



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΕΡΕΥΝΩΝ

46,7 ΧΛΜ ΛΕΩΦ. ΑΘΗΝΩΝ-ΣΟΥΝΙΟΥ, Τ.Θ. 712, Τ.Κ. 19013, ΑΝΑΒΥΣΣΟΣ

ΤΕΧΝΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

**Περιβαλλοντική παρακολούθηση του όρου 4.3.4.8 της ΚΥΑ
18744/2020 για την «Χωροθέτηση και έγκριση περιβαλλοντικών
όρων Μαρίνας Βουλιαγμένης» (ΦΕΚ 810/Δ/16.12.2020)**

Αποτελέσματα έρευνας της 31^{ης} Αυγούστου 2021

Σεπτέμβριος 2021

Ανάβυσσος

Επιστημονικός Υπεύθυνος

Βασίλειος Καψιμάλης, Θαλάσσιος Γεωλόγος - Ιζηματολόγος (Δρ)

Διευθυντής Ερευνών, Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας/ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό από το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας/ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε.

Ιωάννης Παναγιωτόπουλος Θαλάσσιος Γεωλόγος-Ιζηματολόγος (Δρ)

Ιωάννης Μόρφης Μηχανικός Ηλεκτρολόγος – Η/Υ (MSc)

Στυλιανός Πετράκης Γεωλόγος - Ωκεανογράφος (Δρ)

Εισαγωγικές πληροφορίες

Το έργο

Οι εργασίες βυθοκόρησης του έργου «Επέκταση Μαρίνας Βουλιαγμένης» εκτελούνται σύμφωνα με την ΚΥΑ 18744/2020 για την «Χωροθέτηση και έγκριση περιβαλλοντικών όρων Μαρίνας Βουλιαγμένης» (ΦΕΚ 810/Δ/16.12.2020), αφού έχει προηγηθεί έγκριση της σχετικής Ειδικής Τεχνικής Περιβαλλοντικής Μελέτης για την «Αξιολόγηση ποιότητας βυθοκορημάτων της Μαρίνας Βουλιαγμένης και επιλογή του βέλτιστου θαλάσσιου χώρου επανατοποθέτησης αυτών στον ΝΑ Σαρωνικό Κόλπο» (ΤΕΠΕΜ-ΔΒ-2021).

Το έργο αφορά στην εκσκαφή από τον πυθμένα της λιμενολεκάνης και του περιβάλλοντα χώρου εντός της θαλάσσιας ζώνης (συνολικής έκτασης 54 στρεμμάτων) αδρανούς γαιώδους υλικού, όγκου περίπου 95.000 m³, πλήρως απαλλαγμένου από χημικούς οργανικούς (υδρογονάνθρακες και οργανοχλωριωμένες ενώσεις) και ανόργανους (βαρέα μέταλλα) ρύπους. Η γεωτεχνική μελέτη του έργου, η οποία βασίστηκε στην ανάλυση οκτώ γεωτρήσεων, διαπίστωσε την ύπαρξη επιφανειακής στρώσης θαλάσσιων ιζημάτων αμμο-ιλύδους έως αργίλο-αμμώδους σύστασης και μεταβαλλόμενου πάχους (από ελάχιστα εκατοστά μέχρι 1,5 μ). Το υποκείμενο των θαλάσσιων αποθέσεων βραχώδες γεωλογικό υπόβαθρο, το οποίο σε κάποια τμήματα του πυθμένα της μαρίνας αλλά και του παρακείμενου θαλάσσιου χώρου αναδύεται στην επιφάνεια, αποτελείται από νεογενείς μάργες, κροκαλοπαγή-λατυποπαγή και ασβεστόλιθους λατυποπαγούς δομής ή ασβεστολιθικά λατυποπαγή.

Λόγω της αναμενόμενης διάχυσης αιωρημένου υλικού που παράγεται κατά τη διάρκεια των εργασιών βυθοκόρησης και θραύσης του βραχώδους υποστρώματος, απαιτείται περιβαλλοντική παρακολούθηση της θολερότητας, όπως αναφέρεται στον όρο 4.3.4.8.2, «*επιτόπια εξέταση και συλλογή δειγμάτων για τον προσδιορισμό της θολερότητας του θαλασσινού νερού (σε Nephelometric Turbidity Units-NTUs), τουλάχιστον μία φορά την εβδομάδα, εφόσον οι εργασίες διεξάγονται κατά τη διάρκεια της τουριστικής περιόδου. Η εξέταση θα γίνεται σε σημεία που βρίσκονται σε απόσταση 50, 100 και 150 m από το έργο. Εάν διαπιστωθεί σημαντική αύξηση της θολερότητας θα εφαρμόζονται αμέσως επιπρόσθετα μέτρα συγκράτησης των στερεών αιωρήσεων*». Με την από 07/04/2021 Σύμβαση Ανάθεσής Έργου μεταξύ της ΤΕΚΑΛ Α.Ε. και του ΕΛΚΕΘΕ, επιστημονική ομάδα του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας διενέργησε την 15/07/2021 ωκεανογραφική έρευνα για τη μέτρηση της θολερότητας στην υδάτινη στήλη τόσο εντός της μαρίνας όσο και περιμετρικά αυτής, ώστε να αποφευχθεί η διάχυση του παραγόμενου από τις εργασίες εκβάθυνσης πλούμιου εκτός της περιοχής του έργου.

Η παράμετρος της θολερότητας

Με τον όρο θολερότητα (ή θολότητα, turbidity) εννοείται η απουσία διαύγειας σε ένα υγρό μέσο, η οποία προκαλείται από την παρουσία μέσα σε αυτό διαφόρων οργανικών και ανόργανων σωματιδίων υπό μορφή αιωρούμενου ή/και κολλοειδούς υλικού (1-1000 νανόμετρα). Η θολερότητα είναι ένα θεμελιώδες οπτικό χαρακτηριστικό του υγρού μέσου το οποίο σχετίζεται με την εξασθένηση της έντασης της διερχόμενης φωτεινής ακτινοβολίας λόγω φαινομένων σκέδασης στα σωματίδια της υδάτινης στήλης.

Η μέτρηση της θολερότητας γίνεται με ένα αισθητήρα που ονομάζεται νεφελόμετρο. Η αρχή της μέτρησης βασίζεται στη σύγκριση της έντασης του φωτός που υφίσταται σκέδαση υπό γωνία 90° με την προσπίπτουσα φωτεινή δέσμη στο σωματιδιακό υλικό της υδάτινης στήλης με εκείνη την ένταση του φωτός που υφίσταται σκέδαση κατά τη διέλευσή του από ένα πρότυπο αιώρημα κάτω από τις ίδιες

φυσικές συνθήκες. Σύμφωνα με τον νόμο του Rayleigh ισχύει η παρακάτω σχέση μεταξύ της έντασης του σκεδαζόμενου φωτός και της συγκέντρωσης των σωματιδίων στο υδάτινο μέσο:

$$I_1 = k \frac{V^2}{\lambda^2} n$$

όπου:

I_1 είναι η ένταση του σκεδαζόμενου φωτός,

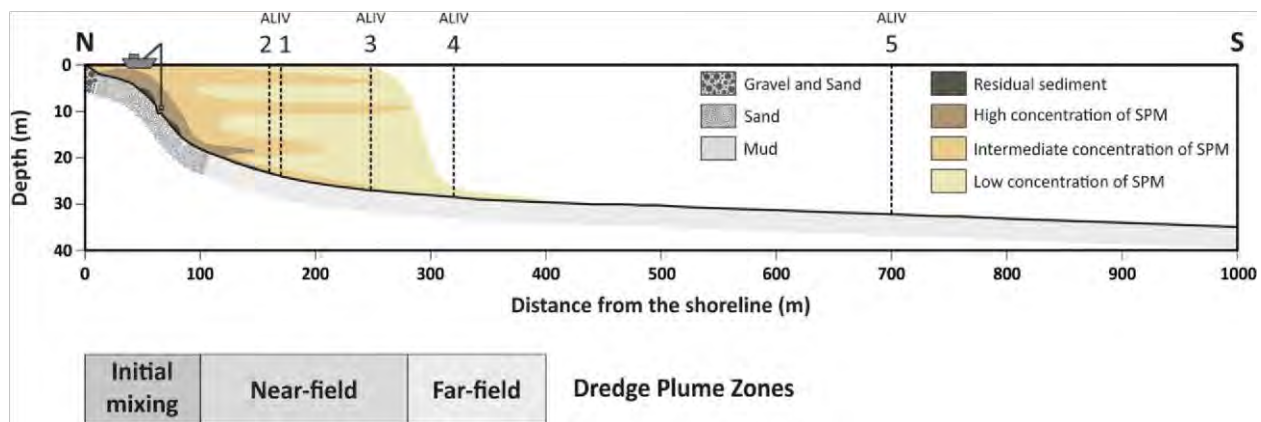
V είναι ο όγκος κάθε σωματιδίου του υδάτινου μέσου (εάν θεωρηθεί ότι όλα τα σωματίδια έχουν τον ίδιο όγκο), λ είναι το μήκος κύματος του φωτός, n είναι ο αριθμός των σωματιδίων στην μονάδα όγκου του υδάτινου μέσου και, τέλος, k είναι μία φυσική σταθερά.

Οι μονάδες μέτρησης θολερότητας που έχουν καθιερωθεί από τον Διεθνή Οργανισμό Τυποποίησης (ISO) καθώς και από την Environmental Protection Agency (EPA) είναι η Formazine Turbidity Unit (FTU) και η Nephelometric Turbidity Unit (NTU), αντίστοιχα, με την σχέση τους να είναι 1:1.

Θολερότητα προερχόμενη από βυθοκόρηση

Κατά τη διάρκεια των εργασιών βυθοκόρησης, σωματίδια ιζημάτων απομακρύνονται από τον πυθμένα και εισέρχονται στην υδάτινη στήλη. Η ποσότητα, η υφή και η ποιότητα των επαναιωρημένων σωματιδίων εξαρτώνται από διάφορους παράγοντες (Luger et al. 1998) που σχετίζονται με: (α) τα χαρακτηριστικά του ιζήματος (μέγεθος κόκκου, πυκνότητα, ορυκτολογία, ικανότητα πρόσφυσης και περιεχόμενο σε οργανική ύλη), (β) τις συνθήκες του χώρου εκσκαφής (βάθος νερού, εκτεθειμένη επιφάνεια, ρεύματα και κύματα που επικρατούν, παρουσία φυσικών ή τεχνητών εμποδίων) και (γ) τις επιχειρησιακές πρακτικές (ρυθμός παραγωγής, πάχος εκσκαφής υλικών, τύπος εξοπλισμού βυθοκόρησης, μέθοδος λειτουργίας και ικανότητα του χειριστή).

Όταν το επαναιωρημένο σωματιδιακό υλικό παραμένει για μεγάλο χρονικό διάστημα σε αιώρηση, παρασύρεται από τα θαλάσσια ρεύματα και μεταφέρεται με μορφή πλουμίου σε περιοχές μακριά από τη θέση βυθοκόρησης. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του προκύπτοντος νεφελώματος διακρίνονται συνήθως τρεις ζώνες (Εικόνα 1): (α) της «αρχικής ανάμιξης», όπου η δραστηριότητα βυθοκόρησης κυριαρχεί έναντι των φυσικών διεργασιών, (β) του «κοντινού πεδίου», όπου επικρατεί διασπορά και ταχεία καθίζηση αιωρούμενων στερεών, και (γ) του «μακρινού πεδίου», όπου η συγκέντρωση του επαναιωρημένου σωματιδιακού υλικού στην υδάτινη στήλη μειώνεται σταδιακά και τα φαινόμενα της μεταγωγής και καθίζησης ισορροπούν. Ένα άλλο υποπροϊόν των εργασιών βυθοκόρησης είναι το παραμένον (αδιατάρακτο ή αναμοχλευθέν) ίζημα που εμφανίζεται είτε εντός είτε δίπλα στη ζώνη βυθοκόρησης.



Εικόνα 1: Ζώνες διάχυσης του νέφους των επαναιωρημένων στερεών υλικών που προέκυψε από εντατική βυθοκόρηση στη περιοχή του Αλιβερίου, Νότιος Ευβοϊκός Κόλπος (Kanelloroulou et al. 2020).

Το παρόν πρόγραμμα παρακολούθησης της θολερότητας στην Μαρίνα Βουλιαγμένης ακολουθεί την μεθοδολογία και τις κατευθύνσεις που παρουσιάζονται στα τεχνικά εγχειρίδια των van Rijn (2019) και Bundgaard (2020).

Όρια θολερότητας

Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας, το πόσιμο νερό (για κατανάλωση από τον άνθρωπο) θα πρέπει να έχει επίπεδα θολερότητας κάτω από 1 NTU/FTU, αν και για ορισμένες περιοχές, επιτρέπεται έως και 5 NTU/FTU.

Δεν υπάρχουν εθνικά και ευρωπαϊκά θεσμοθετημένα όρια θολερότητας για το θαλασσινό νερό, ωστόσο, στις ΗΠΑ επικρατεί η άποψη ότι τιμές μεγαλύτερες των 25 με 50 NTU/FTU είναι «μη ανεκτές» από πολλούς ευαίσθητους οργανισμούς όπως χέλια, χελώνες, Μαρέκα (Wigeons) και λειμώνες θαλάσσιας βλάστησης, και για αυτό θα πρέπει να αποφεύγονται. Αντίθετα, τιμές μικρότερες των 25 ή 50 NTU είναι «ανεκτές» από τους οργανισμούς και δεν προκαλούν ανεπανόρθωτες βλάβες (βλέπε Πίνακα 1, σελίδα 135 της δημοσίευσης των Clarke and Wilber 2008).

Επίσης, στην Αυστραλία έχει υιοθετηθεί η εξής διαβάθμιση (McCaffrey and Catchment 2018): όταν η θολερότητα είναι >10 NTU η κατάσταση των υδάτων θεωρείται ως «εξαιρετική», όταν κυμαίνεται από 15 έως 30 NTU θεωρείται ως «ικανοποιητική» και όταν είναι >30 NTU θεωρείται ως «φτωχή».

Με δεδομένο ότι στο Όρμο Βουλιαγμένης το πιο ευαίσθητο θαλάσσιο οικοσύστημα στη αύξηση της θολερότητας είναι ο λειμώνας Ποσειδωνίας (δες παραδείγματα στις εργασίες των Ruiz and Romero 2003, Capello et al. 2014, Hounghnandan et al. 2020, Li et al., 2021) και σε συνδυασμό με τα προαναφερθέντα όρια, υιοθετείται οι παρακάτω κατηγορίες για τις ζώνες «κοντινού» και «μακρινού» πεδίου κατά τη διάρκεια της ενεργού βυθοκόρησης:

Θολερότητα	FTU
Εξαιρετική	≤1
Φυσιολογική	1-5
Ικανοποιητική	5-15
Ανεκτή	15-30
Μη ανεκτή	>30

Εξοπλισμός και εργασίες πεδίου

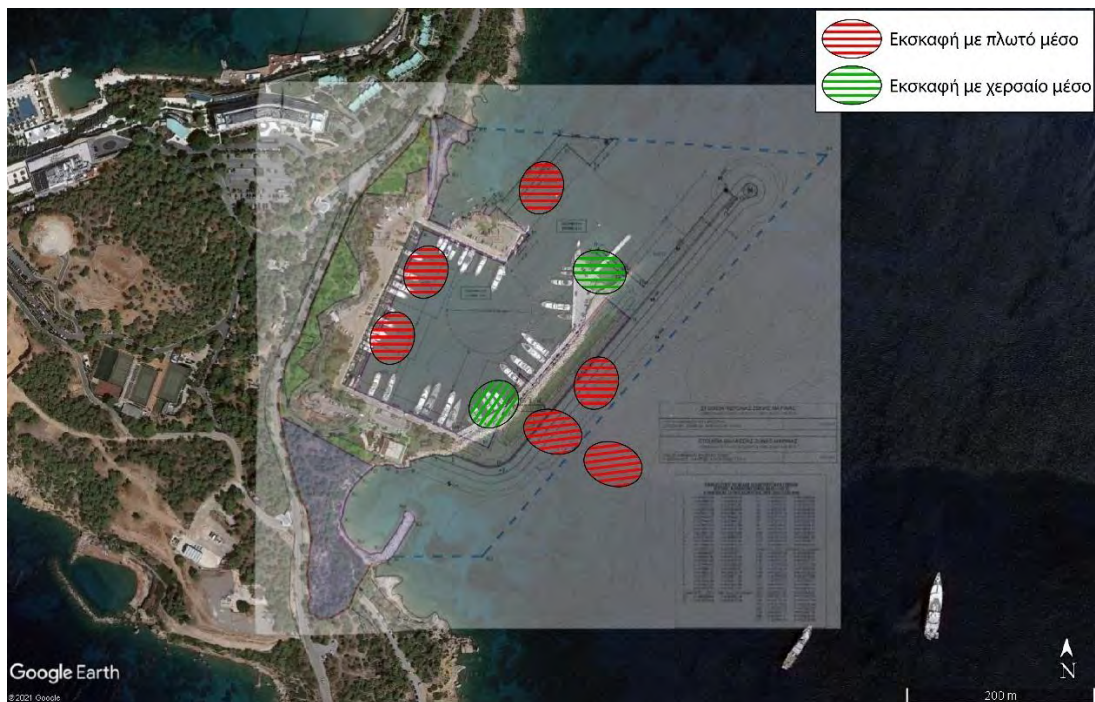
Η συλλογή των μετρήσεων θολερότητας έγινε με τη χρήση του νεφελόμετρου 'Seapoint Turbidity Meter' (εύρος μετρήσεων 0-1250 FTU, απόκλιση $\pm 2\%$) προσαρμοσμένο σε αυτογραφικό όργανο CTD (conductivity, temperature, density) (Εικόνα 2). Την 31^η Αυγούστου 2021 πραγματοποιήθηκαν κάθετες καταγραφές στην υδάτινη στήλη (από το βάθος του ~ 1 m μέχρι τον πυθμένα) σε 17 θέσεις, ευρισκόμενες εντός αλλά και περιμετρικά της Μαρίνας Βουλιαγμένης (Εικόνα 3). Η επιλογή των θέσεων πόντισης του αυτογραφικού οργάνου CTD πραγματοποιήθηκε με βάση τις απαιτήσεις του περιβαλλοντικού όρου 4.3.4.8 της ΚΥΑ 18744/2020 για την «Χωροθέτηση και έγκριση περιβαλλοντικών όρων Μαρίνας Βουλιαγμένης» (ΦΕΚ 810/Δ/16.12.2020) και σε σχέση με τις τρεις περιοχές των εκσκαφών (Εικόνα 4).



Εικόνα 2: Εργασίες πεδίου με νεφελόμετρο προσαρμοσμένο σε αυτογραφικό σύστημα CTD, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή μετρήσεων στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης την 31^η Αυγούστου 2021



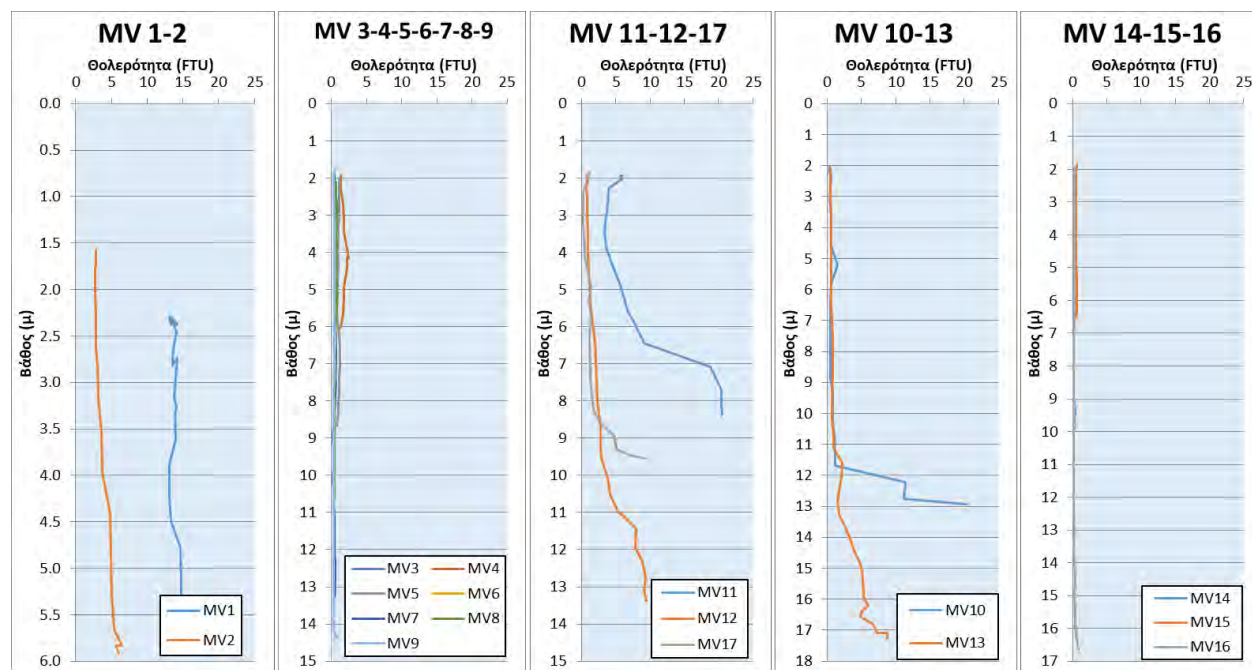
Εικόνα 3: Θέσεις μέτρησης της θολερότητας στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 31^{ης} Αυγούστου 2021. Η άσπρη, η κόκκινη, η πράσινη η γαλάζια και η μωβ γραμμή αντιπροσωπεύουν τις γεωγραφικές θέσεις των τομών των Εικόνων 6α, 6β, 6γ, 6δ και 6ε, αντίστοιχα. Με κίτρινη γραμμή αποτυπώνονται οι θέσεις πόντισης των κουρτινών ιλύος.



Εικόνα 4: Ενεργές εκσκαφές/βυθοκορήσεις στην περιοχή των έργων της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 31^{ης} Αυγούστου 2021.

Αποτελέσματα

Οι ομαδοποιημένες καταγεγραμμένες κατακόρυφες μετρήσεις της θολερότητας σε όλες τις θέσεις πόντισης του αυτογραφικού οργάνου CTD φαίνονται στην Εικόνα 5, ενώ οι αναλυτικές τιμές των μετρήσεων παρουσιάζονται στο παράρτημα της παρούσας Τεχνικής Έκθεσης. Οι θέσεις δειγματοληψίας 1-2 είναι εντός της λιμενολεκάνης, οι θέσεις 3 έως 9 είναι περιμετρικά της εξωτερικής περιοχής της μαρίνας, στο βόρειο τμήμα αυτής, με τις θέσεις 4-5-6 να είναι εξωτερικά από τις κουρτίνες ιλύος, οι θέσεις 11, 12 και 17 είναι πλησίον της μαρίνας, στο ανατολικό τμήμα της, οι θέσεις 10 και 13 στην εξωτερική περιοχή της ανατολικής κουρτίνας ιλύος, ενώ οι θέσεις 14-15-16 είναι στην περιοχή νότια της μαρίνας.



Εικόνα 5: Κατακόρυφες καταγραφές της θολερότητας (σε FTU) στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 31^{ης} Αυγούστου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε Εικόνα 3.

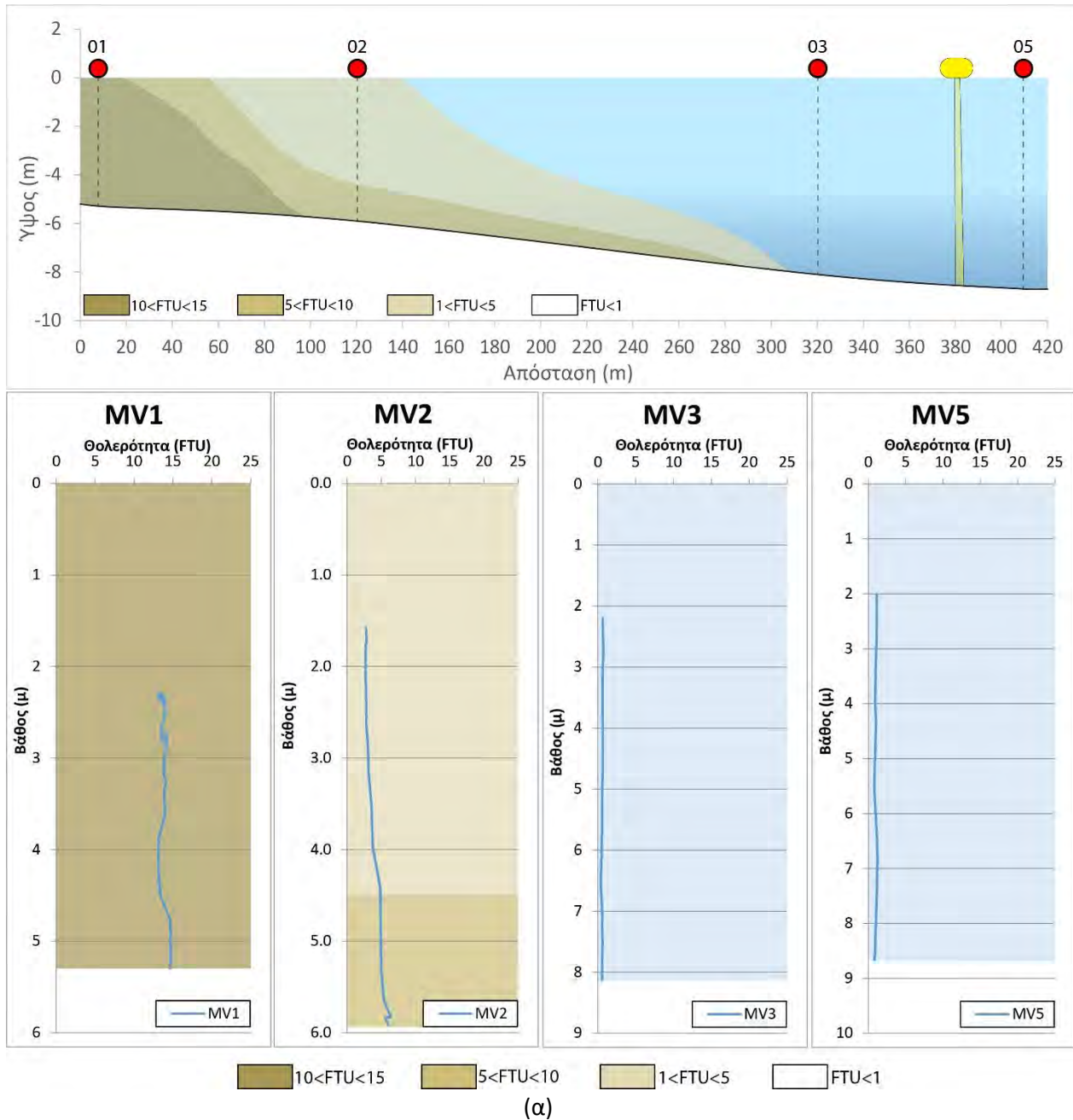
Εντός της λιμενολεκάνης της Μαρίνας Βουλιαγμένης, στις θέσεις 1 και 2, οι τιμές θολερότητας κυμαίνονταν μεταξύ 2,7 και 14,7 FTU, σχετικά σταθερές σε όλη τη στήλη του νερού, με τις μέγιστες τιμές να παρατηρούνται στον κεντρικό χώρο της Μαρίνας.

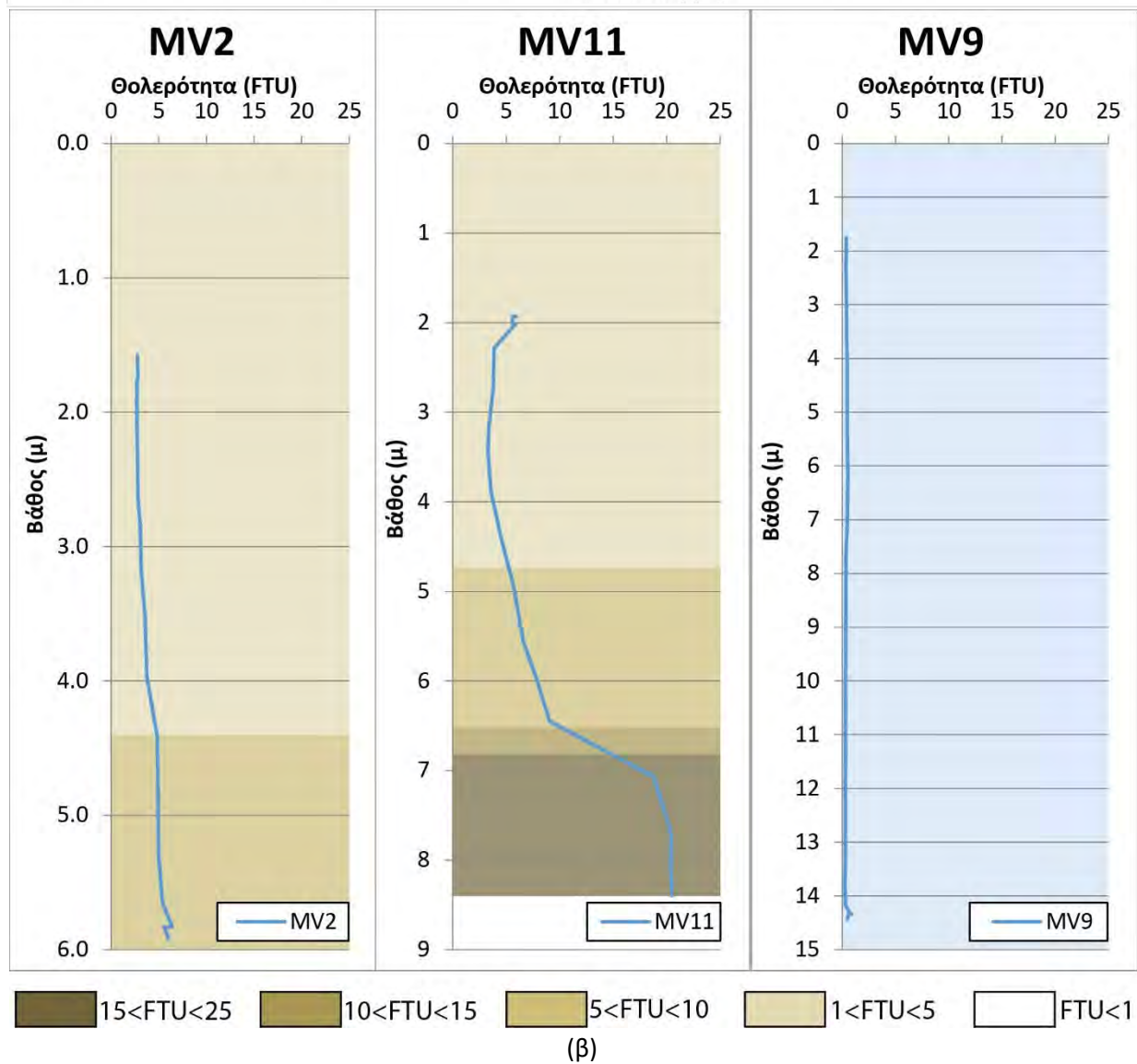
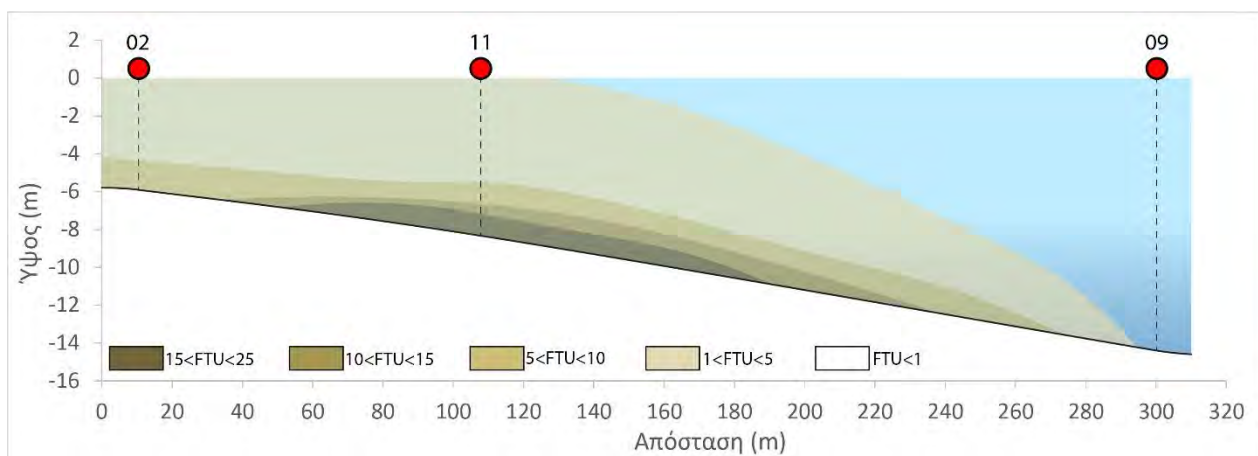
Οι τιμές FTU στις θέσεις 3 έως 9, που βρίσκονται στο βόρειο και ανατολικό τμήμα, οι τιμές θολερότητας δεν ξεπερνούν τα 2,5 FTU, σε όλη τη στήλη του νερού. Οι ελάχιστες αυτές τιμές υποδεικνύουν τη σωστή διάταξη τοποθέτησής των κουρτινών, καθώς το αιωρούμενο υλικό δεν εξαπλώνεται έξω από τα όρια της περιοχής εργασιών, ενώ σύμφωνα με τις τιμές των θέσεων 3 και 8 οι οποίες βρίσκονται μεταξύ της Μαρίνας και της βόρειας κουρτίνας, το ίζημα δεν εξαπλώνεται προς τα βόρεια.

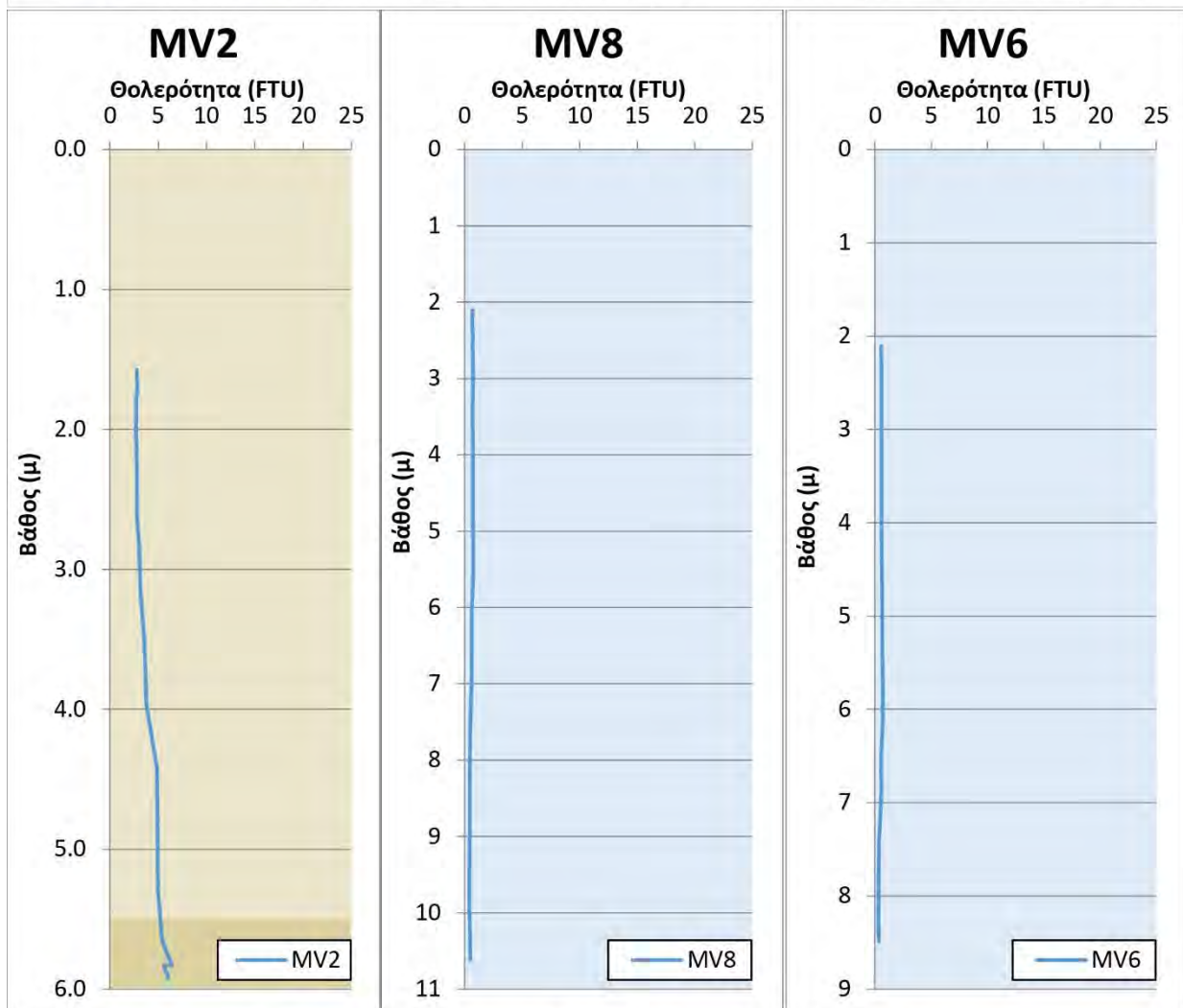
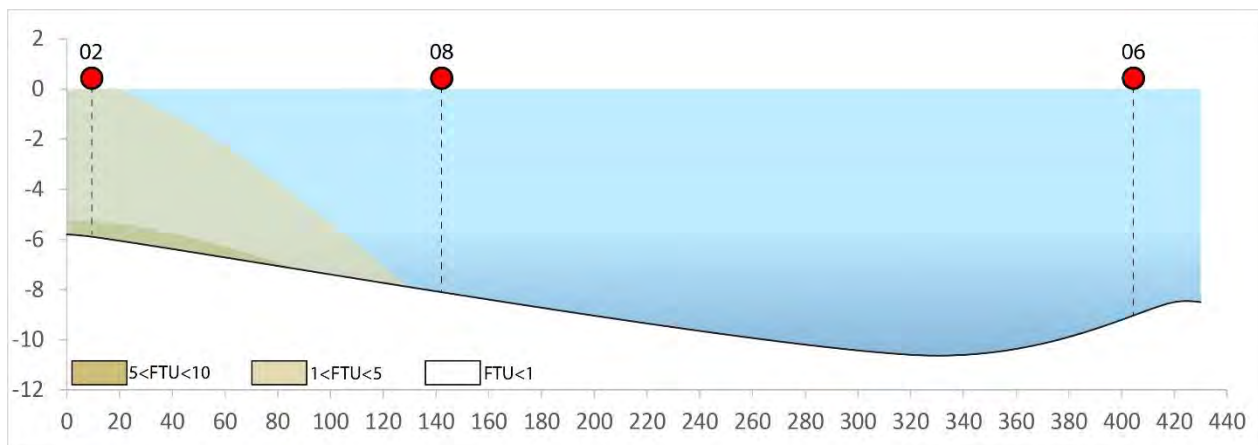
Στις θέσεις 11, 12 και 17 στην ανατολική πλευρά του μόλου παρατηρείται έντονη αιώρηση ιζήματος σε βάθος νερού άνω των 6 m, μεταξύ 5 και 20 FTU, λόγω της εγγύτητας με την ενεργή περιοχή βυθοκορήσεων που γινόταν ταυτόχρονα με τη δειγματοληψία στο άκρο του προσήνεμου μόλου.

Στις θέσεις 10 και 13, οι οποίες βρίσκονται εξωτερικά της ανατολικής κουρτίνας ιλύος, οι τιμές FTU έως το βάθος των 12 m είναι μικρότερες του 1, ενώ στο βαθύτερο τμήμα (12-17 m), όπου δεν φτάνει η κουρτίνα ιλύος, οι τιμές θολερότητας κυμαίνονται μεταξύ 5 και 20,5 FTU, καθώς το αιωρούμενο ιζημα εμποδίζεται από την κουρτίνα και κατακάθεται στον πυθμένα της περιοχής.

Οι τιμές θολερότητας στις θέσεις 14-15-16 στο νότιο τμήμα της περιοχής είναι μικρότερες του 1 FTU, οπότε δεν παρατηρείται εξάπλωση του αιωρούμενου ιζήματος προς το Νότο.

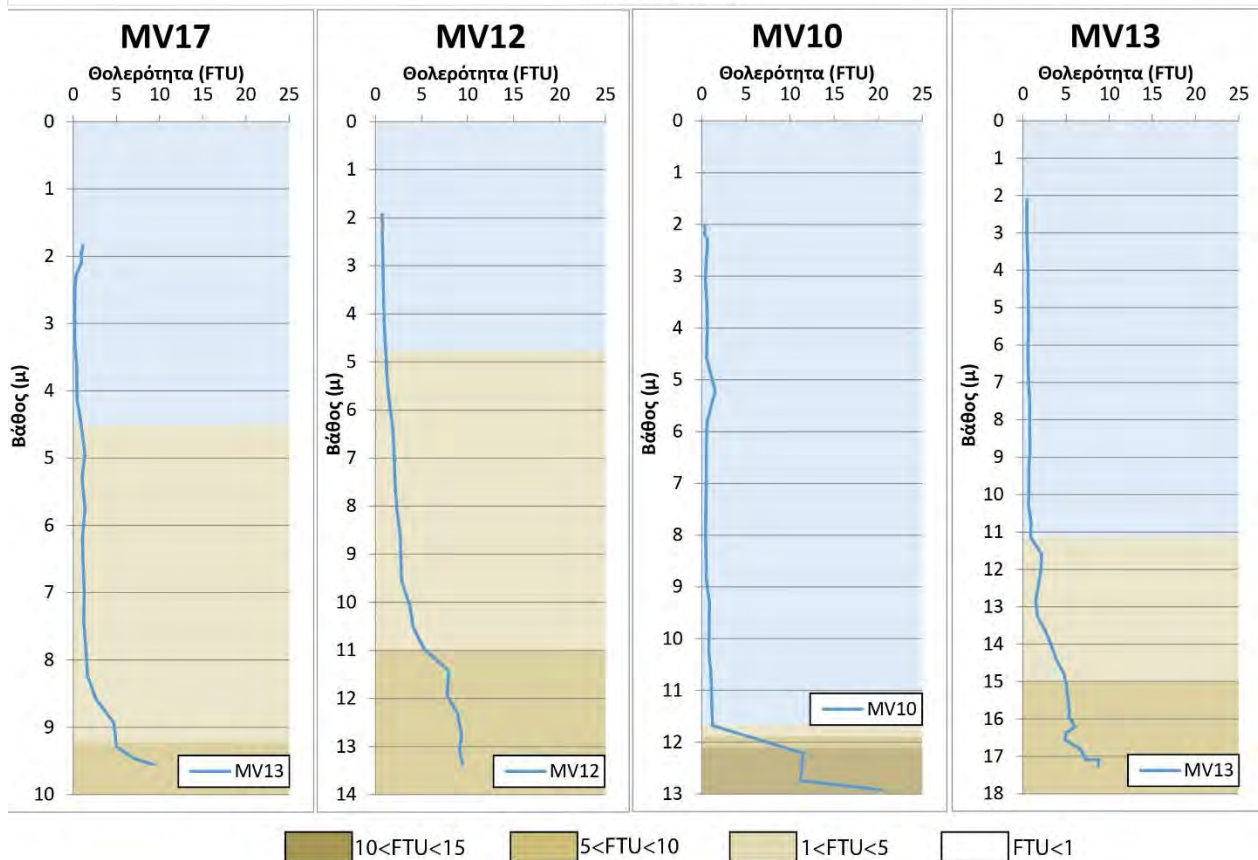
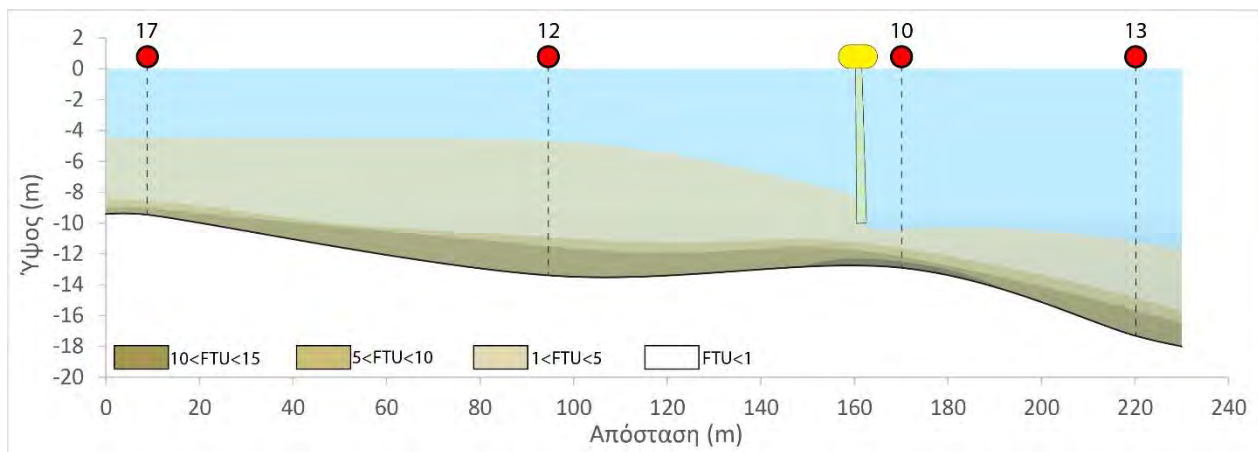




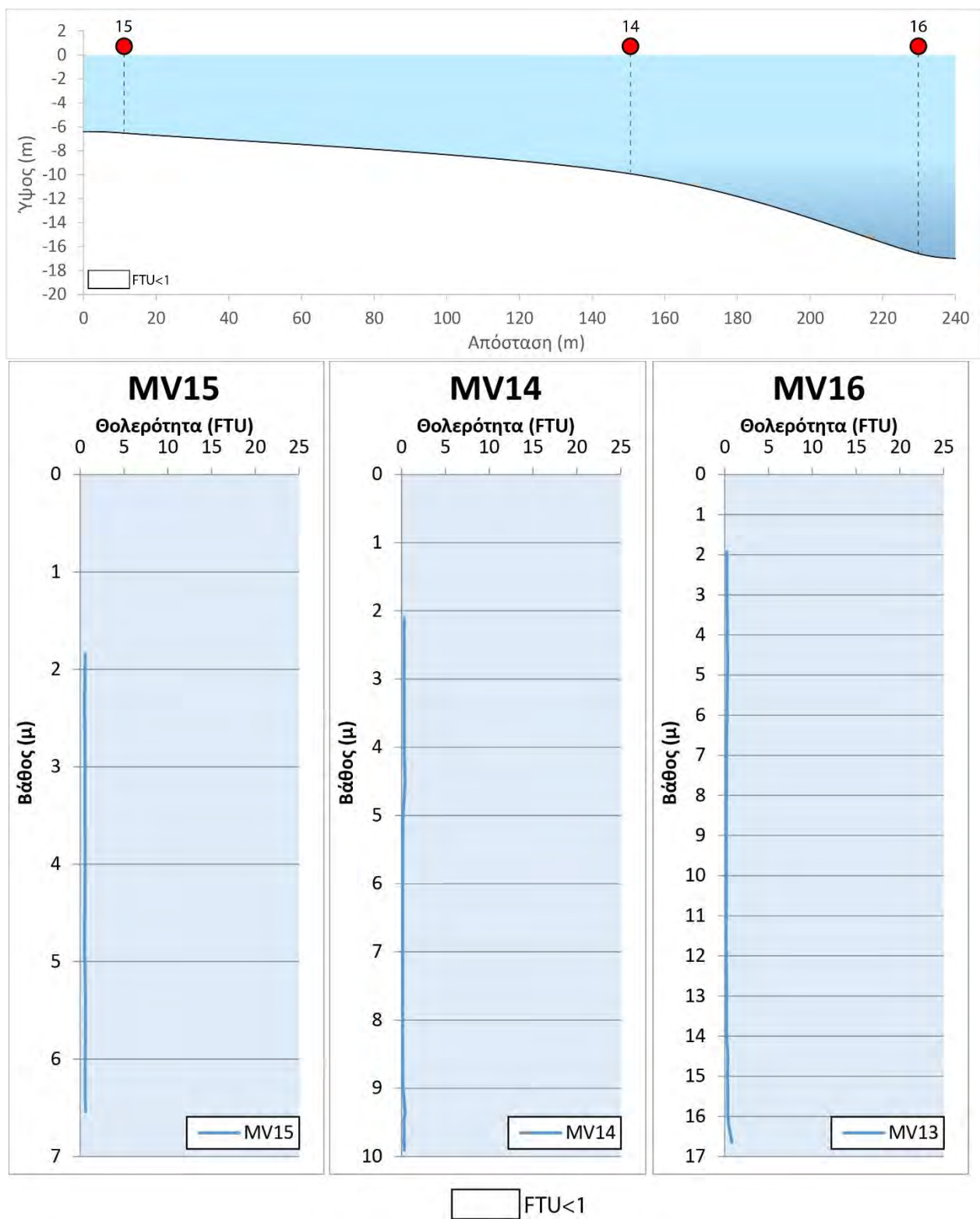


$5 < \text{FTU} < 10$ $1 < \text{FTU} < 5$ $\text{FTU} < 1$

(γ)



(δ)

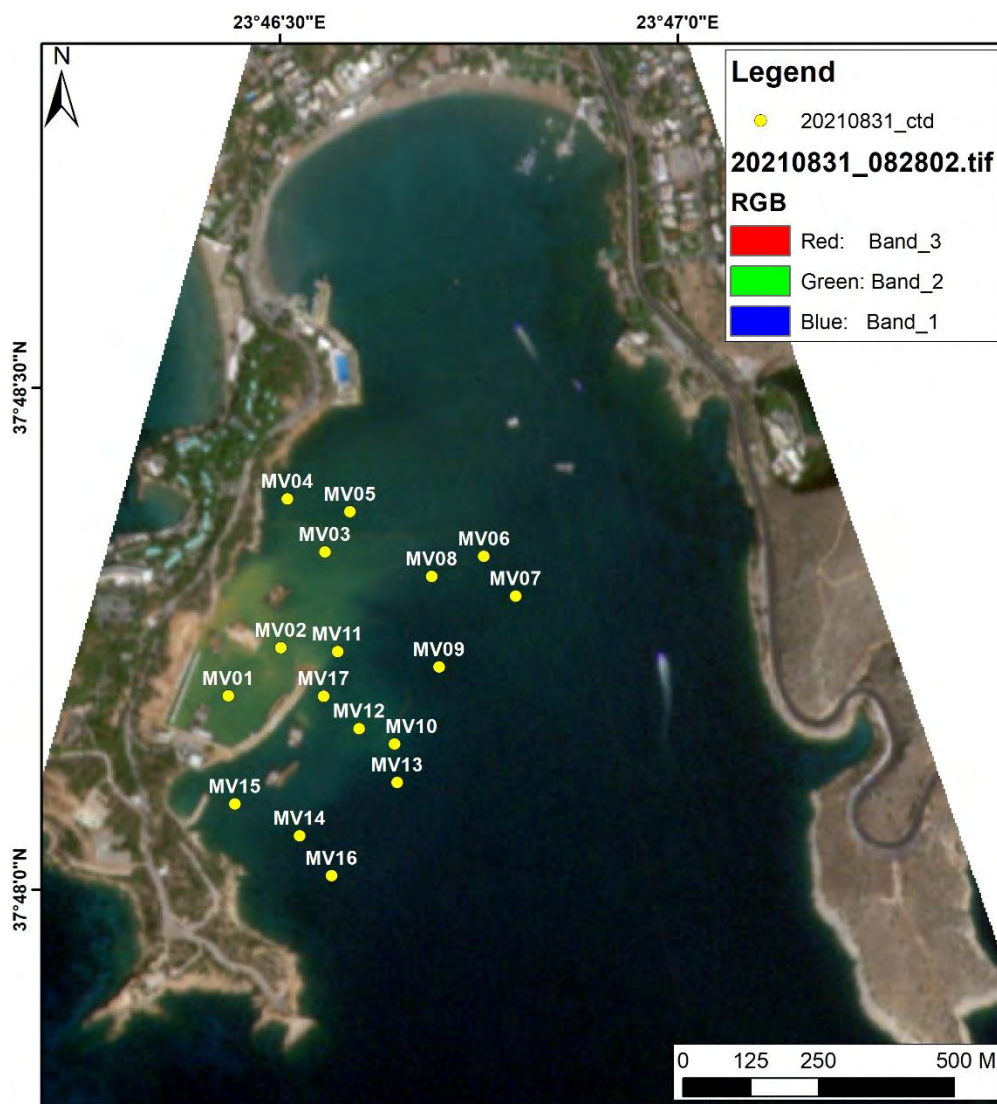


(ε)

Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση της διασποράς/διάχυσης του παραγόμενου νεφελώματος από τις εργασίες εκσκαφής/βυθοκόρησης της 31^{ης} Αυγούστου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε την Εικόνα 3 .

Γενικά, οι μετρήσεις της θολερότητας έδειξαν ότι η διασπορά/διάχυση του νεφελώματος που παρήχθη από τις εργασίες εκσκαφής/βυθοκόρησης της 31^{ης} Αυγούστου 2021 περιορίστηκε σε μεγάλο βαθμό εντός των ορίων του τεχνικού έργου, με εξαίρεση το ανατολικό τμήμα της Μαρίνας, όπου εξαιτίας των βυθοκορήσεων παρατηρούνται αυξημένες τιμές θολερότητας. Σημαντικό ρόλο στη συγκράτηση των αιωρημάτων παίζει η εγκατάσταση προστατευτικών κουρτινών ιλύος (silt curtains) στο τμήμα εισόδου/εξόδου της μαρίνας, καθώς και ανατολικά αυτής.

Επιπρόσθετα, από τη δορυφορική εικόνα που ελήφθη κατά τη διάρκεια των εργασιών εκβάθυνσης της 31^{ης} Αυγούστου 2021 (11:28 ώρα Ελλάδος) επιβεβαιώνεται ότι το επιφανειακό πλούμιο των επανααιωρούμενων ιζημάτων περιορίζεται γενικά εντός των ορίων του τεχνικού έργου και δεν διασκορπίζεται/διαχέεται στην ευρύτερη περιοχή του Όρμου Βουλιαγμένης, με εξαίρεση την ανατολική περιοχή, όπου το πλουμίο κατευθύνεται προς τα ανατολικά, εμποδιζόμενο να διασπαρθεί ανατολικότερα λόγω της ανατολικής κουρτίνας ιλύος(Εικόνα 7).



Εικόνα 7: Δορυφορική εικόνα της περιοχής του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης, με τα όρια διασποράς/διάχυσης του επιφανειακού νεφελοειδούς στρώματος (πλουμίου), το οποίο προέκυψε από τις εργασίες βυθοκόρησης της 31^{ης} Αυγούστου 2021 (11:28 ώρα Ελλάδος).

Συμπεράσματα

Η θολερότητα που προέκυψε στην υδάτινη στήλη από τις εργασίες βυθοκόρησης στη Μαρίνα Βουλιαγμένης κατά την 31^η Αυγούστου 2021 παρουσιάστηκε σχετικά αυξημένη εντός της λιμενολεκάνης και στην ανατολική πλευρά της εισόδου αυτής. Ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι μικρότερες των 30 FTU (δεν ξεπερνούν τα 21 FTU) και εντοπίζονται σε περιοχή που προβλέπεται να τροποποιηθεί κατά τη διάρκεια του έργου. Επομένως, δεν αναμένεται να επηρεάσει αρνητικά το ποιοτικά φτωχό οικοσύστημα της λιμενολεκάνης.

Σε απόσταση 50-100 m από τα σημεία των ενεργών θέσεων εκσκαφής/βυθοκόρησης («κοντινά πεδία»), η θολερότητα δημιουργεί συνθήκες που χαρακτηρίζονται από «εξαιρετικές» έως «ικανοποιητικές» για τους θαλάσσιους οργανισμούς.

Επισημαίνεται ότι οι τιμές της θολερότητας που μετρήθηκαν στα «μακρινά πεδία», δηλαδή σε περιοχές που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 100-150 m από τα σημεία ενεργής βυθοκόρησης, κυμάνθηκαν σε «εξαιρετικά» έως «φυσιολογικά» επίπεδα (<2 FTU) για παράκτια ύδατα, και θεωρούνται απόλυτα ασφαλείς για το τοπικό θαλάσσιο οικοσύστημα του Όρμου Βουλιαγμένης.

Τέλος, διαπιστώθηκε ότι το παραγόμενο από τις εργασίες βυθοκόρησης νεφέλωμα δεν διαχύθηκε προς το βόρειο και κεντρικό τμήμα του Όρμου Βουλιαγμένης, λόγω της παρουσίας των προστατευτικών κουρτινών ιλύος. Οι τιμές θολερότητας στις περιοχές εκτός των ορίων του έργου (θέσεις δειγματοληψίας 4 έως 9 στα βόρεια και 14 έως 16 στα νότια) κυμαίνονταν από 0,1 έως 2,5 FTU, με την κατάσταση του ύδατος να χαρακτηρίζεται «εξαιρετική» έως «φυσιολογική».

Βιβλιογραφία

- Bundgaard, K. (2020). Assessing and evaluating environmental turbidity limits for dredging. *Terra et Aqua*, 159, 27-42.
- Capello, M., Cutroneo, L., Ferranti, M. P., Budillon, G., Bertolotto, R. M., Ciappa, A., ... Tucci, S. (2014). Simulations of dredged sediment spreading on a *Posidonia oceanica* meadow off the Ligurian coast, Northwestern Mediterranean. *Marine pollution bulletin*, 79(1-2), 196-204.
- Clarke, D., Wilber, D. (2008). Compliance monitoring of dredging-induced turbidity: defective designs and potential solutions. In proceedings of the *Western Dredging Association 28th technical conference* (pp. 129-142).
- Houngnandan, F., Kéfi, S., Deter, J. (2020). Identifying key-conservation areas for *Posidonia oceanica* seagrass beds. *Biological Conservation*, 247, 108546.
- Kanellopoulos, T.D., Panagiotopoulos, I.P., Karageorgis, A.P., Kikaki, A., Morfis, I., Hatiris, G.A., Kapsimalis, V. (2020). Assessment of the physical impact of a short-term dredging operation on a semi-enclosed environment: South Euboean Gulf, Greece. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192(1), 1-20.
- Li, C., Zhang, Y. H., Wu, X. X., Jiang, Y. S., Li, W. T., Zhang, P. D. (2021). Changes in survival and growth in response to different combinations of turbidity and duration in eelgrass *Zostera marina* plants. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107108.
- Luger, S.A., Schoonees, J.S., Mocke, G.P., Smit, F. (1998). Predicting and evaluating turbidity caused by dredging in the environmentally sensitive Saldanha Bay. In *Proceedings of the 26th International Conference on Coastal Engineering*, Copenhagen, Denmark (Vol. 3, pp. 3561-3574). Reston: American Society of Civil engineers.
- McCaffrey, S., Catchment, N. (2018). *Water Quality Parameters and Indicators*. Waterwatch, New South Wales.
- Ruiz, J. M., Romero, J. (2003). Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine pollution bulletin*, 46(12), 1523-1533.
- van Rijn, L.C. (2019). Turbidity due to dredging and dumping of sediments. <https://www.leovanrijnsediment.com/papers/Turbiditydredging2020.pdf>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

MV1		MV2		MV3		MV4		MV5		MV6		MV7		MV8		MV9	
Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU
2.285	13.114	1.576	2.778	2.196	0.665	1.931	1.374	2.019	1.099	2.108	0.549	1.842	0.397	2.108	0.623	1.753	0.385
2.374	13.352	1.753	2.839	2.285	0.653	2.285	1.355	2.019	1.129	2.108	0.562	1.842	0.385	2.108	0.665	1.753	0.403
2.374	14.225	1.753	2.766	2.374	0.702	2.728	1.709	2.196	1.117	2.285	0.574	1.842	0.397	2.108	0.696	1.931	0.372
2.285	13.211	1.753	2.723	2.374	0.672	3.083	1.832	2.551	1.111	2.462	0.574	1.931	0.397	2.108	0.665	2.108	0.366
2.462	14.096	2.019	2.705	2.551	0.714	3.437	1.752	2.905	1.099	2.64	0.586	2.285	0.403	2.285	0.659	2.285	0.354
2.64	13.62	2.285	2.778	2.64	0.72	4.146	2.46	3.26	0.989	2.994	0.586	2.728	0.403	2.285	0.659	2.551	0.379
2.817	13.535	2.64	2.821	2.817	0.72	4.146	2.228	3.614	0.965	3.26	0.586	3.083	0.421	2.374	0.69	2.905	0.397
2.728	14.261	2.817	3.028	3.171	0.635	4.412	2.192	3.969	0.891	3.614	0.58	3.614	0.427	2.462	0.696	3.26	0.397
3.171	13.748	3.171	3.162	3.703	0.611	4.944	1.813	4.323	1.001	3.969	0.592	3.969	0.44	2.551	0.678	3.526	0.403
3.26	14.127	3.526	3.571	4.235	0.678	5.21	1.801	4.855	0.916	4.412	0.617	4.501	0.488	2.905	0.726	3.969	0.446
3.349	13.889	3.969	3.761	4.678	0.641	5.653	1.728	5.121	0.836	4.855	0.635	4.944	0.495	3.437	0.684	4.589	0.458
3.614	13.999	4.412	4.841	4.944	0.598	6.007	1.306	5.564	0.8	5.21	0.653	5.476	0.537	3.88	0.702	5.21	0.458
3.88	13.162	4.855	4.921	5.21	0.556	6.096	1.038	5.919	0.922	5.653	0.684	6.007	0.562	4.235	0.708	5.653	0.47
4.235	13.156	5.298	4.982	5.653	0.556			6.273	1.093	6.096	0.702	6.451	0.623	4.678	0.702	6.185	0.531
4.501	13.376	5.653	5.397	6.007	0.482			6.628	1.197	6.539	0.568	6.982	0.623	5.21	0.739	6.717	0.47
4.767	14.658	5.83	6.422	6.362	0.44			6.894	1.233	6.894	0.58	7.337	0.604	5.564	0.739	7.16	0.464
5.121	14.737	5.83	5.556	6.362	0.397			7.071	1.178	7.426	0.366	7.78	0.507	6.096	0.598	7.691	0.354
5.298	14.725	5.919	6.038	6.362	0.403			7.337	1.154	7.78	0.336	8.223	0.348	6.539	0.586	8.223	0.348
				6.362	0.433			7.78	1.062	8.312	0.317	8.666	0.293	6.982	0.592	8.755	0.342
				6.539	0.391			8.046	0.989	8.489	0.366	9.021	0.269	7.514	0.482	9.198	0.324
				6.805	0.482			8.135	0.952			9.376	0.275	8.046	0.44	9.641	0.342
				7.071	0.598			8.489	0.928			9.73	0.287	8.489	0.427	10.085	0.293
				7.248	0.574			8.666	0.8			10.085	0.263	9.021	0.433	10.528	0.305
				7.514	0.617							10.439	0.293	9.553	0.415	10.971	0.299
				7.869	0.574							10.705	0.287	9.907	0.421	11.326	0.305
				8.046	0.58							11.148	0.415	10.351	0.476	11.857	0.281
				8.135	0.537							11.326	0.427	10.616	0.488	12.301	0.287
												11.68	0.446			12.744	0.281
												11.946	0.488			13.187	0.287
												12.123	0.482			13.453	0.281
												12.301	0.531			13.719	0.256
												12.478	0.543			13.896	0.256
												12.567	0.586			13.896	0.281
												12.655	0.537			13.985	0.269
												12.833	0.495			13.985	0.287
												13.01	0.464			14.074	0.293
												13.098	0.452			14.162	0.299
												13.098	0.495			14.339	0.751
												13.098	0.488			14.339	0.885
												13.098	0.507			14.339	0.58
												13.01	0.519			14.428	0.47
												13.187	0.476				
												13.187	0.519				

13.187	0.519
13.187	0.464
13.187	0.433
13.187	0.525
13.187	0.476
13.276	0.409

MV10		MV11		MV12		MV13		MV14		MV15		MV16		MV17		
Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	Depth (m)	FTU	
2.019	0.324	1.931	5.971	1.931	0.714	2.108	0.476	2.196	0.305	1.842	0.58	1.931	0.226	1.842	1.099	
2.108	0.342	1.931	5.611	2.019	0.733	2.285	0.488	2.108	0.305	1.931	0.592	1.931	0.263	1.931	1.026	
2.196	0.293	2.019	5.604	2.019	0.739	2.374	0.47	2.108	0.287	1.931	0.568	2.019	0.263	1.931	0.91	
2.285	0.641	2.019	5.855	2.108	0.739	2.64	0.488	2.108	0.305	2.019	0.549	2.108	0.263	2.108	0.928	
2.462	0.611	2.285	3.877	2.108	0.781	2.817	0.488	2.374	0.293	2.108	0.531	2.462	0.263	2.285	0.305	
2.64	0.513	2.728	3.81	2.285	0.726	3.083	0.495	2.728	0.299	2.374	0.513	2.817	0.244	2.462	0.22	
3.083	0.403	3.171	3.388	2.551	0.751	3.526	0.537	3.171	0.299	2.64	0.525	3.349	0.281	2.64	0.208	
3.526	0.574	3.437	3.297	2.994	0.8	3.88	0.592	3.703	0.299	3.083	0.531	3.792	0.293	2.905	0.183	
3.969	0.623	3.88	3.59	3.526	0.867	4.235	0.617	4.058	0.324	3.437	0.525	4.146	0.287	3.26	0.171	
4.146	0.635	4.412	4.542	3.969	0.885	4.767	0.635	4.501	0.409	3.88	0.562	4.589	0.33	3.614	0.385	
4.146	0.556	4.944	5.696	4.501	1.013	5.298	0.647	5.033	0.177	4.412	0.543	5.121	0.305	4.146	0.44	
4.589	0.537	5.564	6.624	4.944	1.154	5.653	0.647	5.653	0.14	4.855	0.501	5.653	0.269	4.412	0.818	
5.21	1.514	5.919	7.692	5.387	1.276	6.096	0.598	6.273	0.128	5.298	0.586	6.185	0.25	4.944	1.374	
5.83	0.562	6.451	9.072	5.919	1.563	6.539	0.623	6.982	0.116	5.83	0.598	6.717	0.232	5.298	1.02	
6.273	0.525	7.071	18.779	6.451	1.899	7.071	0.69	7.691	0.122	6.362	0.58	7.248	0.201	5.742	1.355	
6.805	0.525	7.691	20.403	6.982	2.027	7.514	0.781	8.223	0.11	6.539	0.617	7.78	0.208	6.185	1.087	
7.514	0.464	8.135	20.366	7.514	2.125	7.957	0.8	8.932	0.134				8.312	0.177	6.539	1.129
8.046	0.433	8.312	20.482	8.046	2.314	8.401	0.781	9.376	0.421				8.755	0.171	6.982	1.276
8.489	0.482	8.401	20.458	8.666	2.705	8.844	0.818	9.464	0.25				9.376	0.153	7.426	1.227
8.844	0.519			9.198	2.772	9.198	0.702	9.553	0.275				9.907	0.165	7.869	1.477
9.287	0.849			9.553	2.845	9.73	0.72	9.641	0.293				10.439	0.159	8.223	1.661
9.73	0.824			10.085	3.748	10.262	0.665	9.73	0.299				10.882	0.153	8.578	2.625
10.262	0.8			10.528	4.103	10.705	0.934	9.819	0.256				11.148	0.153	8.932	4.707
10.705	1.056			10.971	5.293	11.148	0.91	9.819	0.342	11.414	0.14	9.287	5.018			
11.237	1.129			11.414	7.924	11.592	2.186	9.907	0.305	11.857	0.153	9.464	7.076			
11.68	1.203			11.946	7.814	12.035	2.07				12.478	0.189	9.553	9.31		
12.212	11.477			12.301	8.883	12.478	1.764				13.01	0.226				
12.744	11.233			12.744	9.353	12.833	1.465				13.453	0.195				
12.921	20.421			13.098	9.139	13.276	1.709				13.985	0.226				
				13.364	9.481	13.63	2.589				14.517	0.372				
						13.985	3.205				14.96	0.311				
						14.428	3.889				15.492	0.366				
						14.783	4.725				15.846	0.336				
						15.049	5.049				16.201	0.458				
						15.403	5.189				16.644	0.824				
						15.758	5.379									
						15.935	5.317									
						16.201	6.032									
						16.378	5.049									
				16.556	4.86											
				16.822	6.758											
				17.088	7.265											
				17.088	8.797											
				17.265	8.748											