τύπου θύλακα. Επιπλέον, από την πρόσθετη διερεύνηση της εξέλιξης της ακτογραμμής και της μορφολογίας του πυθμένα της συγκεκριμένης ακτής διαπιστώνεται πως θα παραμείνει ουσιαστικά ανεπηρέαστη από τα προτεινόμενα έργα. Ένα συμπέρασμα που συνάδει και με το εξαιρετικά ήπιο κυματικό και υδροδυναμικό πεδίο που αναπτύσσεται εκεί (βλ. Σχέδια WV_DN_SM1-4 ΚΑΙ HD_DN_SM1-4, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ), καθώς η ακτή παραμένει προστατευμένη από κυματισμούς λόγω της γεωμορφολογίας της.
- Στο πλαίσιο της παρούσας διερεύνησης, πέραν της προαναφερθείσας προτεινόμενης επίχωσης, λήφθηκε υπόψη και διερευνήθηκε μέσω αριθμητικής προσομοίωσης και η επίδραση του προτεινόμενου κρηπιδώματος, κατά μήκος της λωρίδας ξηράς που συνδέει τη νησίδα Αγ. Γεώργιος με τη Νήσο Σαλαμίνα. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της προσομοίωσης το εν λόγω κρηπίδωμα δεν θα επηρεάσει την ακτομηχανικη δίαιτα και δεν θα επιφέρει επίπτωση στις παρακείμενες ακτές (βλ. Σχέδια συκριτικά ST_DN_SMINT και ST_W1_SMINT, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ καθώς και ST_DN_INT και ST_W1_INT, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ).
- Τέλος, με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν και τη σύγκριση των δυο διατάξεων (υφιστάμενη κατάσταση και μετά τα έργα της σήραγγας Περάματος-Σαλαμίνας) συμπεραίνεται ότι το προτεινόμενο επίχωμα δεν θα επιφέρει σημαντικές αλλαγές στην ακτομηχανική δίαιτα των παρακείμενων ακτών, βόρεια και νότια της σήραγγας (βλ. Σχέδια συκριτικά ST_DN_SMINT και ST_W1_SMINT, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ καθώς και ST_DN_INT και ST_W1_INT, ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ).

Αθήνα, Μάρτιος 2021

Ο συντάξας

MARNET A.T.E.
ΒΕΝΤΗΡΗ 7, ΑΘΗΝΑ, ΤΚ 11528
ΤΗΛ. 210 7222160 - FAX: 210 7250320
www.marnet.gr , e-mail: info@marnet.gr
ΑΦΜ: 094496527 - ΔΟΥ: ΦΑΕ ΑΘΗΝΩΝ

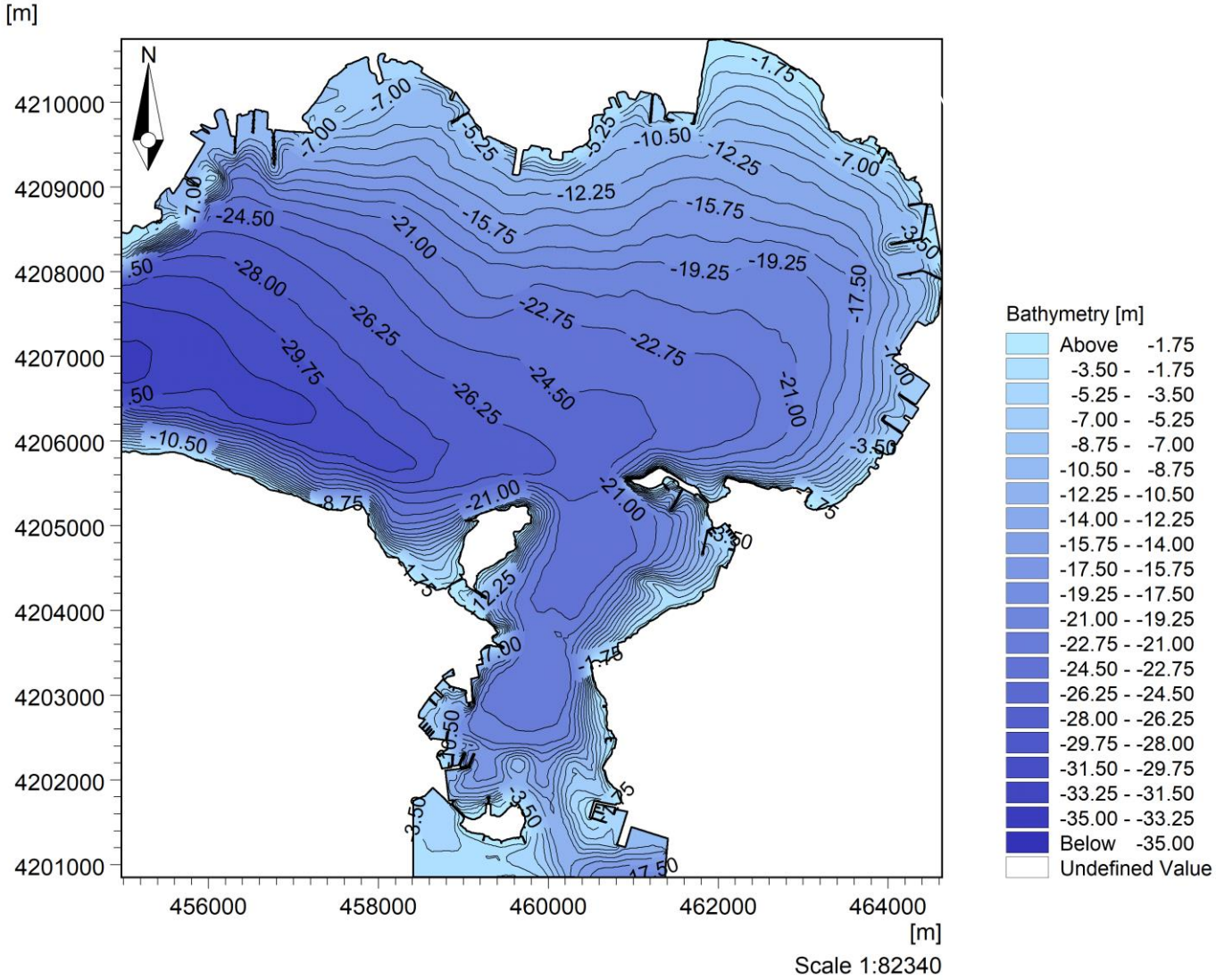
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 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**
- 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.
- Makris J., Papoulia J. & Drakatos G. (2004) Tectonic deformation and microseismicity of the Saronikos gulf, Greece. Bulletin of the Seismological Society of America 94(3):920-929
- 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 Dısturbance 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.

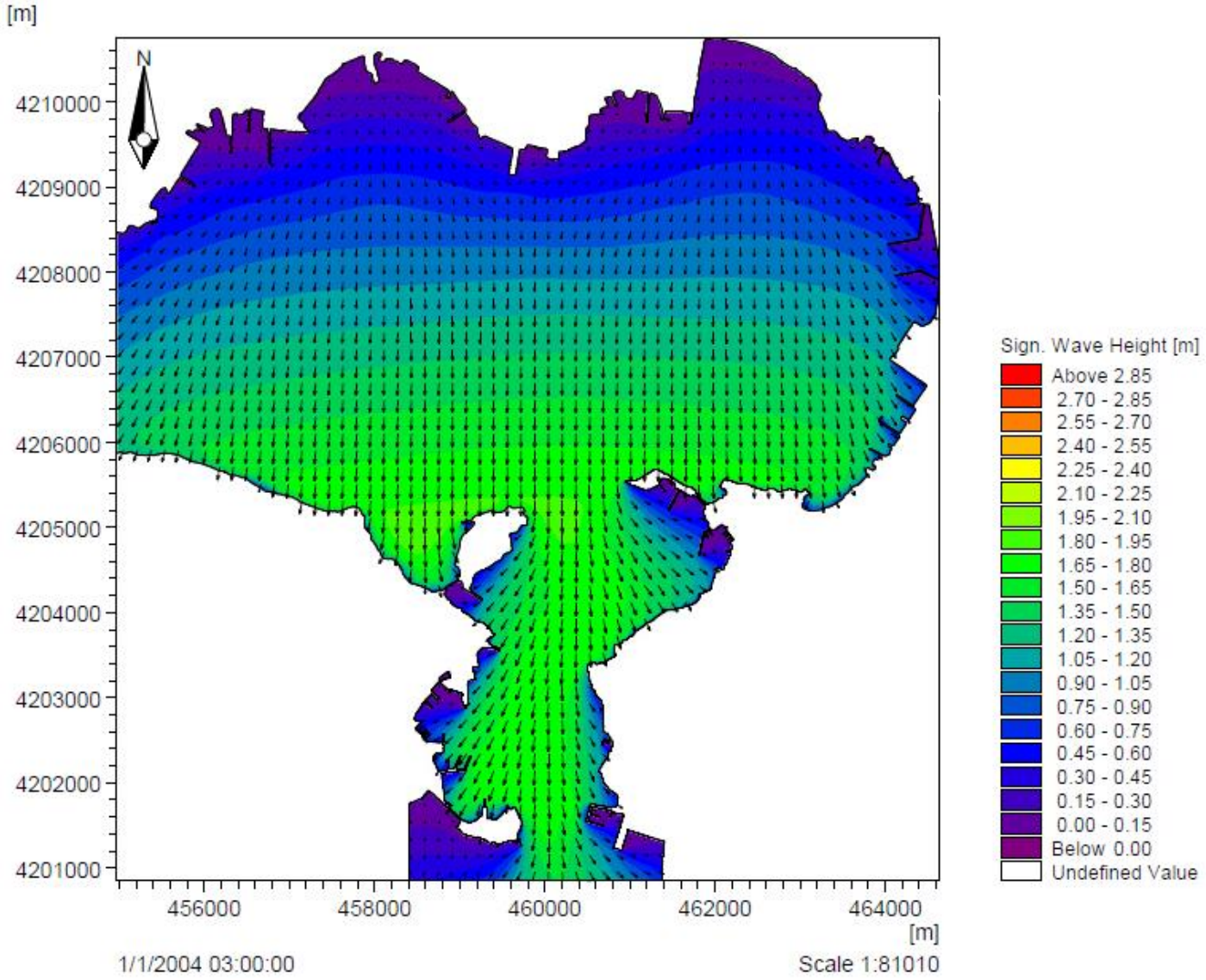
- PIANC (2016): “Guidelines for Marina Design”, Report N° 149/part II, Recreational Navigation Commission.
- Ruol P., Martinelli L., and Pezzutto P. Formula to predict transmission for pi-type floating breakwaters. Journal of Waterway, Port, Coastal, and Ocean Engineering, 139(1):1-8, 2013a.
- Ruol P., 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**.
- Γαϊτανάκης Π. (1982). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:50.000, Φύλλο «Αθήναι-Πειραιεύς», ΙΓΜΕ
- Καραμπάς Θ., Κρεστενίτης Γ., και Κουτίτας Χρ. *Ακτομηχανική – Έργα Προστασίας Ακτών*. ΣΕΑΒ, 2015.
- Μαριολάκος Η., Φουντούλης Ι. & Θεοχάρης Δ. (2001). Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της νήσου Σαλαμίνας. Δ Ε Γ.Ε., XXXIV/1, 165-173

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

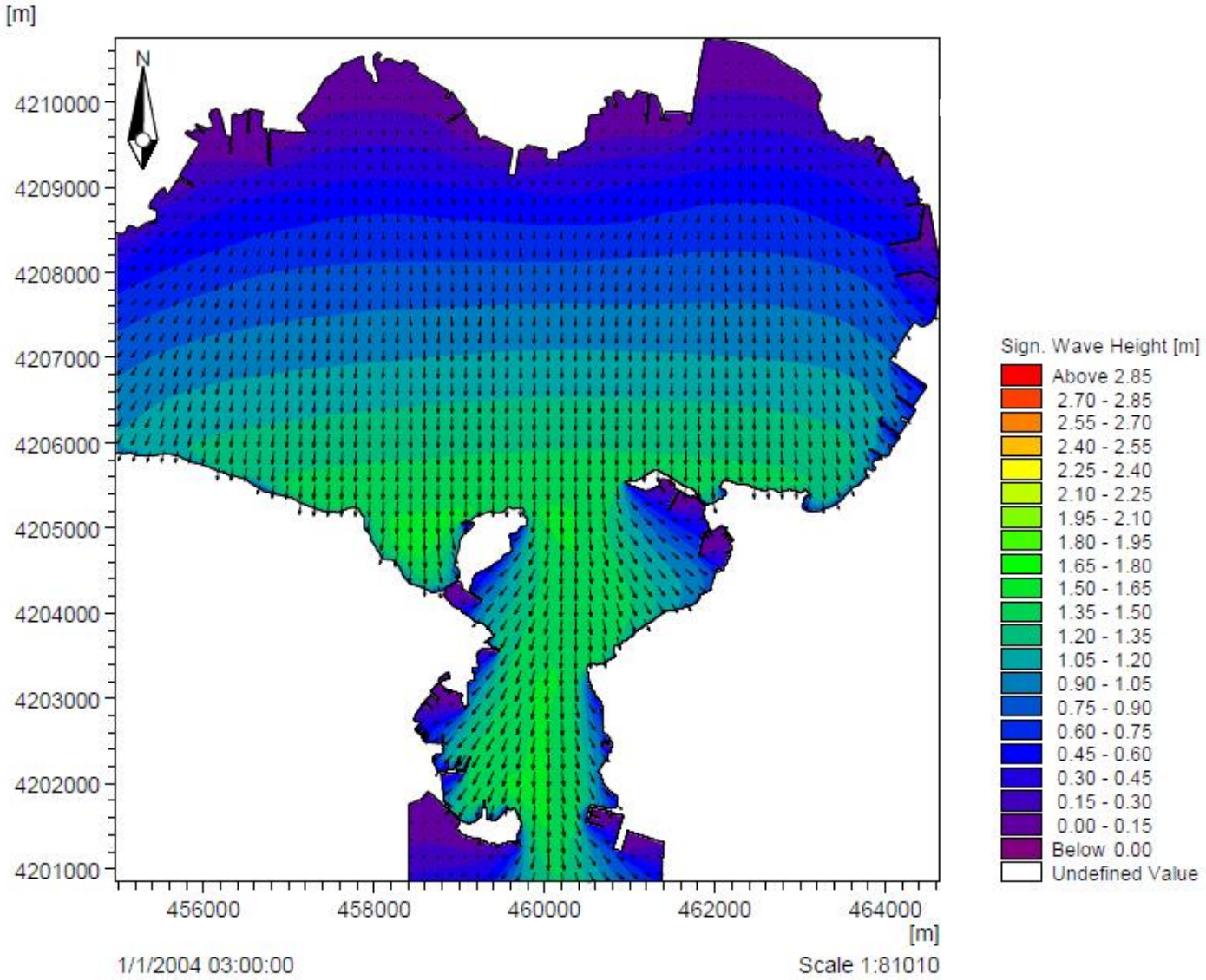
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΚΥΜΑΤΙΚΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΜΕ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ MIKE21 FM-SW DHI



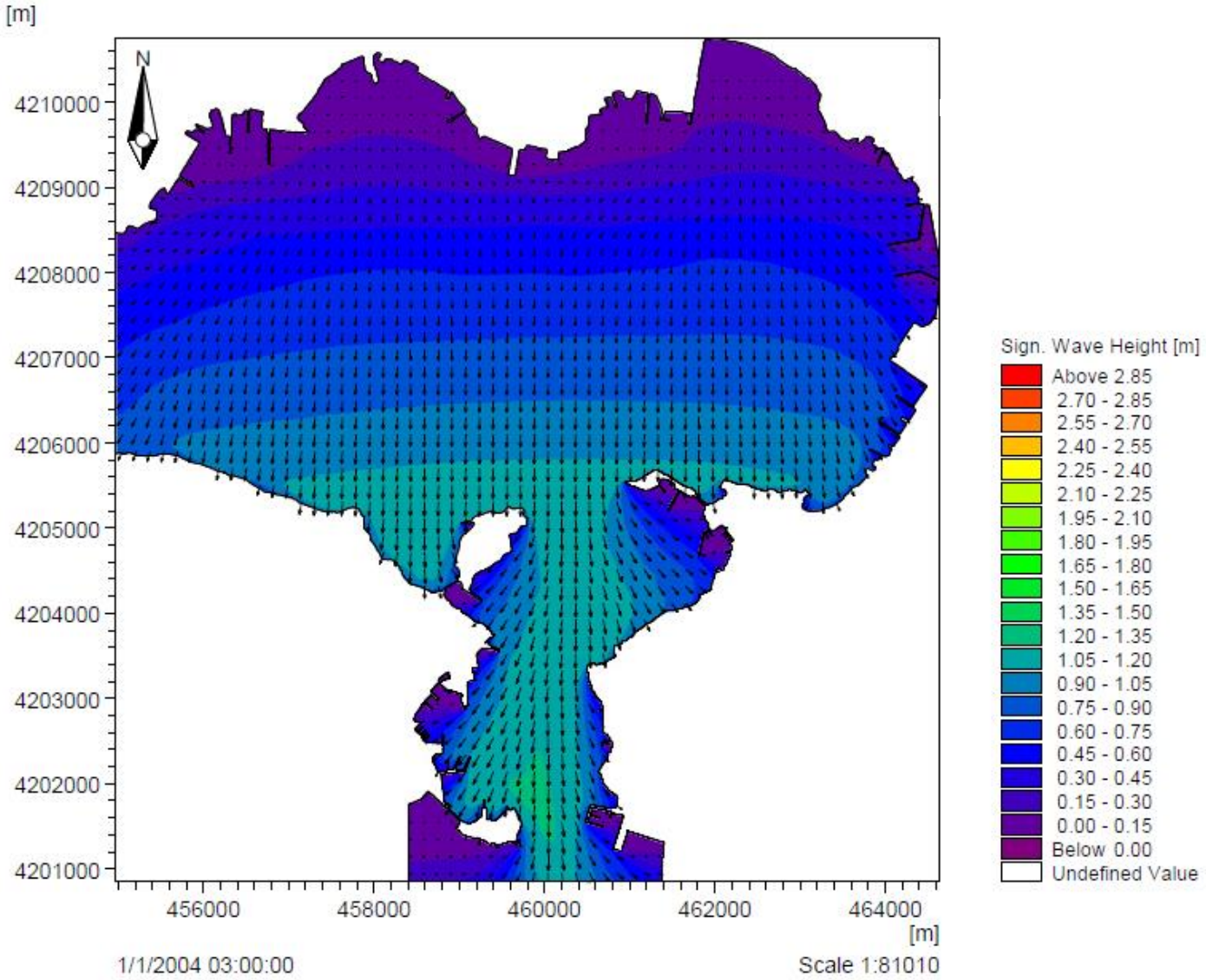
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: **Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών**	MIKEZero
		Έργο: **Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής**	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ	Αρ. Σχεδίου: BATH_DN
	Αναφ.: SM		



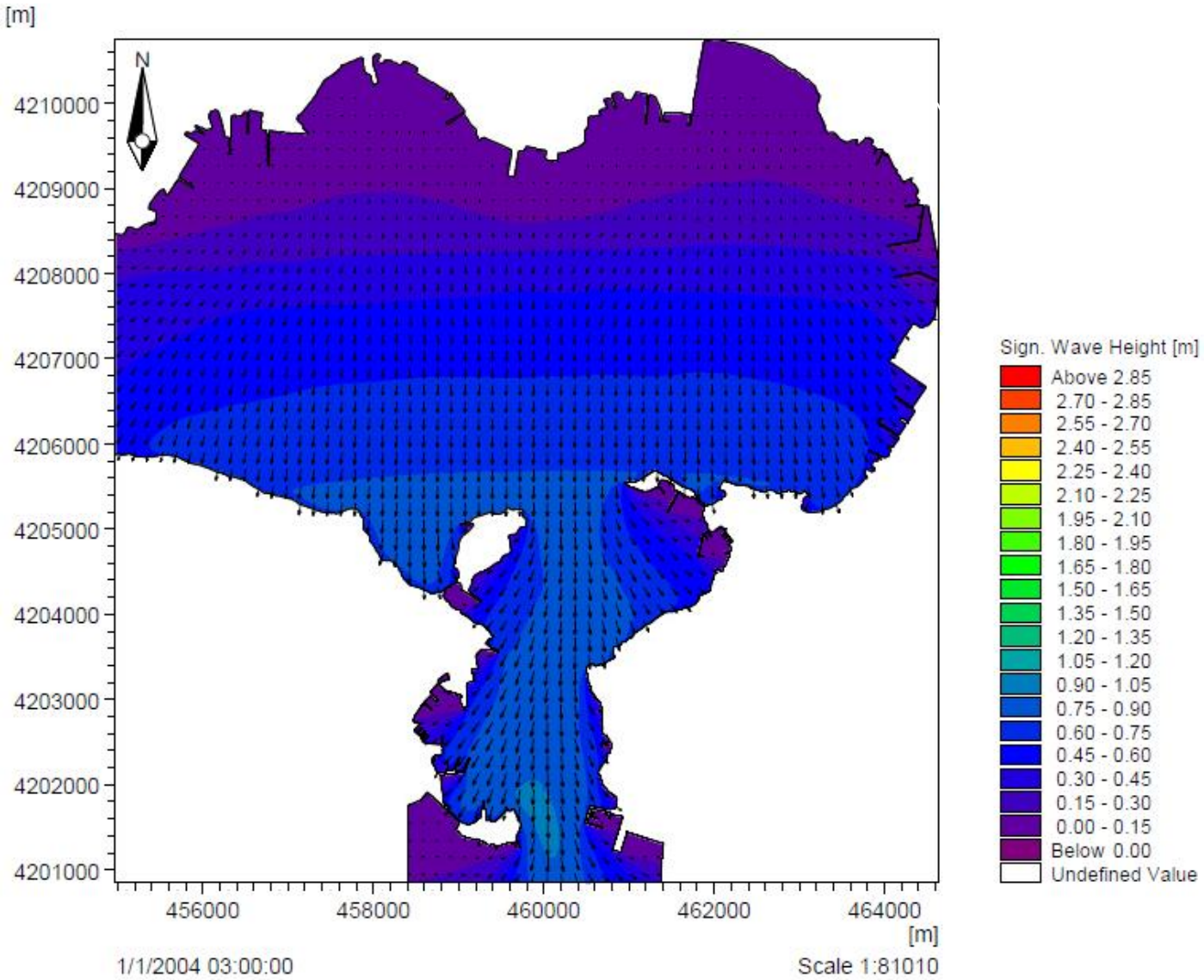
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 11Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_1
	Αναφ.: SM		



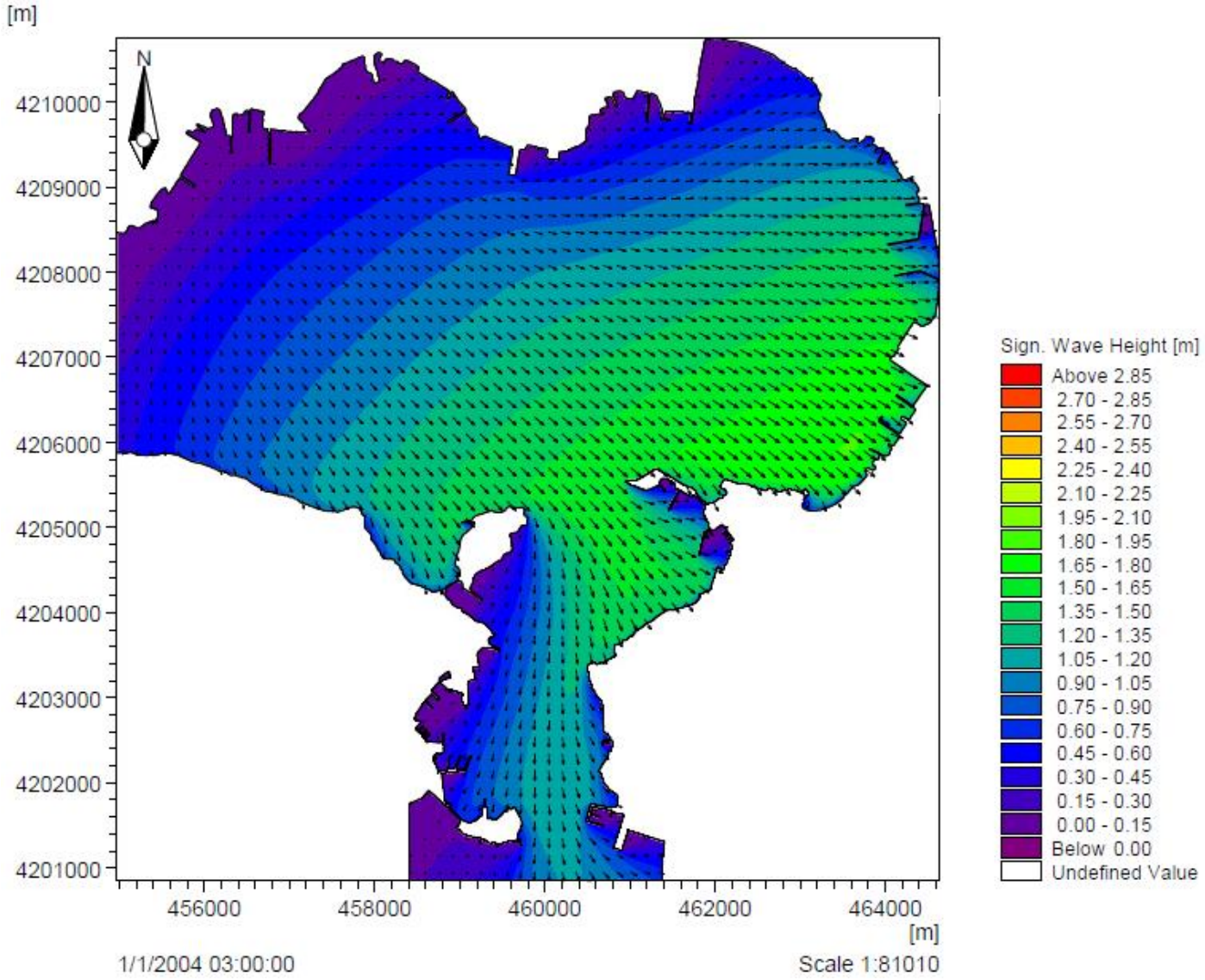
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKEZero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 10Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_2
	Αναφ.: SM		



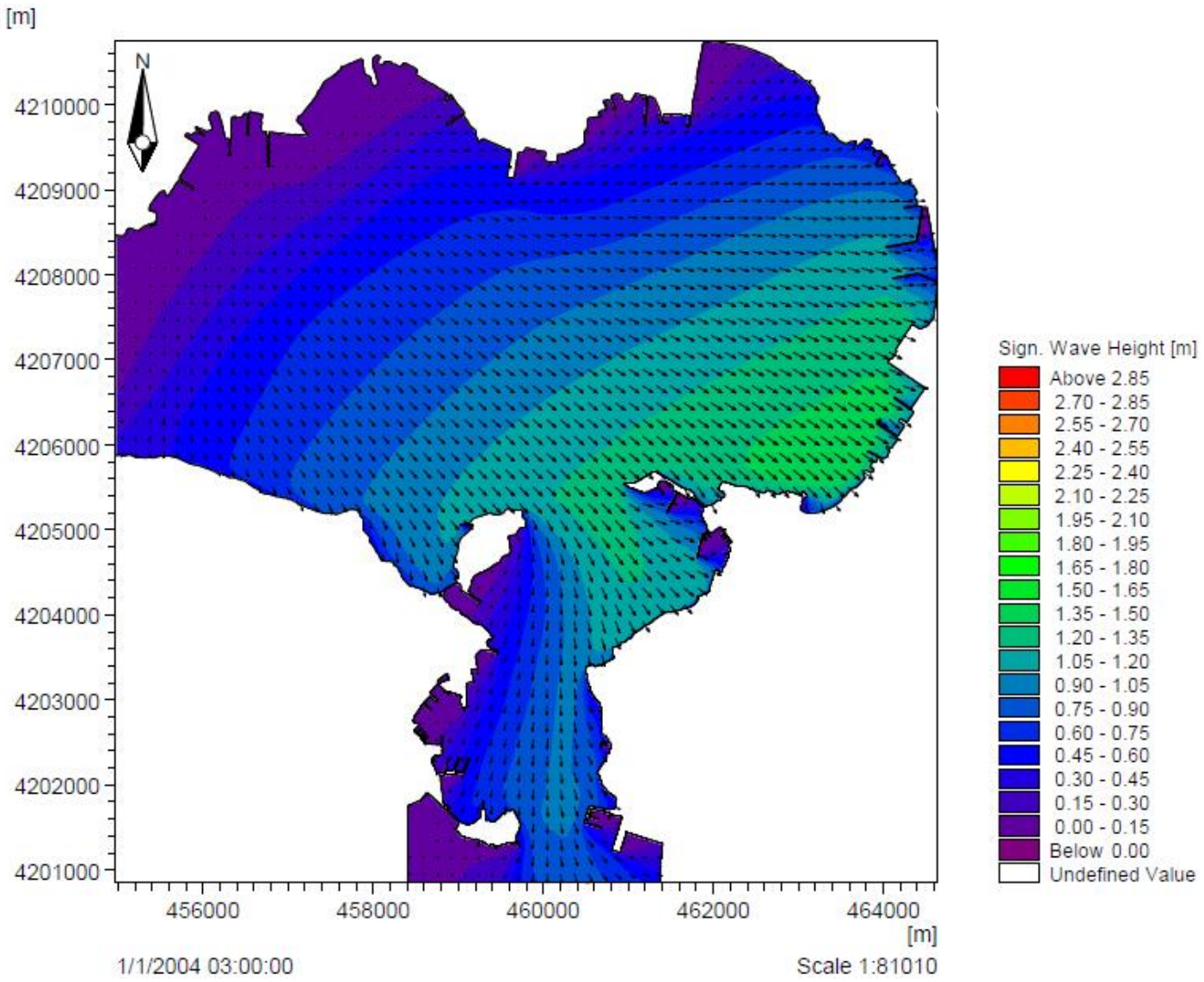
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 9Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_3
	Αναφ.: SM		



MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 8Bf , Διευθ=B	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_4
	Αναφ.: SM		

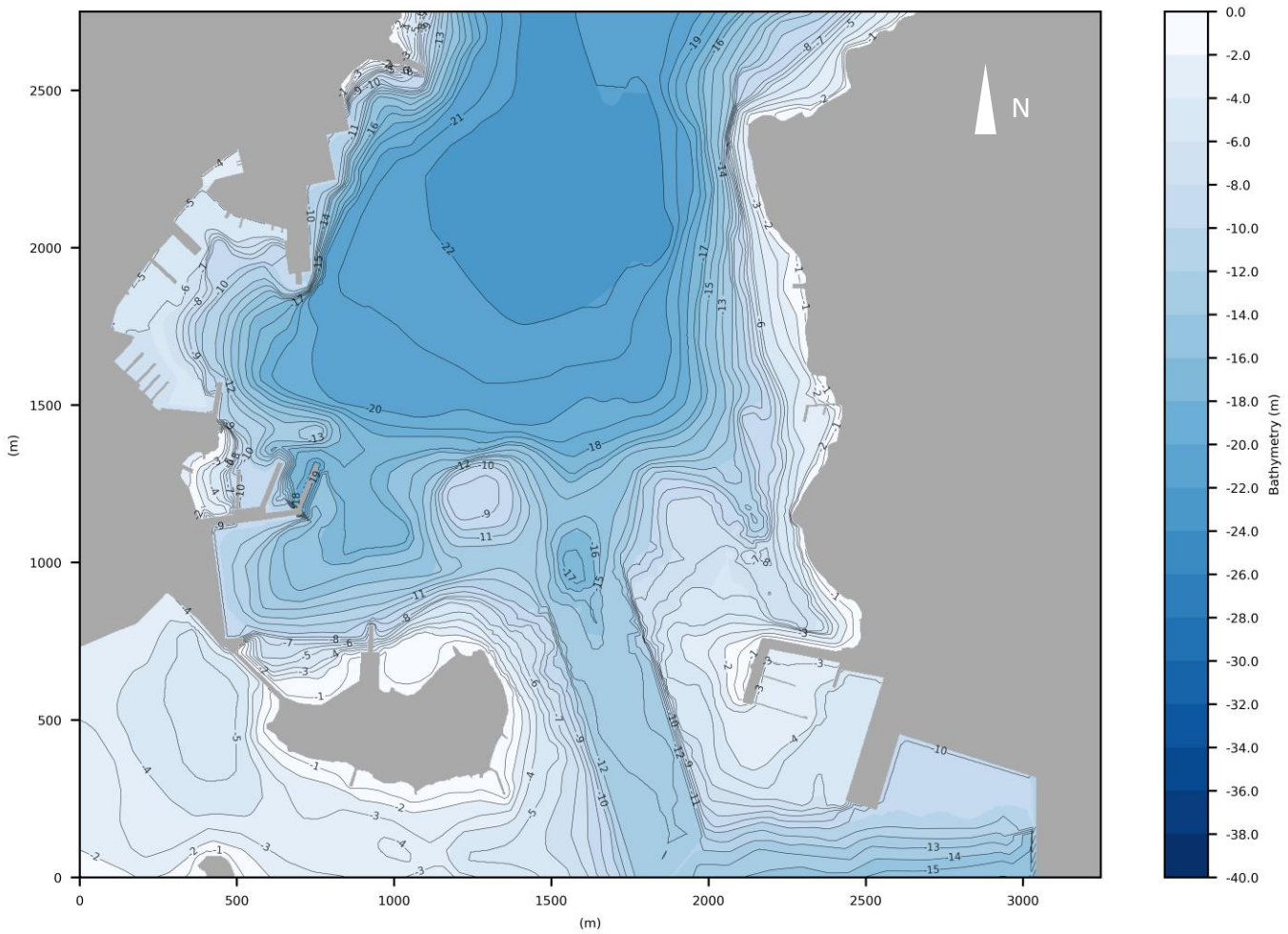


MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 10Bf , Διευθ=ΒΔ	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_5
	Αναφ.: SM		

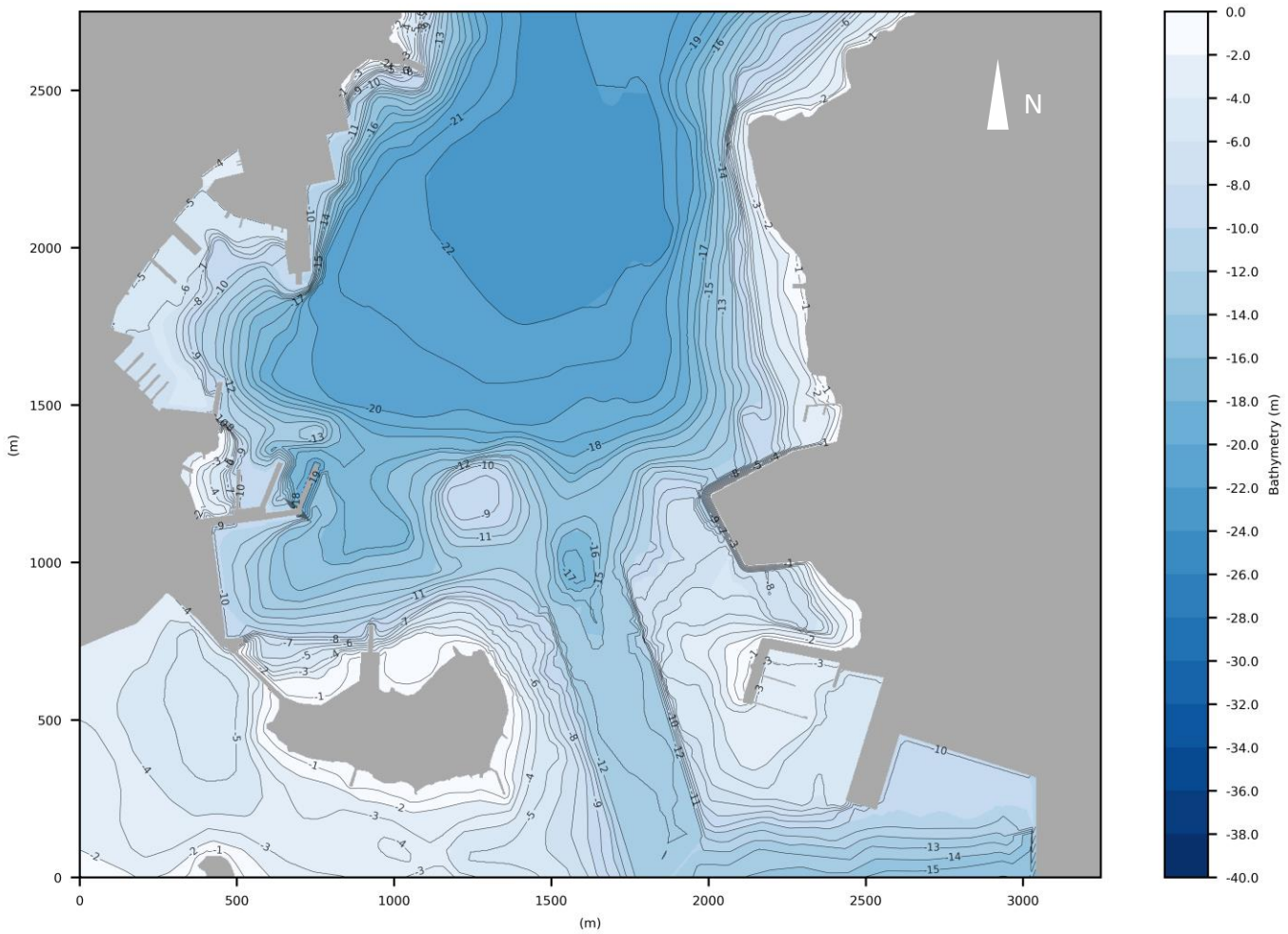


MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Μελέτη Κυματικής Διαταραχής	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ανεμογενές Κυματικό Πεδίο: 9Bf , Διευθ=ΒΔ	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_6
	Αναφ.: SM		

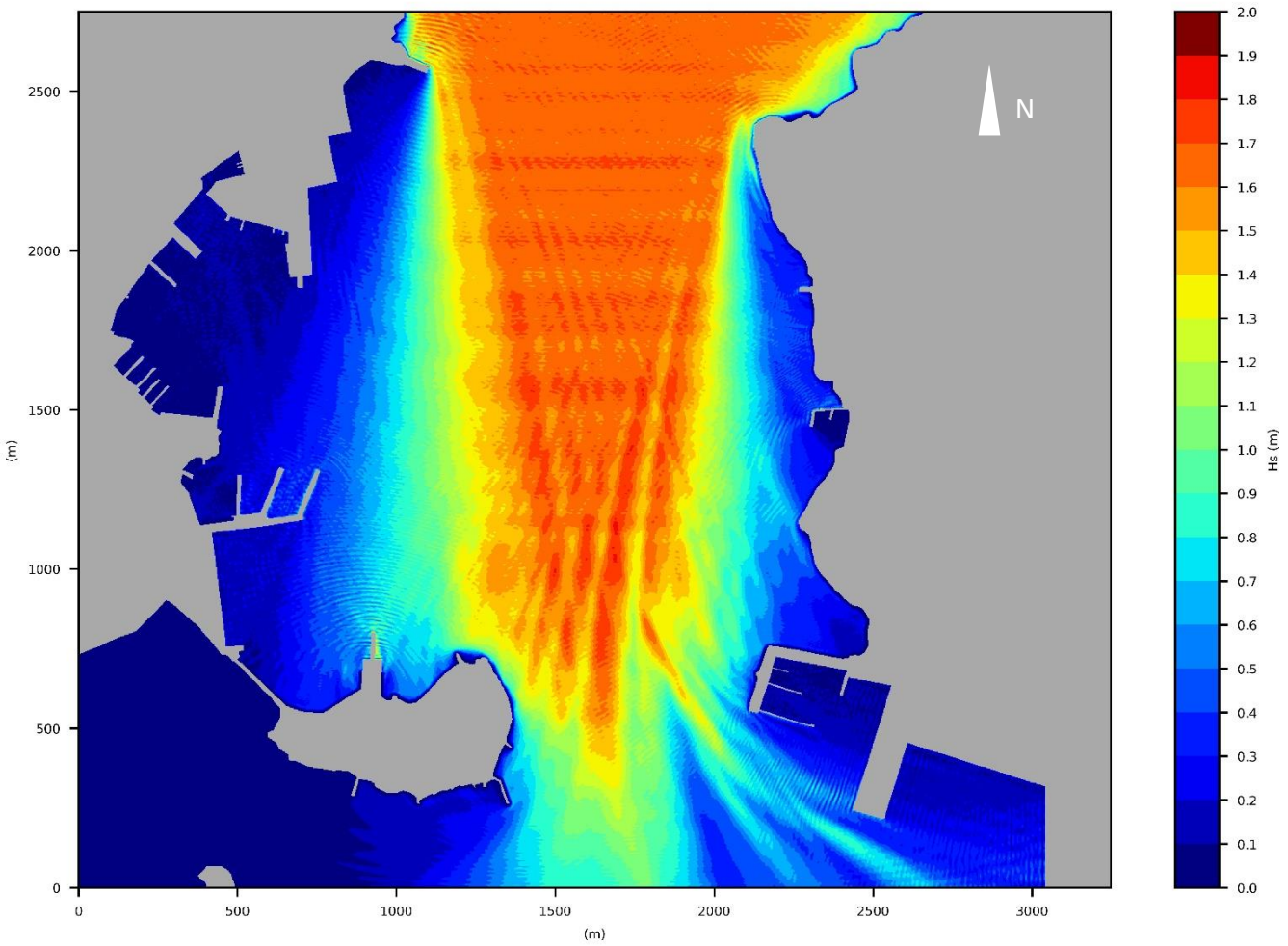
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MARIS



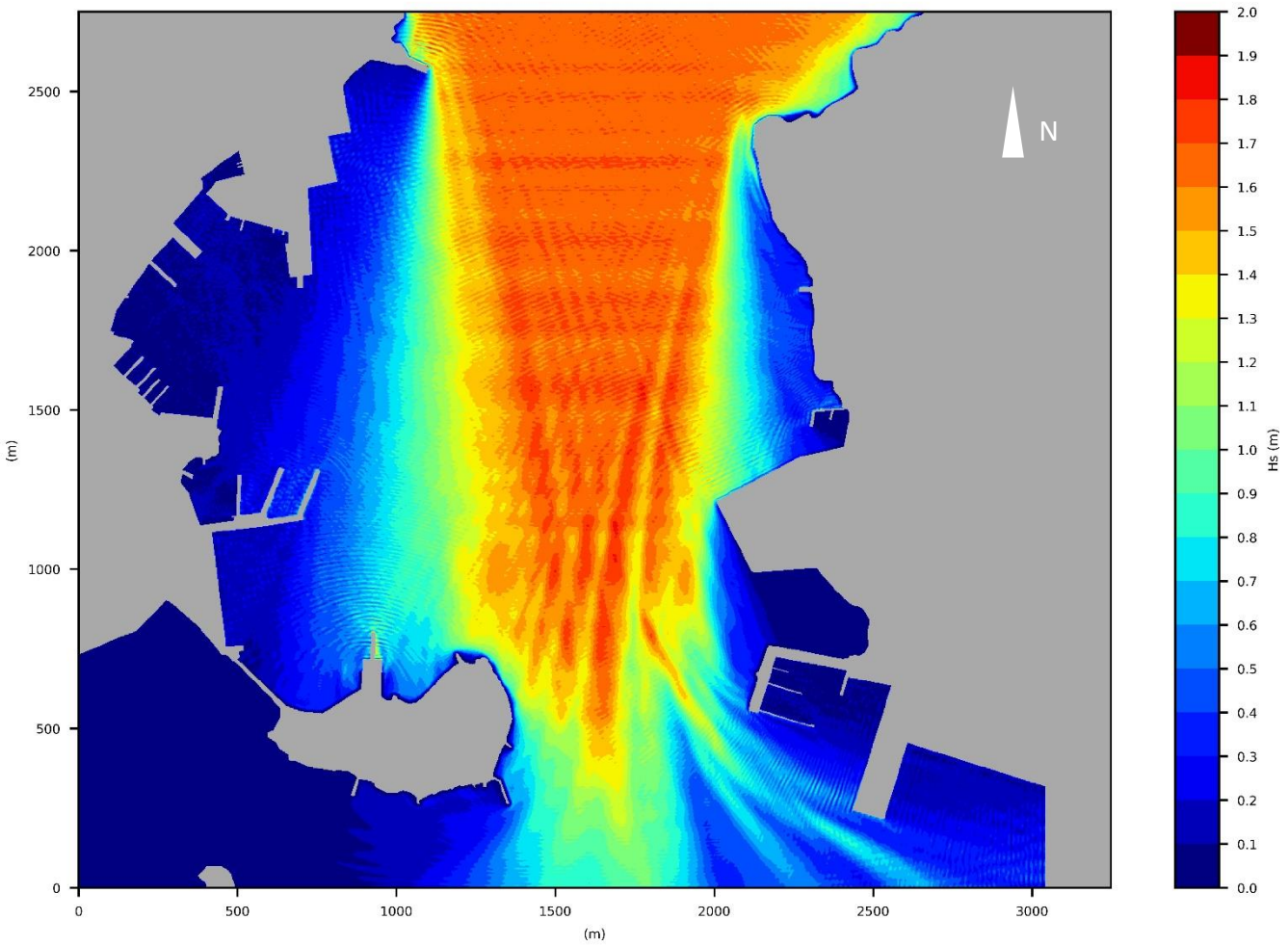
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **BATH_DN**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS BTG scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Βυθομετρικός Κάνναβος με Χωρικό Βήμα dx=dy=2.5m απεικονίζοντας τη Βαθυμετρία της Υφιστάμενης Κατάστασης	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Βαθυμετρία
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "Do Nothing"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



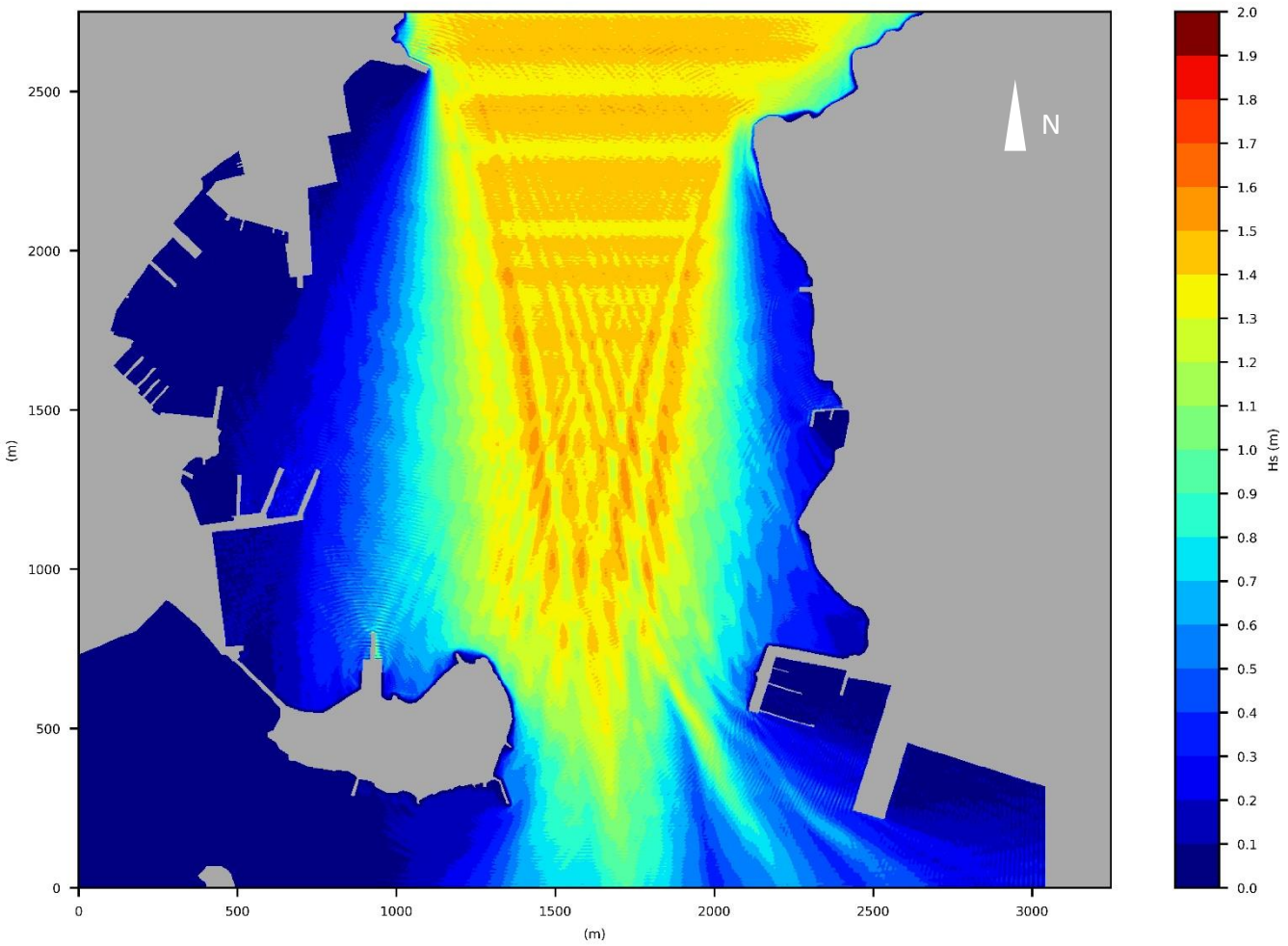
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **BATH_W1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS BTG scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Βυθομετρικός Κάνναβος με Χωρικό Βήμα dx=dy=2.5m απεικονίζοντας τη Βαθυμετρία για την Διάταξη με Παρουσία της Προτεινόμενης Επίχωσης **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Βαθυμετρία
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



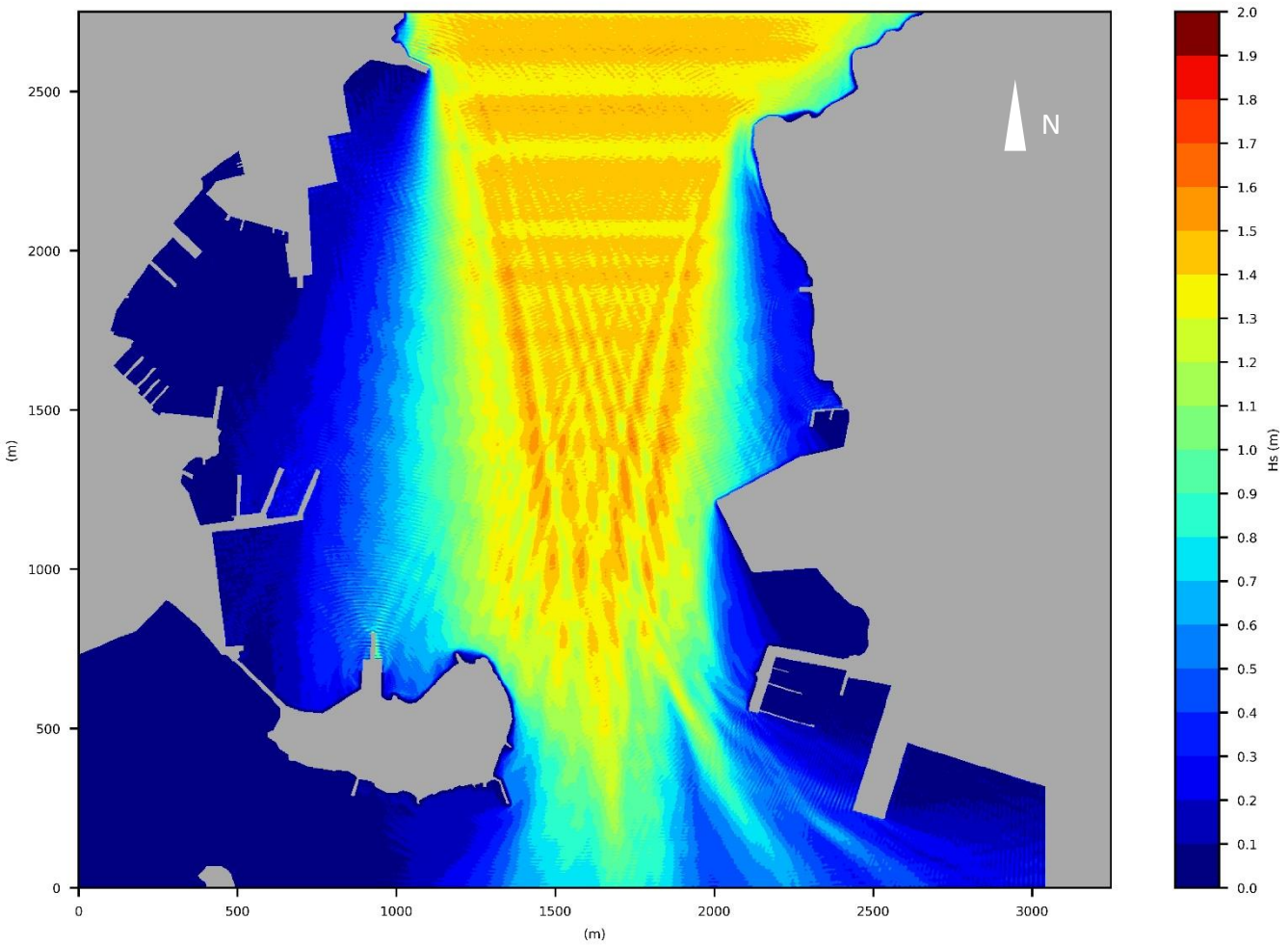
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



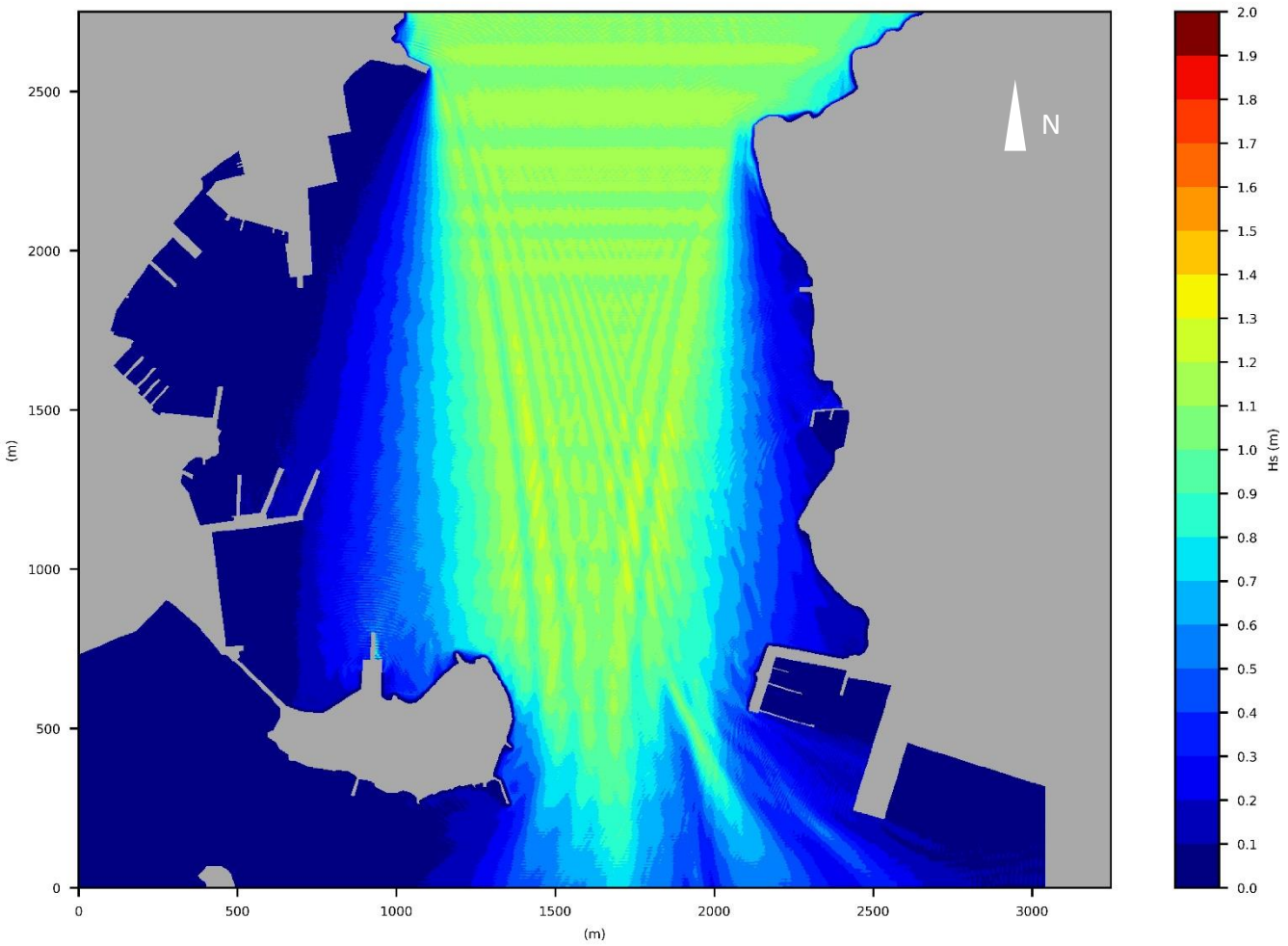
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



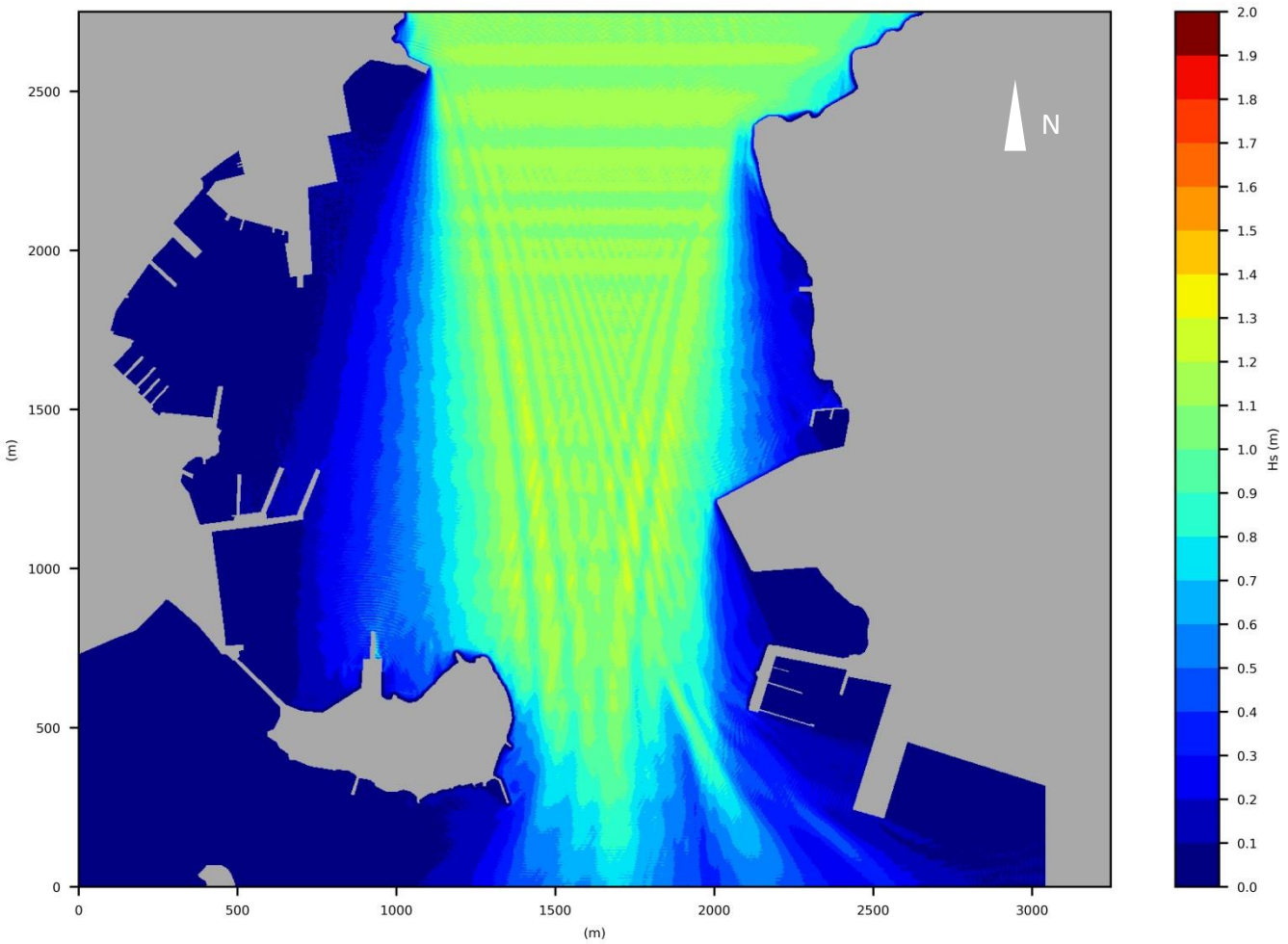
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



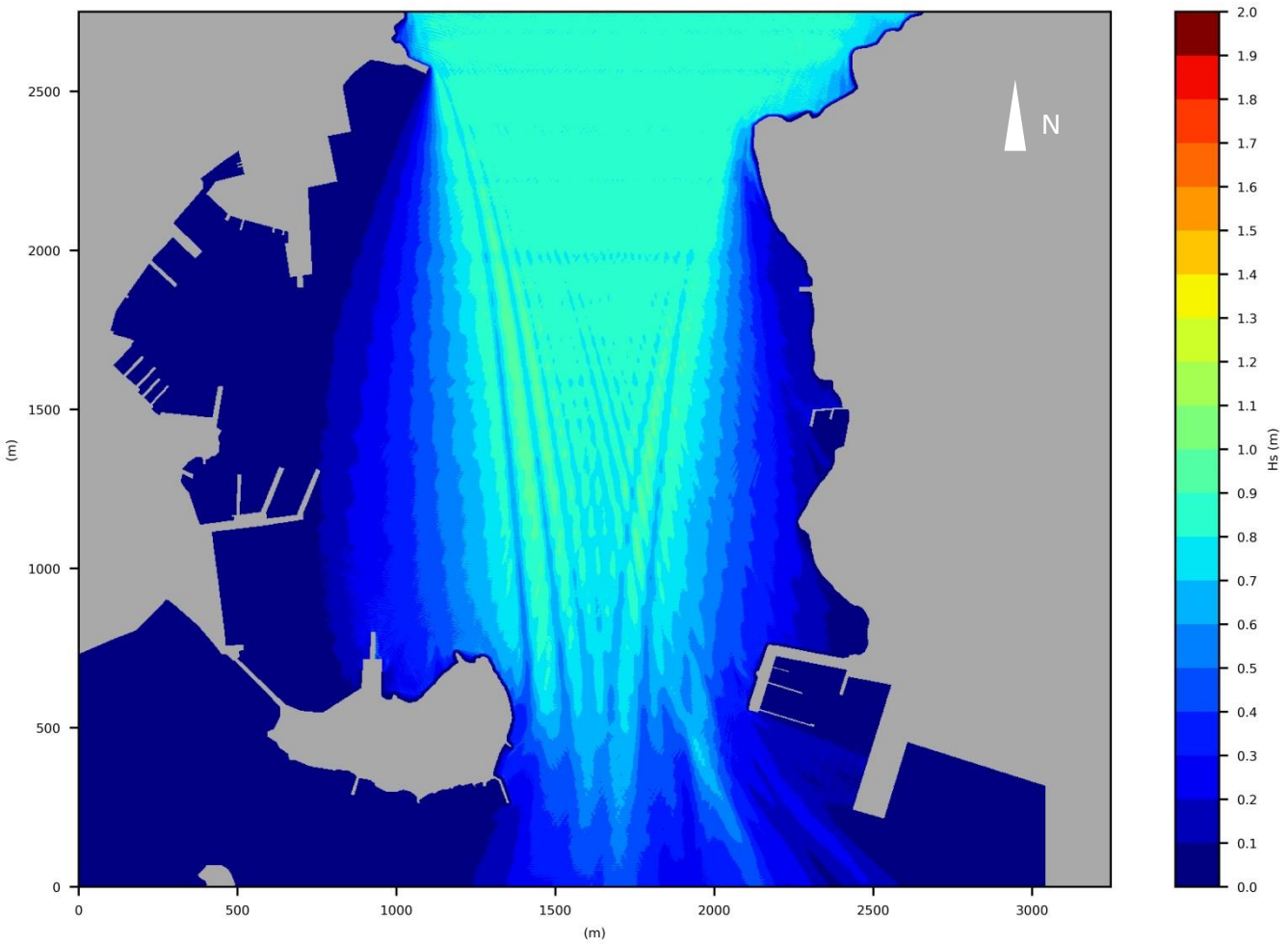
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



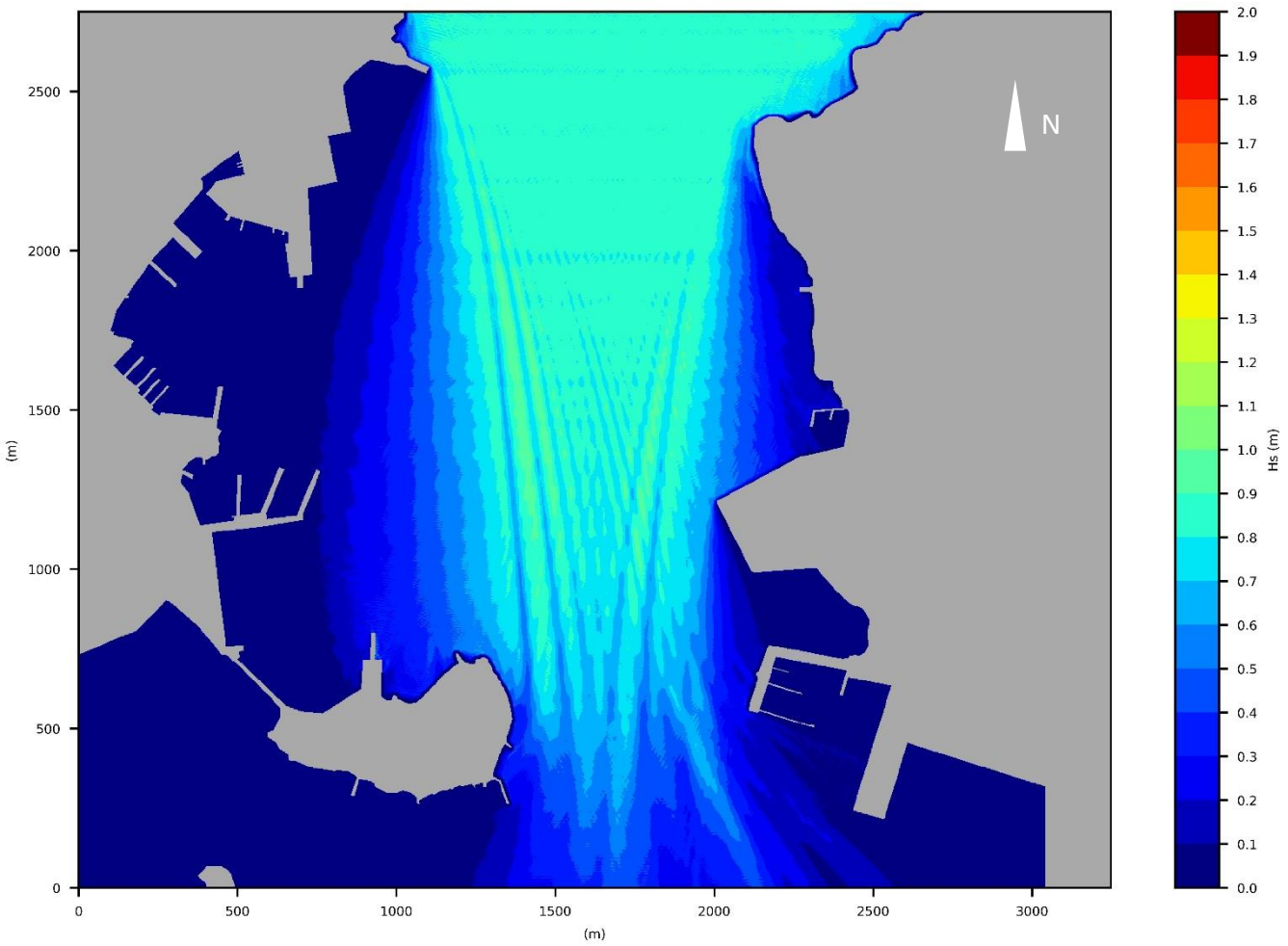
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



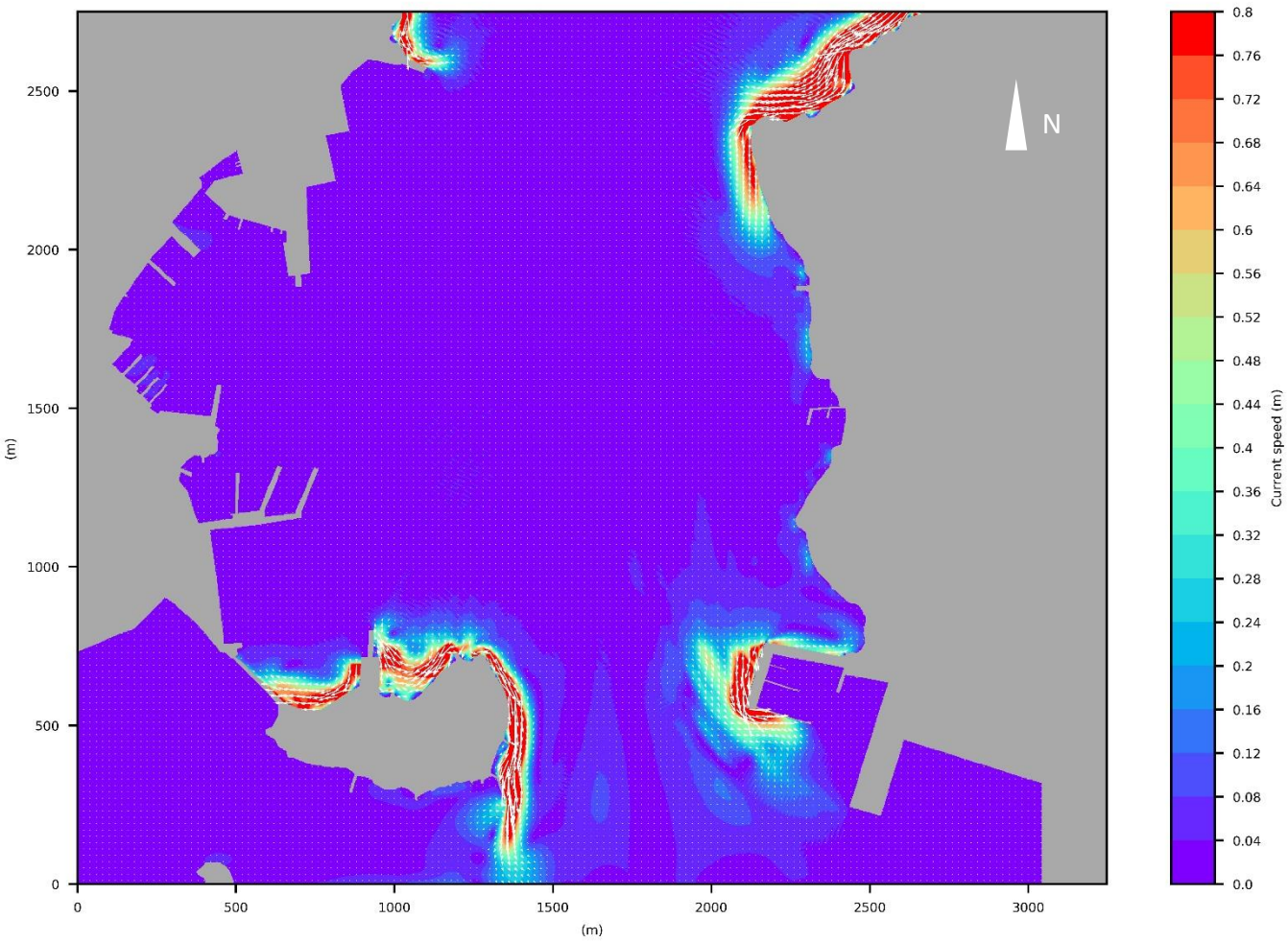
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



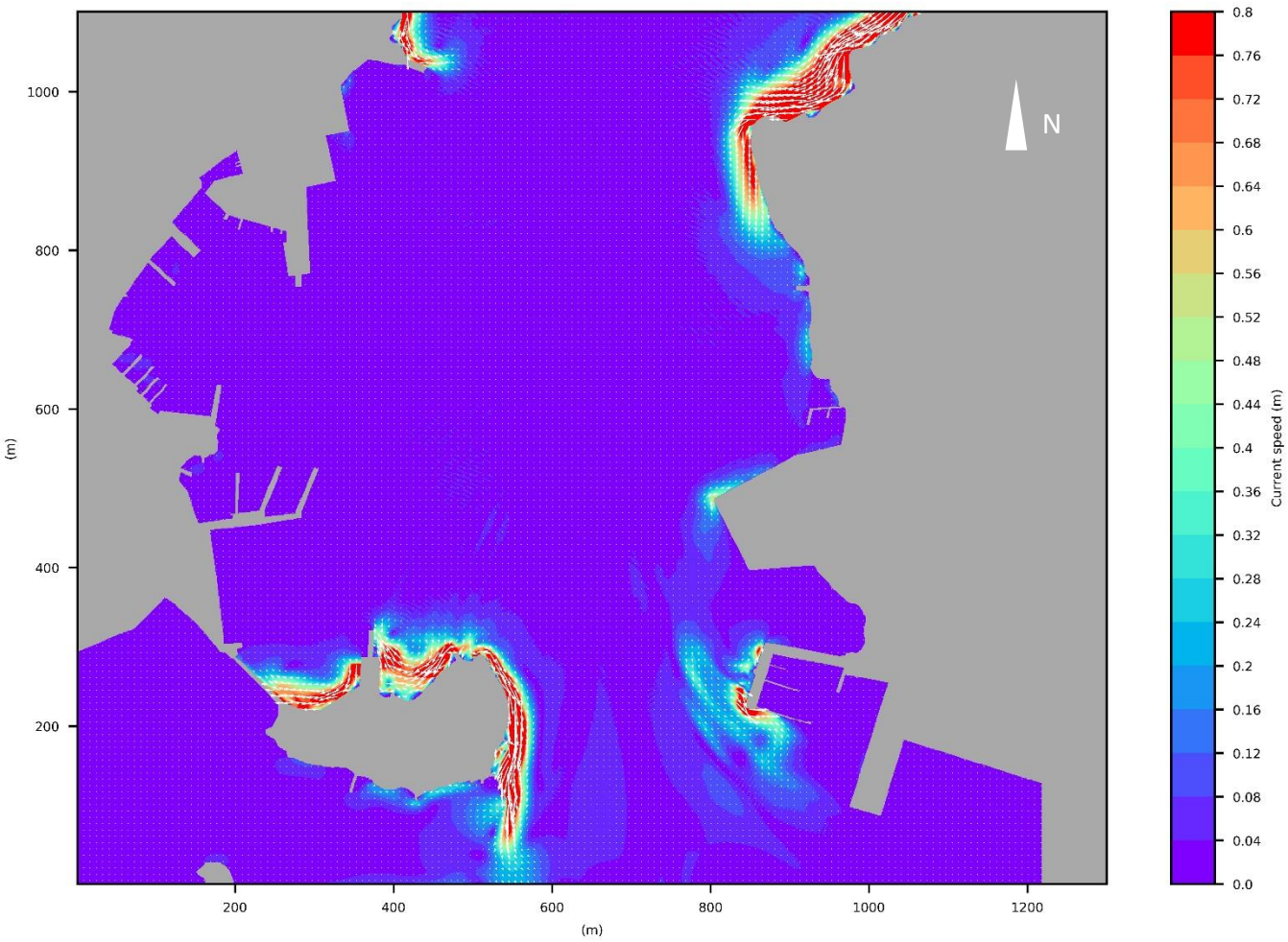
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_DN_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



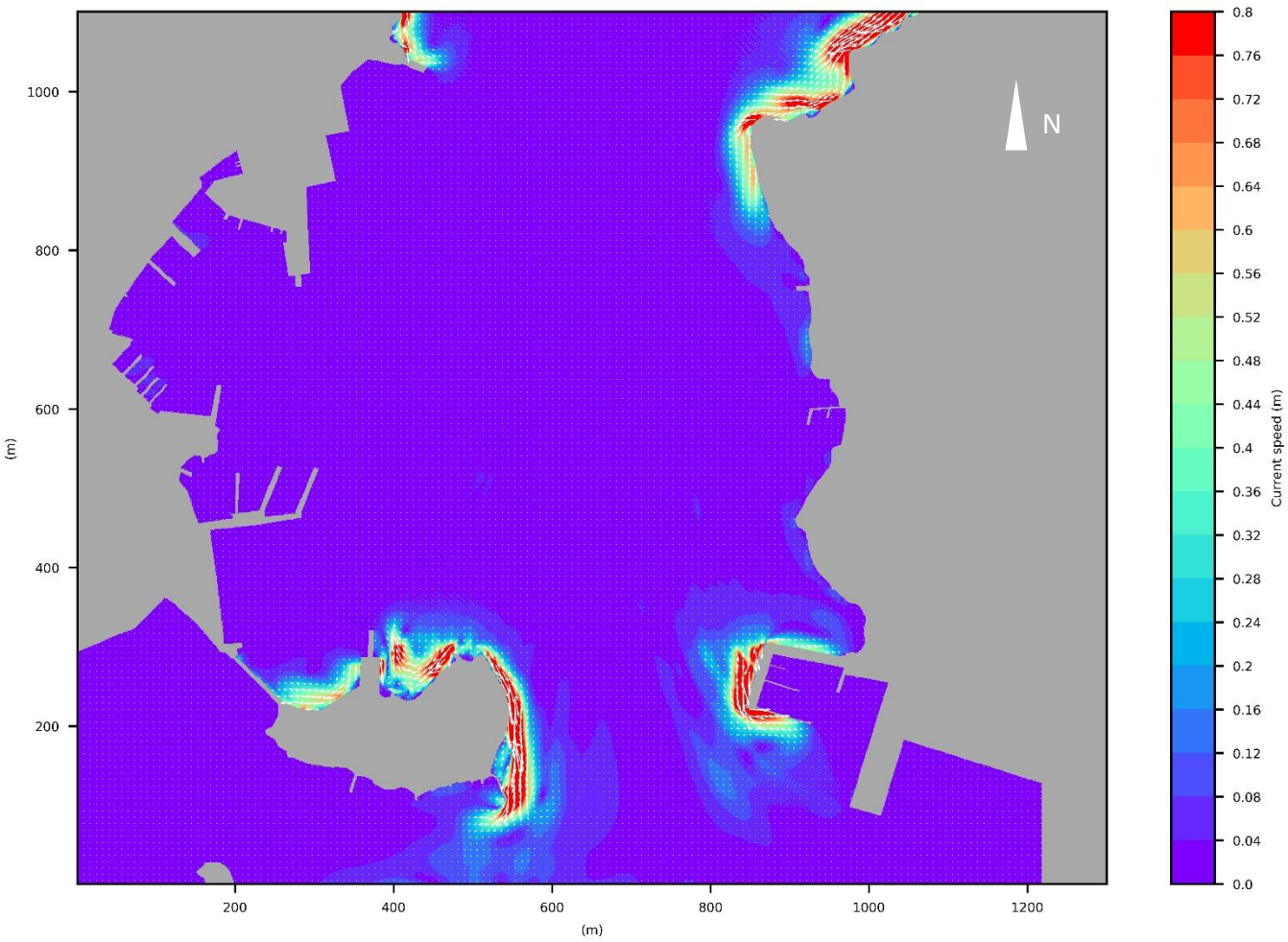
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **WV_W1_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HMS scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Χωρική Κατανομή Ύψους Κύματος από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Κυματικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



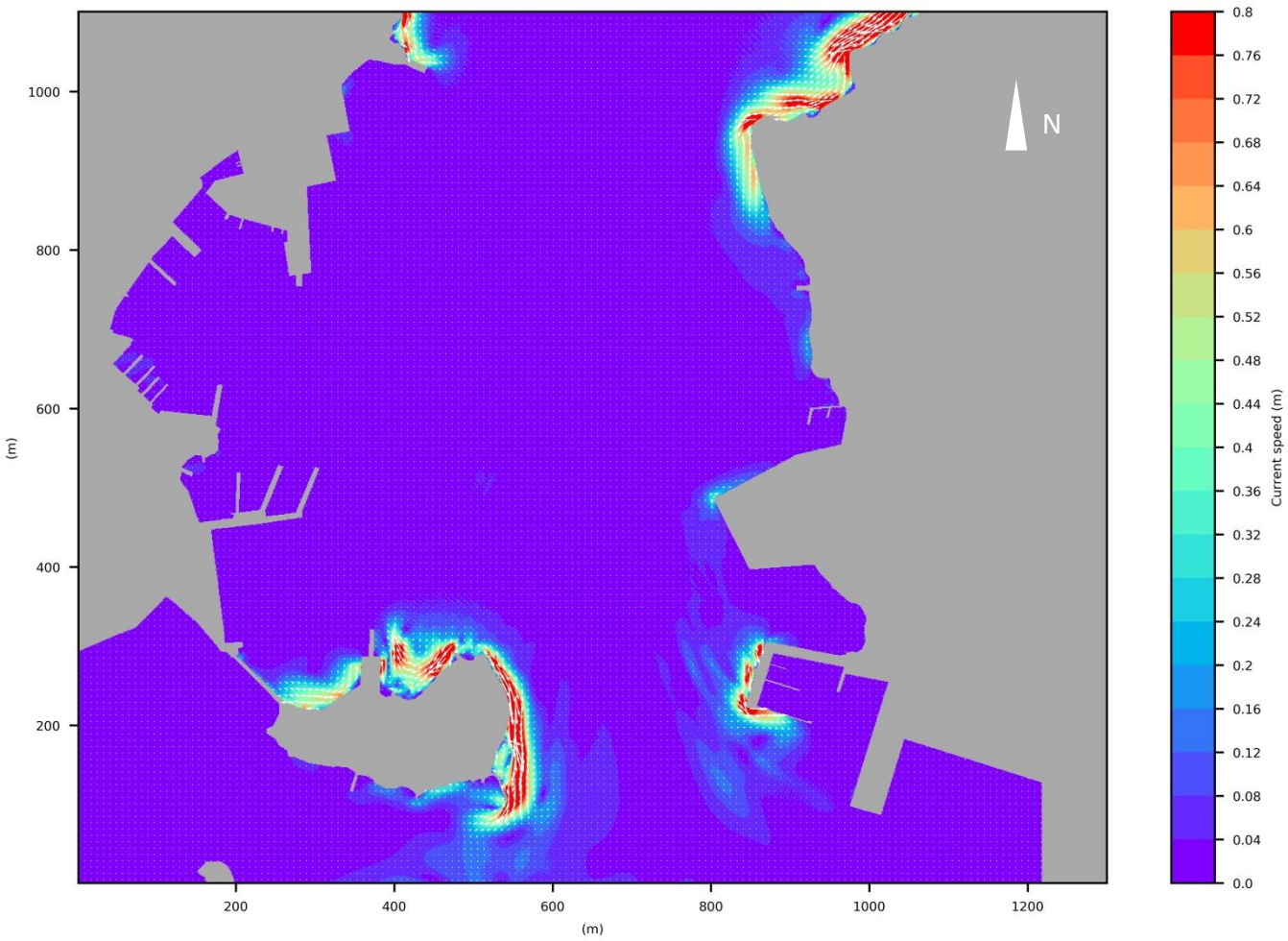
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_DN_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "DN"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



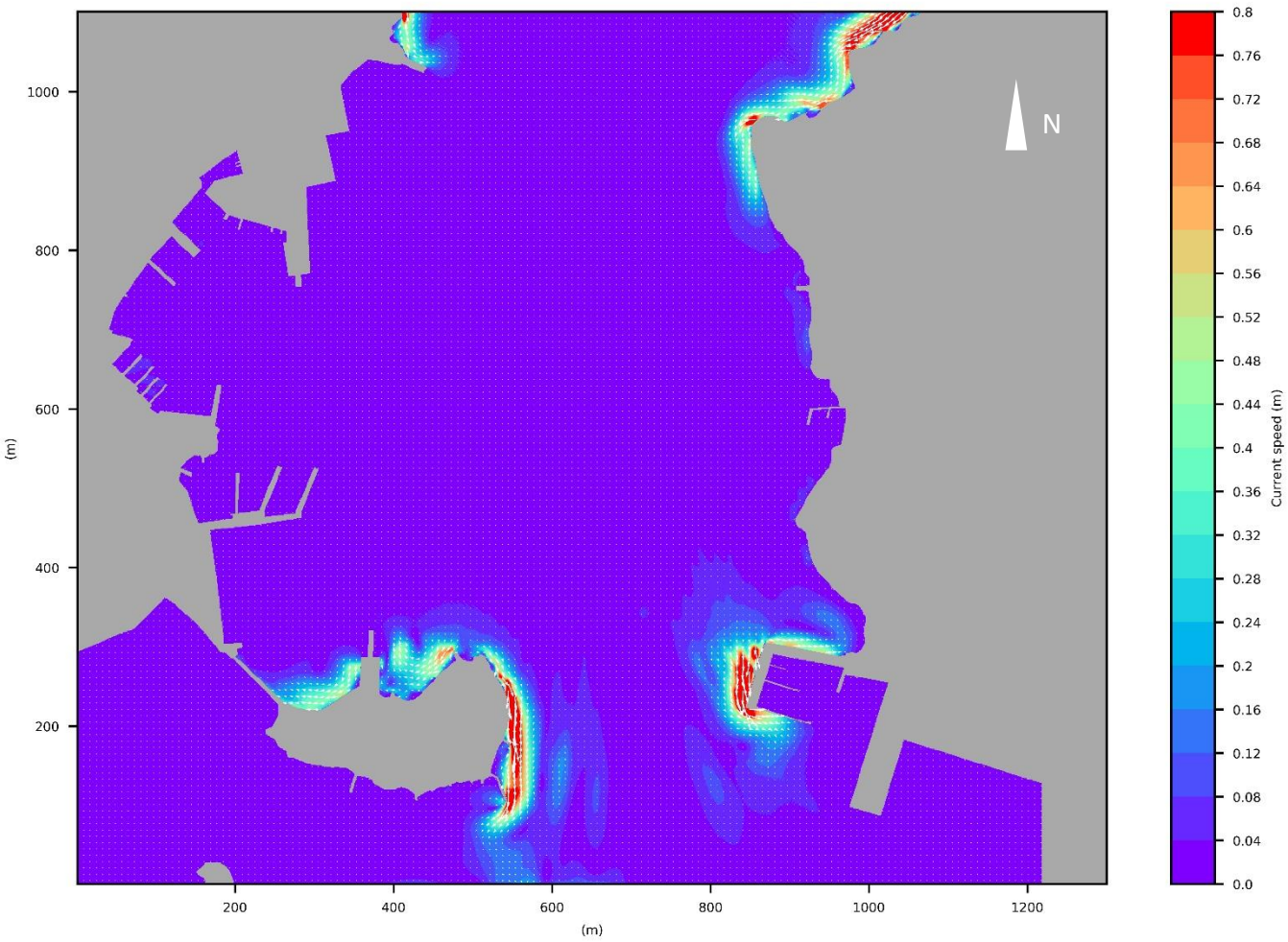
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_W1_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "W1"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



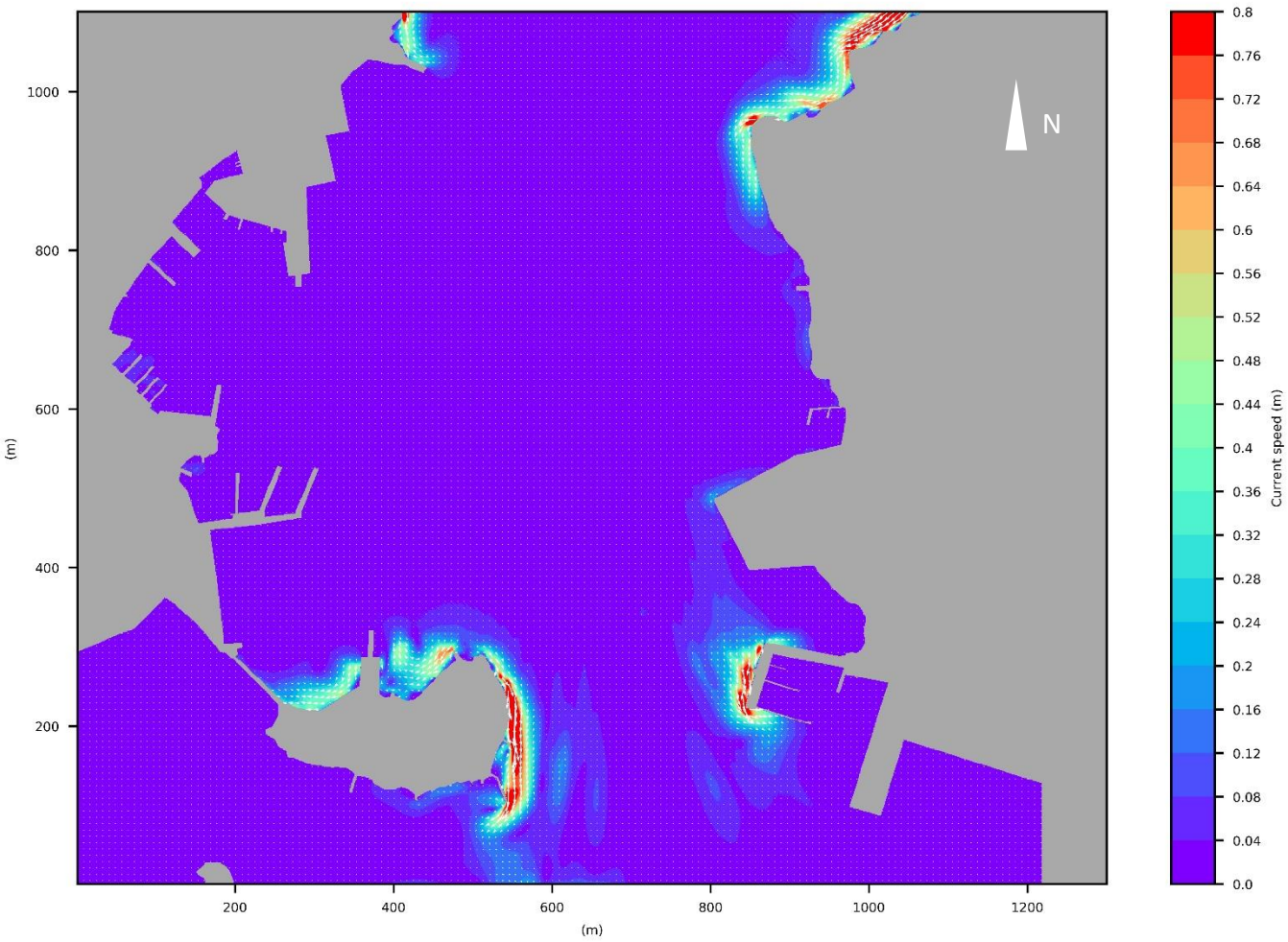
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_DN_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "DN"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



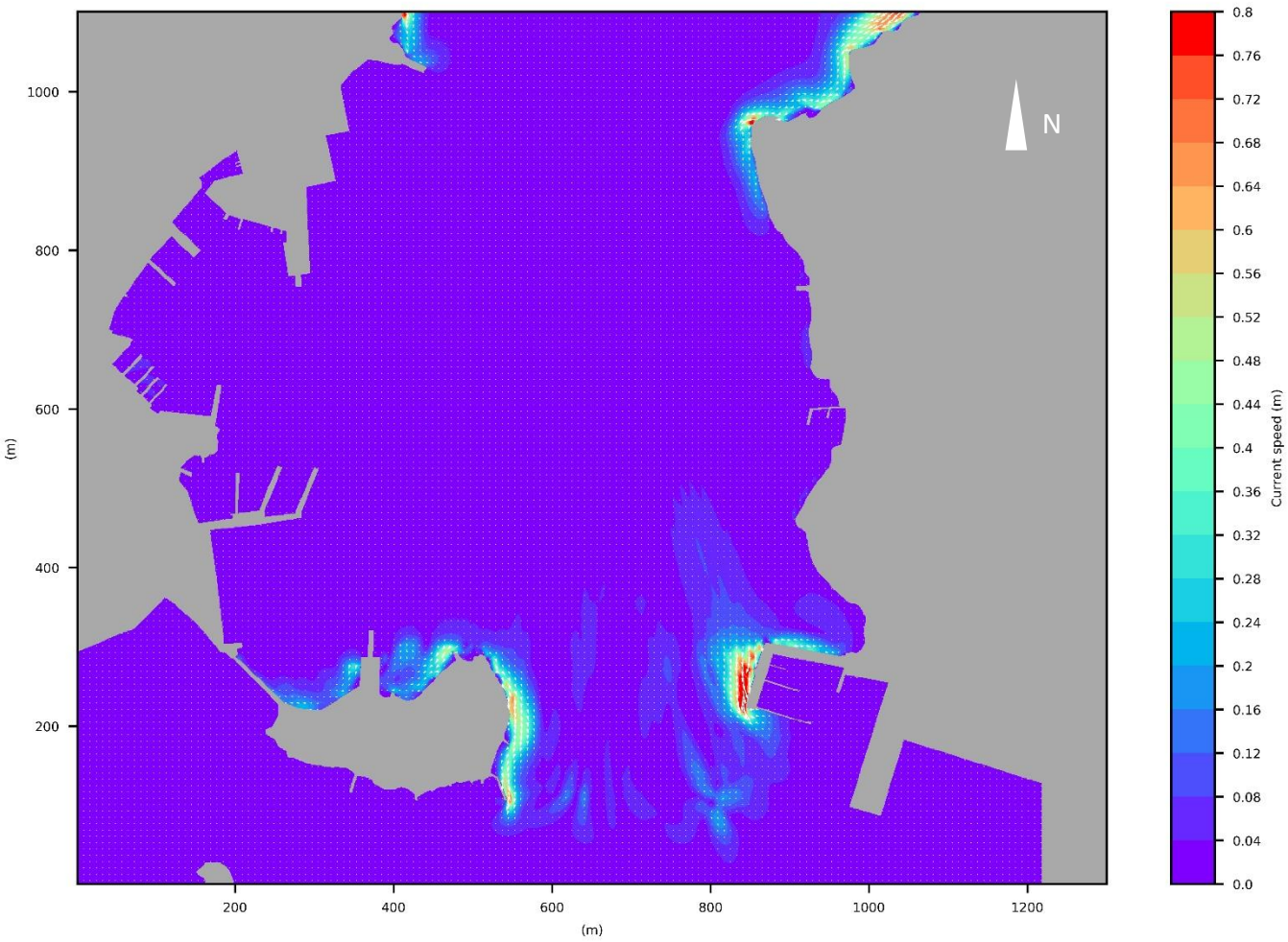
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_W1_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "W1"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



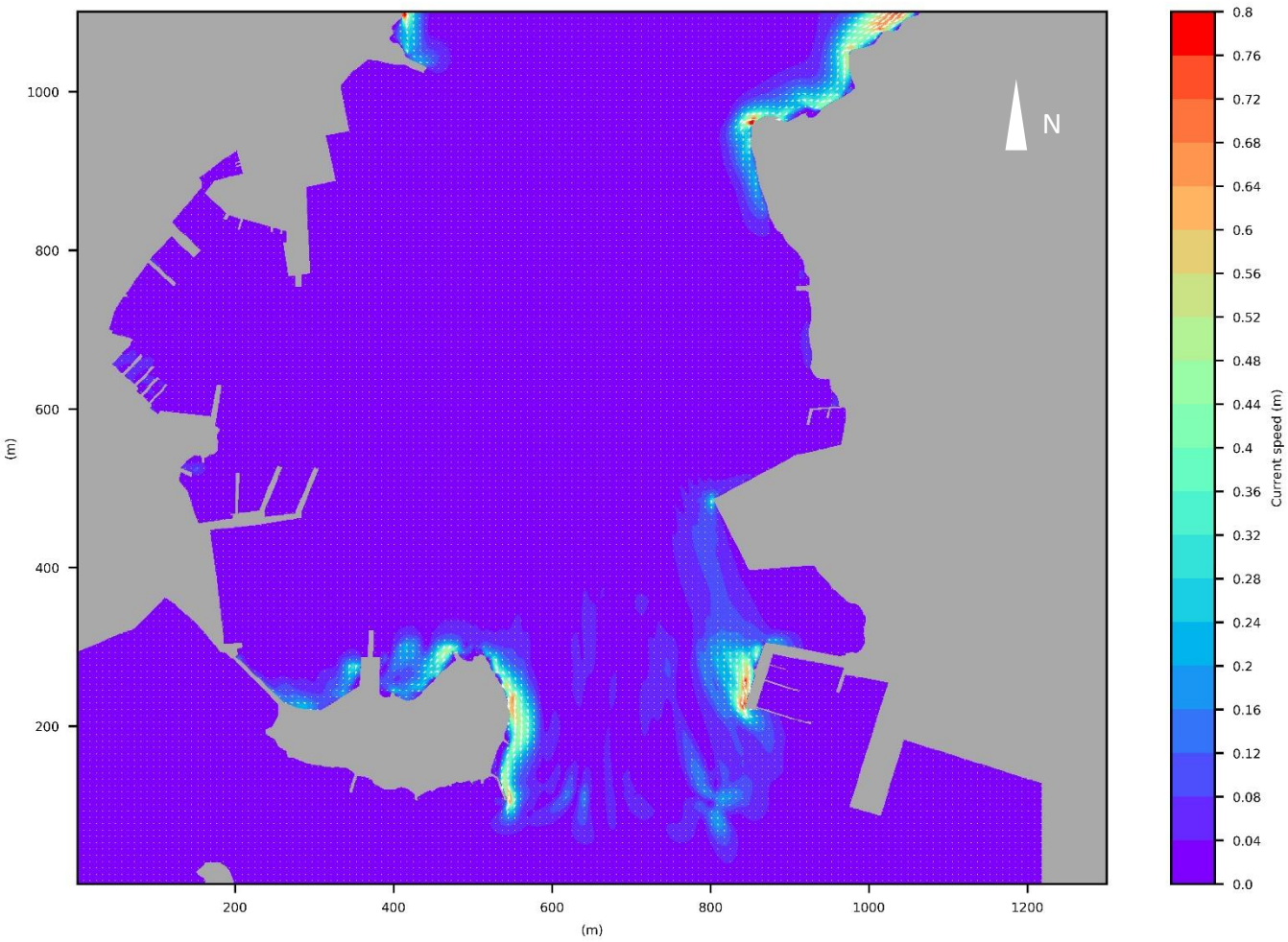
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_DN_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "DN"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



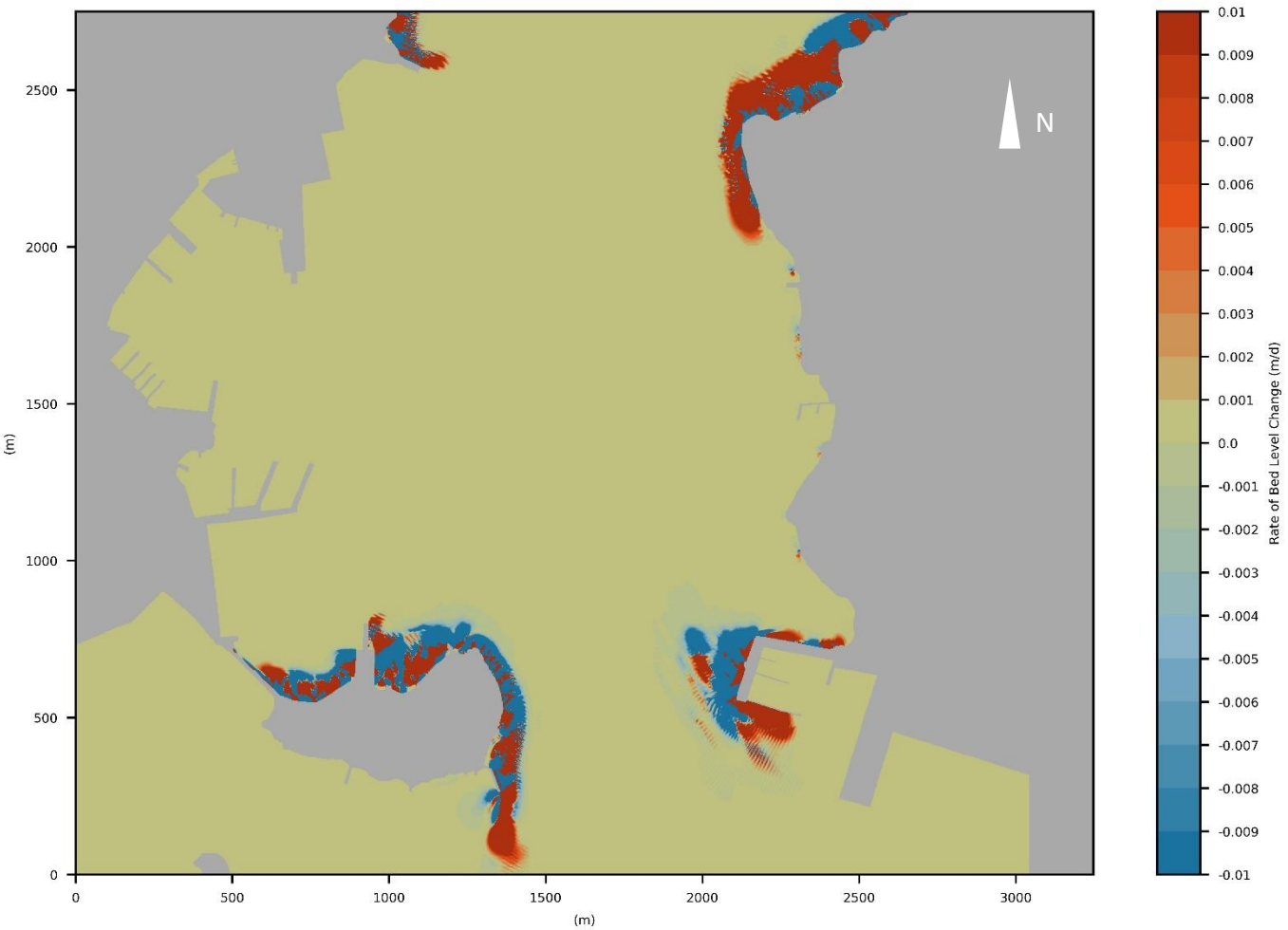
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_W1_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



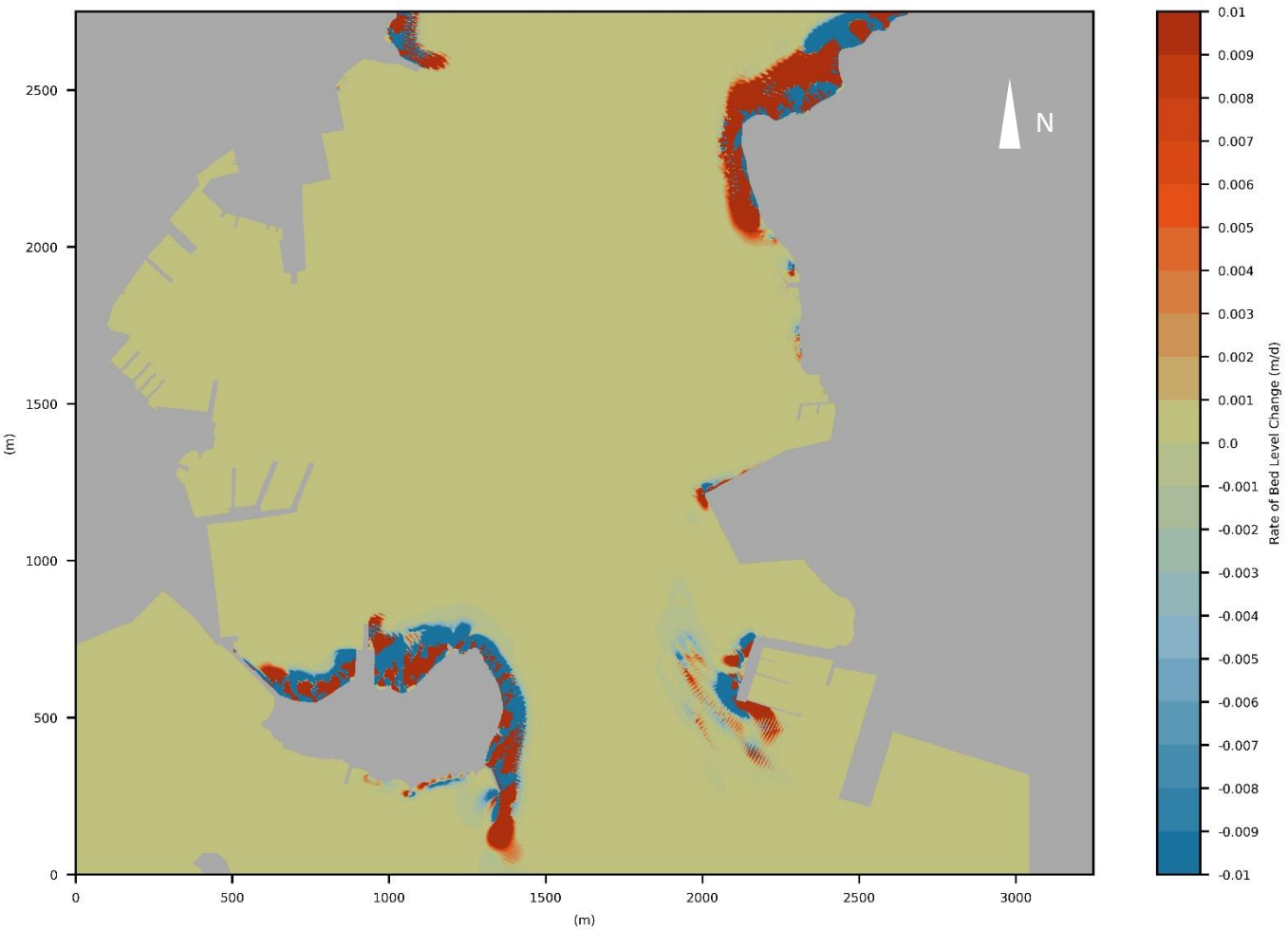
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_DN_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 8BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "DN"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



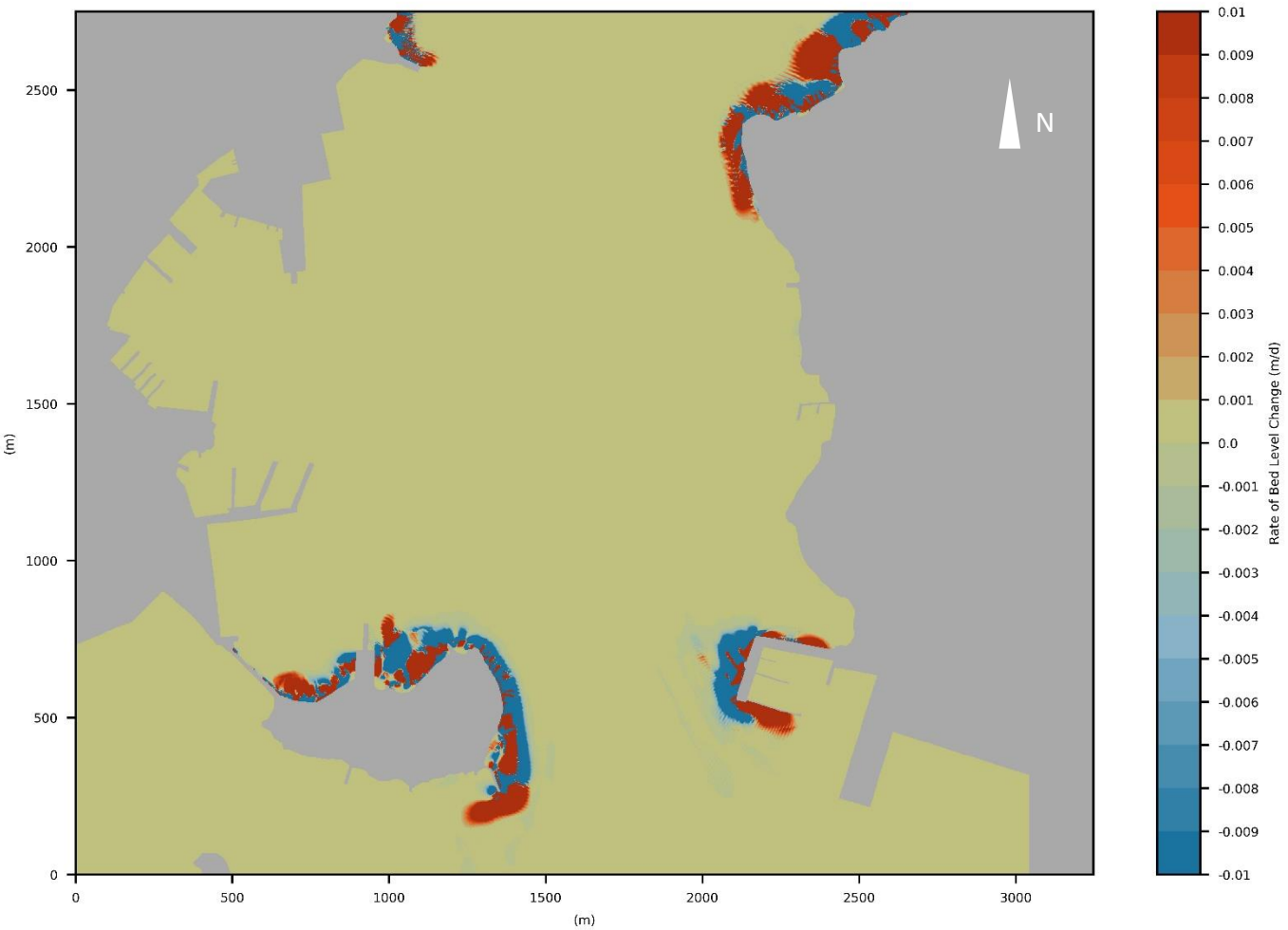
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **HD_W1_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS HYD scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Κυματογενές Υδροδυναμικό Πεδίο από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 8BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0°	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Υδροδυναμικό Πεδίο
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "W1"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



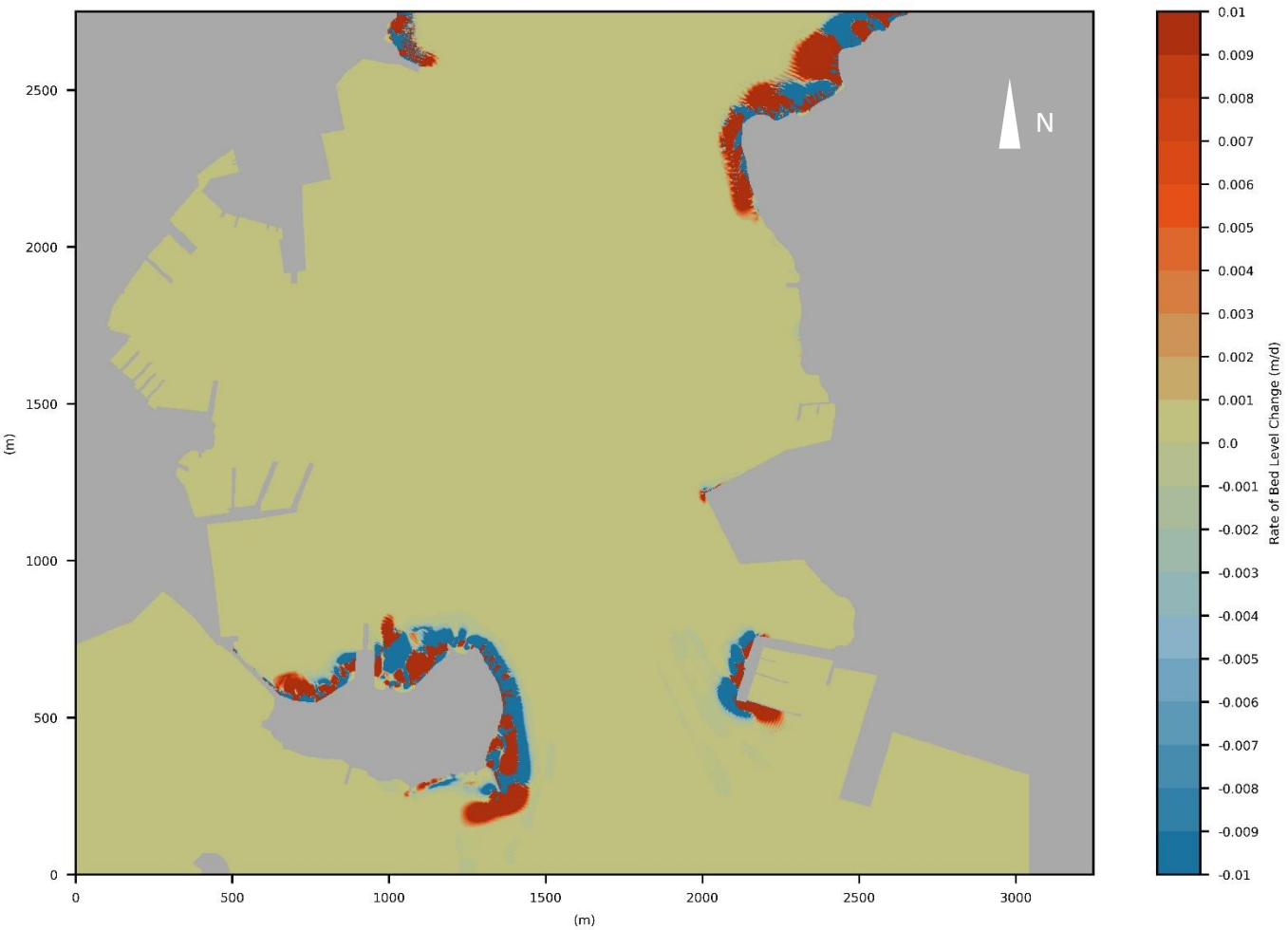
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_DN_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



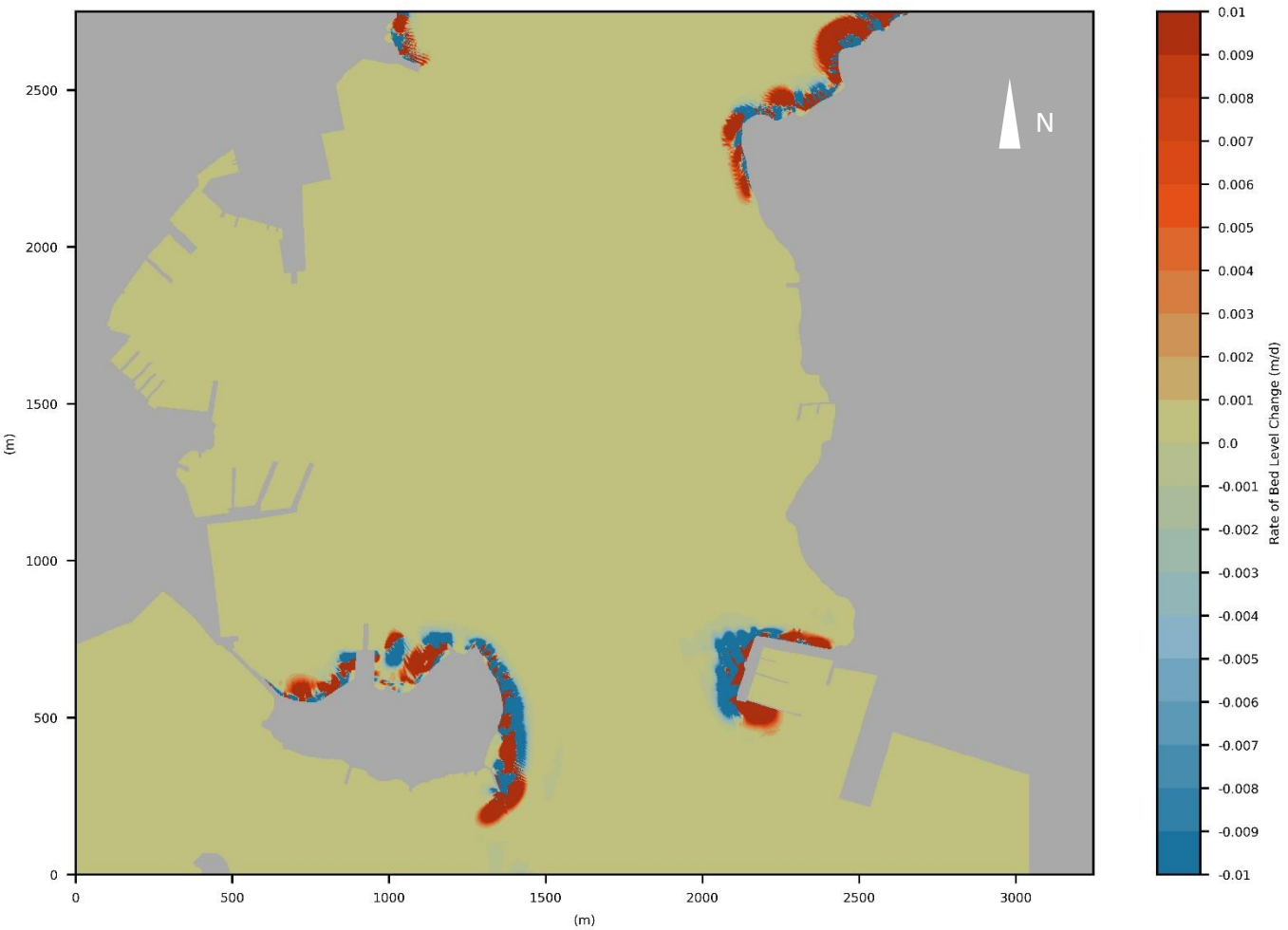
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_W1_SM1**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 11BF): Hs=1.67m, Tp=4.23s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



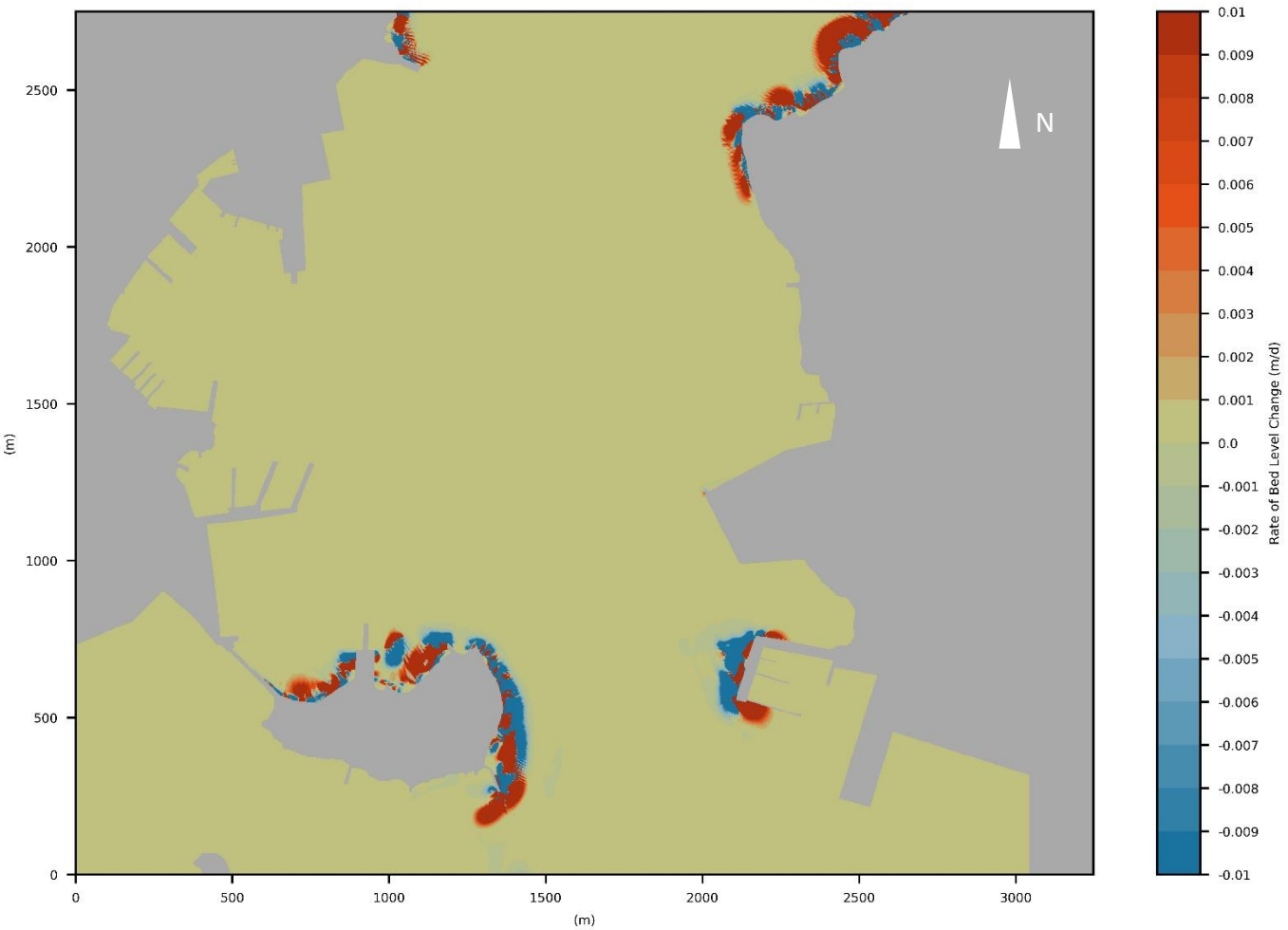
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_DN_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



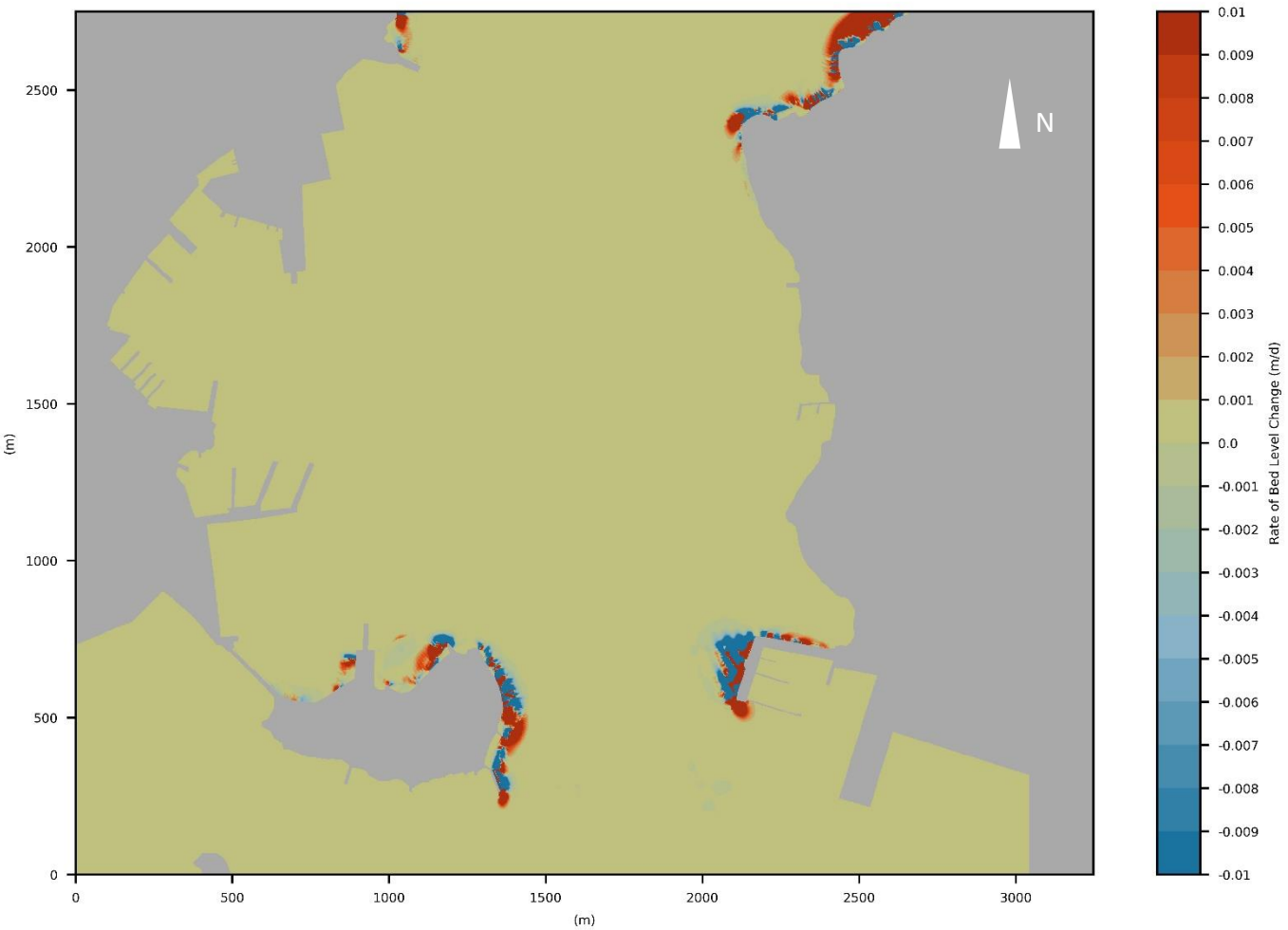
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_W1_SM2**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 10BF): Hs=1.42m, Tp=3.95s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



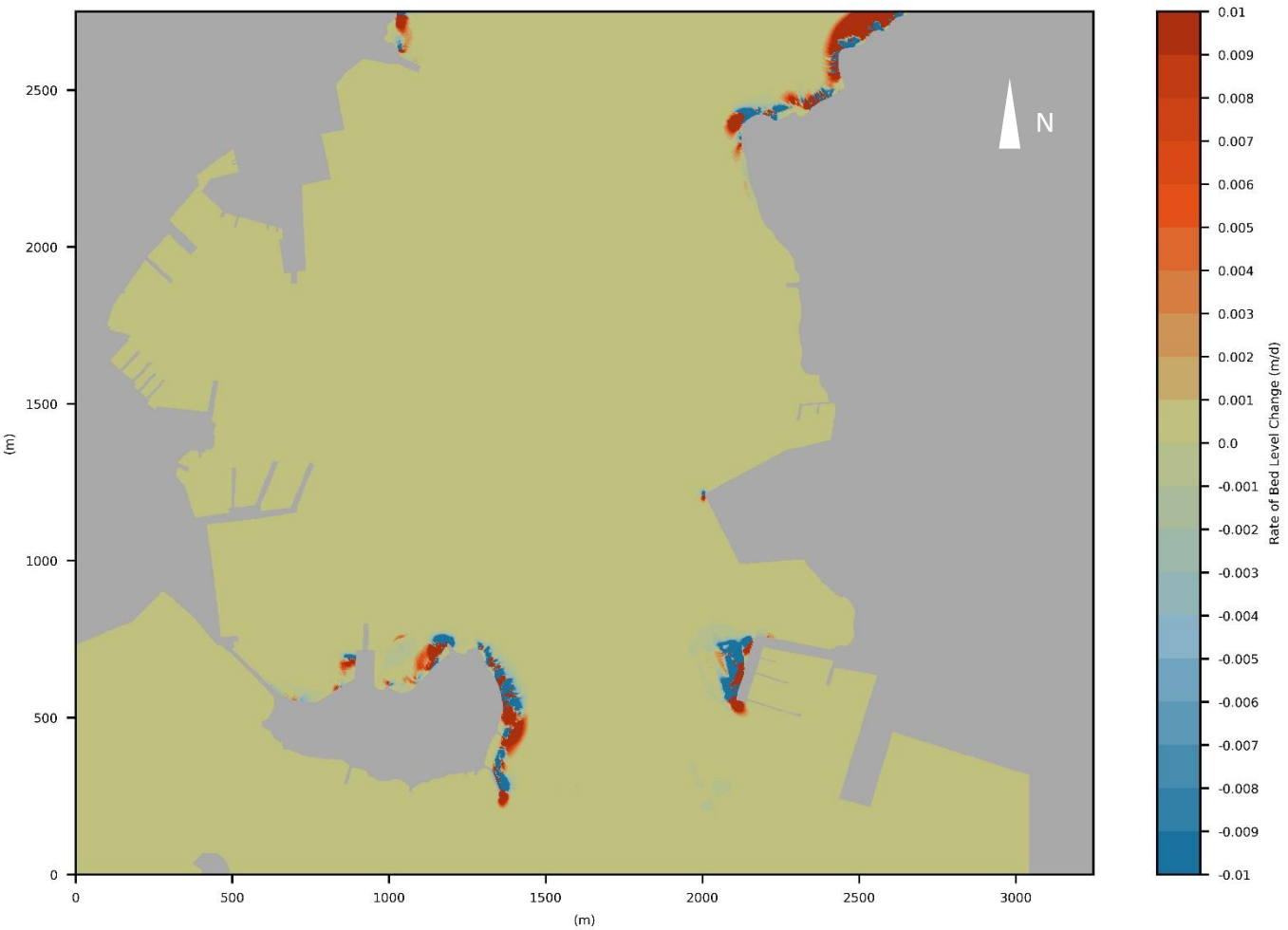
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_DN_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



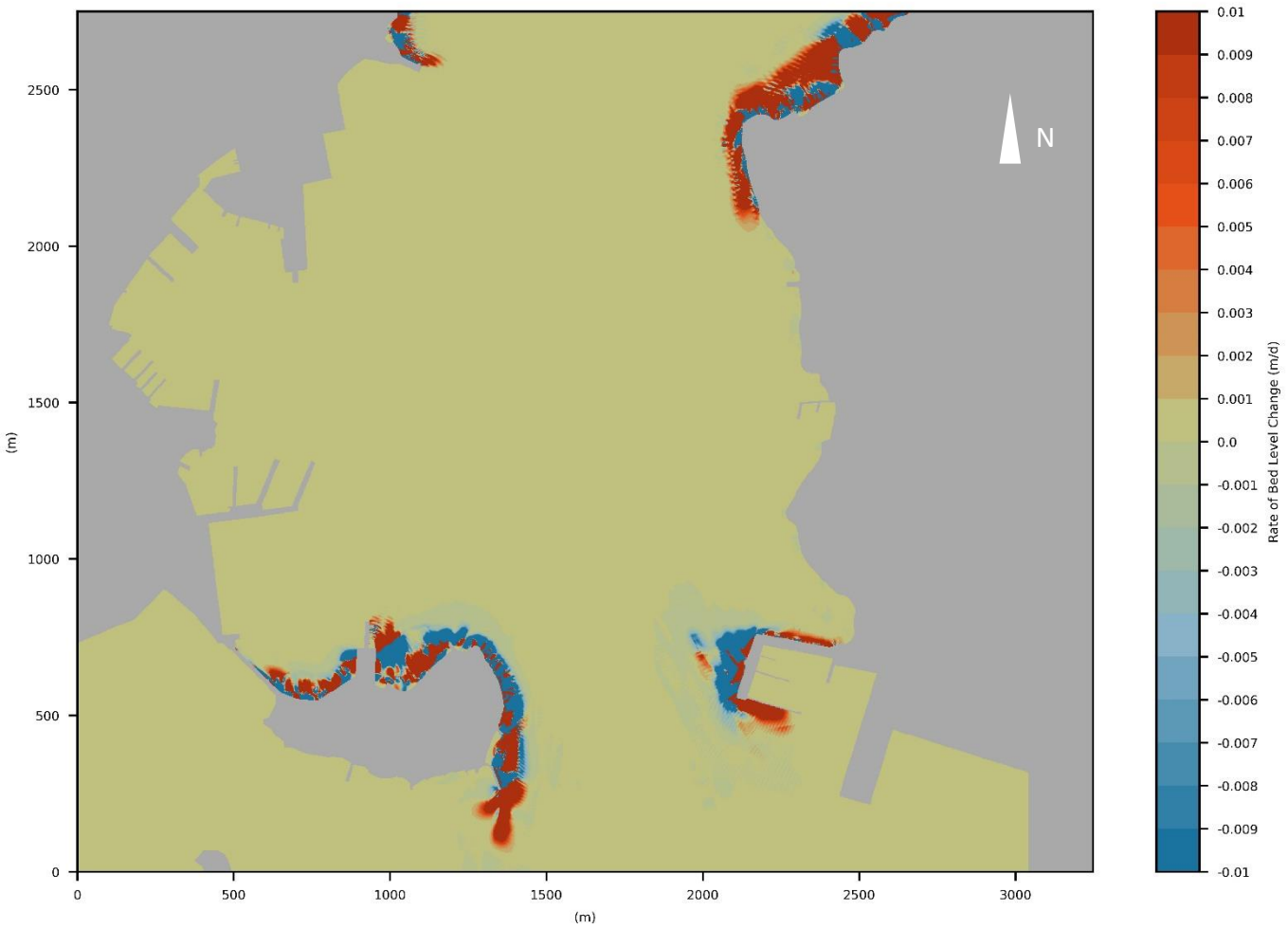
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_W1_SM3**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 9BF): Hs=1.10m, Tp=3.55s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



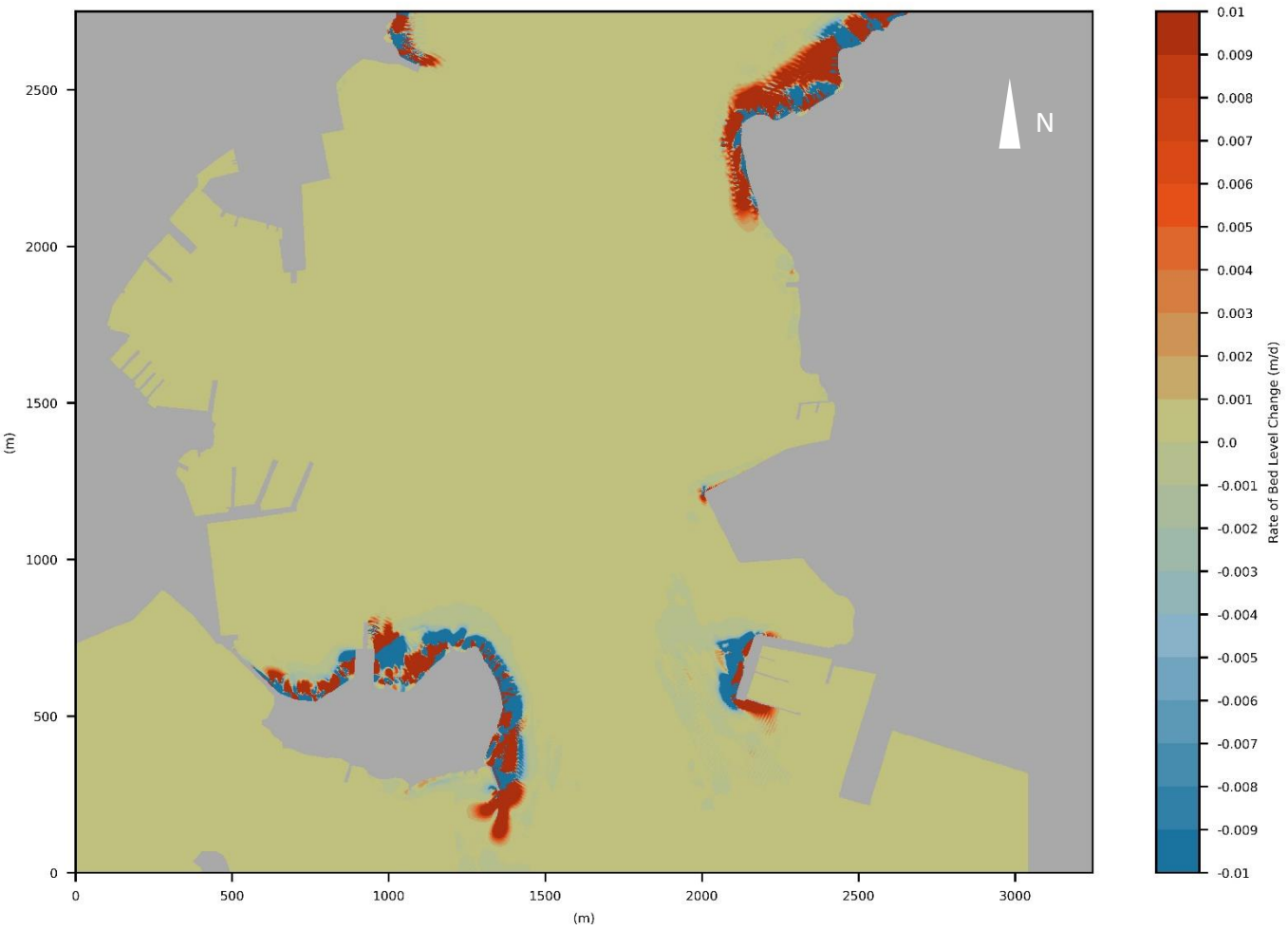
ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_DN_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 8BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021



ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_W1_SM4**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα από Εισερχόμενους Κυματισμούς με Χαρακτηριστικά (ταχύτητα ανέμου 8BF): Hs=0.80m, Tp=3.18s, MWaveDir= 0° **Διάταξη "W1"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021

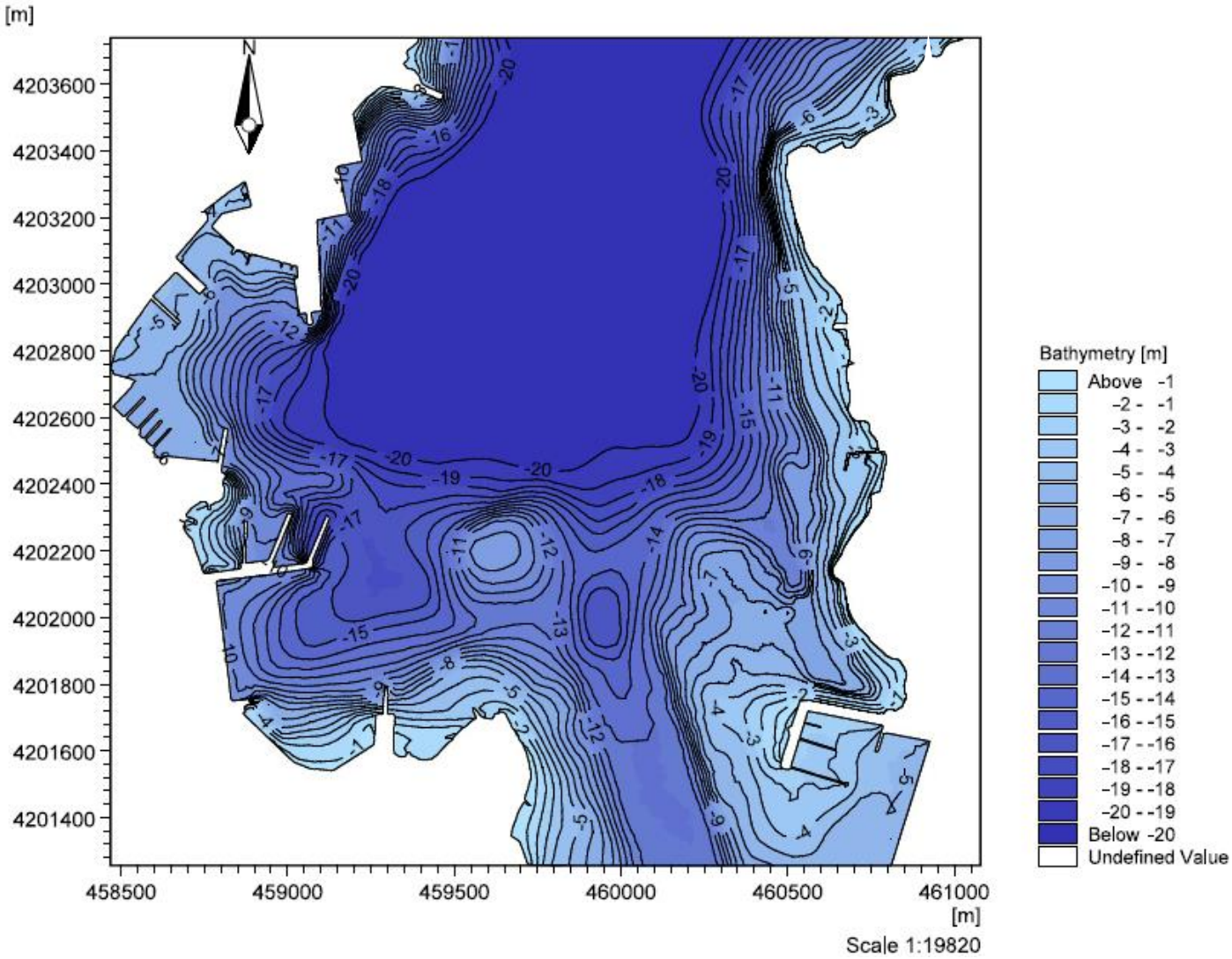


ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_DN_SMINT**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Μέσος Ετήσιος Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα της Υφιστάμενης Κατάστασης **Διάταξη "DN"**	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών		**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021

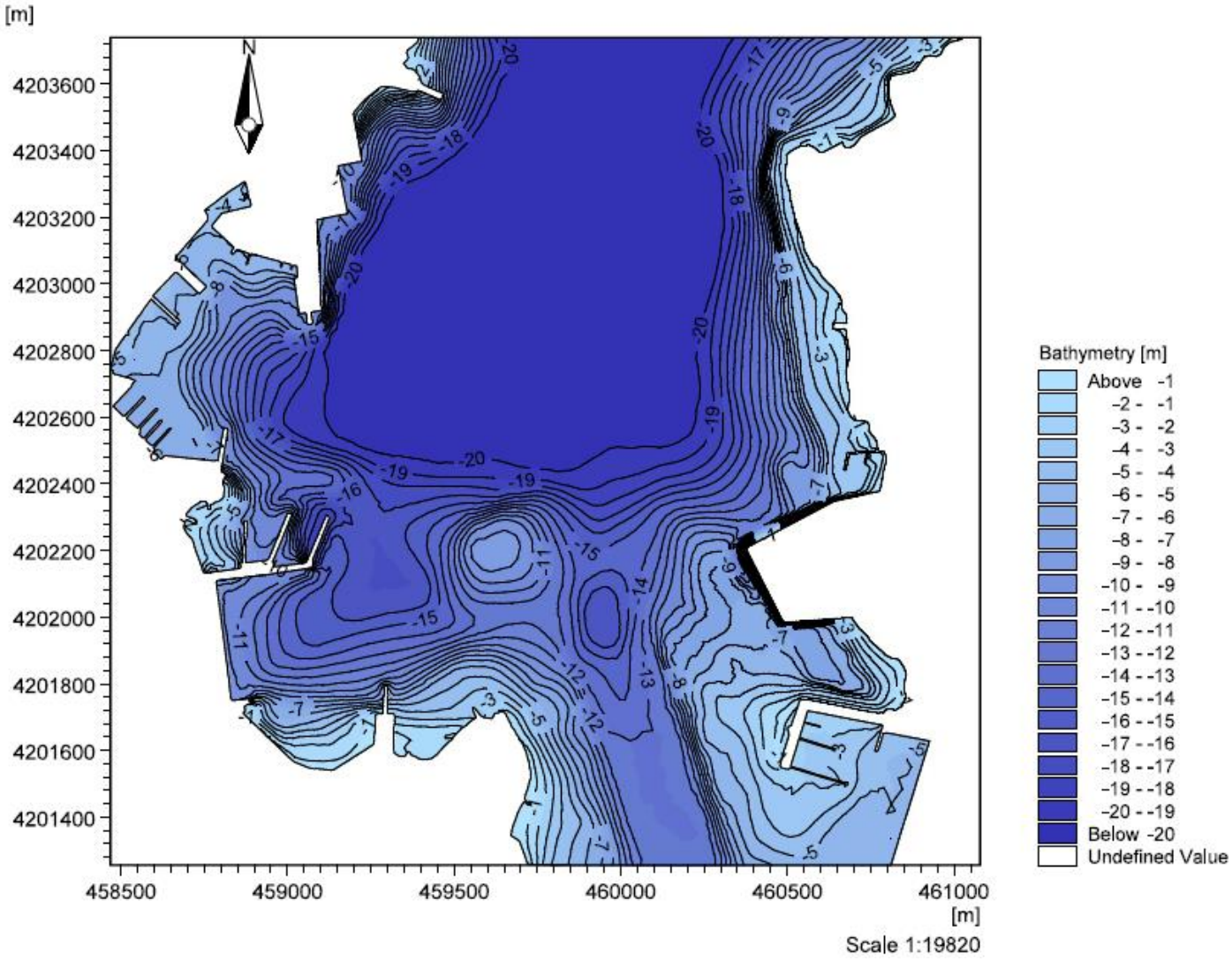


ΜΕΛΕΤΗΤΗΣ: MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	**ΕΡΓΟ:** Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	**ΑΡΙΘΜΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** **ST_W1_SMINT**
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ: MARIS SDT scientia maris	**ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ:** Μέσος Ετήσιος Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα για την Διάταξη με Παρουσία της Προτεινόμενης Επίχωσης	**ΤΙΤΛΟΣ ΣΧΕΔΙΟΥ:** Μεταβολή Πυθμένα
ΑΝΑΘΕΤΟΥΣΑ ΑΡΧΗ: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	**Διάταξη "W1"**	**ΗΜΕΡ/ΝΙΑ:** Μάρτιος 2021

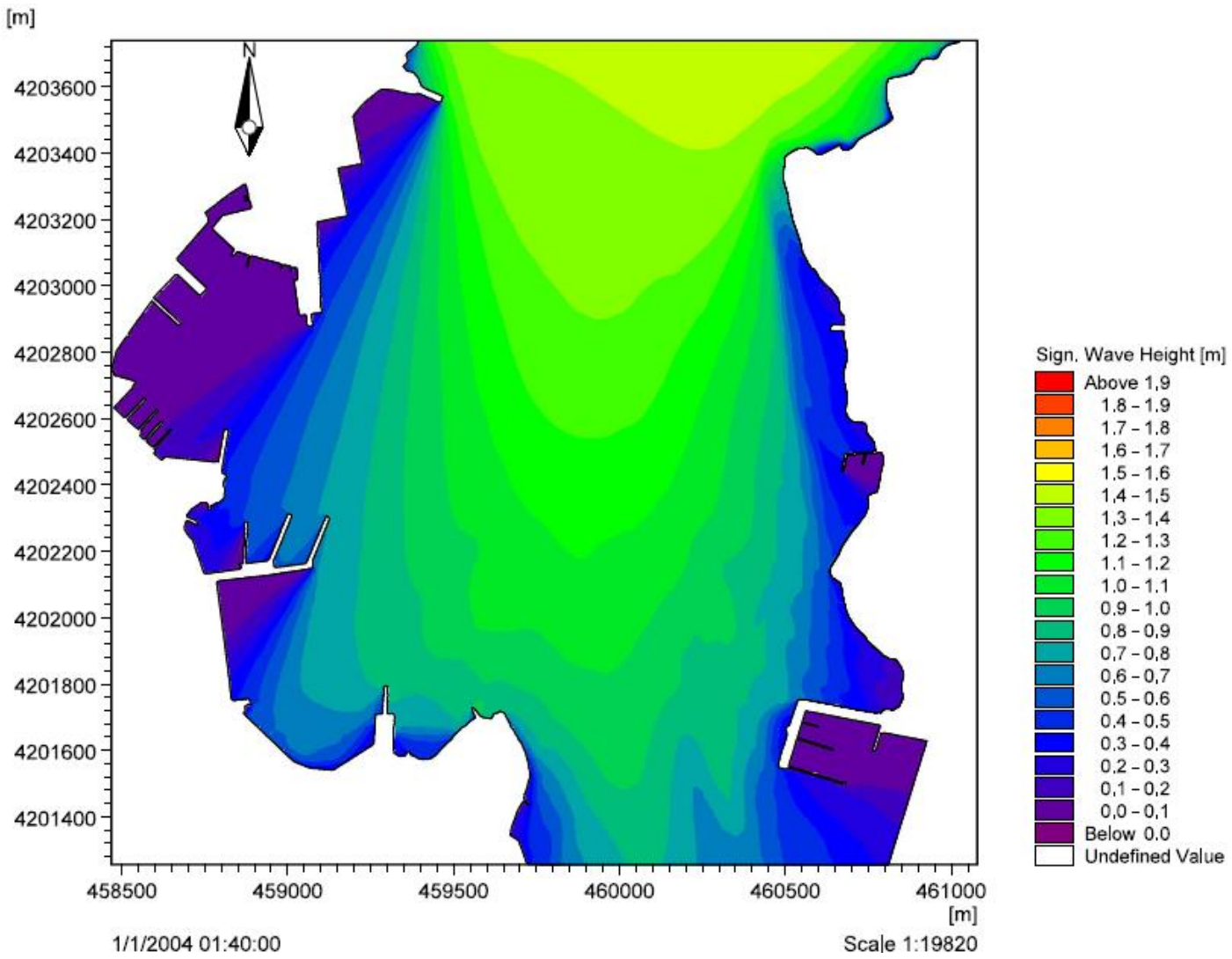
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΕΙΚΟΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ ΜΕ ΤΑ ΜΟΝΤΕΛΑ MIKE21



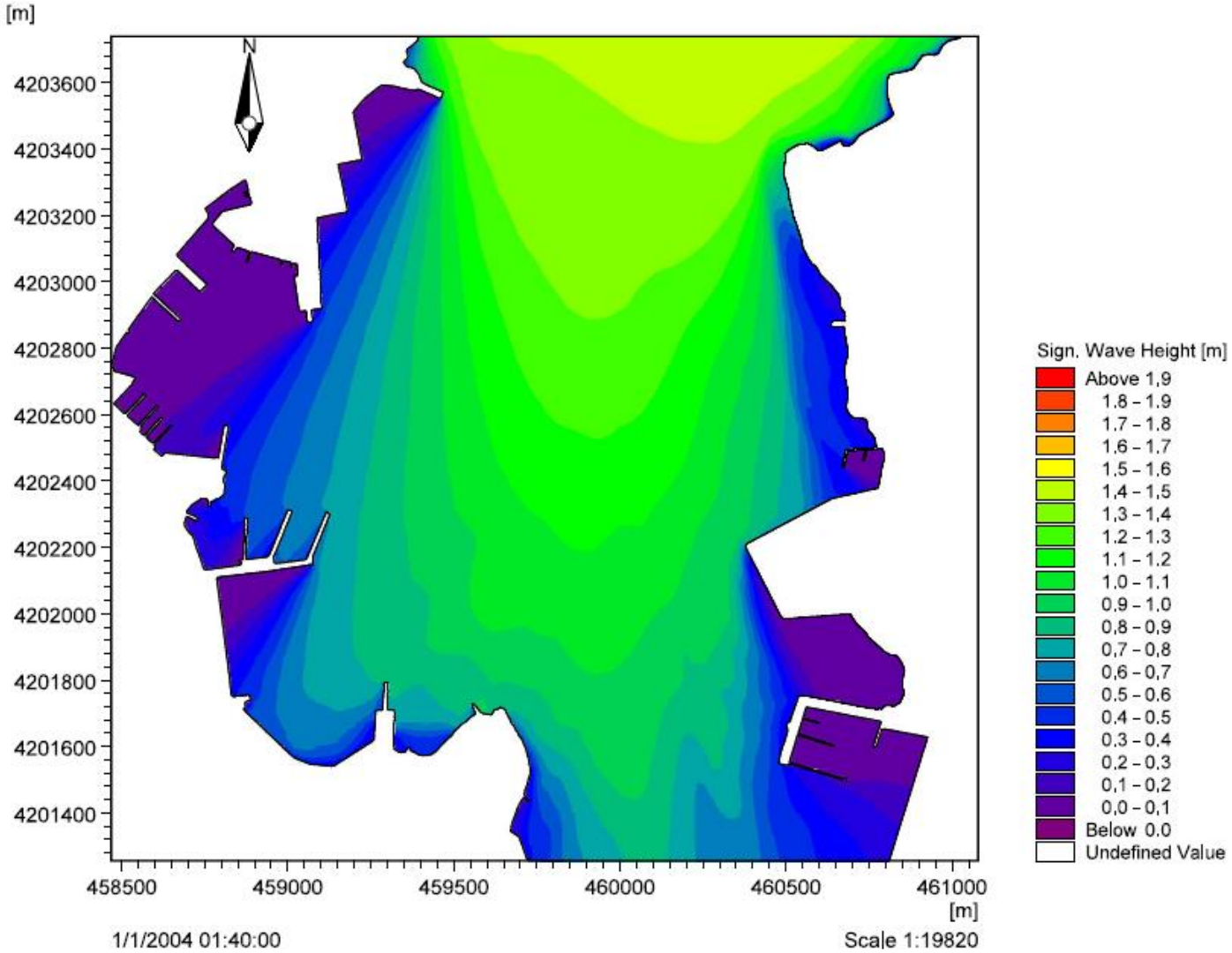
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: **Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών**	MIKEZero
		Έργο: **Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη**	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ	Αρ. Σχεδίου: BATH_DN
	Αναφ.: SM		



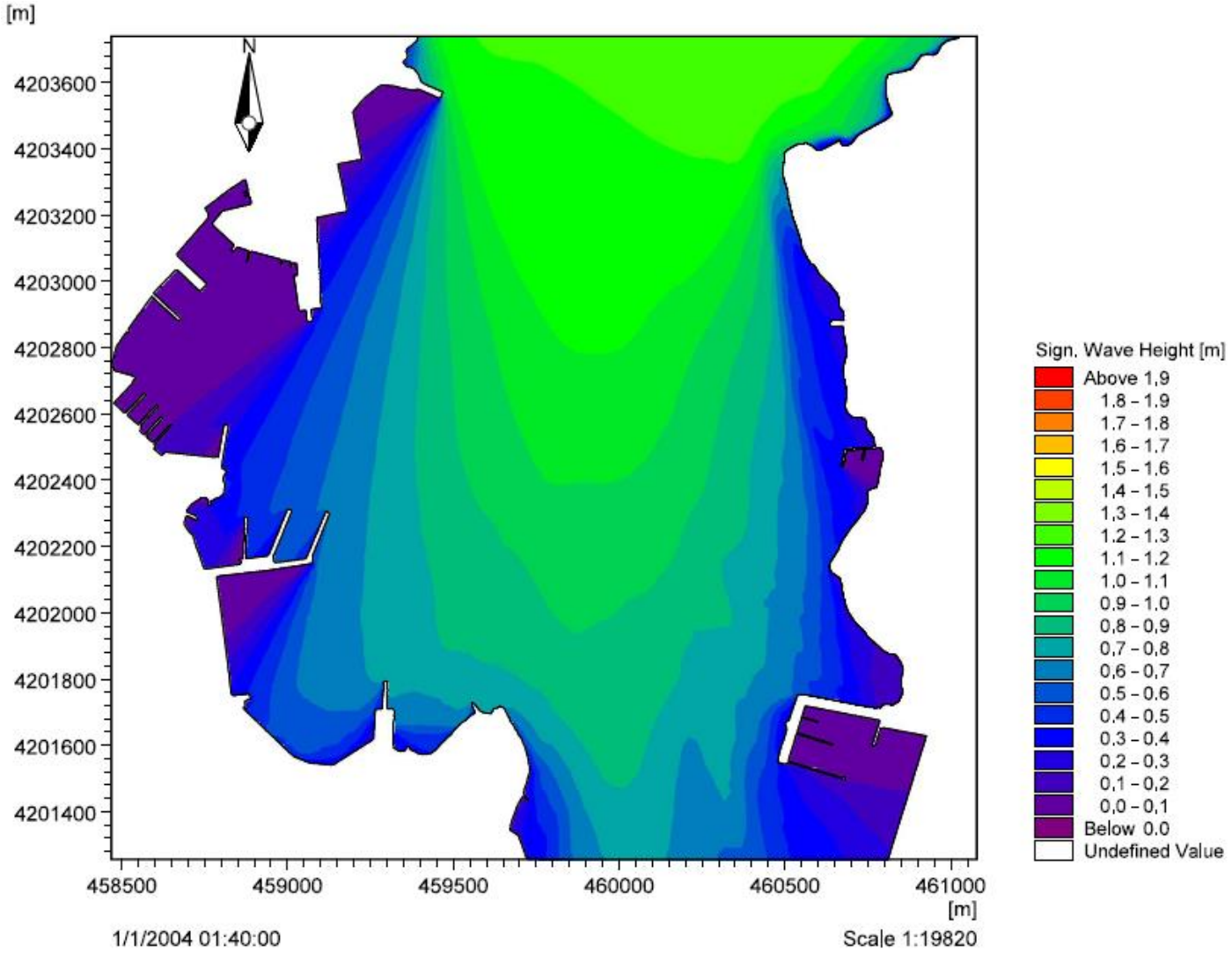
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.	Αναθ. Αρχή: **Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών**		MIKE Zero
	Έργο: **Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη**		
ΔΙΑΤΑΞΗ W	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ	Αρ. Σχεδίου: BATH_W1
	Αναφ.: SM		



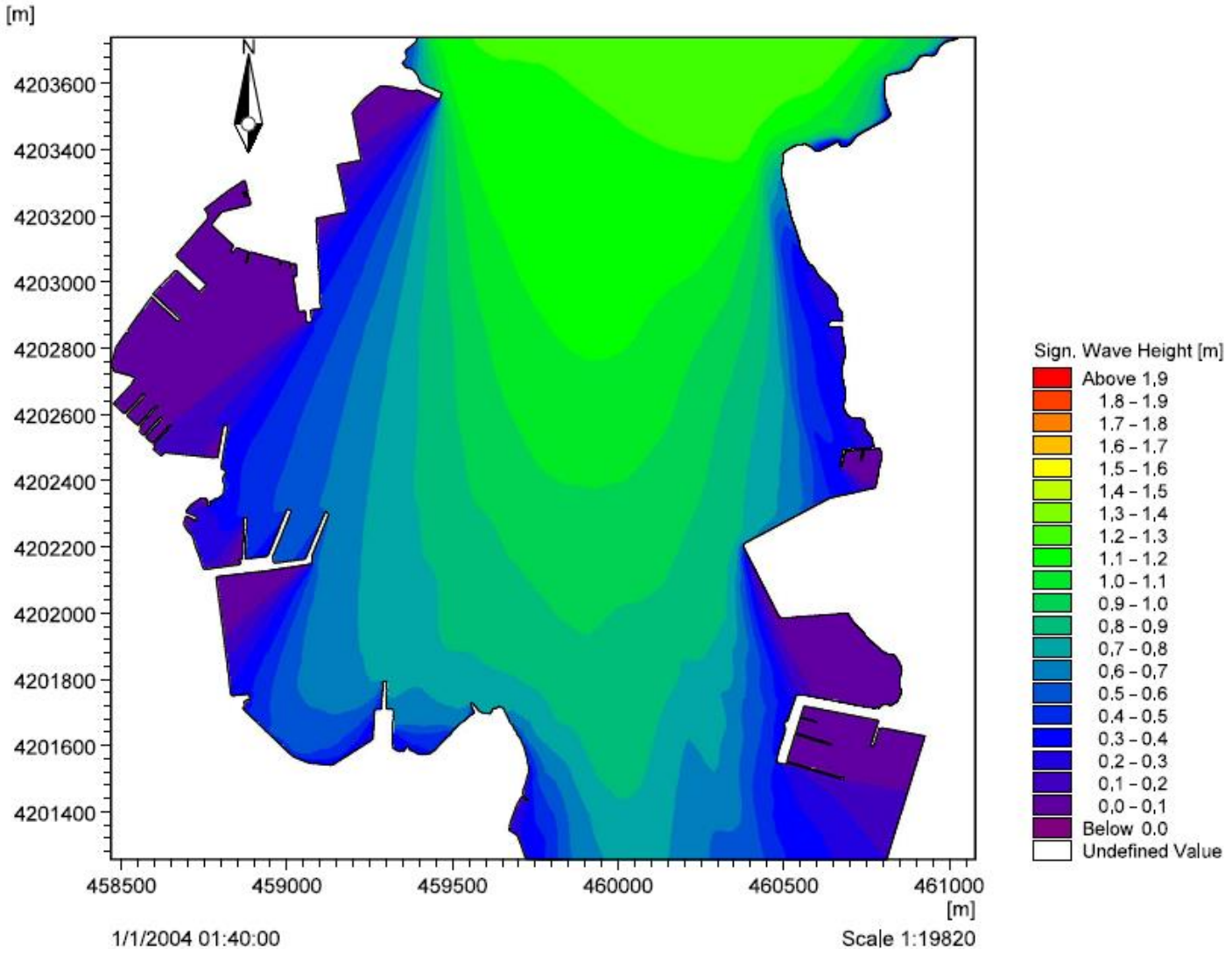
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	MIKE Zero
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.67 m, Tp=4.23 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_1
	Αναφ.: SM		



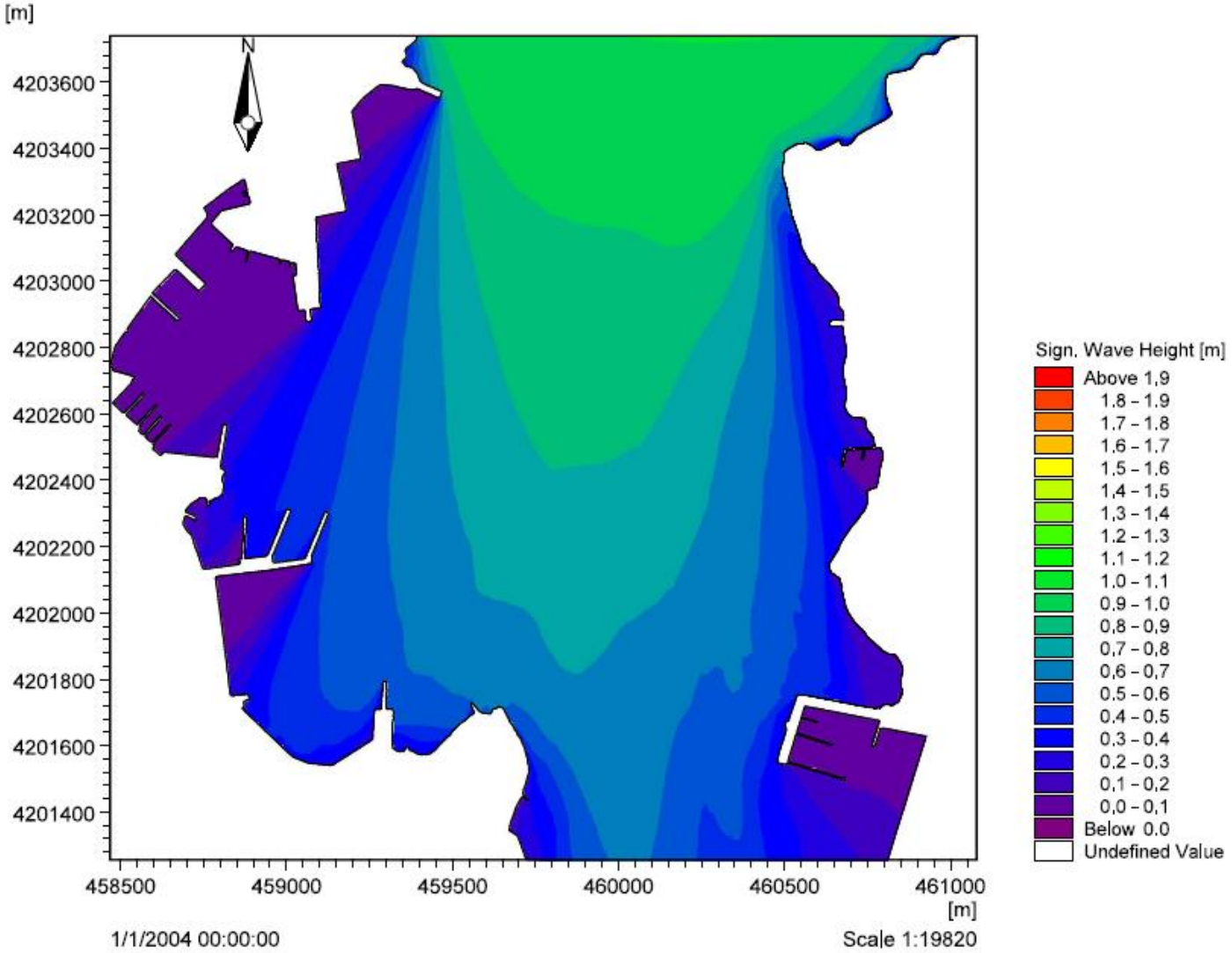
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	MIKE Zero
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.67 m, Tp=4.23 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_W1_1
	Αναφ.: SM		



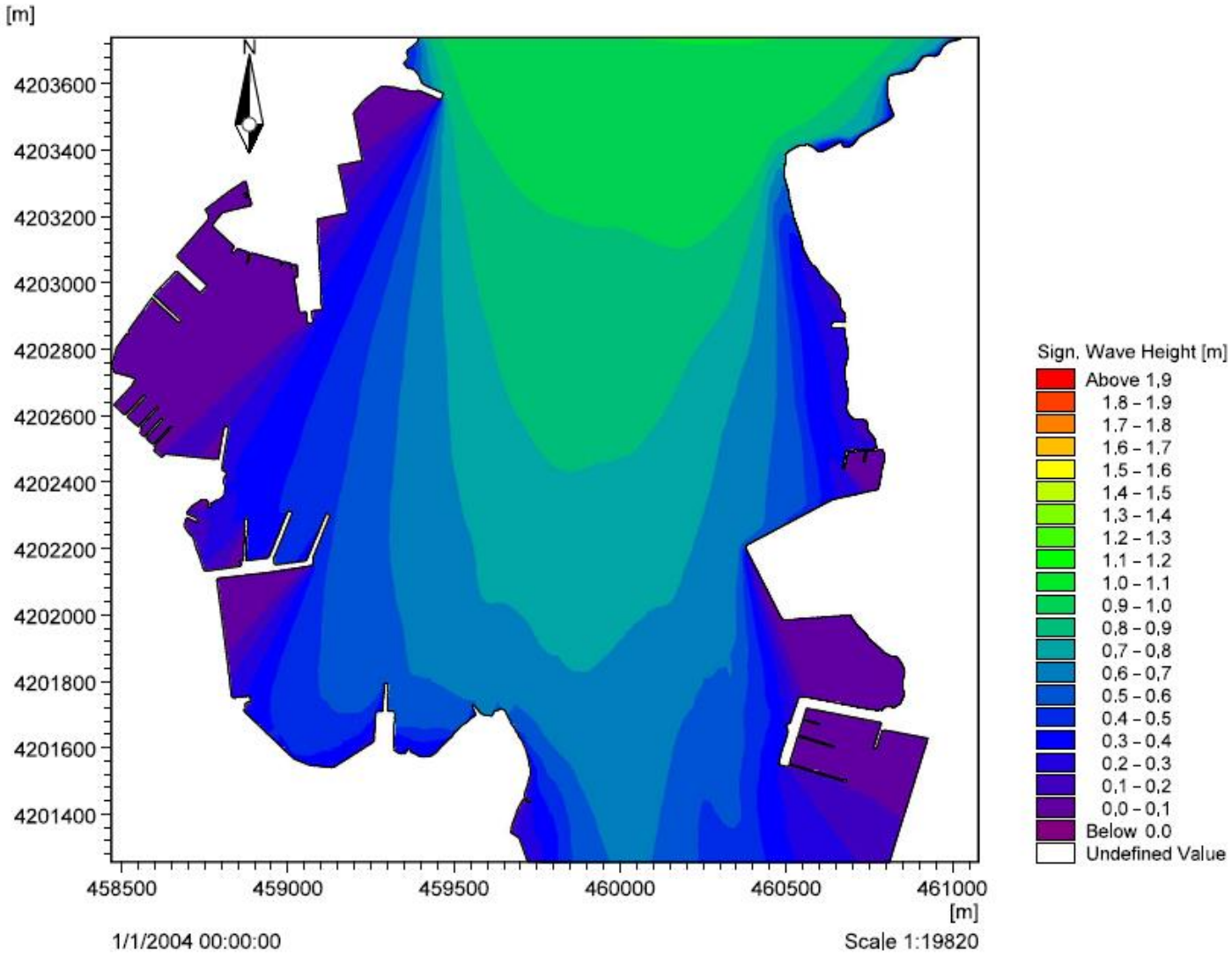
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	MIKEZero
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.42 m, Tp=3.95 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_2
	Αναφ.: SM		



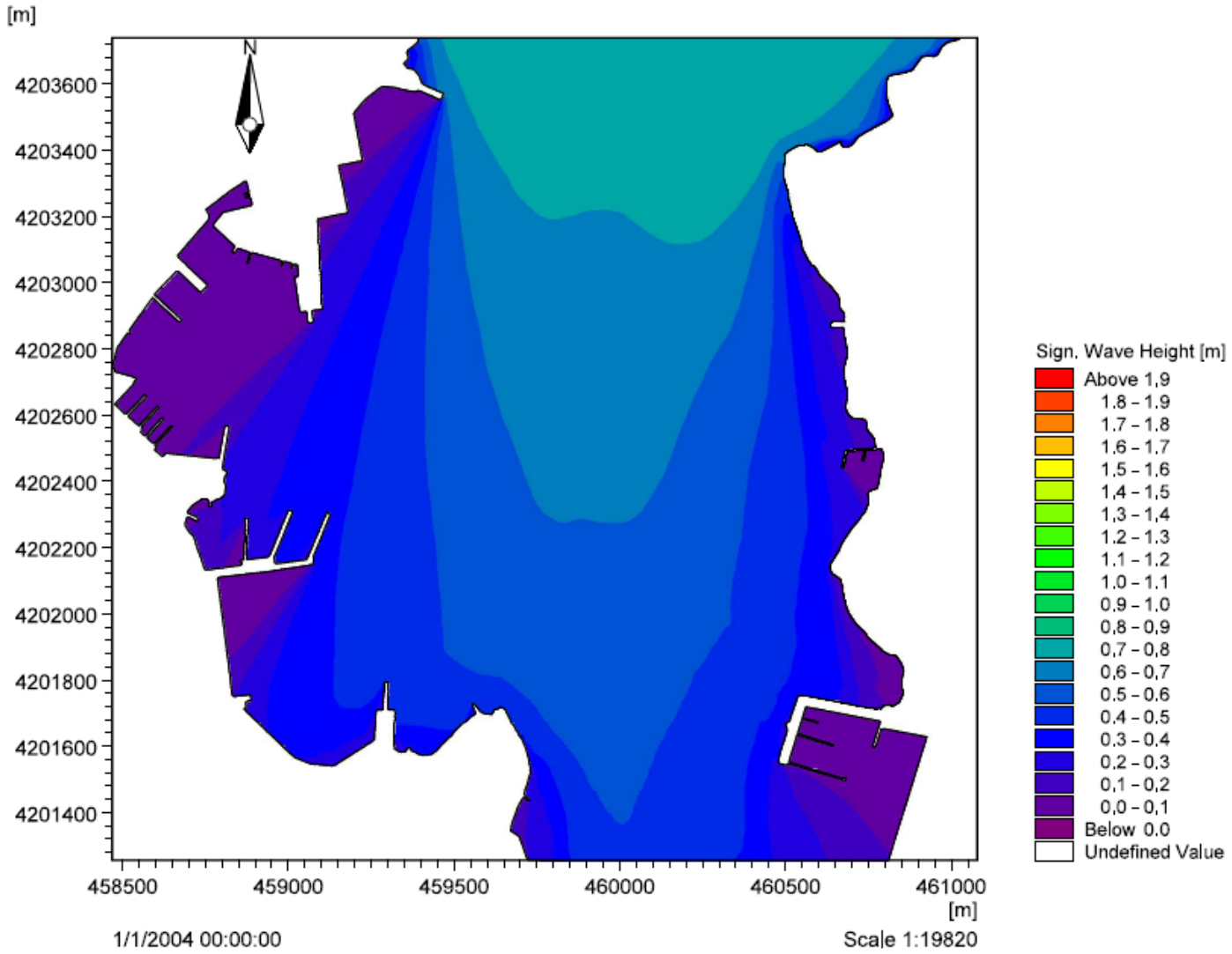
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.42 m, Tp=3.95 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_W1_2
	Αναφ.: SM		



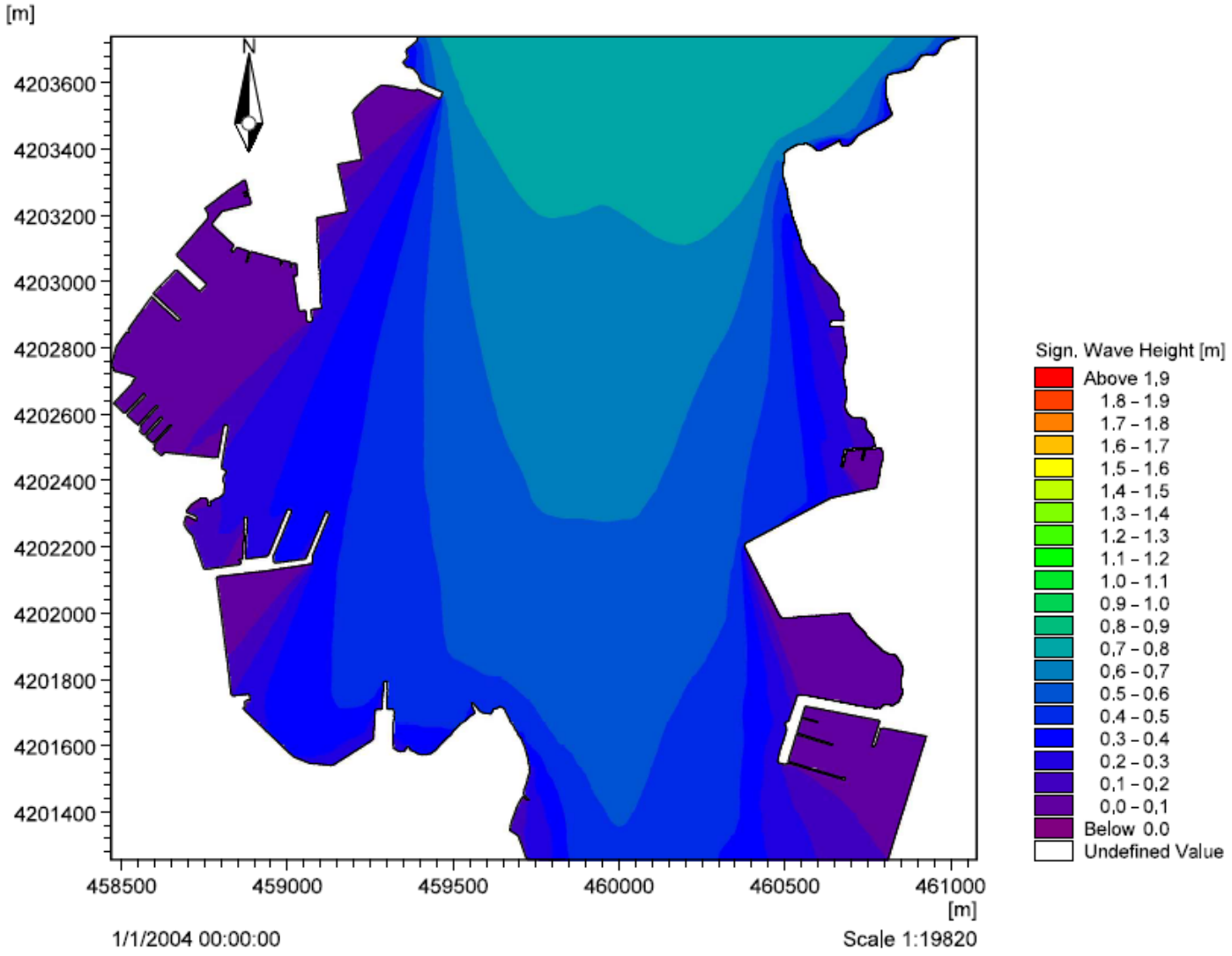
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.10 m, Tp=3.55 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_3
	Αναφ.: SM		



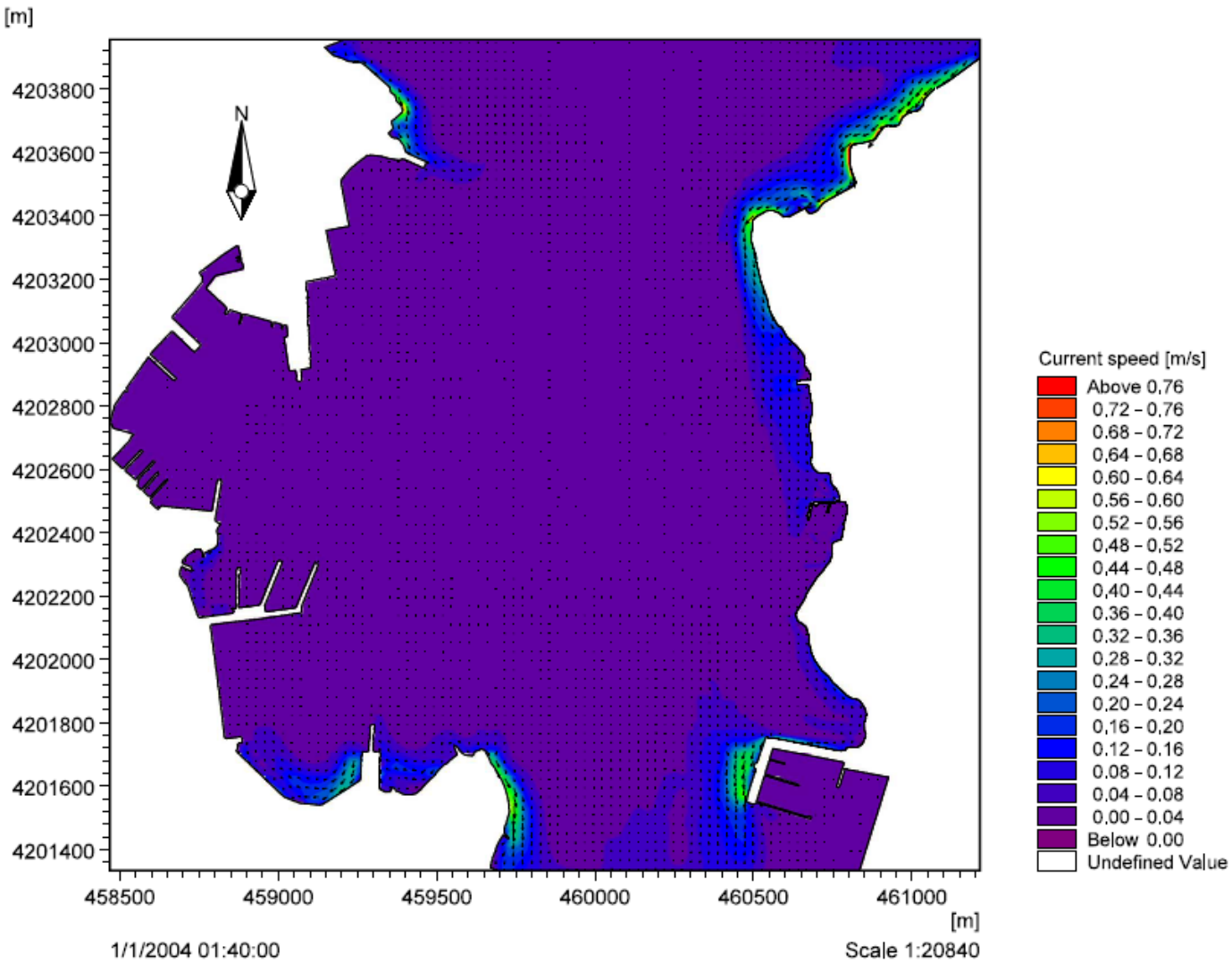
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	MIKE Zero
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.10 m, Tp=3.55 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_W1_3
	Αναφ.: SM		



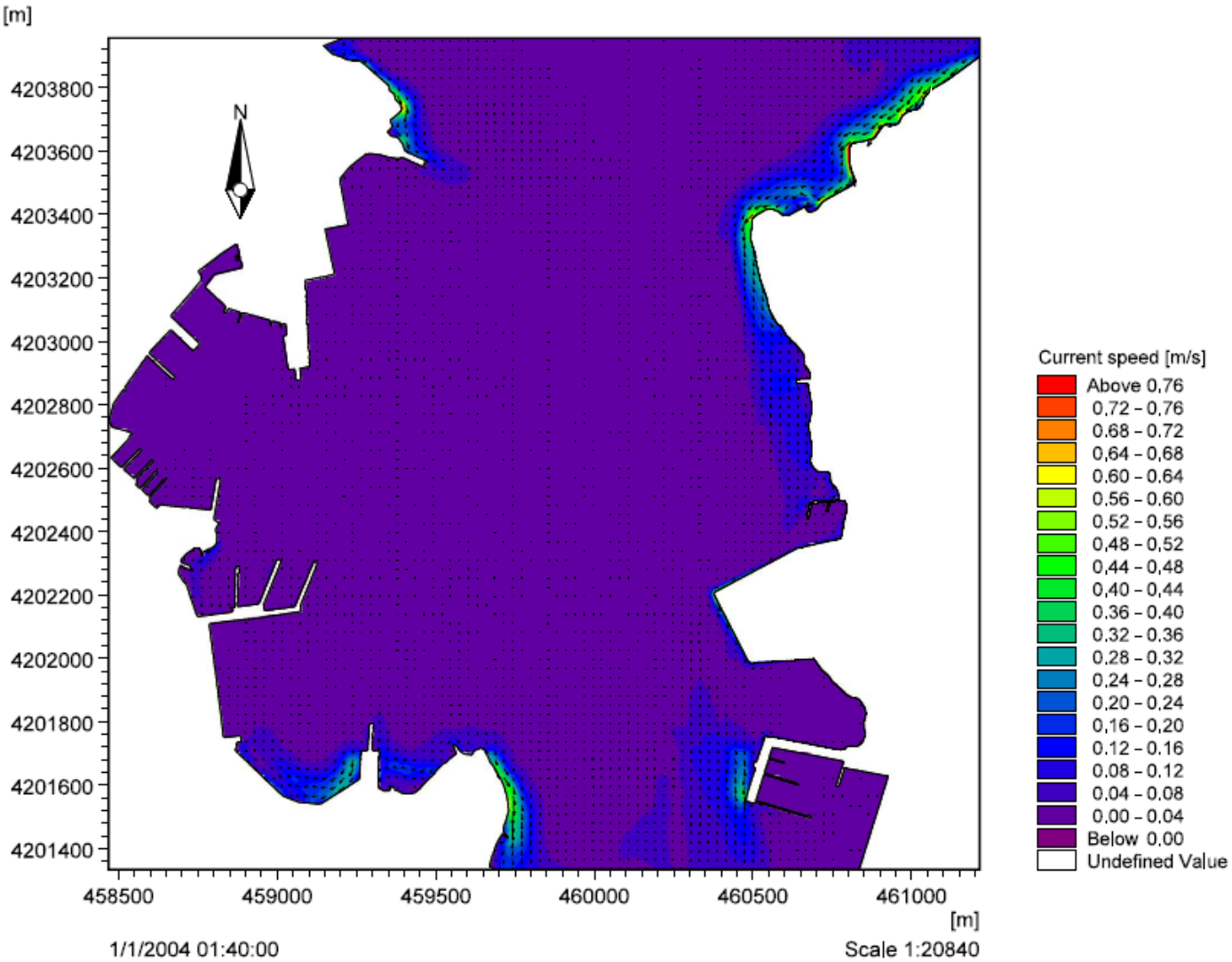
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=0.80 m, Tp=3.18 s, MWD= 0°	Αρ. Σχεδίου: SW_DN_4
	Αναφ.: SM		



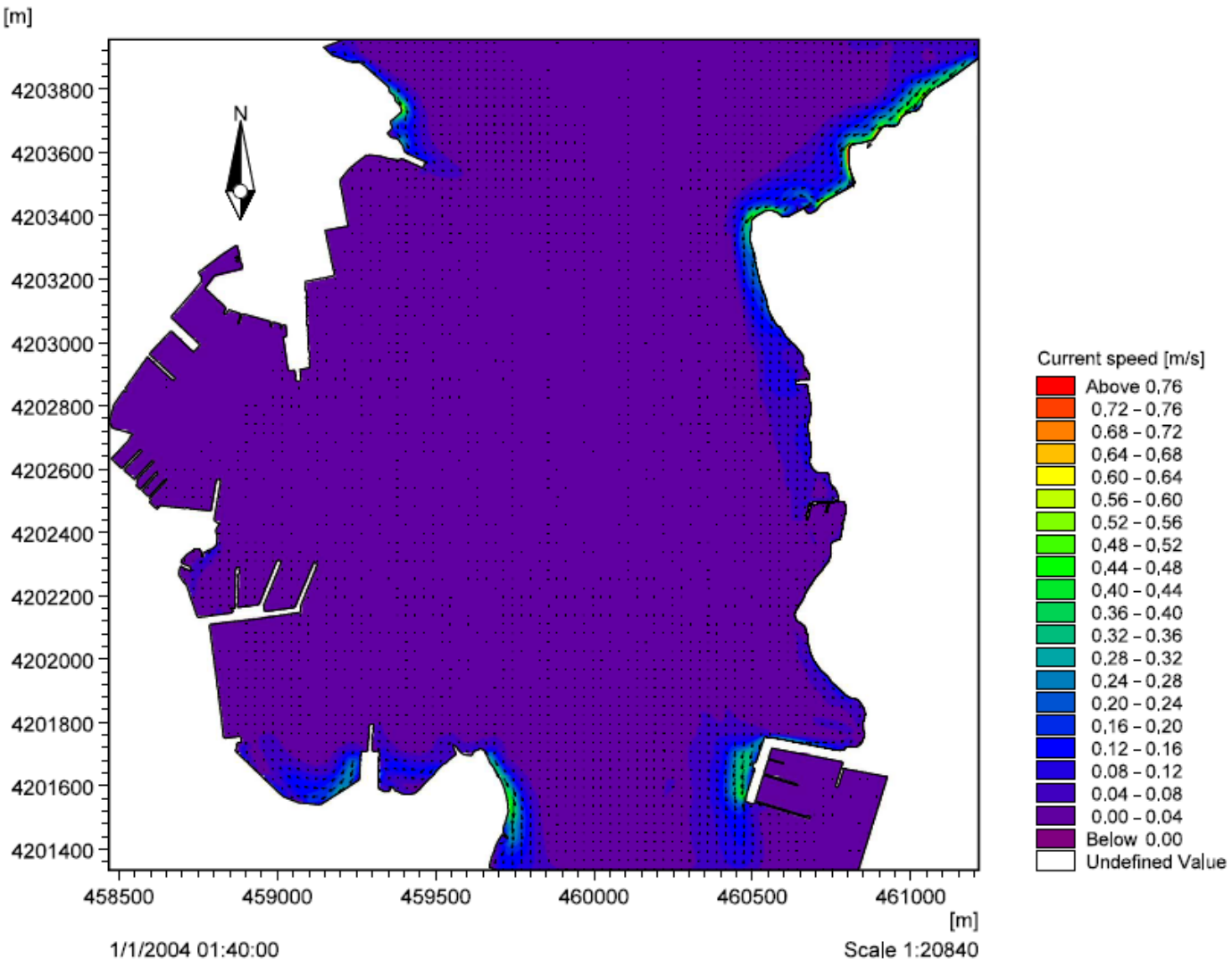
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Κυματικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=0.80 m, Tp=3.18 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_W1_4
	Αναφ.: SM		



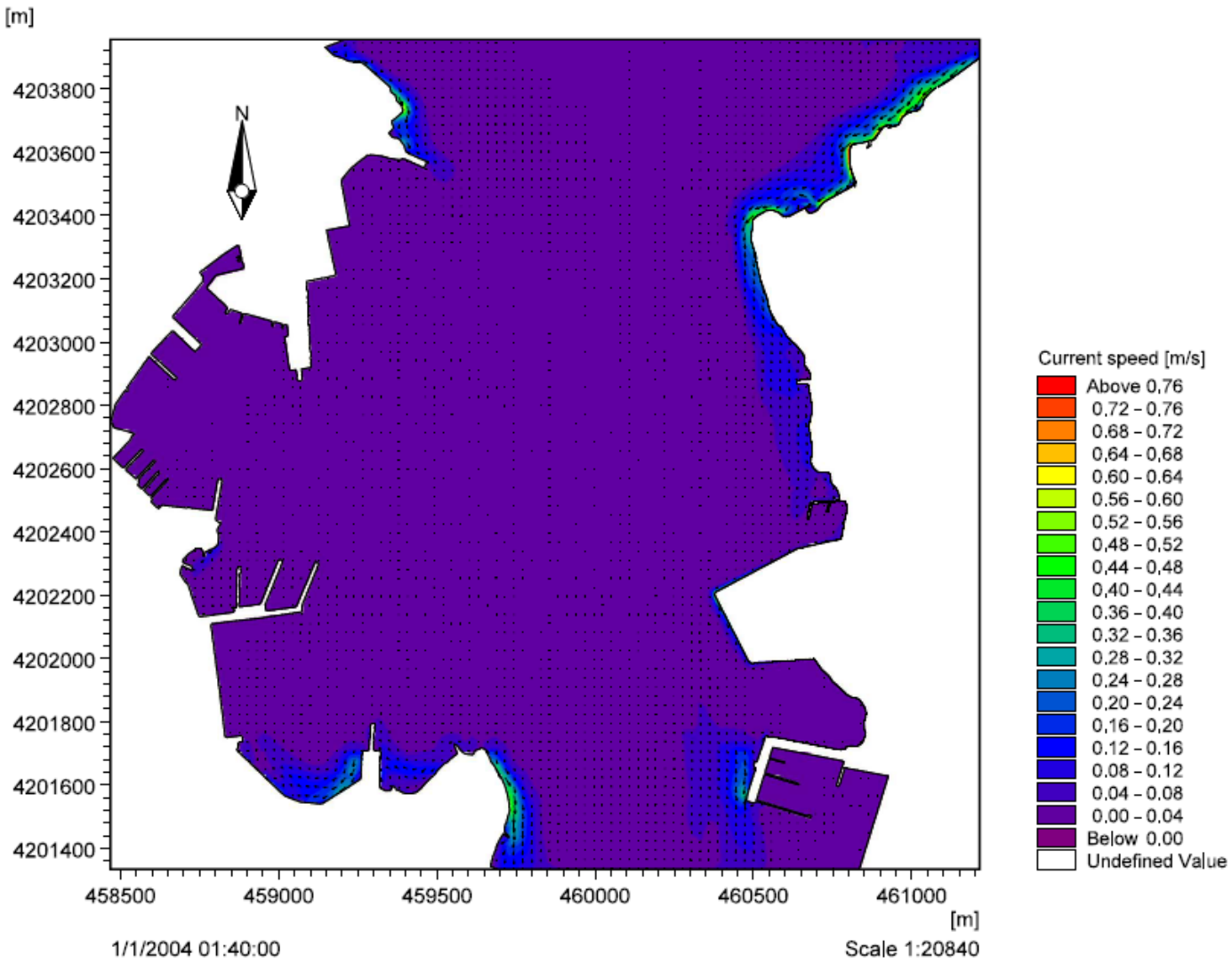
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.67 m, Tp=4.23 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_DN_1
	Αναφ.: SM		



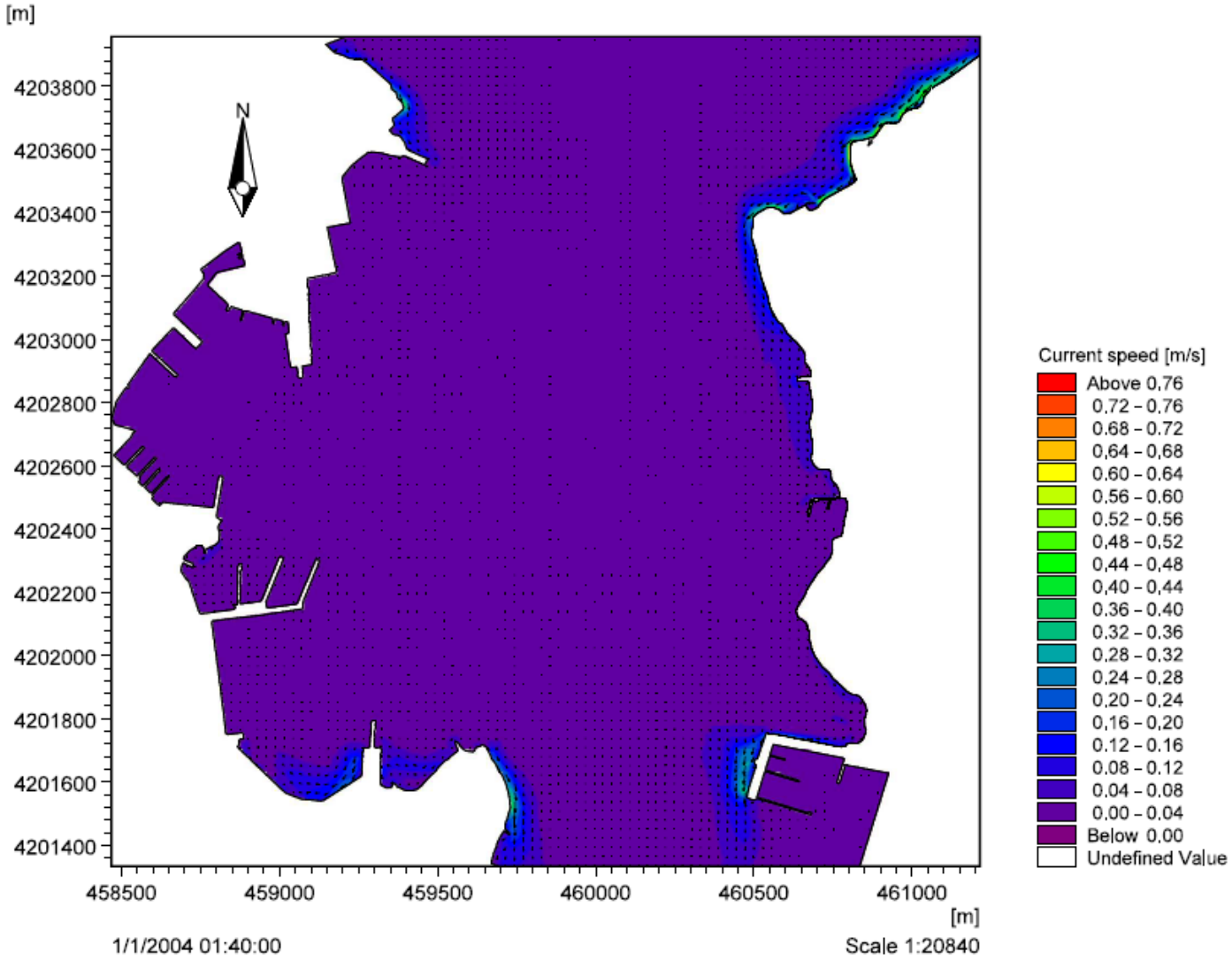
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.67 m, Tp=4.23 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_W1_1
	Αναφ.: SM		



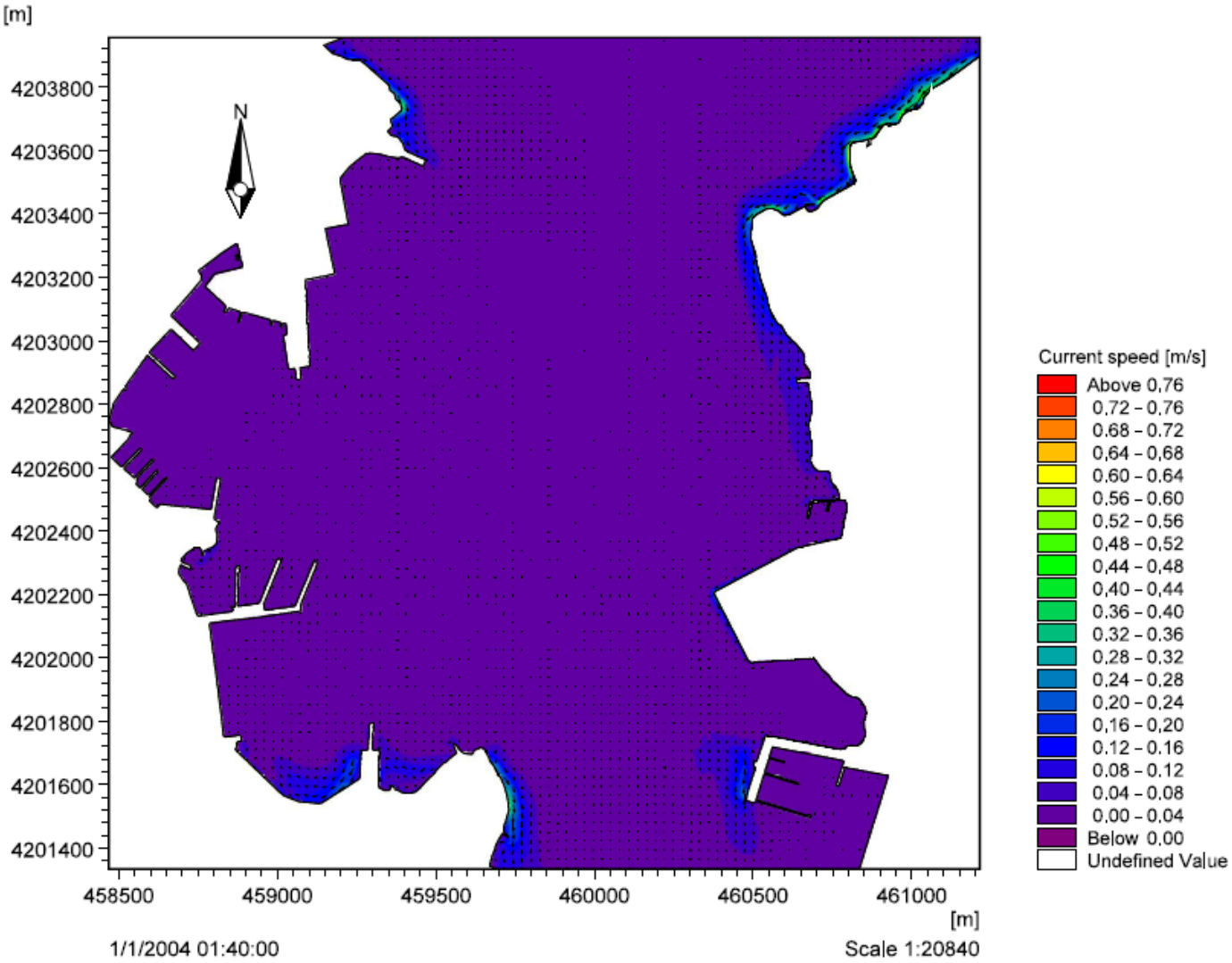
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.42 m, Tp=3.95 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_DN_2
	Αναφ.: SM		



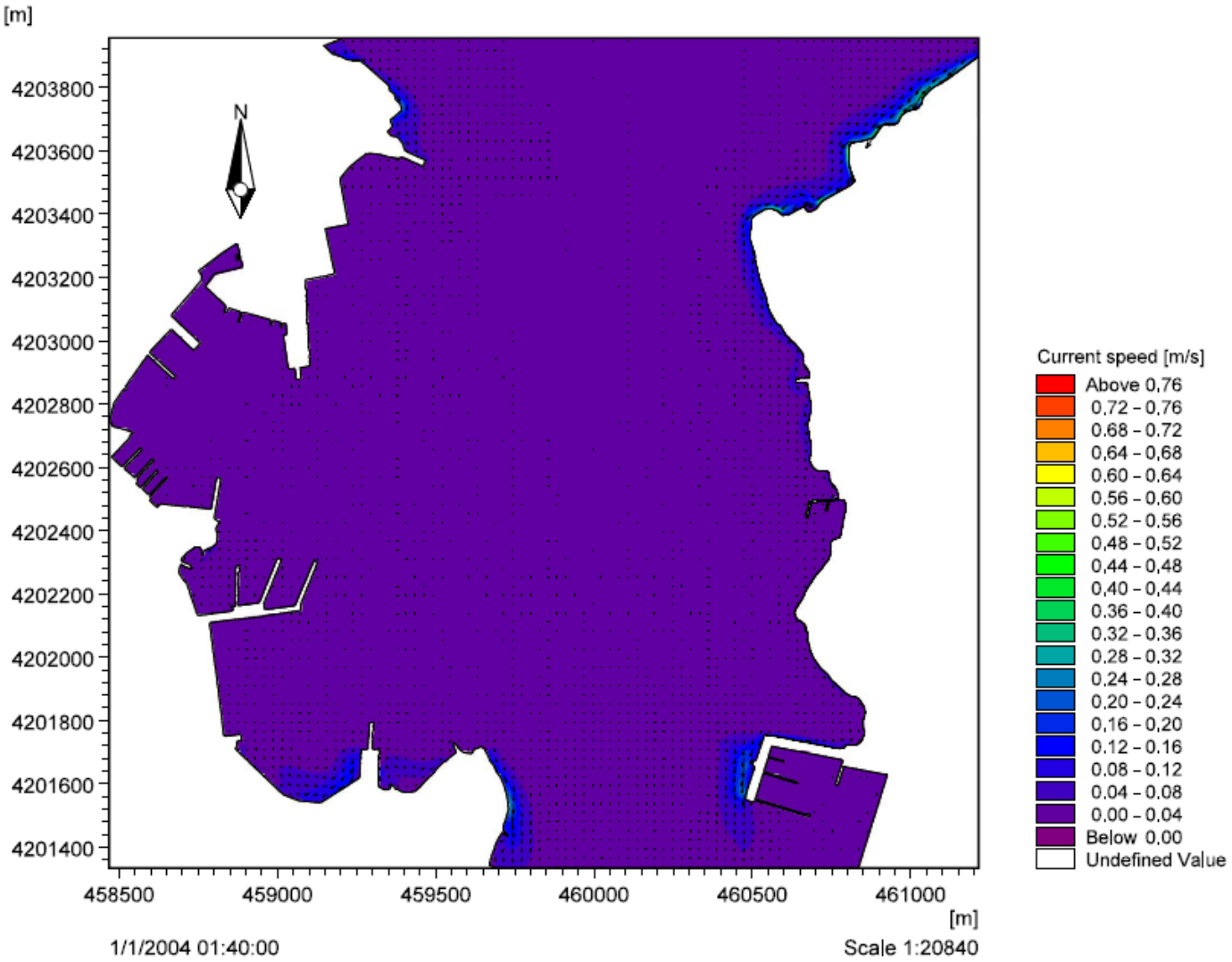
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.42 m, Tp=3.95 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_W1_2
	Αναφ.: SM		



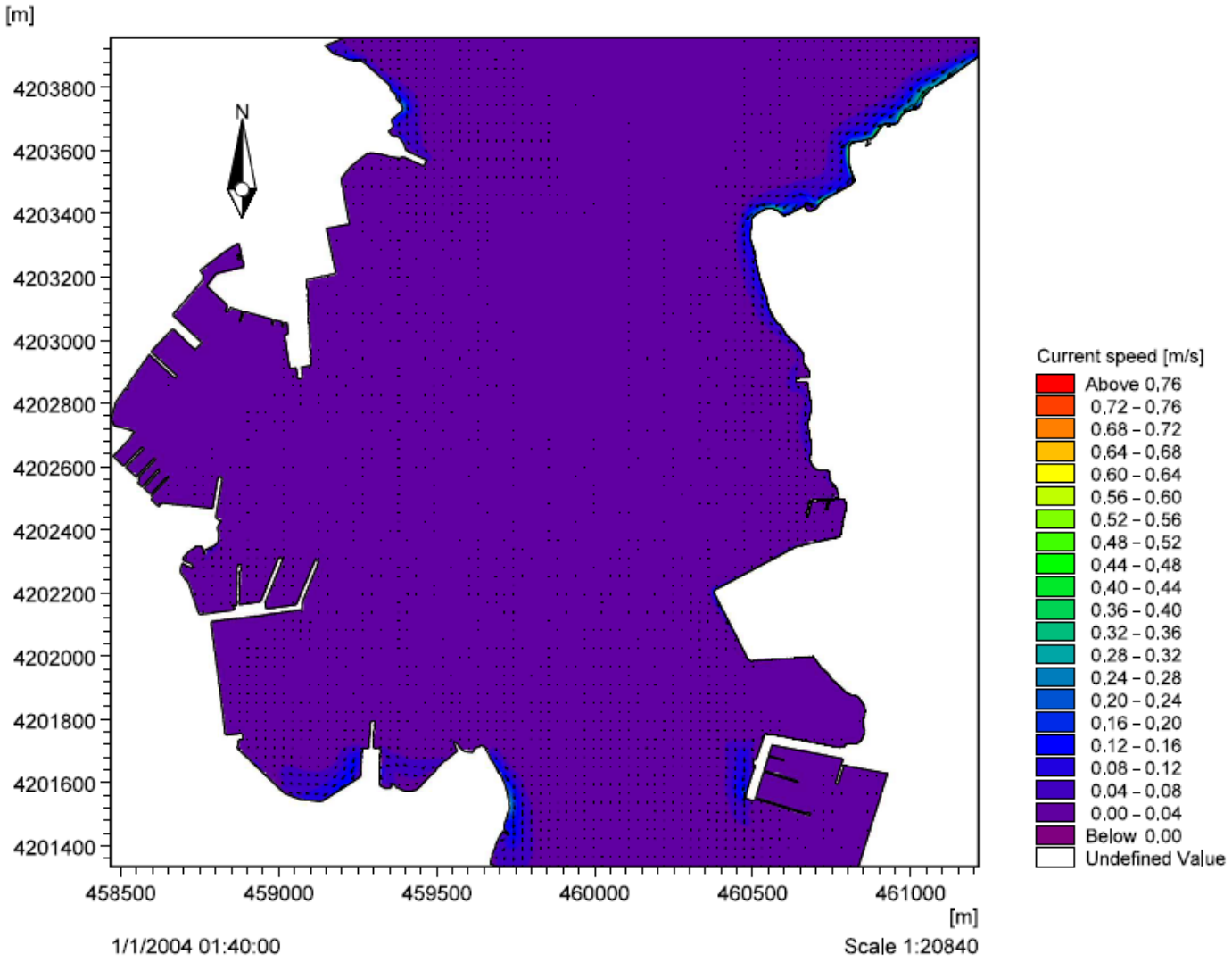
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.10 m, Tp=3.55 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_DN_3
	Αναφ.: SM		



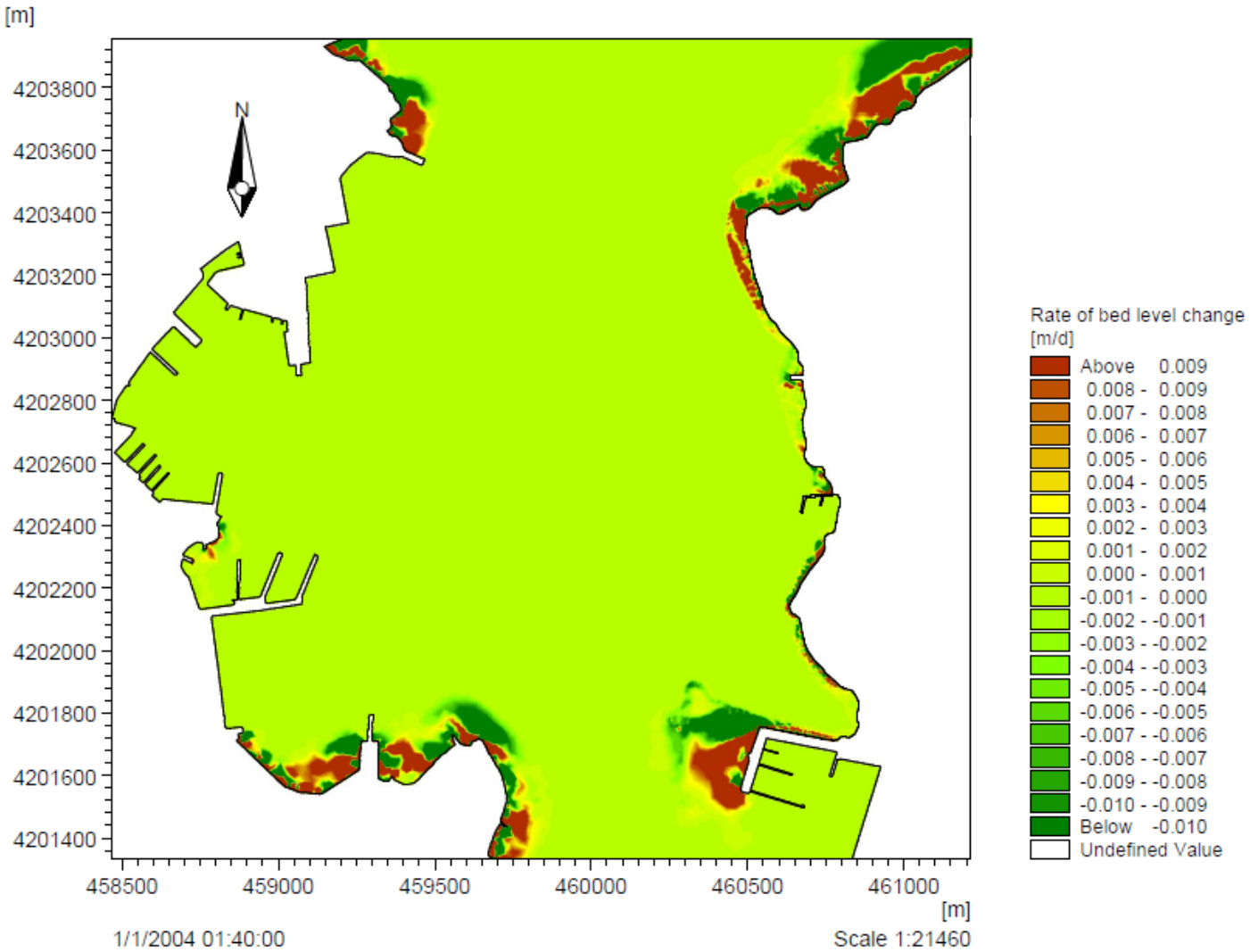
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.10 m, Tp=3.55 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_W1_3
	Αναφ.: SM		



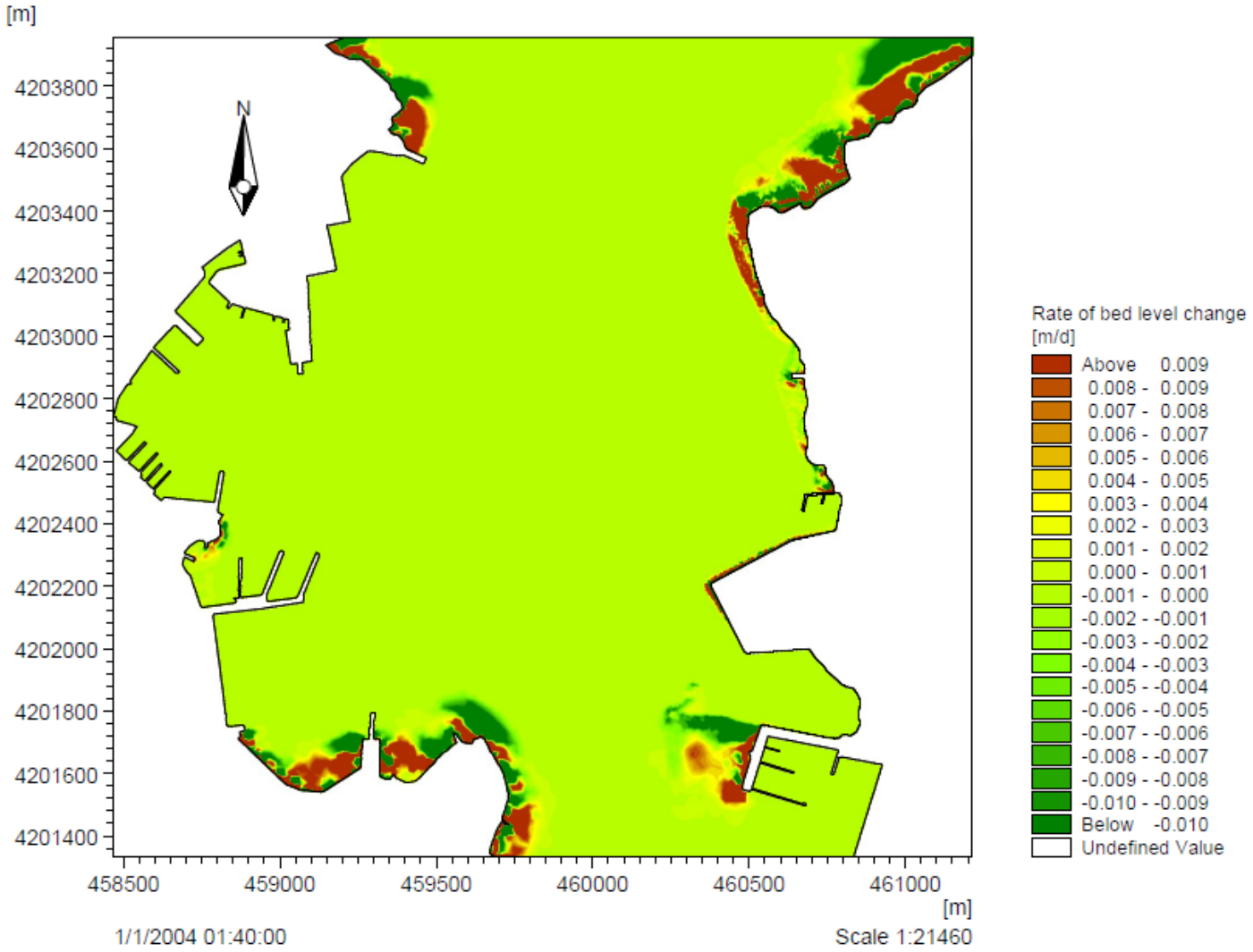
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=0.80 m, Tp=3.18 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_DN_4
	Αναφ.: SM		



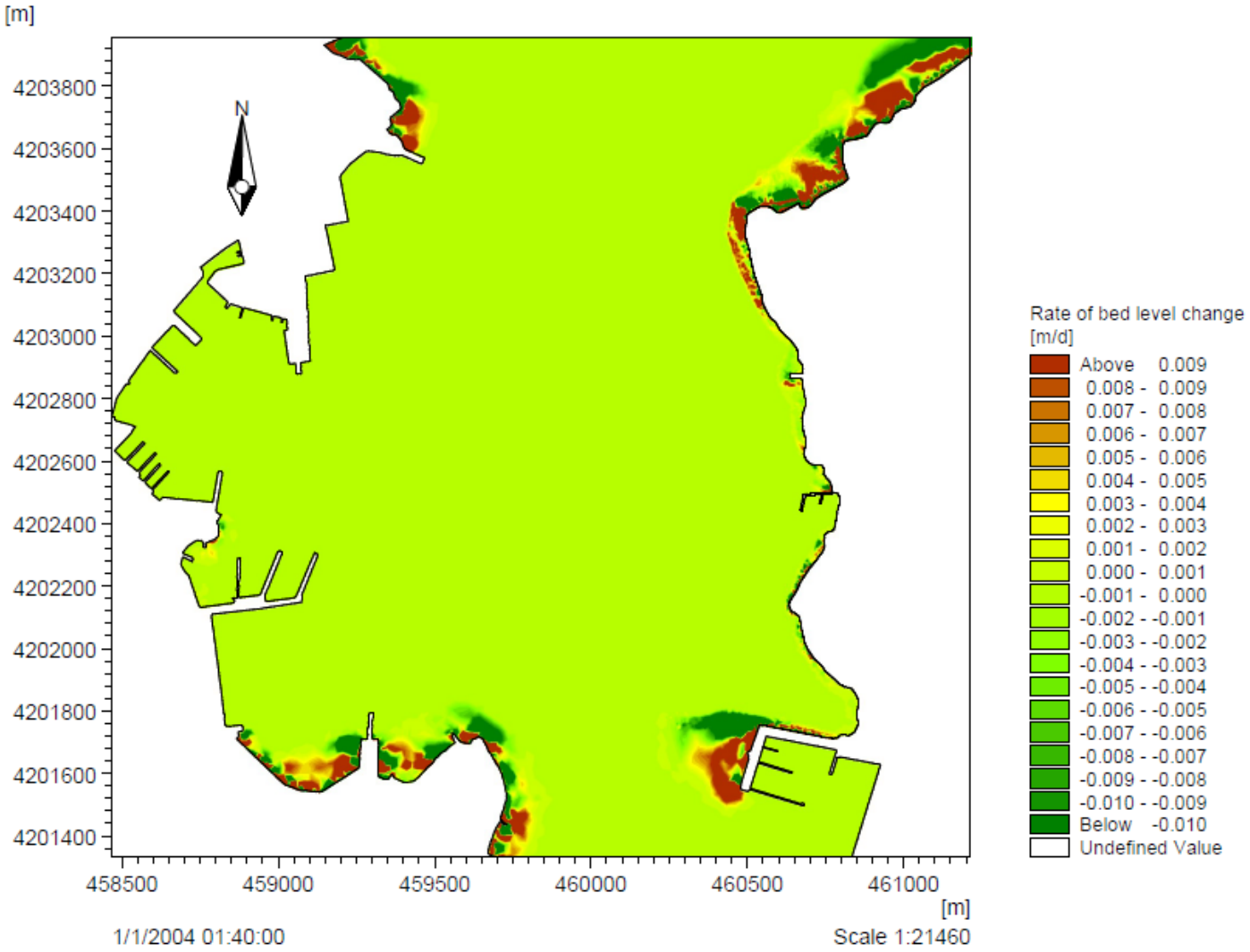
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Παράκτιο Υδροδυναμικό Πεδίο Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=0.80 m, Tp=3.18 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: HD_W1_4
	Αναφ.: SM		



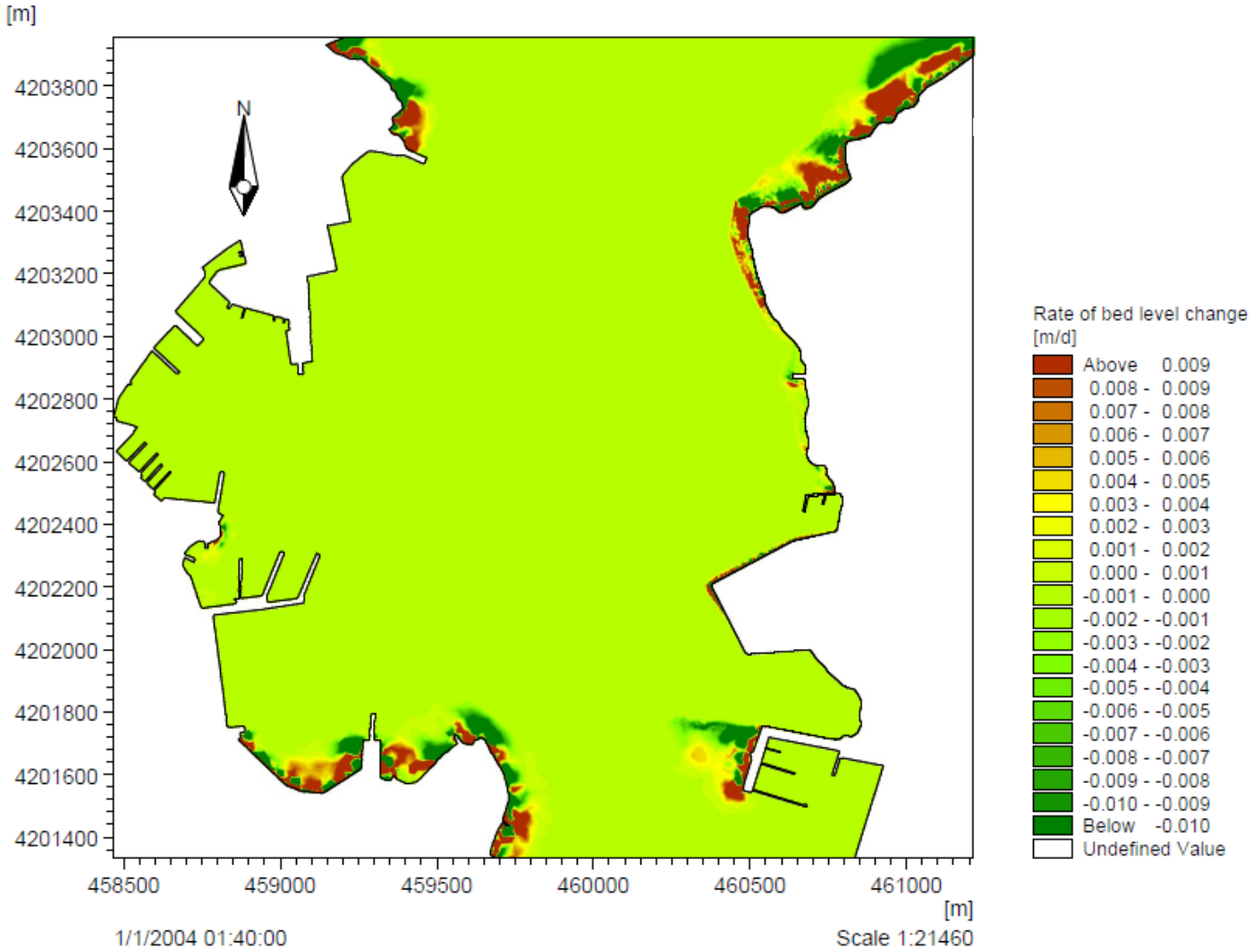
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.67 m, Tp=4.23 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: ST_DN_1
	Αναφ.: SM		



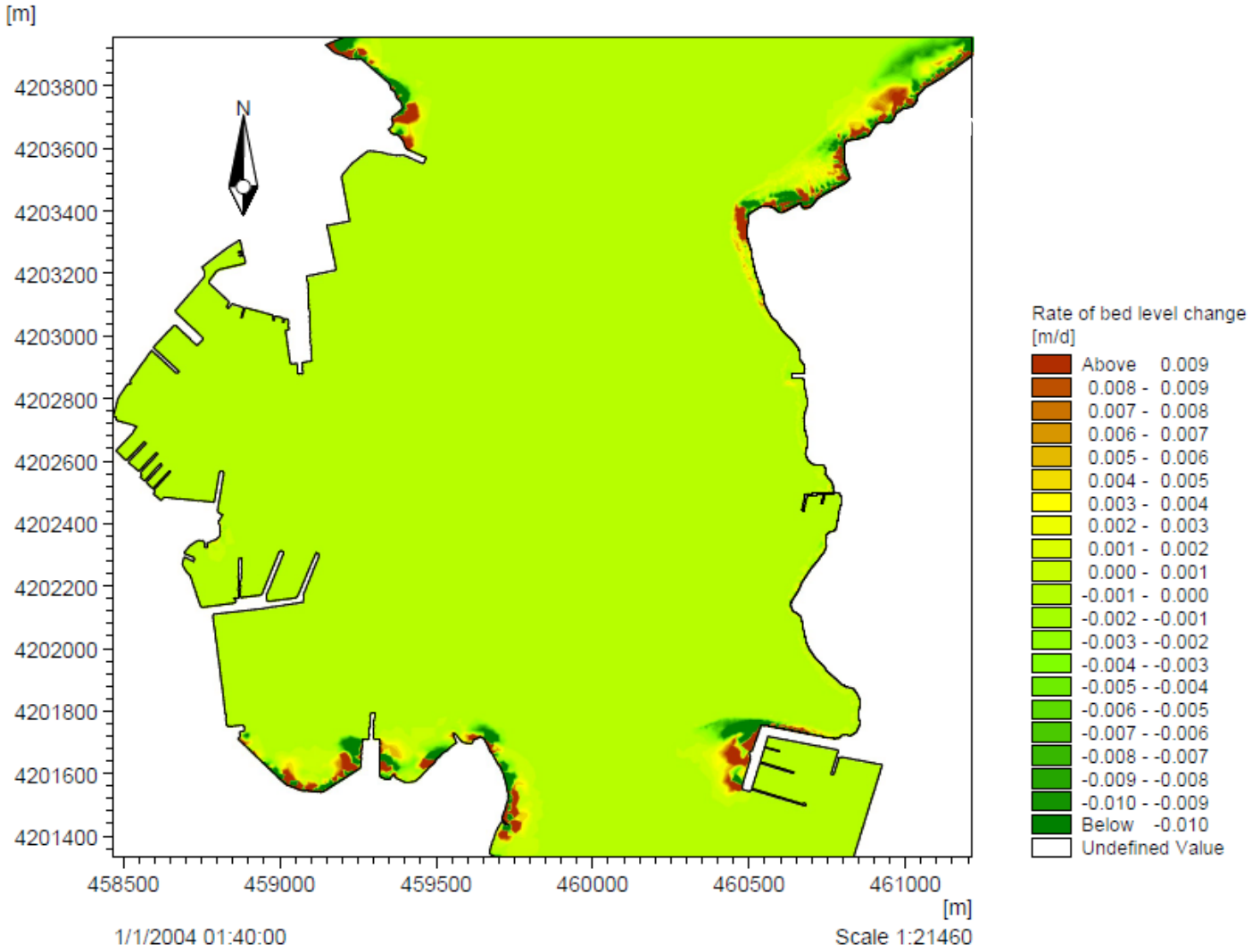
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.67 m, Tp=4.23 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: ST_W1_1
	Αναφ.: SM		



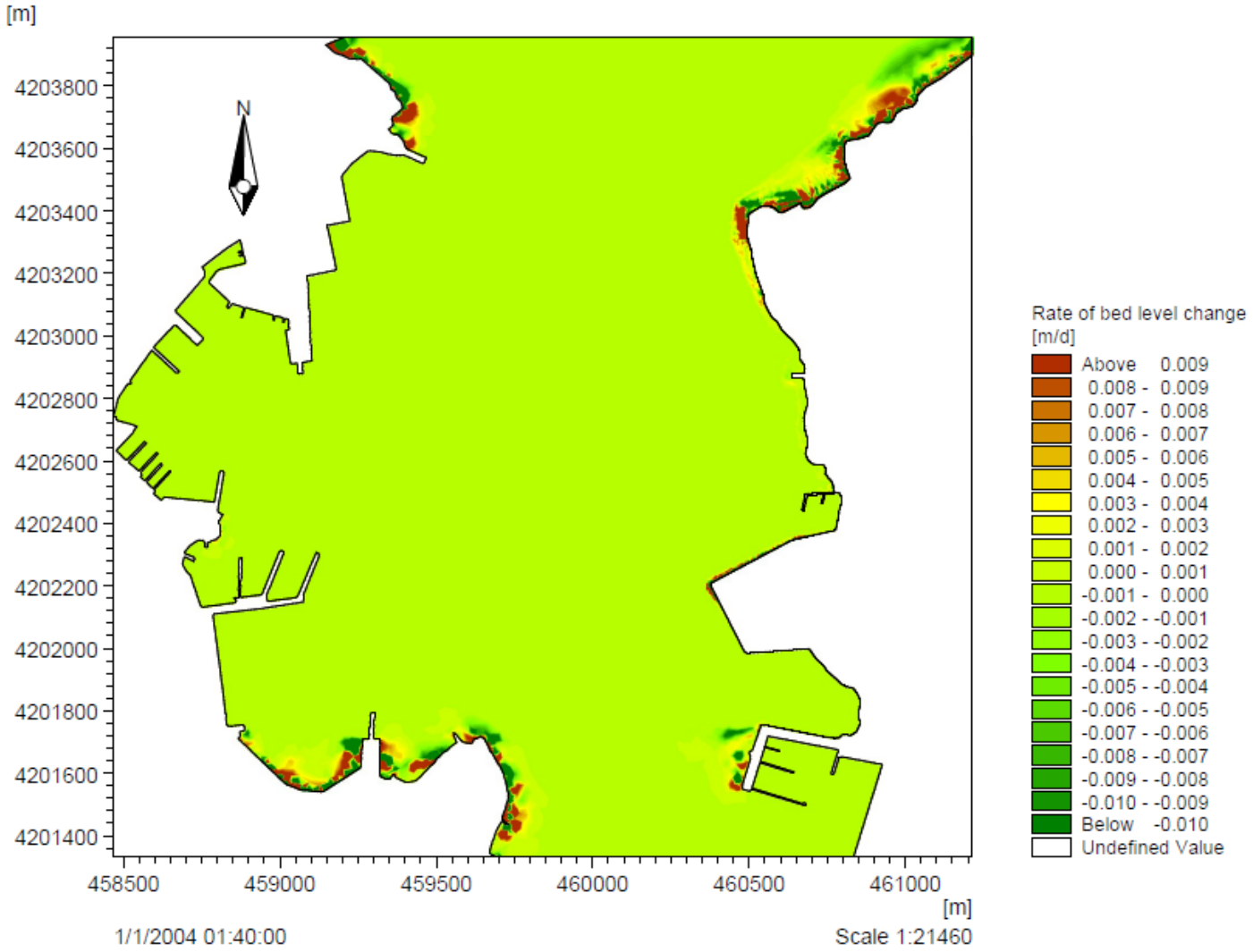
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.42 m, Tp=3.95 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: ST_DN_2
	Αναφ.: SM		



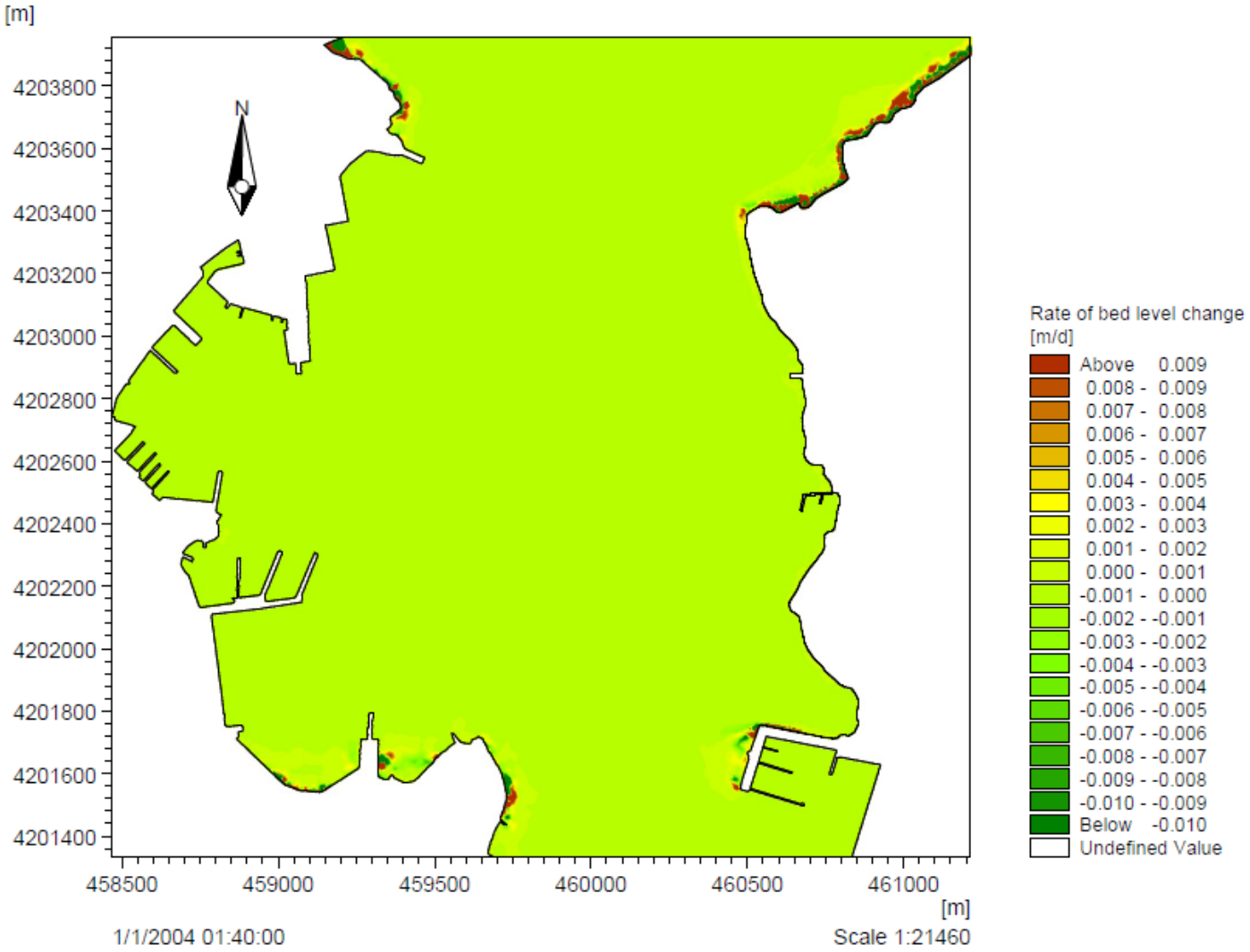
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKEZero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.42 m, Tp=3.95 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: ST_W1_2
	Αναφ.: SM		



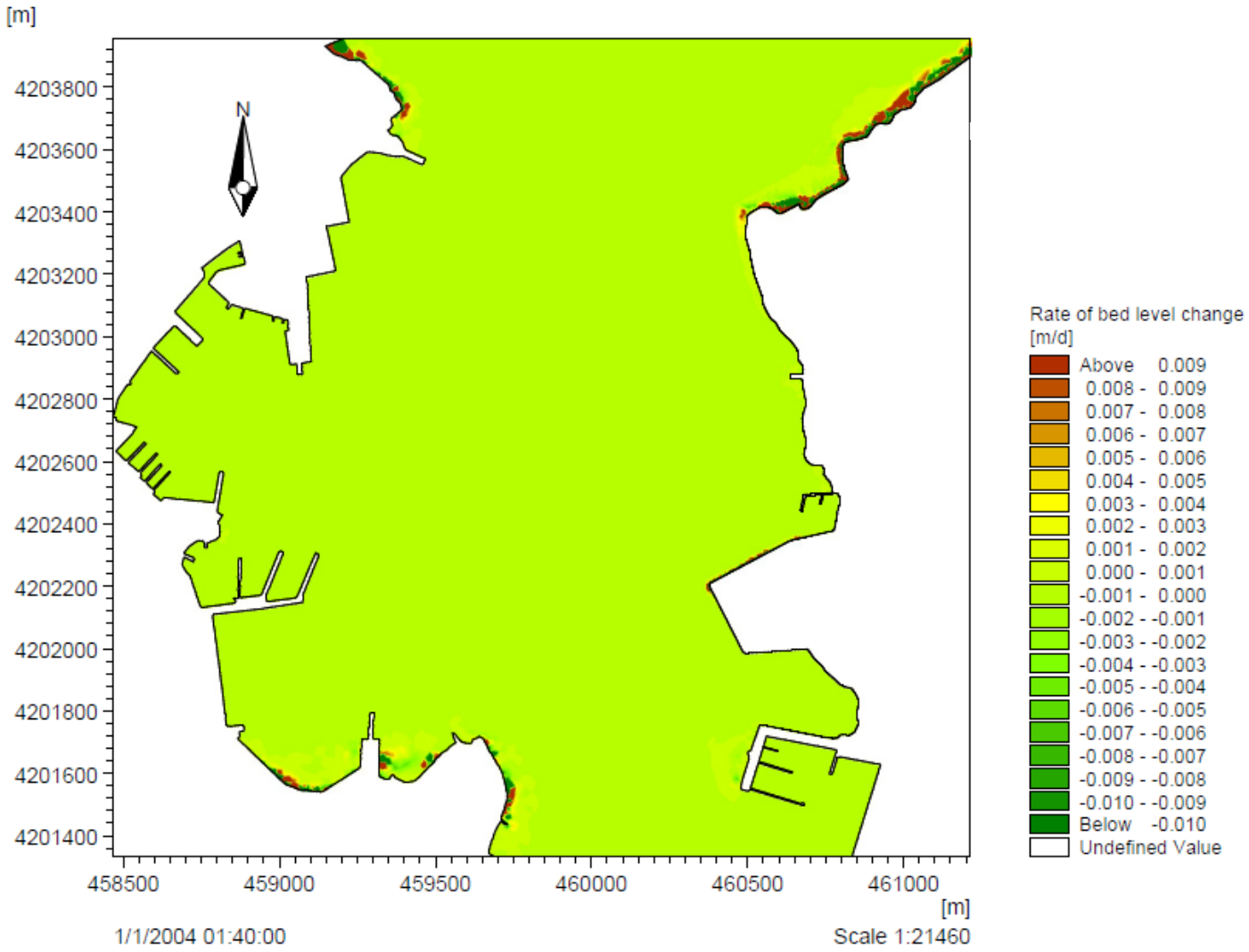
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.10 m, Tp=3.55 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: ST_DN_3
	Αναφ.: SM		



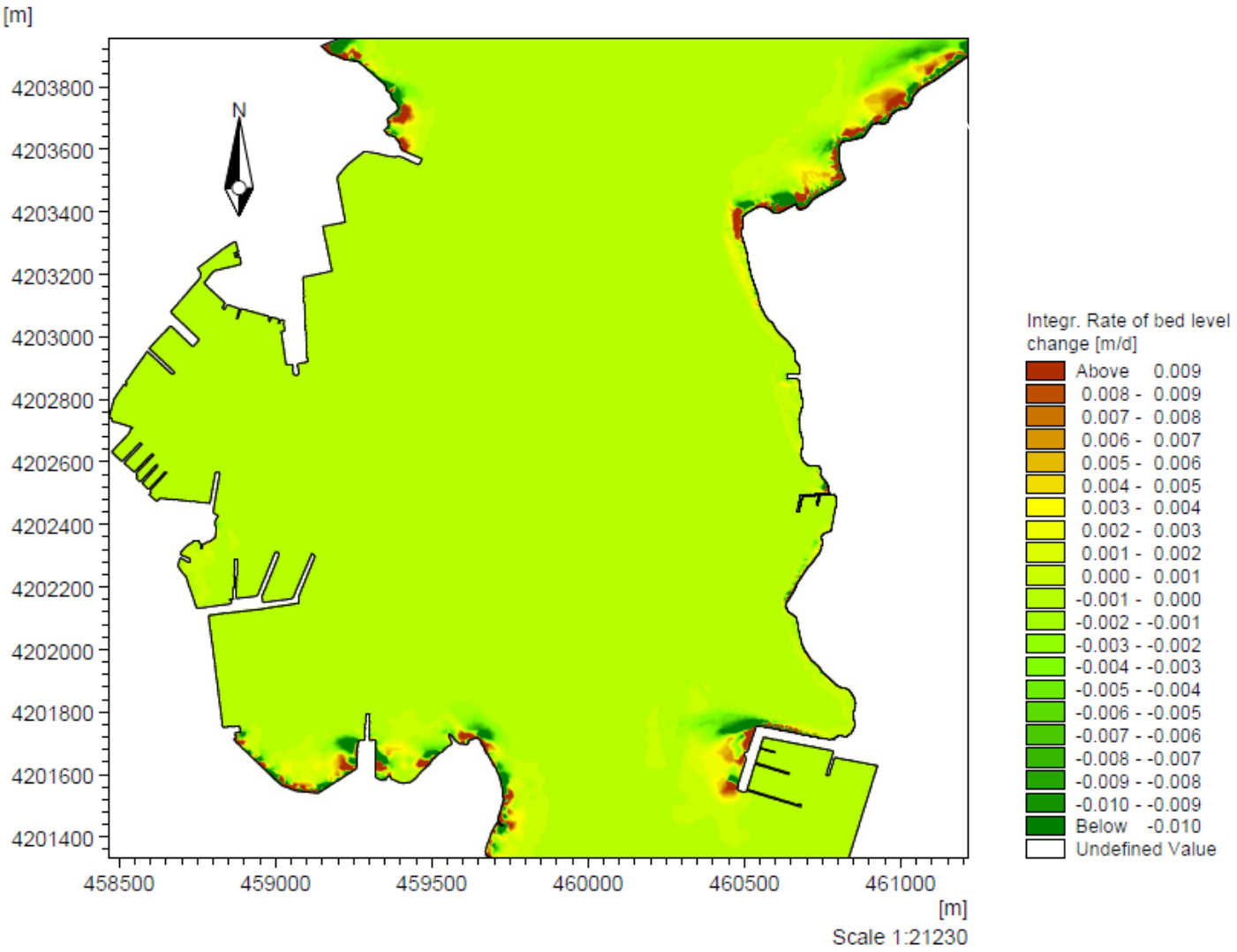
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKEZero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=1.10 m, Tp=3.55 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: SW_W1_3
	Αναφ.: SM		



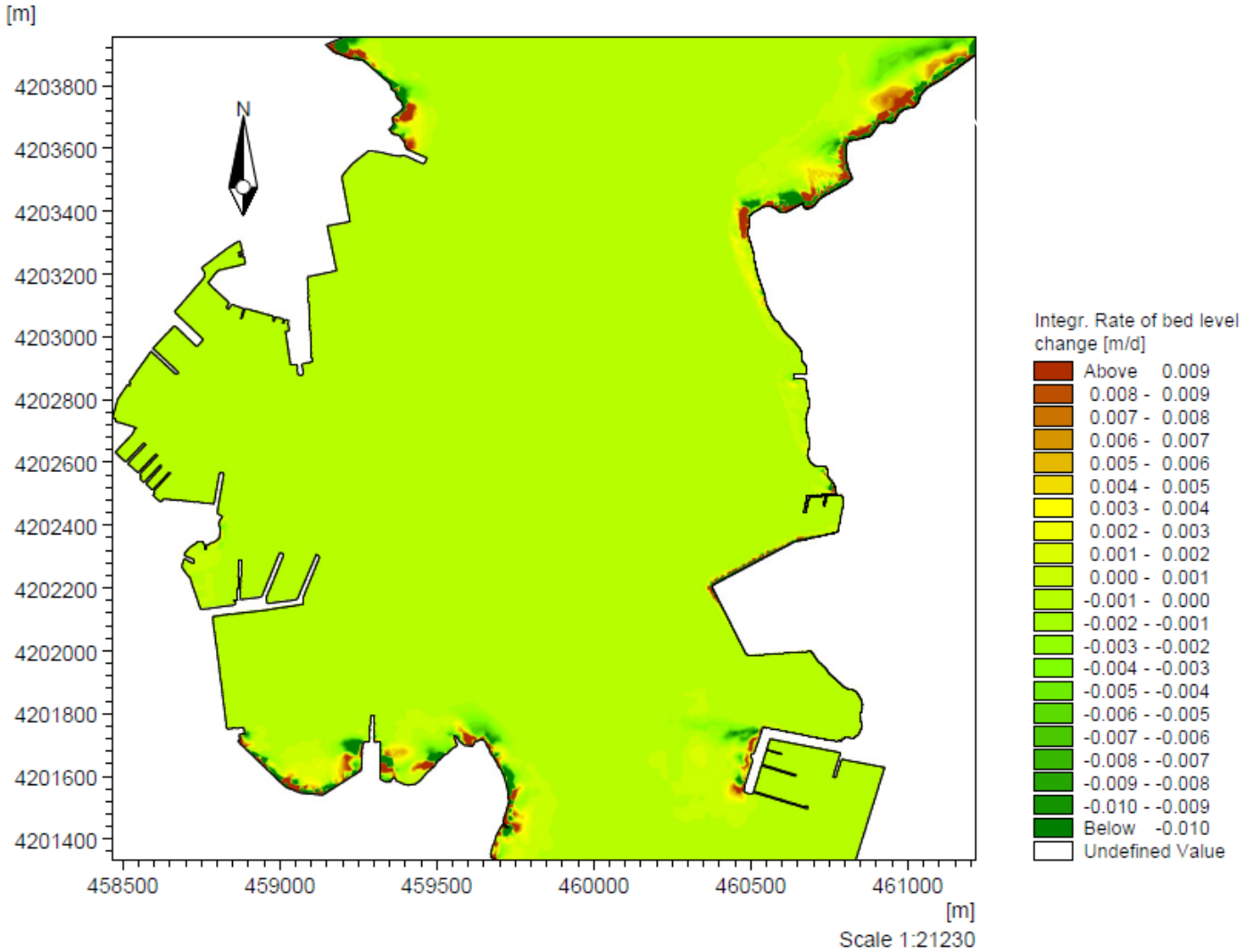
MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=0.80 m, Tp=3.18 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: ST_DN_4
	Αναφ.: SM		



MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα Χαρακτηριστικά Εισερχόμενου Κυματισμού: Hs=0.80 m, Tp=3.18 s, MWD=0°	Αρ. Σχεδίου: ST_W1_4
	Αναφ.: SM		



MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ DN	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Μέσος Ετήσιος Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα	Αρ. Σχεδίου: ST_DN_INT
	Αναφ.: SM		



MARNET ENGINEERING CONSULTING S.A.		Αναθ. Αρχή: Υπουργείο Υποδομών & Μεταφορών	MIKE Zero
		Έργο: Υποθαλάσσια Οδική Σήραγγα Ν.Σαλαμίνας – Περάματος / Ακτομηχανική Μελέτη	
ΔΙΑΤΑΞΗ W1	Ημερ/νια: Μάρτιος 2021	Μέσος Ετήσιος Ρυθμός Μεταβολής Πυθμένα	Αρ. Σχεδίου: ST_W1_INT
	Αναφ.: SM		