



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΚΑΙ ΕΠΕΝΔΥΣΕΩΝ

ΓΕΝΙΚΗ ΓΡΑΜΜΑΤΕΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑΣ

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 27^{ης} Ιουλίου 2021

Αύγουστος 2021

Ανάβυσσος

Επιστημονικός Υπεύθυνος

Δρ Βασίλειος Καψιμάλης

Διευθυντής Ερευνών, Ι.Ω./ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε. Θαλάσσιος

Γεωλόγος - Ιζηματολόγος

Επιστημονικό και τεχνικό προσωπικό από το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας

Παναγιωτόπουλος Ι.	Θαλάσσιος Γεωλόγος-Ιζηματολόγος (Δρ)
--------------------	--------------------------------------

Μόρφης Ι.	Μηχανικός Ηλεκτρολόγος – Η/Υ (MSc)
-----------	------------------------------------

Πετράκης Σ.	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-ιλυώδους έως αργιλο-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 πλουμίου 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,

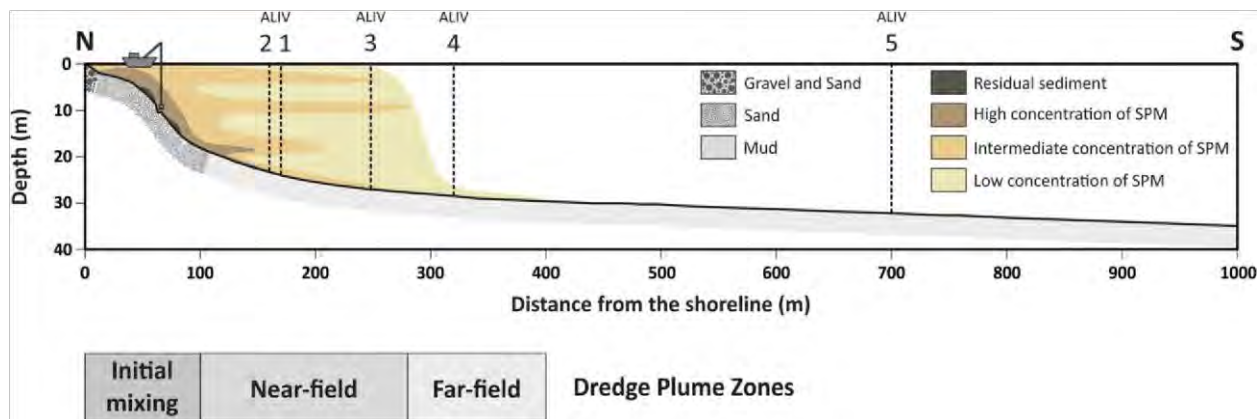
V είναι ο όγκος κάθε σωματιδίου του υδάτινου μέσου (εάν θεωρηθεί ότι όλα τα σωματίδια έχουν τον ίδιο όγκο), λ είναι το μήκος κύματος του φωτός, n είναι ο αριθμός των σωματιδίων στην μονάδα όγκου του υδάτινου μέσου και, τέλος, k είναι μία φυσική σταθερά.

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 (Kanelloropoulos 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).

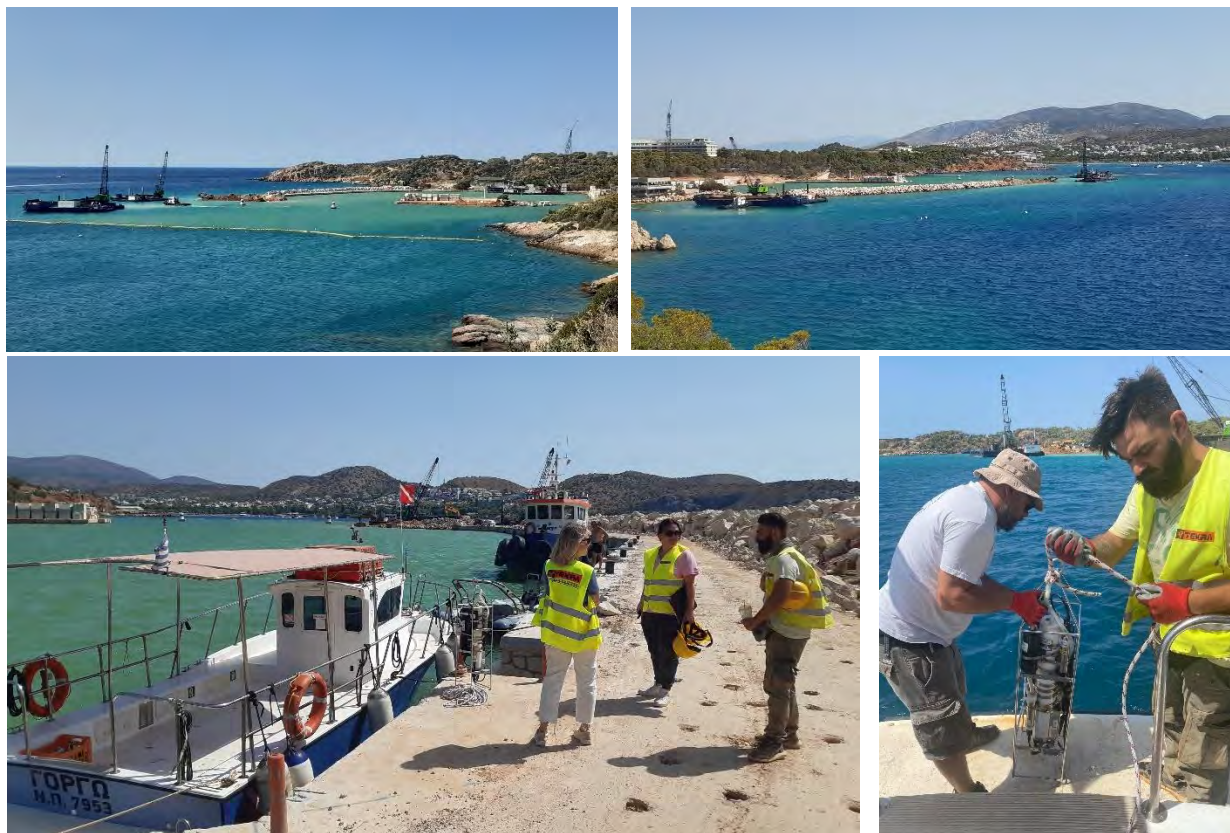
Επίσης, στην Αυστραλία έχει υιοθετηθεί η εξής διαβάθμιση (McCaffrey and Catchment 2018): όταν η θολερότητα είναι >10 NTU η κατάσταση των υδάτων θεωρείται ως «εξαιρετική», όταν κυμαίνεται από 15 έως 30 NTU θεωρείται ως «ικανοποιητική» και όταν είναι >30 NTU θεωρείται ως «φτωχή».

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, Hounghandan 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

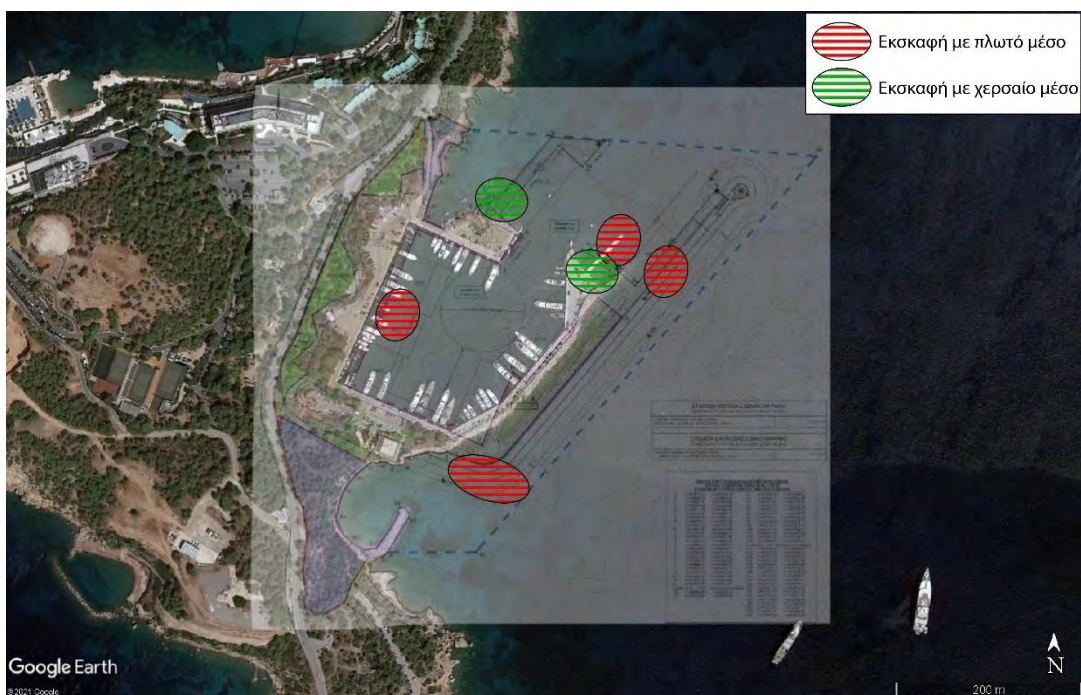
Η συλλογή των μετρήσεων θολερότητας έγινε με τη χρήση του νεφελόμετρου ‘Seapoint Turbidity Meter’ (εύρος μετρήσεων 0-1250 FTU, απόκλιση $\pm 2\%$) προσαρμοσμένο σε αυτογραφικό όργανο CTD (conductivity, temperature, density) (Εικόνα 2). Την 27^η Ιουλίου 2021 πραγματοποιήθηκαν κάθετες καταγραφές στην υδάτινη στήλη (από το βάθος του ~ 1 m μέχρι τον πυθμένα) σε 11 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 27^η Ιουλίου 2021



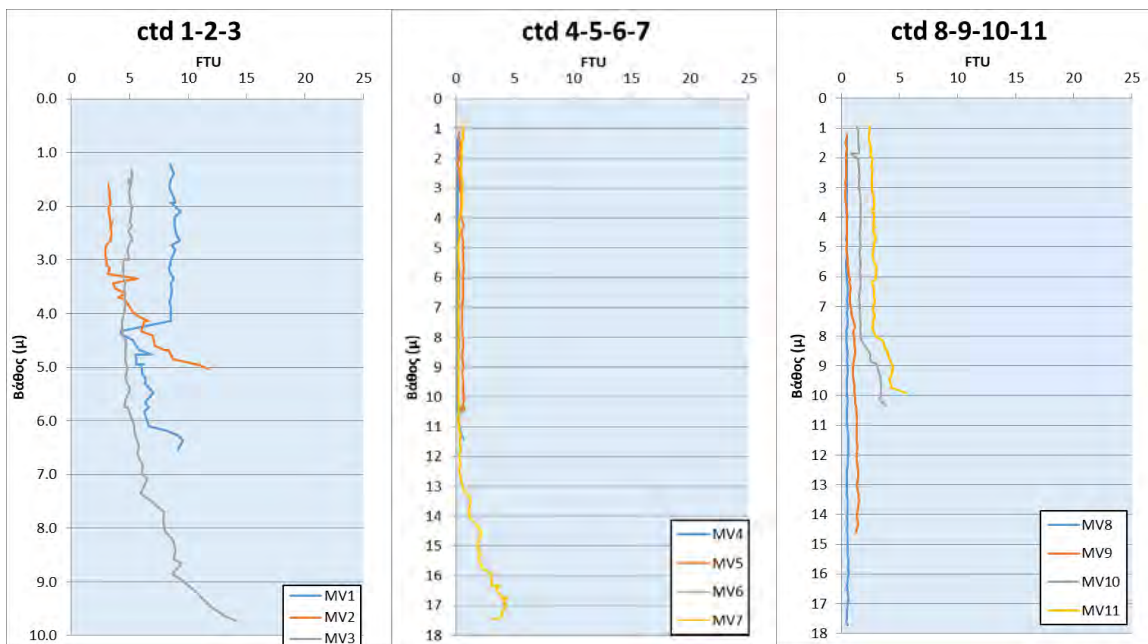
Εικόνα 3: Θέσεις μέτρησης της θολερότητας στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 27^{ης} Ιουλίου 2021. Η άσπρη, η κόκκινη και η πράσινη γραμμή αντιπροσωπεύουν τις γεωγραφικές θέσεις των τομών των Εικόνων 6α, 6β και 6γ, αντίστοιχα. Με κίτρινη γραμμή αποτυπώνονται οι θέσεις πόντισης των κουρτινών ιλύος.



Εικόνα 4: Ενεργές εκσκαφές/βυθοκορήσεις στην περιοχή των έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 27^{ης} Ιουλίου 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 1-2-3 είναι εντός και πλησίον της λιμενολεκάνης, οι θέσεις 4-5-6-7 είναι εξωτερικά από τις κουρτίνες ιλύος, ενώ οι θέσεις 4-5-6-8 είναι ανατολικά και νότια της μαρίνας, σε περιοχές που δεν επηρεάζονται από τις κουρτίνες ιλύος.



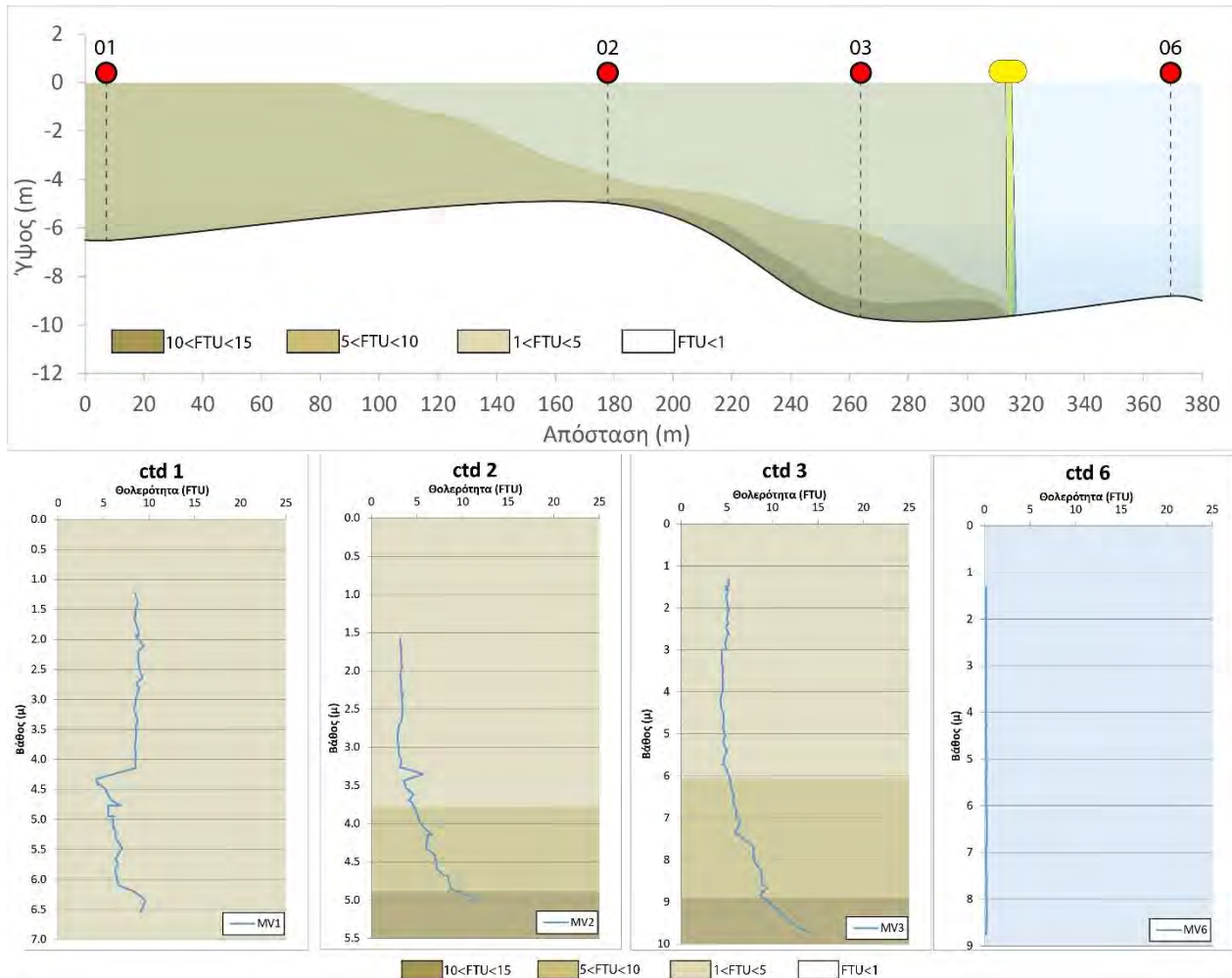
Εικόνα 5: Κατακόρυφες καταγραφές της θολερότητας (σε FTU) στην περιοχή του έργου της Μαρίνας Βουλιαγμένης κατά τη διάρκεια της 22^{ας} Ιουλίου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε την Εικόνα 3.

Εντός της λιμενολεκάνης της Μαρίνας Βουλιαγμένης, στη θέση 01, οι τιμές θολερότητας κυμαίνονταν μεταξύ 6,0 και 9,1 FTU, σχετικά σταθερές σε όλη τη στήλη του νερού. Το πλούμιο των εν εξελίξει βυθοκορήσεων φαίνεται να κινείται προς τα βόρεια, μετακινούμενο στην περιοχή κοντά στον πυθμένα, καθώς συναντάται στα κατώτερα σημεία των σημείων δειγματοληψίας 02 και 03, με τιμές που φτάνουν έως τα 14,1 FTU στο κατώτερο μισό μέτρο της θέσης 03. Στη στήλη του νερού, σε βάθη από 1 m έως 3,5 (για τη θέση 02) και έως 6,2 m (για τη θέση 03)

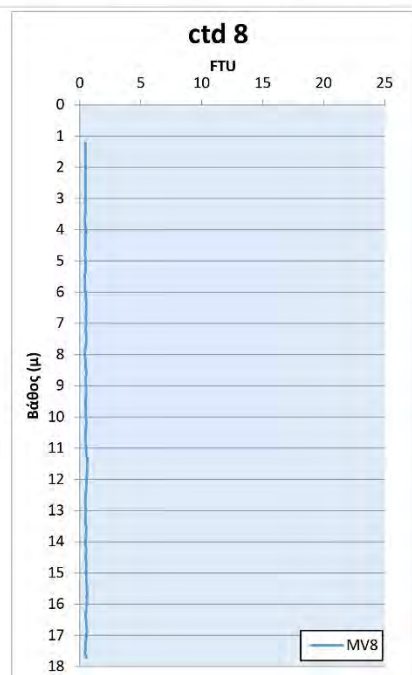
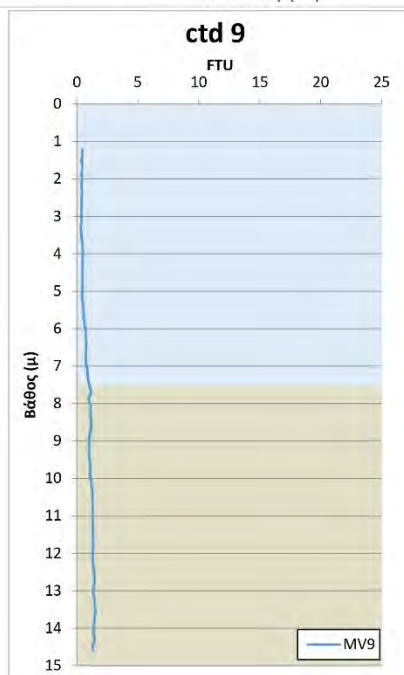
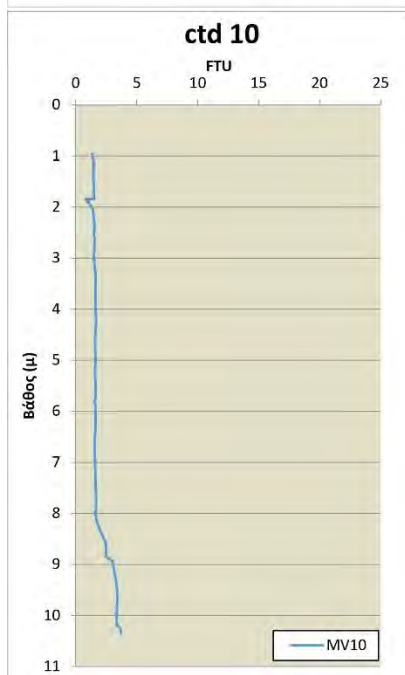
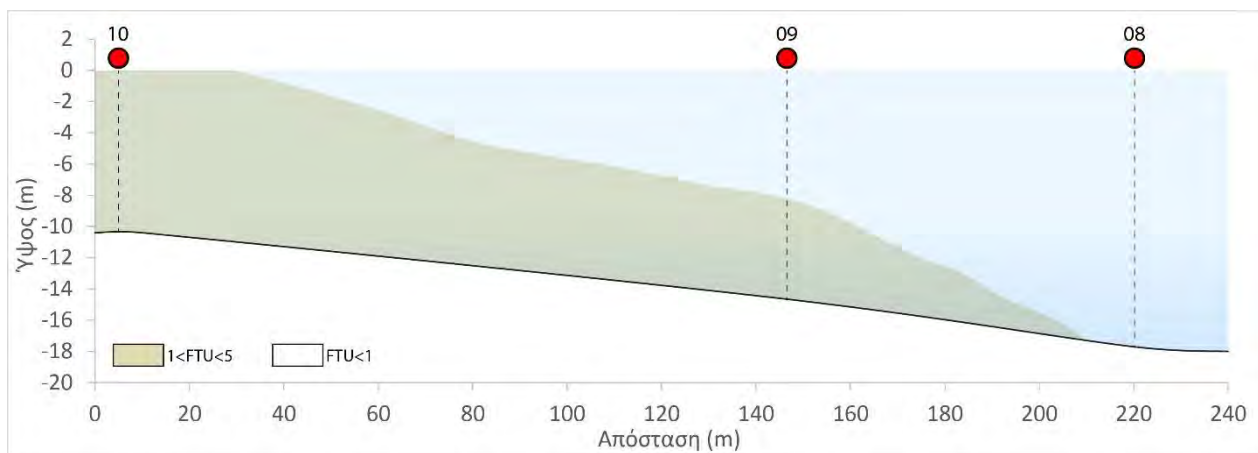
Οι τιμές FTU στις θέσεις 04, 05 και 06 που βρίσκονται έξω από την κουρτίνα στο βόρειο τμήμα, καθώς και η θέση 07 στο ανατολικό τμήμα, είναι σε όλη τη στήλη του νερού, σχεδόν στο σύνολό τους μικρότερες του 1. Οι ελάχιστες αυτές τιμές υποδεικνύουν τη σωστή διάταξη τοποθέτησής των κουρτινών, καθώς το αιωρούμενο υλικό δεν εξαπλώνεται έξω από τα όρια της περιοχής εργασιών. Εξάιρεση αποτελούν τα κατώτερα 4 m της στήλης του νερού στη θέση 07, όπου παρατηρείται σχετικά αυξημένη θολερότητα με τιμές μεταξύ 1 και 5 FTU.

Στις θέσεις 8, 9, 10 και 11, στην ανατολική και νότια πλευρά του μόλου παρατηρείται ελαφριά αιώρηση ιζήματος, μικρότερη των 5 FTU, λόγω της εγγύτητας με την ενεργή περιοχή εκσκαφών που γινόταν

ταυτόχρονα με τη δειγματοληψία. Στις θέσεις 8 και 9, οι οποίες βρίσκονται σε απόσταση 200-250 m από το νότιο μόλο οι τιμές FTU είναι κατά πλειοψηφία κάτω του 1, ενώ οι εγγύτερες θέσεις δειγματοληψίας 10 και 11, σε απόσταση 50-100 m από το νότιο μόλο, έχουν τιμές μεταξύ 1 και 5 FTU, οι υψηλότερες αυτών να εντοπίζονται σε βάθη νερού μεταξύ 8 και 10 m, στον πυθμένα της περιοχής.

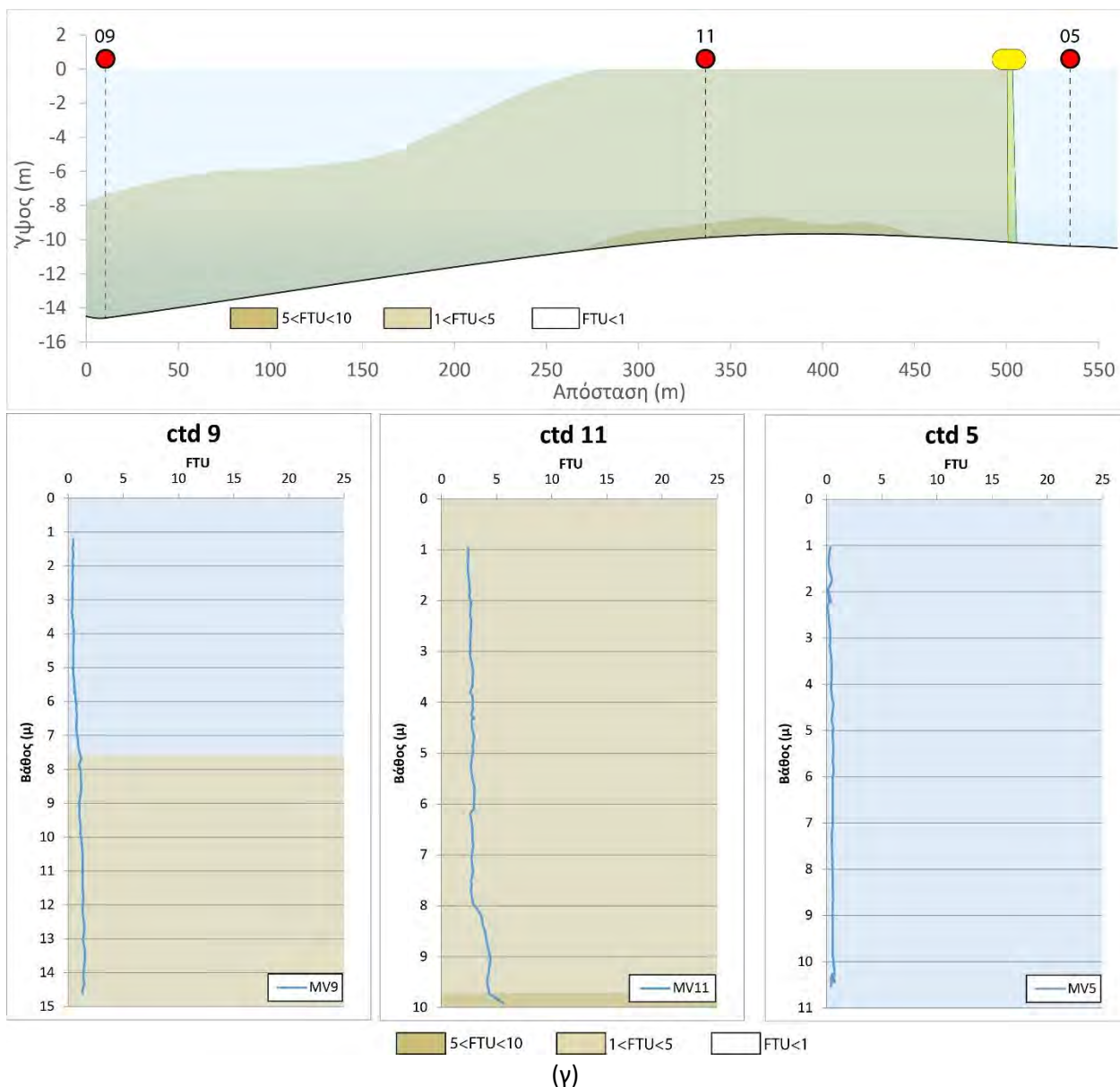


(α)



$1 < FTU < 5$
 $FTU < 1$

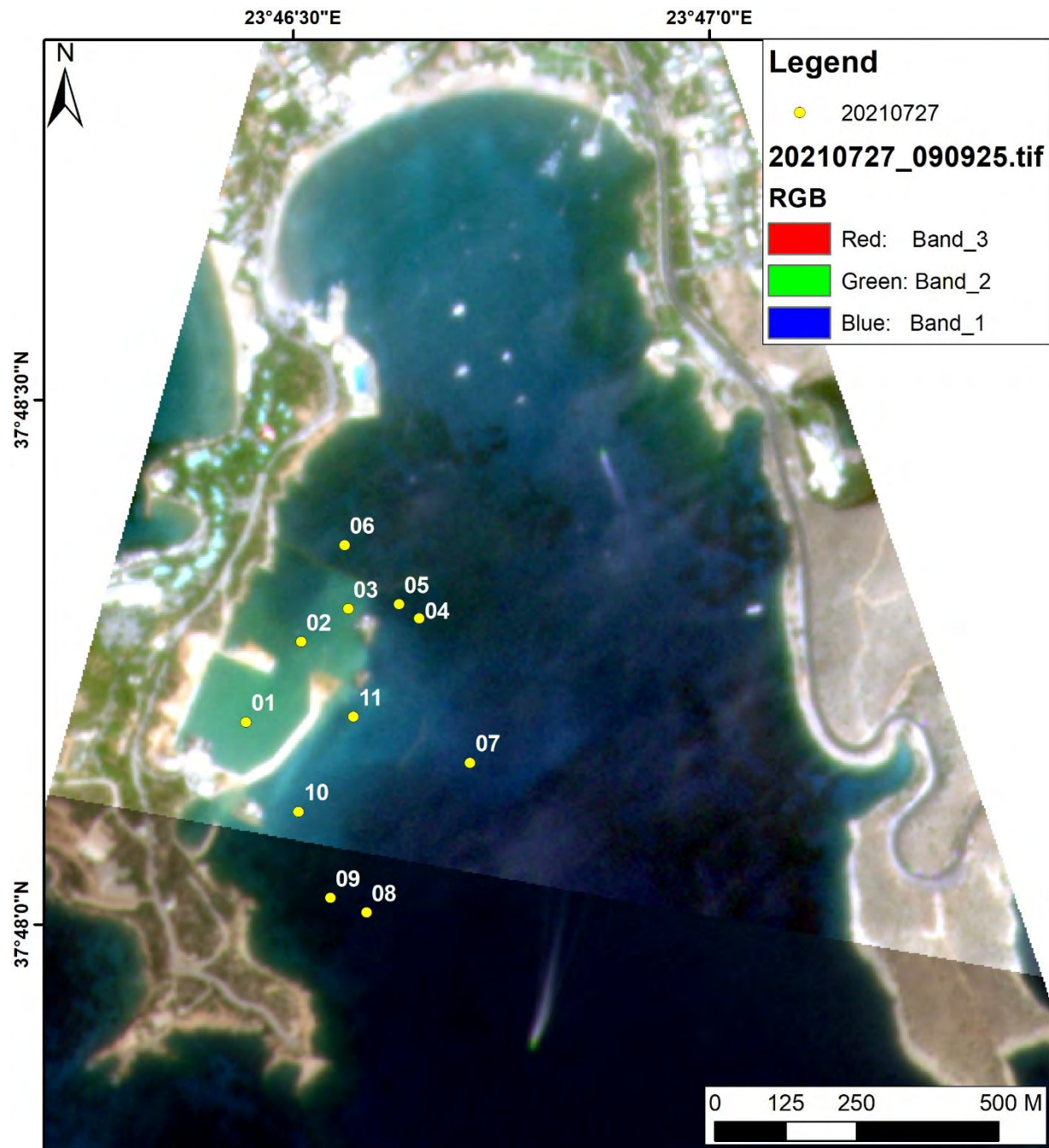
(β)



Εικόνα 6: Σχηματική αναπαράσταση της διασποράς/διάχυσης του παραγόμενου νεφελώματος από τις εργασίες εκσκαφής/βυθοκόρησης της 27^{ης} Ιουλίου 2021. Για τις θέσεις των μετρήσεων βλέπε την Εικόνα 3 .

Γενικά, οι μετρήσεις της θολρότητας έδειξαν ότι η διασπορά/διάχυση του νεφελώματος που παρήχθη από τις εργασίες εκσκαφής/βυθοκόρησης της 27^{ης} Ιουλίου 2021 περιορίστηκε εντός των ορίων του τεχνικού έργου. 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 22^{ας} Ιουλίου 2021 (12:13 ώρα Ελλάδος) επιβεβαιώνεται ότι το επιφανειακό πλούμιο των επαναιωρούμενων ιζημάτων περιορίζεται εντός των ορίων του τεχνικού έργου και δεν διασκορπίζεται/διαχέεται στην ευρύτερη περιοχή του Όρμου Βουλιαγμένης (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 27^{ης} Ιουλίου 2021 (12:09 ώρα Ελλάδος).

Συμπεράσματα

Η θολερότητα που προέκυψε στην υδάτινη στήλη από τις εργασίες βυθοκόρησης στη Μαρίνα Βουλιαγμένης κατά την 27^η Ιουλίου 2021 παρουσιάστηκε σχετικά αυξημένη εντός της λιμενολεκάνης και στη είσοδο αυτής. Ωστόσο, οι τιμές αυτές είναι πολύ μικρότερες των 30 FTU (δεν ξεπερνούν τα 10 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 «φυσιολογικές» 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 επίπεδα (<1 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 υλός. Οι τιμές θολερότητας στις περιοχές εκτός των ορίων του έργου (θέσεις δειγματοληψίας 04, 05, 06 και 07) ήταν <1 FTU, με την κατάσταση του ύδατος να χαρακτηρίζεται ως «εξαιρετική», με εξαίρεση τα κατώτερα 4,5 m της στήλης στη θέση 07, όπου η κατάσταση χαρακτηρίζεται ως «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	
depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU
1.222	8.419	1.576	3.175	1.31	5.153	1.31	0.116	1.044	0.33	1.31	0.208
1.399	8.797	1.665	3.181	1.399	5.165	1.399	0.116	1.133	0.256	1.487	0.208
1.487	8.516	1.665	3.23	1.487	5.165	1.576	0.116	1.222	0.214	1.576	0.208
1.665	8.407	1.931	3.303	1.576	4.951	1.665	0.116	1.399	0.183	1.665	0.201
1.842	8.773	1.931	3.407	1.487	5.018	1.665	0.116	1.576	0.293	1.665	0.201
1.931	8.883	2.019	3.168	1.576	4.878	1.665	0.11	1.576	0.324	1.931	0.201
1.931	8.516	2.374	3.346	1.487	5.079	1.753	0.116	1.753	0.482	2.019	0.208
2.108	9.383	2.285	3.498	1.487	4.86	1.842	0.116	1.842	0.33	2.197	0.208
2.197	8.81	2.374	3.327	1.576	5.153	1.931	0.116	1.931	0.159	2.108	0.201
2.374	8.81	2.462	3.413	1.665	4.982	2.019	0.116	2.197	0.214	2.197	0.208
2.462	8.901	2.64	3.364	1.753	4.939	2.108	0.116	1.931	0.067	2.285	0.208
2.551	9.066	2.728	2.973	1.842	4.994	2.197	0.122	2.197	0.397	2.462	0.201
2.64	9.267	2.817	2.906	2.019	5.177	2.374	0.116	2.285	0.037	2.462	0.183
2.728	8.608	2.906	2.888	2.197	5.055	2.462	0.116	2.462	0.153	2.551	0.183
2.817	8.895	2.994	2.955	2.285	4.988	2.551	0.116	2.728	0.25	2.64	0.183
2.994	8.529	2.994	3.022	2.374	5.183	2.551	0.122	2.817	0.311	2.817	0.177
3.083	8.474	3.083	2.973	2.462	4.89	2.728	0.11	3.083	0.311	2.906	0.183
3.083	8.498	3.171	3.291	2.64	5.238	2.817	0.11	3.171	0.281	2.906	0.189
3.171	8.321	3.26	3.126	2.64	5.055	2.906	0.098	3.437	0.421	2.994	0.189
3.26	8.547	3.349	5.69	2.817	4.829	2.994	0.122	3.615	0.433	3.171	0.195
3.349	8.748	3.437	3.578	2.817	4.799	3.083	0.098	3.88	0.433	3.349	0.177
3.437	8.529	3.526	3.755	2.994	4.921	3.26	0.11	4.058	0.385	3.526	0.183
3.526	8.578	3.615	4.615	2.994	4.463	3.349	0.122	4.324	0.501	3.526	0.177
3.615	8.571	3.703	4.042	3.171	4.432	3.526	0.11	4.412	0.617	3.792	0.189
3.703	8.51	3.703	4.31	3.26	4.475	3.615	0.122	4.767	0.452	3.969	0.183
3.792	8.4	3.792	4.762	3.349	4.451	3.703	0.098	4.944	0.58	4.235	0.195
3.88	8.529	3.969	5.275	3.437	4.603	3.792	0.116	5.033	0.543	4.235	0.269
4.058	8.492	4.058	5.806	3.526	4.548	3.88	0.116	5.387	0.598	4.324	0.171
4.146	8.516	4.146	6.648	3.792	4.579	3.969	0.122	5.653	0.556	4.589	0.208
4.146	8.413	4.146	6.203	3.969	4.518	4.146	0.122	5.919	0.641	4.855	0.201
4.324	4.206	4.324	6.001	4.146	4.335	4.324	0.134	6.008	0.543	4.855	0.22
4.412	4.328	4.412	6.966	4.146	4.31	4.412	0.134	6.362	0.556	4.944	0.201
4.412	4.536	4.589	7.179	4.146	4.316	4.412	0.134	6.628	0.562	5.121	0.232
4.501	5.275	4.678	7.943	4.324	4.322	4.589	0.122	6.983	0.556	5.299	0.22
4.589	5.488	4.678	8.327	4.412	4.432	4.678	0.128	7.249	0.476	5.21	0.214
4.678	5.861	4.855	8.724	4.501	4.579	4.767	0.122	7.514	0.482	5.299	0.214
4.767	6.868	4.944	10.818	4.501	4.64	4.944	0.122	7.692	0.501	5.476	0.201
4.767	5.433	5.033	11.777	4.589	4.652	5.121	0.128	8.046	0.525	5.653	0.214
4.855	5.574	5.033	11.722	4.855	4.579	5.299	0.128	8.312	0.549	5.742	0.214
4.944	5.501			5.033	4.805	5.299	0.122	8.667	0.568	6.008	0.22
4.944	6.239			5.21	4.579	5.387	0.122	8.933	0.525	6.274	0.256
4.944	5.983			5.387	5	5.564	0.128	9.199	0.543	6.362	0.269
5.033	6.032			5.476	4.927	5.83	0.128	9.464	0.531	6.628	0.256
5.121	6.02			5.564	4.658	6.008	0.122	9.73	0.549	6.805	0.244
5.21	6.355			5.742	4.567	6.096	0.122	9.908	0.562	6.894	0.208
5.299	6.3			5.742	4.792	6.274	0.128	9.908	0.586	6.894	0.201
5.476	7.027			5.742	4.75	6.362	0.128	10.085	0.611	7.16	0.208
5.653	6.313			5.83	4.969	6.451	0.128	9.996	0.635	7.337	0.201
5.742	6.6			5.919	5.055	6.539	0.128	10.262	0.726	7.603	0.232
5.83	6.245			6.008	5.256	6.717	0.134	10.351	0.598	7.869	0.214
6.096	6.618			6.096	5.354	6.894	0.128	10.351	0.531	8.046	0.238
6.185	8.138			6.096	5.36	7.071	0.128	10.351	0.611	8.135	0.238
6.274	9.127			6.185	5.354	7.249	0.128	10.351	0.611	8.224	0.256

6.362	9.585
6.539	9.078

6.274	5.476	7.426	0.128	10.351	0.568	8.312	0.244
6.451	5.769	7.603	0.128	10.262	0.598	8.578	0.214
6.628	5.672	7.78	0.128	10.351	0.452	8.578	0.263
6.717	5.849	8.046	0.11	10.351	0.409	8.578	0.256
6.805	6.074	8.224	0.134	10.351	0.623	8.578	0.22
6.983	6.007	8.312	0.128	10.351	0.598	8.755	0.195
7.071	6.477	8.489	0.128	10.351	0.433		
7.249	6.166	8.578	0.122	10.351	0.385		
7.337	5.885	8.755	0.116	10.439	0.403		
7.514	6.941	8.844	0.116	10.351	0.385		
7.692	7.955	9.021	0.122	10.351	0.372		
7.869	7.894	9.287	0.122	10.351	0.403		
8.046	8.016	9.376	0.128	10.351	0.409		
8.224	8.7	9.553	0.128	10.528	0.385		
8.401	8.901	9.642	0.128	10.439	0.385		
8.578	8.761	9.642	0.122	10.351	0.409		
8.667	9.438	9.73	0.128	10.351	0.433		
8.844	8.651	9.73	0.122	10.351	0.415		
9.021	9.744	9.819	0.122	10.351	0.464		
9.199	10.702	9.908	0.14	10.351	0.482		
9.464	11.978	10.262	0.14	10.351	0.464		
9.642	13.126	10.528	0.14	10.351	0.44		
9.73	14.109	10.705	0.153	10.351	0.44		
		10.883	0.256	10.351	0.427		
		11.06	0.305	10.262	0.513		
		11.237	0.44	10.351	0.525		
		11.415	0.623	10.351	0.549		
				10.351	0.629		
				10.351	0.611		
				10.351	0.665		
				10.439	0.678		
				10.439	0.72		
				10.439	0.598		
				10.351	0.592		
				10.351	0.604		
				10.351	0.604		
				10.439	0.659		

MV7		MV8		MV9		MV10		MV11	
depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU	depth (m)	FTU
0.956	0.617	1.222	0.464	1.222	0.44	0.956	1.349	0.956	2.399
1.044	0.507	1.31	0.458	1.31	0.44	1.044	1.386	1.044	2.418
1.133	0.549	1.31	0.458	1.399	0.433	1.044	1.441	1.044	2.442
1.222	0.58	1.399	0.476	1.487	0.372	1.044	1.459	1.31	2.387
1.399	0.562	1.665	0.458	1.665	0.458	1.222	1.465	1.399	2.387
1.399	0.513	1.842	0.47	1.842	0.391	1.31	1.459	1.665	2.534
1.487	0.452	2.019	0.464	1.931	0.385	1.399	1.453	1.842	2.558
1.576	0.482	2.285	0.476	2.019	0.421	1.222	1.447	1.931	2.509
1.753	0.464	2.285	0.47	2.108	0.397	1.487	1.453	2.019	2.692
1.931	0.476	2.64	0.47	2.197	0.379	1.753	1.514	2.285	2.589
2.019	0.458	2.728	0.464	2.374	0.427	1.842	1.514	2.374	2.711
2.285	0.44	2.817	0.476	2.462	0.391	1.842	0.806	2.551	2.65
2.285	0.452	3.083	0.446	2.64	0.379	2.019	1.38	2.728	2.619
2.374	0.372	3.349	0.482	2.64	0.391	2.108	1.435	2.906	2.607
2.64	0.452	3.526	0.44	2.817	0.372	2.374	1.532	3.083	2.601
2.728	0.58	3.88	0.433	2.906	0.366	2.551	1.484	3.349	2.851
2.994	0.482	3.969	0.513	2.994	0.385	2.64	1.575	3.615	2.827
3.083	0.501	4.146	0.452	3.083	0.372	2.728	1.545	3.703	2.79
3.171	0.476	4.501	0.482	3.26	0.348	2.994	1.484	3.792	2.582
3.26	0.507	4.767	0.415	3.349	0.33	3.349	1.636	3.88	2.821
3.437	0.495	4.855	0.458	3.437	0.354	3.615	1.624	4.146	2.833
3.437	0.501	5.033	0.458	3.526	0.379	3.969	1.624	4.235	2.692
3.703	0.47	5.121	0.458	3.615	0.421	4.235	1.667	4.324	2.961
3.88	0.366	5.387	0.458	3.792	0.464	4.589	1.593	4.324	2.766
3.88	0.293	5.476	0.385	3.88	0.495	4.944	1.618	4.501	2.759
3.969	0.275	5.564	0.433	3.969	0.495	5.033	1.63	4.589	2.875
4.324	0.238	5.83	0.433	4.146	0.476	5.033	1.612	4.678	2.967
4.324	0.183	5.919	0.44	4.146	0.488	5.299	1.593	4.855	2.814
4.412	0.33	6.008	0.476	4.412	0.458	5.476	1.642	4.944	2.845
4.678	0.22	6.185	0.501	4.767	0.452	5.742	1.624	5.21	2.686
4.855	0.171	6.362	0.543	4.944	0.452	5.83	1.508	5.299	2.68
4.855	0.165	6.539	0.519	5.033	0.421	5.83	1.612	5.476	2.778
5.033	0.195	6.628	0.525	5.21	0.44	6.096	1.63	5.653	2.991
5.299	0.189	6.805	0.495	5.387	0.531	6.362	1.618	5.919	2.967
5.387	0.177	7.071	0.513	5.653	0.556	6.628	1.545	6.096	2.924
5.564	0.232	7.16	0.488	5.742	0.525	6.717	1.538	6.185	2.613
5.83	0.201	7.249	0.495	5.653	0.598	6.894	1.575	6.362	2.741
5.919	0.183	7.426	0.525	5.919	0.635	7.16	1.606	6.451	2.79
6.185	0.153	7.603	0.525	6.008	0.69	7.603	1.661	6.717	2.796
6.628	0.177	7.869	0.433	6.096	0.739	7.78	1.673	6.805	2.882
6.451	0.165	7.958	0.44	6.185	0.696	8.046	1.642	7.071	2.711
6.717	0.165	8.046	0.433	6.362	0.781	8.135	1.709	7.337	2.875
7.071	0.171	8.312	0.482	6.539	0.745	8.312	1.96	7.514	2.68
7.249	0.159	8.489	0.482	6.628	0.751	8.578	2.473	7.603	2.747
7.337	0.177	8.489	0.525	6.717	0.72	8.844	2.473	7.692	2.643
7.514	0.159	8.578	0.549	6.894	0.745	8.933	3.016	7.692	2.662
7.692	0.183	8.755	0.488	6.983	0.788	9.199	3.199	7.692	2.656
7.78	0.177	9.11	0.519	7.071	0.842	9.376	3.346	7.958	2.857
8.046	0.165	9.287	0.507	7.249	0.885	9.642	3.419	8.046	3.144
8.224	0.177	9.376	0.501	7.426	0.965	9.819	3.382	8.135	3.455
8.312	0.201	9.553	0.488	7.692	1.166	10.174	3.352	8.224	3.651
8.489	0.177	9.819	0.495	7.869	0.965	10.262	3.681	8.401	3.748
8.667	0.165	9.908	0.488	8.046	1.129	10.351	3.712	8.401	3.779
8.844	0.177	9.996	0.495	8.312	1.123			8.489	3.932
9.021	0.195	10.174	0.543	8.489	1.172			8.755	4.139
9.287	0.165	10.439	0.476	8.755	1.136			9.021	4.457
9.464	0.189	10.617	0.452	8.667	1.123			9.376	4.237
9.464	0.177	10.617	0.47	9.021	0.971			9.464	4.115
9.553	0.201	10.883	0.495	9.11	1.013			9.73	4.341

9.908	0.177	11.237	0.543	9.376	1.001
10.174	0.171	11.237	0.525	9.642	1.105
10.262	0.214	11.326	0.635	9.908	1.093
10.262	0.232	11.592	0.598	10.085	1.197
10.351	0.201	11.858	0.611	10.262	1.221
10.794	0.189	11.858	0.556	10.351	1.276
10.971	0.226	11.858	0.586	10.705	1.288
11.149	0.22	12.124	0.549	10.971	1.294
11.149	0.25	12.39	0.513	11.237	1.306
11.237	0.348	12.478	0.458	11.503	1.306
11.415	0.281	12.744	0.452	11.769	1.361
11.592	0.317	12.921	0.488	11.946	1.319
11.769	0.391	13.01	0.482	12.212	1.294
11.946	0.269	13.099	0.458	12.567	1.441
12.212	0.317	13.365	0.458	12.744	1.459
12.212	0.397	13.542	0.531	13.01	1.319
12.39	0.238	13.808	0.519	13.276	1.465
12.656	0.311	14.074	0.452	13.542	1.52
12.833	0.421	14.251	0.537	13.897	1.41
13.099	0.58	14.517	0.476	14.074	1.349
13.365	1.221	14.694	0.549	14.34	1.453
13.631	1.148	14.96	0.513	14.517	1.252
13.808	1.062	15.315	0.556	14.606	1.343
14.074	1.136	15.581	0.598		
14.34	1.807	15.758	0.604		
14.606	2.173	15.758	0.507		
14.783	1.96	15.847	0.58		
14.872	1.783	16.024	0.592		
15.049	1.838	16.201	0.507		
15.226	2.009	16.379	0.47		
15.315	2.045	16.556	0.531		
15.404	1.88	16.822	0.58		
15.758	2.259	16.911	0.586		
15.936	2.998	16.999	0.525		
15.936	3.083	17.265	0.476		
15.936	2.912	17.443	0.476		
16.201	2.985	17.531	0.446		
16.379	3.144	17.62	0.433		
16.379	3.675	17.709	0.549		
16.29	3.431				
16.379	3.51				
16.556	3.51				
16.733	3.95				
16.733	4.371				
16.822	3.938				
16.999	4.267				
17.088	4.158				
17.177	3.968				
17.354	3.803				
17.443	3.455				
17.443	3.223				

9.908	5.556
-------	-------