



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΑΓΡΟΝΟΜΩΝ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΩΝ
ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ – ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΑΣ

Διπλωματική Εργασία

Χωροθέτηση Αποθήκης Επικίνδυνων Υλικών στην Περιοχή του
Λιμένα Λαυρίου

ΦΩΤΙΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΟΥ

Επιβλέπουσα: Τσακίρη Μαρία, Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούλιος 2024

Ευχαριστίες

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την στήριξη που μου έδειξαν όλα αυτά τα χρόνια στις δυσκολίες που χρειάστηκε να αντιμετωπίσω και στον αδερφό μου που ήταν πάντα πρόθυμος να με βοηθήσει σε οτιδήποτε τον χρειαζόμουν.

Τέλος, θα ήθελα να πω και ένα μεγάλο ευχαριστώ στην καθηγήτρια μου κ. Τσακίρη με την οποία συνεργαστήκαμε άψογα και με βοήθησε να μελετήσω και να εμβαθύνω στο θέμα μου και να εμπλουτίσω τις γνώσεις μου, καθώς και στον κύριο Τσιχριντζή που με βοήθησε στην υδρολογική μελέτη της παρούσας διπλωματικής.

Περίληψη

Η παρούσα διπλωματική εργασία αφορά στη διαδικασία χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών στην περιοχή του λιμένα Λαυρίου. Κύριος στόχος της εργασίας είναι η παρουσίαση της μεθοδολογίας και του μοντέλου προσέγγισης για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών στη περιοχή μελέτης, με βάση την πολυκριτηριακή ανάλυση και ξεχωριστούς συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο.

Αρχικά, περιγράφονται τα επικίνδυνα υλικά και οι επιπτώσεις που αυτά έχουν τόσο στην υγεία του ανθρώπου όσο όμως και στο περιβάλλον. Κατατάσσονται στην συνέχεια τα υλικά αυτά σε κατηγορίες και υποκατηγορίες ανάλογα με την φύση τους και εξετάζεται σε βάθος η αποθήκευσή τους σε κατάλληλους χώρους. Τέλος δίνονται σαφείς οδηγίες και κανόνες, τόσο στην αποθήκευση όσο και στην μεταφορά τους από το λιμένα, για την αποφυγή ατυχημάτων.

Στη συνέχεια, με τη χρήση drone γίνεται η παραγωγή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, το οποίο συγκρίθηκε με ήδη υπάρχον ψηφιακό μοντέλο της ευρύτερης περιοχής και στη συνέχεια με τη βοήθεια λογισμικών ΓΣΠ (ArcGIS, QGIS) γίνεται υδραυλική μελέτη έτσι ώστε τελικά να σχεδιαστεί η λεκάνη απορροής της περιοχής μας και να βρεθεί η παροχή της.

Στο τελευταίο στάδιο της εργασίας αυτής πραγματοποιείται πολυκριτηριακή μελέτη που γίνεται τόσο σε θεωρητικό υπόβαθρο, όσο και σε λογισμικό QGIS έτσι ώστε να αποφασιστεί ποιο σενάριο τοποθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών είναι το επικρατέστερο δίνοντας στο κάθε κριτήριο το αντίστοιχο βάρος που έχει καθοριστεί.

Λέξεις – Κλειδιά

Επικίνδυνα υλικά, Αποθήκευση επικίνδυνων υλικών, Λιμένας Λαυρίου, Επιπτώσεις, Ψηφιακό μοντέλο εδάφους, Πολυκριτηριακή μελέτη, Σενάρια

Abstract

This thesis concerns the process of siting a hazardous materials warehouse in the area of the port of Lavrio. The main objective of the study is to present the methodology and approach model for evaluating alternative scenarios for the location of a hazardous materials warehouse in the study area, based on multi-criteria analysis and separate weighting factors for each criterion.

Initially, hazardous materials and their consequences on both human health and the environment are described. Then, those materials are categorized into classes and subcategories according to their nature, and their storage in appropriate facilities is examined in depth. Clear guidelines and rules are provided for both the storage and transportation of these materials from the port to avoid accidents.

Subsequently, with the use of drone a digital terrain model is produced which was compared with an already existing digital model of the wider area. Using GIS software (ArcGIS, QGIS), a hydraulic study is conducted to ultimately design the catchment basin of our area and determine its flow.

In the final stage of this work, a multicriteria study is conducted, both theoretically and using QGIS software, to decide which scenario for the siting of the hazardous materials warehouse is the most favourable, giving each criterion its respective predefined weight.

Keywords

Hazardous materials, Storage of hazardous materials, Port of Lavrio, Consequences, Digital terrain model, Multi-criteria analysis, Scenario

Περιεχόμενα:

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή	1
1.1 Αντικείμενο Μελέτης.....	1
1.2 Μεθοδολογική Προσέγγιση	2
1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας	2
Κεφάλαιο 2 : Αποθήκες επικίνδυνων υλικών σε λιμενικές εγκαταστάσεις - Βιβλιογραφική επισκόπηση	4
2.1 Επικίνδυνα υλικά	4
2.2 Σήμανση επικίνδυνων υλικών.....	6
2.3 Νομικό πλαίσιο θαλάσσιας διακίνησης επικίνδυνων υλικών.....	10
2.4 Μεταφορά επικίνδυνων υλικών σε εμπορευματοκιβώτια	11
2.5 Κανόνες Ασφαλείας Διαχείρισης Επικίνδυνων Φορτίων	12
2.5.1 Ενημέρωση λιμενικών αρχών πριν από την άφιξη των επικίνδυνων φορτίων στις λιμενικές εγκαταστάσεις.....	12
2.5.2 Βασικές αρχές φορτοεκφόρτωσης επικίνδυνων φορτίων.....	12
2.5.3 Χώροι παραμονής και αποθήκευσης επικίνδυνων φορτίων.....	14
2.5.4 Χρόνος φόρτωσης και εκφόρτωσης επικίνδυνων φορτίων	17
2.5.5 Ελάχιστες αποστάσεις περιοχής φόρτωσης και εκφόρτωσης εκρηκτικών υλών από κτίρια κατοικίας και άλλες υποδομές.....	17
2.6 Αποθήκες Επικίνδυνων Φορτίων	18
Κεφάλαιο 3 : Περιγραφή περιοχή μελέτης : Περιοχή Λαυρίου	21
3.1 Γενικά στοιχεία για το Λαύριο.....	21
3.2 Κλιματικά δεδομένα για το Λαύριο	22
3.3 Γεωμορφολογία περιοχής Λαυρίου	23
3.4 Γεωλογία – Τεκτονική περιοχή Λαυρίου	24
3.5 Υδρογεωλογία περιοχής Λαυρίου.....	25
3.6 Ιστορικά στοιχεία.....	27
3.7 Προβλήματα - Προοπτικές	28
3.8 Περιοχή μελέτης	29
Κεφάλαιο 4 : Συλλογή δεδομένων για την δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ)	32
4.1 Διαμόρφωση ψηφιακού μοντέλου εδάφους.....	32
Κεφάλαιο 5 : Υπολογισμός λεκάνης απορροής.....	44
5.1 Λεκάνη απορροής.....	44
5.2 Αιχμή παροχής λεκάνης απορροής.....	49
Κεφάλαιο 6 : Διαδικασία επιλογής θέσης χωροθέτησης αποθήκης	56
6.1 Πρόβλημα χωροθέτησης.....	56
6.2 Διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων χωροθέτησης αποθήκης.....	57

6.3 Κριτήρια επιλογής χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων μεταλλευτικών υλικών.....	61
6.4 Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας κριτηρίων	62
6.5 Βαθμολογία κάθε εναλλακτικού σεναρίου	63
6.6 Συνολική βαθμολογία των εναλλακτικών σεναρίων	67
6.7 Αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων και πρόταση χωροθέτησης αποθήκης	69
6.8 Χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσω του λογισμικού QGIS	70
Κεφάλαιο 7 : Συμπεράσματα και Προτάσεις.....	78
7.1 Συμπεράσματα	78
7.1.1 Συμπεράσματα από την βιβλιογραφική μελέτη.....	78
7.1.2 Συμπεράσματα από τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων.....	78
7.1.3 Συμπεράσματα από τη χωροθέτηση αποθήκης επικίνδυνων υλικών στην περιοχή του λιμένα Λαυρίου	78
7.2 Προτάσεις	79
Κεφάλαιο 8 : Βιβλιογραφικές αναφορές	80
Ελληνική	80
Ξενόγλωσση.....	82
Διαδίκτυο	83

Κατάλογος Εικόνων:

Εικόνα 2.1 : Επικίνδυνα υλικά.....	4
Εικόνα 2.2 : Εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς επικίνδυνων υλικών.....	12
Εικόνα 2.3: Υπαίθριος χώρος με container.....	14
Εικόνα 2.4 : Αποθήκευση χημικών σε βαρέλια.....	15
Εικόνα 2 5 : Παλετοφόρο	19
Εικόνα 2.6 : Περονοφόρο	19
Εικόνα 3.1 : Χάρτης Αττικής - Λαύριο	21
Εικόνα 3.2 : Γενική άποψη του λιμανιού Λαυρίου.....	22
Εικόνα 3.3 : Βροχόπτωση (mm) ανά μήνα στο Λαύριο	23
Εικόνα 3.4 : Ακτόλιθοι	24
Εικόνα 3.5 : Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Λαυρίου	25
Εικόνα 3.6 : Σκαρίφημα γεωλογικής τομής περιοχής Λαυρίου.....	26
Εικόνα 3.7: Θέσεις αποστράγγισης υδάτων της περιοχής Λαυρίου	27
Εικόνα 3.8 : Εργαζόμενοι στα μεταλλεία Λαυρίου 1903	28
Εικόνα 3.9 : Λιμένας Λαυρίου (Κλίμακα 1:10.000).....	29
Εικόνα 3.10 : Περιοχή μελέτης λιμένα Λαυρίου	30
Εικόνα 3.11 : Αεροφωτογραφία της περιοχής μελέτης	31
Εικόνα 4.1 : Phantom 4 pro version 2.0.....	32
Εικόνα 4.2 : Παράμετροι πτήσης.....	34
Εικόνα 4.3 : Παράμετροι πτήσης.....	35
Εικόνα 4.4 : Εμβαδό περιοχής και απαιτούμενες λήψεις	36
Εικόνα 4.5 : Διάρκεια και ύψος πτήσης.....	36
Εικόνα 4.6 : Φωτοσταθερά	37
Εικόνα 4.7 : Τοποθεσίες Φωτοσταθερών	38
Εικόνα 4.8 : Μέτρηση συντεταγμένων με GPS	39
Εικόνα 4.9 : Ισοϋψείς ψηφιακού μοντέλου από drone	41
Εικόνα 4.10 : Ψηφιακό μοντέλο εδάφους από drone.....	42
Εικόνα 4.11 : Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (εργαστήριο Υδραυλικής SATM).....	43
Εικόνα 5.1 : Fill Sinks.....	45
Εικόνα 5.2 : Flow Direction.....	46
Εικόνα 5.3 : Flow Accumulation	46
Εικόνα 5.4 : Stream Definition	47
Εικόνα 5.5 : Stream Segmentation.....	47
Εικόνα 5.6 : Catchment Grid Delineation.....	48

Εικόνα 5.7 : Project Point και Drainage Line	48
Εικόνα 5.8 : Λεκάνη Απορροής.....	49
Εικόνα 5.9 : Εμβαδό Λεκάνης	50
Εικόνα 5.11 : Μήκος Υδραυλικού Δρόμου	51
Εικόνα 5.12 : Παράμετρος κ.....	52
Εικόνα 5.13: Παράμετρος λ.....	53
Εικόνα 5.14 : Παράμετρος ψ	54
Εικόνα 6.1 : Master Plan Λιμανιού Λαυρίου.....	58
Εικόνα 6.2 : Νότιος τομέας Master Plan Λιμανιού Λαυρίου	58
Εικόνα 6.3 : Εξεταζόμενες εναλλακτικές περιοχές 1, 2 & 3	59
Εικόνα 6.4 : Εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης αποθήκης.....	60
Εικόνα 6.5 : Εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης αποθήκης.....	60
και χώρος ελιγμών και στάθμευσης.....	60
Εικόνα 6.6 : Διάγραμμα συνολικής βαθμολογίας εναλλακτικών σεναρίων χωροθέτησης αποθήκης	69
Εικόνα 6.7 : Προτεινόμενες θέσεις χωροθέτησης αποθήκης.....	69
Εικόνα 6.8 : Layers στο QGIS	71
Εικόνα 6.9 : Raster Distance απόστασης ασφαλείας.....	72
Εικόνα 6.10 : Raster Distance οδικού δικτύου	73
Εικόνα 6.11 : Raster Distance προβλήτας	74
Εικόνα 6.12 : Raster Calculator με βάση τους συντελεστές βαρύτητας για την απόσταση ασφαλείας	75
Εικόνα 6.13 : Raster Calculator με βάση τους συντελεστές για το οδικό δίκτυο.....	76
Εικόνα 6.14 : Raster Calculator με βάση τους συντελεστές για την προβλήτα.....	77

Κατάλογος Πινάκων:

Πίνακας 2.1: Κλάσεις επικίνδυνων υλικών	6
Πίνακας 2.2: Υποκατηγορίες Κλάσης 1	7
Πίνακας 2.3: Υποκατηγορίες Κλάσης 2	8
Πίνακας 2.4: Κλάση 3.....	8
Πίνακας 2.5: Υποκατηγορίες Κλάσης 4	8
Πίνακας 2.6: Υποκατηγορίες κλάσης 5	9
Πίνακας 2.7: Υποκατηγορίες Κλάσης 6	9
Πίνακας 2.8: Κλάση 7.....	10
Πίνακας 2.9: Κλάση 8.....	10
Πίνακας 2.10: Κλάση 9.....	10
Πίνακας 2.11: Διαχωρισμός επικίνδυνων φορτίων.....	16
Πίνακας 3.1 : Κλιματικά δεδομένα Λαυρίου.....	23
Πίνακας 4.1 : Συντεταγμένες Φωτοσταθερών (ΕΓΣΑ87)	40
Πίνακας 6.1 : Κριτήρια επιλογής χωροθέτησης αποθήκης.....	62
Πίνακας 6.2 : Κριτήρια επιλογής χωροθέτησης αποθήκης και συντελεστής βαρύτητας.....	63
Πίνακας 6.3 : Βαθμολόγηση κάθε κριτηρίου για το 1 ^ο εναλλακτικό σενάριο	64
Πίνακας 6.4 : Βαθμολόγηση κάθε κριτηρίου για το 2 ^ο εναλλακτικό σενάριο	65
Πίνακας 6.5 : Βαθμολόγηση κάθε κριτηρίου για το 3 ^ο εναλλακτικό σενάριο	66
Πίνακας 6.6 : Συνολική βαθμολογία 1 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου.....	67
Πίνακας 6.7 : Συνολική βαθμολογία 2 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου.....	68
Πίνακας 6.8 : Συνολική βαθμολογία 3 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου.....	68
Πίνακας 6.9 : Συνολική βαθμολογία εναλλακτικών σεναρίων και πρόταση προτεραιότητας επιλογής	70

Κεφάλαιο 1 : Εισαγωγή

Τα επικίνδυνα υλικά περιέχουν ουσίες που τα καθιστούν κίνδυνο για την υγεία κατά κύριο λόγο αλλά και για το περιβάλλον. Οι ουσίες αυτές είναι χημικές, βιολογικές, ραδιολογικές ή φυσικές. Για τους λόγους λοιπόν αυτούς, είναι επιτακτική η ανάγκη να γίνει σωστή διαχείριση, αποθήκευση και διάθεση των υλικών αυτών για να αποφευχθούν τυχόν ατυχήματα. Τα επικίνδυνα υλικά πρέπει να φυλάσσονται σε ειδικά σχεδιασμένους χώρους, που διαθέτουν κατάλληλα συστήματα αερισμού ανίχνευσης διαρροών και πυρόσβεσης, και βρίσκονται εντός των λιμένων για να εξασφαλίζεται η άμμεση φορτο-εκφόρτωση και μεταφορά τους. Επιπλέον είναι σημαντικό να διαχωρίζονται με βάση τον τύπο τους και την επικινδυνότητά τους, αποφεύγοντας την αποθήκευση ασύμβατων υλικών στον ίδιο χώρο. Η μεταφορά τους αποτελεί μια διαδικασία υψηλού κινδύνου που απαιτεί εξειδικευμένο σχεδιασμό και αυστηρή τήρηση κανονισμών για την προστασία της δημόσιας υγείας, της ασφάλειας και του περιβάλλοντος.

Πρέπει, λοιπόν, να δίνονται σαφείς οδηγίες και πρότυπα που θα εξασφαλίσουν ασφαλείς πρακτικές και τον ρόλο αυτό τον διαδραματίζουν ρυθμιστικοί φορείς, όπως είναι η Υπηρεσία Ασφάλειας και Υγείας στην Εργασία (OSHA) και η Υπηρεσία Προστασία του Περιβάλλοντος (EPA) στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αντίστοιχα, στην Ελλάδα οι οδηγίες και οι κανονισμοί αυτοί παρέχονται μέσω της συνεργασίας πέντε φορέων οι οποίοι είναι το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, η Γενική Γραμματεία Πολιτικής Προστασίας, ο Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης, η Εθνική Αρχή Χημικών Προϊόντων και τέλος η Δημόσια Επιχείρηση Ηλεκτρισμού και ο Οργανισμός Αντισεισμικού Σχεδιασμού και Προστασίας που εμπλέκονται σε περιπτώσεις διαχείρισης επικίνδυνων υλικών που αφορά δραστηριότητές τους. Ωστόσο πέρα από τους κανονισμούς υπάρχουν και σχέδια αντιμετώπισης έκτακτης ανάγκης τα οποία είναι υποχρεωτικά για την προστασία τόσο των ανθρώπων όσο και του περιβάλλοντος.

1.1 Αντικείμενο Μελέτης

Κύριος στόχος της εργασίας είναι η παρουσίαση της μεθοδολογίας και του μοντέλου προσέγγισης για την αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών στη περιοχή μελέτης, η οποία είναι ο λιμένας Λαυρίου, με βάση την πολυκριτηριακή ανάλυση και ξεχωριστούς συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο.

Επιμέρους στόχοι που έχει η εργασία είναι:

- Η βιβλιογραφική ανασκόπηση αναφορικά με την κατασκευή, διαχείριση και λειτουργία αποθήκης με επικίνδυνα υλικά.
- Η εκπόνηση υδραυλικής μελέτης για τον υπολογισμό της λεκάνης απορροής υδάτων καθώς και τον υπολογισμό της παροχής αιχμής της συγκεκριμένης λεκάνης απορροής.
- Η συλλογή δεδομένων για την διαμόρφωση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους (ΨΜΕ) της περιοχής μελέτης.
- Η πολυκριτηριακή μελέτη και η χρήση λογισμικού QGIS/ArcGIS για την ορθή επιλογή τοποθεσίας αποθήκευσης επικίνδυνων υλικών.

1.2 Μεθοδολογική Προσέγγιση

Η μεθοδολογική προσέγγιση για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας περιλαμβάνει:

- Βιβλιογραφική ανασκόπηση για την εγκατάσταση αποθήκης επικίνδυνων υλικών σε λιμενικές εγκαταστάσεις καθώς και για την περιγραφή της ευρύτερης περιοχής μελέτης.
- Συλλογή δεδομένων για τοπογραφική διαμόρφωση ψηφιακού μοντέλου εδάφους.
- Χρήση ειδικού λογισμικού Arc GIS για τον υπολογισμό της λεκάνης απορροής και την εκτίμηση της παροχής αιχμής της συνολικής λεκάνης απορροής.
- Πολυκριτηριακή ανάλυση με ξεχωριστούς συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο.

1.3 Δομή της Διπλωματικής Εργασίας

Η διπλωματική εργασία διαρθρώνεται σε εννέα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει την εισαγωγή, το σκοπό, τη μεθοδολογική προσέγγιση και τη συνολική δομή της εργασίας.

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται γενικά στα επικίνδυνα υλικά και εμπορεύματα που μεταφέρονται μέσω όλων των δυνατών τρόπων (ξηρά, θάλασσα, αέρα), εστιάζοντας στη διακίνηση των επικίνδυνων υλικών μέσω των θαλασσιών οδών. Επίσης, σταχυολογείται η ταξινόμηση τους σε κλάσεις και υποκατηγορίες καθώς και τον τρόπο σήμανσης των. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στο νομικό πλαίσιο που ισχύει για την θαλάσσια διακίνηση επικίνδυνων υλικών. Ολοκληρώνοντας το δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται περιγραφή των διαδικασιών διαχείρισης επικίνδυνων υλικών στα λιμάνια, στην αποθήκευση τους καθώς και στους κανόνες ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται, τόσο για την ασφάλεια του φορτίου, όσο και για την ασφάλεια του προσωπικού και της ευρύτερης κατοικημένης ή όχι περιοχής.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφεται η ευρύτερη περιοχή μελέτης, η περιοχή του Λαυρίου. Θα γίνει αναφορά στα γενικά στοιχεία του Λαυρίου και του δήμου Λαυρεωτικής καθώς και σε ιστορικά στοιχεία της βιομηχανικής ανάπτυξης της περιοχής την περίοδο από το 1864 μέχρι το 1980. Επίσης, θα γίνει μνεία για τα κλιματικά δεδομένα, τη γεωμορφολογία, τη γεωλογία – τεκτονική και την υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης. Τέλος, θα γίνει αναφορά στα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκάλεσε η έντονη βιομηχανοποίηση της περιοχής καθώς και στα κοινωνικά προβλήματα που προήλθαν από την αποβιομηχάνιση της. Ολοκληρώνοντας το παρόν κεφάλαιο, θα αναφερθούν βασικές θετικές αναπτυξιακές προοπτικές που ανοίγονται για την περιοχή με την αξιοποίηση του λιμανιού.

Στο τέταρτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία συλλογής των δεδομένων της τοπογραφικής και υδρολογικής μελέτης και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την διαμόρφωση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Περιγράφεται το μοντέλο του drone που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η διαδικασία και το πρόγραμμα πτήσης που αυτό πραγματοποίησε. Τελικά, συγκρίθηκε το εξαγόμενο από το drone, DEM με το DEM που δόθηκε από το εργαστήριο υδραυλικής και μέσω του λογισμικού ArcGIS ακολουθήθηκε η διαδικασία ένωσης των μικρότερων DEM σε ένα μεγαλύτερο στο οποίο έγινε εστίαση στην περιοχή μελέτης μας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία υπολογισμού της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης. Αρχικά και με τη βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, που δημιουργήθηκε, αποτυπώνεται η διαμορφούμενη λεκάνη απορροής υδάτων, μέσω του λογισμικού ArcGIS. Στη συνέχεια, μέσω της εξίσωσης Giandotti, υπολογίζεται ο χρόνος συγκέντρωσης των υδάτων. Στη

συνέχεια, με τη χρήση της ορθολογικής μεθόδου και μέσω του λογισμικού ArcGIS υπολογίστηκε το εμβαδόν της λεκάνης απορροής, τα υψόμετρα εξόδου και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής. Τέλος, υπολογίζεται η κρίσιμη ένταση της βροχόπτωσης (i), για τη δεδομένη διάρκεια (d) και γίνεται η εκτίμηση της πλημμυρικής αιχμής παροχής της συγκεκριμένης λεκάνης απορροής των υδάτων.

Στο έκτο κεφάλαιο παρουσιάζεται η διαδικασία για την επιλογή θέσης χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών εντός της περιοχής μελέτης. Αρχικά, παρουσιάζεται το πρόβλημα της χωροθέτησης καθώς και η σημαντικότητα της επιτυχούς χωροθέτησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται, το μοντέλο προσέγγισης του προβλήματος καθώς και τα κριτήρια που θα επιλεγούν, τα οποία θα είναι ποικίλα και διαφορετικά, ανά περίπτωση. Στη συνέχεια, υλοποιείται το μοντέλο προσέγγισης για την συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Ειδικότερα, διαμορφώνονται τρία εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης της αποθήκης. Επιλέγονται τα κριτήρια αξιολόγησης καθώς και οι συντελεστές βαρύτητας για κάθε εξεταζόμενο κριτήριο. Καταγράφεται η βαθμολογία για κάθε κριτήριο και για κάθε εναλλακτικό σενάριο καθώς και η συνολική βαθμολογία που συγκεντρώνει κάθε εναλλακτική λύση. Τέλος, με βάση την τελική βαθμολογία, γίνεται αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων και προτείνεται η βέλτιστη λύση.

Στο έβδομο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, από την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων καθώς και από την διαδικασία χωροθέτησης της αποθήκης επικίνδυνων υλικών στις λιμενικές εγκαταστάσεις του λιμένα Λαυρίου. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση προτάσεων για περαιτέρω διερεύνηση και έρευνα.

Στο όγδοο κεφάλαιο σταχυολογούνται με αλφαβητική σειρά όλες οι βιβλιογραφικές αναφορές που χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας, σε τρία μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά την ελληνόγλωσση βιβλιογραφία, το δεύτερο μέρος την ξενόγλωσση βιβλιογραφία, ενώ το τρίτο μέρος περιλαμβάνει τις πηγές από το διαδίκτυο.

Η διπλωματική εργασία ολοκληρώνεται με το ένατο κεφάλαιο που αφορά την παράθεση των παραρτημάτων με τους υπολογισμούς, τους παραγόμενους χάρτες, τα σχέδια και άλλες χρήσιμες λεπτομέρειες, για την πληρέστερη τεκμηρίωση και παρουσίαση της διπλωματικής εργασίας χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών στην περιοχή του λιμένα Λαυρίου.

Κεφάλαιο 2 : Αποθήκες επικίνδυνων υλικών σε λιμενικές εγκαταστάσεις - Βιβλιογραφική επισκόπηση

Το δεύτερο κεφάλαιο αναφέρεται γενικά στα επικίνδυνα υλικά και εμπορεύματα που μεταφέρονται μέσω όλων των δυνατών τρόπων (ξηρά, θάλασσα, αέρα), εστιάζοντας στη διακίνηση των επικίνδυνων υλικών μέσω των θαλασσίων οδών. Επίσης, σταχυολογείται η ταξινόμηση τους σε κλάσεις και υποκατηγορίες καθώς και τον τρόπο σήμανσης των. Στη συνέχεια, γίνεται αναφορά στο νομικό πλαίσιο που ισχύει για την θαλάσσια διακίνηση επικίνδυνων υλικών. Ολοκληρώνοντας το δεύτερο κεφάλαιο, γίνεται περιγραφή των διαδικασιών διαχείρισης επικίνδυνων υλικών στα λιμάνια, στην αποθήκευση τους καθώς και στους κανόνες ασφαλείας που πρέπει να τηρούνται, τόσο για την ασφάλεια του φορτίου, όσο και για την ασφάλεια του προσωπικού και της ευρύτερης κατοικημένης ή όχι περιοχής

2.1 Επικίνδυνα υλικά

Γενικά «επικίνδυνα» χαρακτηρίζονται τα εμπορεύματα, υλικά και είδη των οποίων η μεταφορά πιθανόν να δημιουργήσει κίνδυνο τόσο για την ανθρώπινη ζωή και άλλων έμβιων όντων όσο και να δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον αλλά και στην δημόσια τάξη και ασφάλεια. Οι κίνδυνοι μπορούν να προέρχονται από τις φυσικές ή/και χημικές ιδιότητες των υλικών, στην κατάσταση των υλικών καθώς και σε πιθανό ατυχήματα που μπορούν να συμβούν κατά τη μεταφορά των υλικών αυτών (Federal Aviation Administration, 2023). Ειδικότερα ως επικίνδυνα ορίζονται τα υλικά (Εικόνα 2.1) τα οποία μπορούν να :

- ✘ Είναι επιβλαβή για την υγεία των ανθρώπων και των άλλων έμβιων οργανισμών.
- ✘ Είναι βλαβερά για το φυσικό περιβάλλον.
- ✘ Προκαλέσουν φθορά στα μηχανήματα και μέσα με τα οποία έρχεται σε άμεση επαφή το υλικό.
- ✘ Προκαλέσουν φθορά σε άλλα υλικά και φορτία.



Εικόνα 2.1 : Επικίνδυνα υλικά

Για λόγους τυποποίησης και ευκολότερης διαχείρισης των υλικών, αυτά έχουν κατηγοριοποιηθεί σε διάφορες κατηγορίες ανάλογα με τις φυσικές και χημικές ιδιότητες και τα γενικότερα χαρακτηριστικά τους. Η κατάταξη σε κατηγορίες των υλικών βοηθάει την ευχερή διαχείριση τους και γενικότερα την ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου. Με αυτό τον κοινό κώδικα επικοινωνίας, οι κατά τόπους αρμόδιες αρχές μπορούν να λάβουν τα απαιτούμενα μέτρα για την ασφαλή διακίνηση, φόρτωση, αποθήκευση των επικίνδυνων υλικών (Χρυσοστόμου, 2016).

Για τα υλικά που διακινούνται μέσω των θαλασσιών οδών, ως «επικίνδυνα υλικά» ορίζονται τα υλικά και φορτία, τα οποία είναι συσκευασμένα και τα οποία πληρούν τα κριτήρια του Διεθνούς Ναυτιλιακού Κώδικα Επικίνδυνων Ειδών (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (International Maritime Organization – IMO) (ΦΕΚ 531 'Β/ 20 Ιουν 1995). Ο ορισμός των επικίνδυνων υλικών σύμφωνα με τον IMDG Code αφορά μόνο συσκευασμένα υλικά και όχι χύδην. Ο διεθνής αυτός κανονισμός έχει αναπτυχθεί με στόχο την εναρμόνιση των διαδικασιών ασφαλούς μεταφοράς των επικίνδυνων υλικών και την πρόληψη μόλυνσης του φυσικού περιβάλλοντος (International Maritime Organization, 2024).

Πρέπει να τονίσουμε ότι ο Διεθνής Ναυτιλιακός Κώδικας Επικίνδυνων Ειδών (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code) αποτελείται από δύο τόμους, περίπου 850 σελίδων, με λεπτομερέστατη καταγραφή όλων των επικίνδυνων διακινούμενων υλικών. Ο κώδικας αυτός επικαιροποιείται κάθε δυο χρόνια από αρμόδια επιτροπή του IMO, για να μπορεί να είναι ενημερωμένος, σύγχρονος και να περιλαμβάνει τα νέα επικίνδυνα εμπορεύματα που διακινούνται στην παγκόσμια αγορά.

Οι κυριότερες πληροφορίες που περιλαμβάνει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Κώδικας Επικίνδυνων Ειδών (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code) είναι :

- ⊕ Κατάταξη των επικίνδυνων φορτίων κατά κατηγορίες.
- ⊕ Τις φυσικές και χημικές ιδιότητες των επικίνδυνων υλικών καθώς και άλλων σημαντικών χαρακτηριστικών που έχουν.
- ⊕ Θεσμοθέτηση ενιαίου συστήματος επισήμανσης και συμβόλων, τα οποία είναι εύκολα κατανοητά από όλους και έτσι επιταχύνεται η διαδικασία αναγνώρισης της επικινδυνότητας κάθε μεταφερόμενου υλικού.
- ⊕ Απαιτούμενες προδιαγραφές για τη συσκευασία των υλικών ανάλογα με το είδος κάθε φορτίου.
- ⊕ Αριθμό αναγνώρισης από τον Οργανισμό Ηνωμένων Εθνών (ΟΗΕ) (UN Number).
- ⊕ Προδιαγραφές φόρτωσης και τοποθέτησης επικίνδυνων φορτίων μέσα στα πλοία.
- ⊕ Κανονιστικές διατάξεις για την αποφυγή περιβαλλοντικής ρύπανσης εξαιτίας των επικίνδυνων υλικών.
- ⊕ Τα απαιτούμενα έγγραφα που πρέπει να συνοδεύουν τα επικίνδυνα υλικά.
- ⊕ Ορίζει χωροταξικούς κανόνες διευθέτησης των επικίνδυνων υλικών έτσι ώστε να μεγιστοποιείται η ασφάλεια εντός του πλοίου.
- ⊕ Ορίζει σχέδια αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών σε περίπτωση ατυχήματος (Δασκάλου, 2018).



Όλα τα επικίνδυνα υλικά κατατάσσονται σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Κώδικα Επικίνδυνων Ειδών (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code) σε εννέα κατηγορίες, όπως στον Πίνακα 2.1.





Κλάση	Περιγραφή
1	Εκρηκτικές ύλες
2	Αέρια
3	Εύφλεκτα υλικά
4	Εύφλεκτα στερεά
5	Οξειδωτικές ουσίες
6	Τοξικές και μολυσματικές ουσίες
7	Ραδιενεργά υλικά
8	Διαβρωτικές ουσίες
9	Αναμειγμένες επικίνδυνες ουσίες και στερεά

Πίνακας 2.1: Κλάσεις επικίνδυνων υλικών



2.2 Σήμανση επικίνδυνων υλικών


Κάθε κλάση επικίνδυνων ουσιών χωρίζεται και σε υποκατηγορίες για μεγαλύτερη ανάλυση και εξειδίκευση. Είναι πολύ σημαντικό μέσο κατανόησης των επικίνδυνων ουσιών η σωστή σήμανση τους. Στη συνέχεια γίνεται μνεία στις σημάσεις και στις υποκατηγορίες των επικίνδυνων ουσιών, ανά ξεχωριστή κλάση (Πίνακες 2.2 – 2.10) (Χρυσοστόμου, 2016).

Κλάση 1 - Εκρηκτικές ύλες	
	Υποκατηγορία 1.1 - Εκρηκτικές ύλες που έχουν κίνδυνο μαζικής έκρηξης Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται εκρηκτικές ύλες που ενέχουν τον κίνδυνο πρόκλησης μαζικής έκρηξης. Η μαζική έκρηξη επιδρά σε όλο το φορτίο άμεσα και ακαριαία.
	Υποκατηγορία 1.2 - Εκρηκτικές ύλες που έχουν σοβαρό κίνδυνο ανατίναξης αλλά όχι μαζικής έκρηξης Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται εκρηκτικές ύλες που ενέχουν τον κίνδυνο πρόκλησης έκρηξης αλλά όχι μαζικής έκρηξης.


	<p>Υποκατηγορία 1.3 - <i>Εκρηκτικές ύλες που έχουν κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς</i></p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται εκρηκτικές ύλες που ενέχουν τον κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς. Αυτές οι εκρηκτικές ύλες εμφανίζουν μικρότερη επικινδυνότητα πρόκλησης έκρηξης και καθόλου κίνδυνο πρόκλησης μαζικής έκρηξης.</p>
	<p>Υποκατηγορία 1.4 - <i>Εκρηκτικές ύλες που έχουν μικρό κίνδυνο έκρηξης</i></p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται εκρηκτικές ύλες που δεν εμφανίζουν σημαντικό κίνδυνο. Σε περίπτωση έναυσης ή ενεργοποίησης της εκρηκτικής ύλης το εκρηκτικό φαινόμενο περιορίζεται εντός της συσκευασίας του υλικού και δεν εκτοξεύονται θραύσματα. Η πυρκαγιά εκτός του χώρου συσκευασίας δεν θα προκαλέσει μαζική έκρηξη της περιεχόμενης εκρηκτικής ύλης.</p>
	<p>Υποκατηγορία 1.5 - <i>Εκρηκτικές ύλες που έχουν μικρή πιθανότητα έκρηξης</i></p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται εκρηκτικές ύλες που έχουν πολύ μικρή πιθανότητα ενεργοποίησης ή μεταβολής από την καύση στην έκρηξη, όταν μεταφέρονται υπό κανονικές και φυσιολογικές συνθήκες μεταφοράς.</p>
	<p>Υποκατηγορία 1.6 – <i>Μη ευαίσθητες εκρηκτικές ύλες</i></p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται εκρηκτικές ύλες που δεν περιλαμβάνουν ευαίσθητες ουσίες για πυροδότηση και δεν ενέχουν τον κίνδυνο πρόκλησης μαζικής έκρηξης.</p>

Πίνακας 2.2: Υποκατηγορίες Κλάσης 1




<p style="text-align: center;">Κλάση 2 - Αέρια</p>	
	<p>Υποκατηγορία 2.1 – <i>Εύφλεκτα αέρια</i></p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται τα αέρια τα οποία όταν έρθουν σε επαφή με υδρογόνο ή ακετυλένιο, αναφλέγονται.</p>
	<p>Υποκατηγορία 2.2 – <i>Άφλεκτα αέρια</i></p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται τα αέρια τα οποία δεν είναι ούτε εύφλεκτα, ούτε δηλητηριώδη.</p>

	<p>Υποκατηγορία 2.3 – Δηλητηριώδη αέρια</p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται τα αέρια τα οποία μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές σωματικές βλάβες, μέχρι και θάνατο, όταν τα εισπνεύσει ο άνθρωπος.</p>
---	--



Πίνακας 2.3: Υποκατηγορίες Κλάσης 2

Κλάση 3 – Εύφλεκτα υγρά	
	<p>Στα εύφλεκτα υγρά, περιλαμβάνονται τα υγρά που μπορούν να αναφλεγούν εύκολα. Όπως η βενζίνη, η κηροζίνη, το πετρέλαιο κ.α. Διακρίνονται τρεις ομάδες εύφλεκτων υγρών :</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Με χαμηλό σημείο ανάφλεξης. Κάτω από -18°C. ■ Με ενδιάμεσο σημείο ανάφλεξης. Πάνω από -18°C μέχρι +23°C. ■ Με υψηλό σημείο ανάφλεξης. Πάνω από +23°C.



Πίνακας 2.4: Κλάση 3

Κλάση 4 – Εύφλεκτα στερεά	
	<p>Υποκατηγορία 4.1 – Εύφλεκτα στερεά</p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται στερεά υλικά τα οποία εύκολα αναφλέγονται, προκαλούν φωτιά μετά την επίδραση εξωτερικών αιτιών όπως ένας σπινθήρας ή άμεση φλόγα. Τα υλικά αυτά είναι ασταθή θερμοκί και μπορεί να προκληθεί μια έντονα εξώθερμη αποσύνθεση τους, ακόμα και χωρίς τη συμμετοχή αέρα.</p>
	<p>Υποκατηγορία 4.2 – Αυτοαναφλεγόμενα εύφλεκτα στερεά</p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται τα εύφλεκτα στερεά τα οποία έχουν την ιδιότητα να αυτοαναφλέγονται και να επηρεάζονται άμεσα από τη θερμότητα.</p>
	<p>Υποκατηγορία 4.3 – Στερεά τα οποία όταν υγρανθούν εκλύουν εύφλεκτα αέρια</p> <p>Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται τα στερεά τα οποία όταν έρθουν σε επαφή με το νερό, αποδεσμεύουν εύφλεκτα αέρια. Με τη σειρά τους τα εύφλεκτα αέρια μπορούν να αναφλεγούν.</p>


Πίνακας 2.5: Υποκατηγορίες Κλάσης 4

Κλάση 5 – Οξειδωτικές ουσίες	
	<p>Υποκατηγορία 5.1 – Οξειδωτικά υλικά Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται οξειδωτικές ουσίες που δεν είναι αναγκαία εύφλεκτες αλλά παράγουν οξυγόνο, το οποίο μπορεί να προκαλέσει ή να υποβοηθήσει την καύση άλλου υλικού.</p>
	<p>Υποκατηγορία 5.2 – Οργανικά Υπεροξείδια Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται οξειδωτικές ουσίες που μπορούν να :</p> <ul style="list-style-type: none"> ▶ είναι εύφλεκτες ▶ λειτουργούν ως οξειδωτικά ▶ υποστούν εκρηκτική διάσπαση ▶ δημιουργήσουν επικίνδυνες χημικές αντιδράσεις με άλλες ουσίες ▶ είναι ευπαθής σε τριβή και κρούση ▶ καούν πολύ γρήγορα, παράγοντας θερμότητα.


Πίνακας 2.6: Υποκατηγορίες κλάσης 5

Κλάση 6 – Τοξικές και μολυσματικές ουσίες	
	<p>Υποκατηγορία 6.1 – Δηλητηριώδη είδη Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται οι δηλητηριώδεις ουσίες που μπορούν να προκαλέσουν στον άνθρωπο σοβαρή βλάβη ή και τον θάνατο, όταν ληφθούν από το στόμα, όταν εισπνευσθούν ή όταν έλθουν σε επαφή με το ανθρώπινο δέρμα.</p>
	<p>Υποκατηγορία 6.2 – Μολυσματικά είδη Σε αυτή την υποκατηγορία εντάσσονται οι μολυσματικές ουσίες που περιέχουν παθογόνους μικροοργανισμούς (παράσιτα, μύκητες, βακτήρια, ιοί), ικανούς να προκαλέσουν πρόβλημα στην ανθρώπινη υγεία ή και στα ζώα.</p>


Πίνακας 2.7: Υποκατηγορίες Κλάσης 6

Κλάση 7 – Ραδιενεργά υλικά	
	<p>Ως ραδιενεργά υλικά χαρακτηρίζονται οι ουσίες ή συνδυασμός ουσιών οι οποίες εκπέμπουν σωματίδια ή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία.</p>

Πίνακας 2.8: Κλάση 7

Κλάση 8 – Διαβρωτικές ουσίες	
	<p>Ως διαβρωτικές ουσίες χαρακτηρίζονται οι ουσίες (στερεές ή υγρές), οι οποίες σε φυσιολογικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας έχουν την ιδιότητα να διαβρώνουν και να καταστρέφουν το ανθρώπινο δέρμα. Η διαρροή μιας διαβρωτικής ουσίας έξω από τη συσκευασία της μπορεί να δημιουργήσει σημαντικό κίνδυνο στο μέσο μεταφοράς της (φορτηγό, πλοίο, αεροπλάνο).</p>

Πίνακας 2.9: Κλάση 8

Κλάση 9 – Αναμειγμένες επικίνδυνες ουσίες και στερεά	
	<p>Σε αυτή την κλάση περιλαμβάνονται οι επικίνδυνες ουσίες που δεν μπορούν να ενταχθούν σε κάποια από τις προηγούμενες κατηγορίες. Μπορεί να είναι υλικό το οποίο μεταφέρεται σε υψηλή θερμοκρασία, ή κάτω από ειδικές συνθήκες πίεσης, οι οποίες μπορεί να είναι επιβλαβής και επιζήμιες για την υγεία του ανθρώπου και άλλες τέτοιου είδους ειδικές συνθήκες μεταφοράς υλικών.</p>

Πίνακας 2.10: Κλάση 9

2.3 Νομικό πλαίσιο θαλάσσιας διακίνησης επικίνδυνων υλικών

Το νομικό πλαίσιο για τη θαλάσσια διακίνηση επικίνδυνων ουσιών, καθορίζεται από τις δύο κύριες διεθνείς συμβάσεις και τον κώδικα IMDG :

- ⊕ Τη σύμβαση Safety Of Life At Sea Convention (SOLAS). Στην Ελλάδα κυρώθηκε με τον Ν.1045/1980 (ΦΕΚ 95 Α' / 25 Απριλίου 1980), «περί ασφαλείας της ανθρώπινης ζωής εν θαλάσση».
- ⊕ MARPOL (Marine Pollution) 1973/78. Στην Ελλάδα κυρώθηκε με τον Ν.3104/2003 (ΦΕΚ 28 Α' / 10 Φεβρουαρίου 2003). Κύρωση του Πρωτοκόλλου του 1997 που τροποποιεί τη Διεθνή Σύμβαση για την Πρόληψη Ρύπανσης από Πλοία του 1973, όπως τροποποιήθηκε από το Πρωτόκολλο του 1978 που σχετίζεται με αυτή.

⊕ Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Κώδικας Επικίνδυνων Ειδών (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code είναι ο μόνος διεθνής κανονισμός που πραγματεύεται τη θαλάσσια μεταφορά επικίνδυνων ειδών και καθορίζει αναλυτικά τον τρόπο συσκευασίας, σήμανσης, στοιβασίας, διαχωρισμού, χειρισμού, διαχείρισης εκτάκτων αναγκών των υλικών αυτών (Zhang et al., 2020).

Το υφιστάμενο νομικό πλαίσιο λειτουργεί λαμβάνοντας υπόψη το τρίπτυχο άνθρωπος, φυσικό περιβάλλον και μεταφορικό μέσο, το οποίο στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι το πλοίο. Διασφαλίζοντας την υγεία και ασφάλεια του ανθρώπου, προστατεύοντας το φυσικό περιβάλλον και διαμορφώνοντας το πλαίσιο για ασφαλή μεταφορά των αγαθών και υλικών μέσω των κατάλληλων πλοίων.

2.4 Μεταφορά επικίνδυνων υλικών σε εμπορευματοκιβώτια

Η εξέλιξη των θαλασσίων μεταφορών και η ανάπτυξη του παγκόσμιου εμπορίου οδήγησε στην τυποποίηση της διαδικασίας φόρτωσης και εκφόρτωσης των πλοίων και στην ανάπτυξη της μεθόδου των εμπορευματοκιβωτίων (container). Έτσι, και τα επικίνδυνα υλικά διακινούνται συσκευασμένα κατάλληλα μέσω των εμπορευματοκιβωτίων. Στην εξωτερική πλευρά του είναι υποχρεωτικό να υπάρχουν οι κατάλληλες σημάσεις, έτσι ώστε να ενημερώνουν και να προειδοποιούν το προσωπικό για το επικίνδυνο περιεχόμενο και τον ανάλογο χειρισμό του container. Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (International Maritime Organization – IMO) έχει καθορίσει τις απαιτούμενες προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται για την μεταφορά επικίνδυνων υλικών συσκευασμένα σε εμπορευματοκιβώτια (Ματθαϊάκη, 2017) και είναι οι εξής :

- ⇒ Τα εμπορευματοκιβώτια που χρησιμοποιούνται για την μεταφορά χύδην επικίνδυνων φορτίων να είναι διασφαλισμένα και πιστοποιημένα για την ασφάλεια και τη στεγανότητα τους (Εικόνα 2.2).
- ⇒ Τα εμπορευματοκιβώτια να χρήζουν προσεκτικού και ιδιαίτερου χειρισμού και επιμέλειας.
- ⇒ Να είναι σημασμένα με τις κατάλληλες ειδικές σημάσεις στην εξωτερική πλευρά των εμπορευματοκιβωτίων.
- ⇒ Απαγορεύεται η μεταφορά εμπορευματοκιβωτίων με επικίνδυνα υλικά μέσω επιβατικών πλοίων, εκτός των ειδικών περιπτώσεων που επιτρέπεται από τους κανονισμούς.
- ⇒ Απαγορεύεται η ανάμειξη απλών φορτίων μαζί με επικίνδυνα υλικά εντός του ίδιου εμπορευματοκιβωτίου.
- ⇒ Επιβάλλεται εξωτερικός μακροσκοπικός έλεγχος των εμπορευματοκιβωτίων που περιέχουν επικίνδυνα υλικά, για τυχόν διαβρώσεις και διαρροές. Βεβλαμμένα container που δεν πληρούν τις προδιαγραφές ασφαλείας δεν θα γίνονται δεκτά για μεταφορά μέσω των πλοίων.
- ⇒ Εμπορευματοκιβώτια στα οποία μεταφέρονται επικίνδυνα υλικά και τα οποία μπορούν να προκαλέσουν ανάφλεξη, τοποθετούνται μόνο στο κατάστρωμα του πλοίου και όχι σε εσωτερικούς χώρους.
- ⇒ Τα εμπορευματοκιβώτια με τα επικίνδυνα υλικά πρέπει να συνοδεύονται από όλα τα απαραίτητα έγγραφα και πιστοποιητικά.

⇒ Στον κατάλογο επικίνδυνων φορτίων πρέπει να καταγράφεται λεπτομερώς κάθε εμπορευματοκιβώτιο με επικίνδυνα υλικά και να αναφέρεται ακριβώς η ποιότητα και η ποσότητα των επικίνδυνων ουσιών.

⇒ Όλες οι συσκευασίες των επικίνδυνων υλικών πρέπει να είναι δεμένες και καλά στερεωμένες στο εσωτερικό των εμπορευματοκιβωτίων, έτσι ώστε να αποφευχθούν ζημιές, συγκρούσεις και τυχόν διαρροές υγρών ή στερεών επικίνδυνων υλικών.



Εικόνα 2.2 : Εμπορευματοκιβώτια μεταφοράς επικίνδυνων υλικών

(Πηγή : <https://bit.ly/3IUPTNJ>)

2.5 Κανόνες Ασφαλείας Διαχείρισης Επικίνδυνων Φορτίων

2.5.1 Ενημέρωση λιμενικών αρχών πριν από την άφιξη των επικίνδυνων φορτίων στις λιμενικές εγκαταστάσεις

Πριν από την άφιξη, μέσω θαλάσσιας οδού, ενός φορτίου επικίνδυνων υλικών, πρέπει να έχει ενημερωθεί η αρμόδια λιμενική αρχή (Ματθαϊάκη, 2017). Κάποιες πολύ χρήσιμες πληροφορίες είναι:

- Η κλάση των επικίνδυνων υλικών
- Η συνολική ποσότητα των επικίνδυνων υλικών
- Κάθε άλλη ιδιαίτερη πληροφορία που απαιτείται να γνωρίζουν οι λιμενικές αρχές, με στόχο την ασφαλή διαχείριση των επικίνδυνων υλικών εντός των λιμενικών εγκαταστάσεων.
- Ειδικές πληροφορίες πρέπει να κοινοποιούνται όταν γίνεται μεταφορά επικίνδυνων υλικών κλάσης 1 (Εκρηκτικές ύλες), κλάσης 6.2 (Μολυσματικά είδη) και κλάσης 7 (Ραδιενεργά υλικά) και των υποκατηγοριών 4.1 (Εύφλεκτα υλικά) και 5.2 (Οργανικά Υπεροξειδία).

2.5.2 Βασικές αρχές φορτοεκφόρτωσης επικίνδυνων φορτίων

Οι βασικές αρχές που πρέπει να διέπουν από πλευράς ασφάλειας την διαδικασία φορτοεκφόρτωσης επικίνδυνων υλικών στα λιμάνια, σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία (ΠΔ 405/1996) είναι :

- ▶ Οι θέσεις φορτοεκφόρτωσης των πλοίων που μεταφέρουν επικίνδυνα υλικά πρέπει να είναι προκαθορισμένες στις υφιστάμενες λιμενικές εγκαταστάσεις και να πληρούνται οι απαιτούμενες αποστάσεις ασφαλείας από την ναυπηγοεπισκευαστική ζώνη, τις βιοτεχνικές – βιομηχανικές εγκαταστάσεις και βέβαια τους κατοικημένους τόπους.
- ▶ Οι επικρατούσες καιρικές συνθήκες δεν πρέπει να επηρεάζουν την ασφαλή φόρτωση ή εκφόρτωση των επικίνδυνων φορτίων και να μην εγκυμονούν τυχόν κινδύνους τόσο για το φορτίο όσο και για το πλοίο, όπως ισχυρές καταιγίδες με κεραυνούς, ισχυροί άνεμοι και κυματισμοί.
- ▶ Με βάση την κλάση των επικίνδυνων υλικών καθώς και την ποσότητα τους, πρέπει να έχει ληφθεί η έγκριση για την αποδοχή τους από τις αρμόδιες λιμενικές αρχές, να έχουν καθοριστεί τυχόν περιορισμοί και προϋποθέσεις για την προσωρινή παραμονή των επικίνδυνων υλικών στο λιμάνι.
- ▶ Οι χώροι στους οποίους θα παραμείνουν προσωρινά τα επικίνδυνα υλικά μετά την εκφόρτωση τους από το πλοίο πρέπει να είναι κατάλληλα διευθετημένοι, εξοπλισμένοι και οργανωμένοι.
- ▶ Η πρόσδεση του πλοίου που μεταφέρει τα επικίνδυνα υλικά πρέπει να είναι ασφαλής και σίγουρη.
- ▶ Τήρηση λεπτομερών αρχείων και εγγράφων σχετικά με τα επικίνδυνα φορτία που πρόκειται να φορτωθούν, να εκφορτωθούν ή να παραμείνουν προσωρινά στο λιμένα.
- ▶ Ύπαρξη ειδικού σχεδίου αντιμετώπισης εκτάκτων περιπτώσεων που μπορεί να προκληθούν από τα επικίνδυνα φορτία, όπως πυρκαγιά, έκρηξη, ανάφλεξη, διαρροή υγρού, στερεού ή αέριου επικίνδυνου υλικού, όπως και η διαχείριση των τυχόν επικίνδυνων αποβλήτων.
- ▶ Στο χώρο αποθήκευσης ή προσωρινής εναπόθεσης των επικίνδυνων υλικών πρέπει να υπάρχει έλεγχος προσβασιμότητας καθώς και ειδική σήμανση που να προειδοποιεί όλους τους εμπλεκόμενους (χειριστές μηχανημάτων φορτοεκφόρτωσης κλπ) για τους πιθανούς κινδύνους που εγκυμονούν τα επικίνδυνα υλικά και τα προβλεπόμενα μέτρα ατομικής προστασίας που πρέπει να φέρει το προσωπικό.

Ειδικότερες απαιτήσεις υπάρχουν για τη διαχείριση των επικίνδυνων υλικών κλάσης 1 (εκρηκτικές ύλες) και κλάσεως 7 (ραδιενεργά υλικά). Συγκεκριμένα, τα επικίνδυνα υλικά και των δυο κλάσεων γίνονται αποδεκτά από τις λιμενικές αρχές μόνο σε περιπτώσεις άμεσης παράδοσης και παραλαβής. Επίσης, η πρόσβαση στο χώρο προσωρινής εναπόθεσης γίνεται μόνο από εξουσιοδοτημένα άτομα και αυτοί οι χώροι πρέπει να είναι ελεγχόμενοι και απομακρυσμένοι.

Λόγω της ιδιαιτερότητας των επικίνδυνων φορτίων κλάσεως 4.1 (Εύφλεκτα στερεά), 5.2 (Οργανικά υπεροξείδια) και 6.2 (Μολυσματικά είδη) απαιτείται ο έλεγχος της θερμοκρασίας των φορτίων. Συγκεκριμένα, τα προαναφερθέντα επικίνδυνα υλικά γίνονται αποδεκτά από τις λιμενικές αρχές μόνο σε περιπτώσεις άμεσης παράδοσης και παραλαβής. Επίσης, η αποθήκευσή τους γίνεται σε ειδικές κτιριακές εγκαταστάσεις που διαθέτουν σύστημα παρακολούθησης και ελέγχου της θερμοκρασίας καθώς και υπάρχει ηλεκτρομηχανολογική διάταξη ρύθμιση της επιθυμητής θερμοκρασίας των επικίνδυνων υλικών.

2.5.3 Χώροι παραμονής και αποθήκευσης επικίνδυνων φορτίων

Οι διατιθέμενοι χώροι παραμονής και αποθήκευσης των επικίνδυνων φορτίων (Ματθαϊάκη, 2017) μπορούν να είναι :

- ✓ Υπαίθριοι χώροι

Σε αυτούς τους χώρους μπορούν να αποθηκευτούν και να παραμείνουν προσωρινά επικίνδυνα υλικά συσκευασμένα σε εμπορευματοκιβώτια (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3: Υπαίθριος χώρος με container

(Πηγή : <https://shorturl.at/mpILQ>)

- ✓ Ημιυπαίθριοι στεγασμένοι χώροι

Στους ημιυπαίθριους στεγασμένους χώρους μπορούν να παραμείνουν προσωρινά επικίνδυνα υλικά σε συσκευασίες και σε εμπορευματοκιβώτια.

- ✓ Κτήρια αποθηκών

Σε κτήρια αποθηκών μπορούν να αποθηκευτούν συσκευασμένα επικίνδυνα φορτία όπως π.χ. σε βαρέλια και σε μεγασάκους (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4 : Αποθήκευση χημικών σε βαρέλια

(Πηγή : <https://bit.ly/4auFeQK>)

Όλοι οι χώροι παραμονής και αποθήκευσης των επικίνδυνων φορτίων με βάση την υφιστάμενη νομοθεσία (ΠΔ 405/1996) πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προδιαγραφές :

- Τα δομικά υλικά με τα οποία έχουν κατασκευασθεί οι χώροι παραμονής και αποθήκευσης να μην είναι εύφλεκτα.
- Πρέπει να υπάρχει άμεση διαθεσιμότητα και ετοιμότητα σε ειδικά οχήματα και συγκεκριμένα ασθενοφόρο και πυροσβεστικό όχημα, για την άμεση αντιμετώπιση εκτάκτων αναγκών.
- Πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για προστασία των αποθηκών από πλημμυρικά φαινόμενα.
- Η περιοχή παραμονής και αποθήκευσης επικίνδυνων φορτίων να παρέχει όλα τα στοιχεία φυσικής ασφάλειας όπως οριοθέτηση, σήμανση, επιτήρηση και έλεγχος προσβασιμότητας, φωτισμό κλπ.
- Να διαθέτει αντικεραυνική προστασία.
- Να υπάρχουν όλα τα απαραίτητα μέσα πυρανίχνευσης και τα προβλεπόμενα μέσα πυρόσβεσης καθώς και εγκαταστάσεις νερού και αυτόματο σύστημα πυρόσβεσης με καταιονιστήρες.
- Είναι απαραίτητο να υπάρχει σύστημα συλλογής διαρροών καθώς και άλλων μολυσμένων υδάτων.
- Είναι αναγκαίο να διασφαλίζεται η στεγανοποίηση των αποθηκευτικών χώρων για να μην υπάρχει διαφυγή επιβλαβών ουσιών στο ευρύτερο φυσικό περιβάλλον και στην θάλασσα.
- Είναι απαραίτητο οι αποθηκευτικοί χώροι να διαθέτουν επαρκές σύστημα μηχανικού αερισμού.
- Ανάλογα με τις κλάσεις των επικίνδυνων υλικών, τις ποσότητες καθώς και τον τρόπο στοιβασίας, πρέπει να εφαρμόζονται οι περιοριστικές διατάξεις των κανονισμών και της υφιστάμενης νομοθεσίας.

● Πρέπει να έχει προβλεφθεί η διαμόρφωση ειδικού χώρου στον οποίο θα εναποθέτουν τα συσκευασμένα επικίνδυνα υλικά, τα οποία παρουσιάζουν κάποια διαρροή, μέχρι την πλήρη επιδιόρθωση τους.

● Σύμφωνα με το Διεθνή Ναυτιλιακό Κώδικα Επικίνδυνων Ειδών (International Maritime Dangerous Goods Code – IMDG Code), οι επικίνδυνες ουσίες πρέπει να τηρούνται χωριστά.

Στον Πίνακα 2.11 παρουσιάζεται ο διαχωρισμός των επικίνδυνων υλικών ανάλογα με την κατάταξη τους σε κλάσεις και υποκλάσεις. Επίσης, ορίζεται η συμβατότητα των κλάσεων καθώς και η ελάχιστη απαιτητή απόσταση που πρέπει να τηρείται για λόγους ασφαλείας των επικίνδυνων φορτίων.

Στον Πίνακα 2.11 δεν περιλαμβάνονται επικίνδυνα υλικά της κλάσεως 1 (εκρηκτικές ύλες), της κλάσεως 7 (ραδιενεργά υλικά) και της υποκλάσης 6.2 (μολυσματικά είδη) διότι σε αυτά τα υλικά δεν προβλέπεται η αποθήκευση τους, ενώ αντίθετα προβλέπεται η άμεση απομάκρυνση τους από τις λιμενικές εγκαταστάσεις.

Κατηγορία επικινδυνότητας	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6.1	8	9
2.1	0	0	0	S	A	S	0	S	S	0	A	0
2.2	0	0	0	A	0	A	0	0	A	0	0	0
2.3	0	0	0	S	0	S	0	0	S	0	0	0
3	S	A	S	0	0	S	A	S	S	0	0	0
4.1	A	0	0	0	0	A	0	A	S	0	A	0
4.2	S	A	S	S	A	0	A	S	S	A	A	0
4.3	0	0	0	A	0	A	0	S	S	0	A	0
5.1	S	0	0	S	A	S	S	0	S	A	S	0
5.2	0	A	S	S	S	S	S	S	0	A	S	0
6.1	0	0	0	0	0	A	0	A	A	0	0	0
8	A	0	0	0	A	A	A	S	S	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Πίνακας 2.11: Διαχωρισμός επικίνδυνων φορτίων

Υπόμνημα	
0	Δεν είναι αναγκαίος ο διαχωρισμός
A	Απαραίτητος διαχωρισμός με ελάχιστη απόσταση 3 μέτρα
S	Απαραίτητος διαχωρισμός με ελάχιστη απόσταση 6 μέτρα

2.5.4 Χρόνος φόρτωσης και εκφόρτωσης επικίνδυνων φορτίων

Σύμφωνα με την υφιστάμενη νομοθεσία (ΠΔ 405/1996) ρυθμίζεται και η χρονική περίοδος εντός της οποίας επιτρέπεται η φόρτωση και η εκφόρτωση επικίνδυνων φορτίων. Ειδικότερα για εκρηκτικές ύλες, πυρομαχικά και νάρκες επιτρέπεται η φόρτωση και η εκφόρτωση τους, από μία ώρα πριν από την ανατολή του ηλίου μέχρι και μία ώρα μετά την δύση του ηλίου. Δηλαδή, δεν επιτρέπεται η φόρτωση και η εκφόρτωση επικίνδυνων υλικών αυτού του είδους, κατά τις βραδινές ώρες. Ενώ, επιτρέπεται η φόρτωση και η εκφόρτωση όλων των άλλων επικίνδυνων υλικών καθ' όλη τη διάρκεια του εικοσιτετραώρου, με την προϋπόθεση ότι υπάρχει κατάλληλος και επαρκής φωτισμός στην περιοχή.

2.5.5 Ελάχιστες αποστάσεις περιοχής φόρτωσης και εκφόρτωσης εκρηκτικών υλών από κτίρια κατοικίας και άλλες υποδομές

Οι ελάχιστες αποστάσεις ασφαλείας που πρέπει να απέχει η περιοχή φόρτωσης και εκφόρτωσης εκρηκτικών υλών από κτίρια κατοικίας και άλλες υποδομές καθορίζονται αναλυτικά στην υφιστάμενη νομοθεσία (ΠΔ 405/1996).

Η ελάχιστη απόσταση (D) δίνεται από τον τύπο:

$$D = K \times W^{1/3} \quad (2.1)$$

Όπου W : το βάρος της εκρηκτικής ύλης εκφρασμένο σε κιλά,

K : συντελεστής που λαμβάνει διάφορες τιμές ανά περίπτωση.

Για ποσότητες καθαρής εκρηκτικής ύλης μέχρι 100 κιλά, δεν απαιτείται ο υπολογισμός μέσω του τύπου (2.1) αλλά πρέπει να υπάρχει ελάχιστη απόσταση 80 μέτρα από κατοικημένα κτίρια, πλοία με επιβάτες και εργοστάσια εν ώρα λειτουργίας.

Για εκρηκτικά της υποκλάσης 1.1 (Εκρηκτικές ύλες που έχουν κίνδυνο μαζικής έκρηξης) και 1.5 (Εκρηκτικές ύλες που έχουν μικρή πιθανότητα έκρηξης), ο συντελεστής $K = 8$ και η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι 150 μέτρα από κατοικίες και γενικά ανθρώπινη παρουσία, ενώ $K = 4$ και η ελάχιστη απόσταση είναι 40 μέτρα από έργα υποδομής όπως σιδηροδρομικούς συρμούς, αυτοκινητοδρόμους κλπ.

Για εκρηκτικά της υποκλάσης 1.2 (Εκρηκτικές ύλες που έχουν σοβαρό κίνδυνο ανατίναξης αλλά όχι μαζικής έκρηξης) δεν εφαρμόζεται ο τύπος (2.1), η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας είναι 135 μέτρα από κατοικίες και γενικά ανθρώπινη παρουσία και 30 μέτρα από έργα υποδομής όπως σιδηροδρομικούς συρμούς, αυτοκινητοδρόμους κλπ.

Για εκρηκτικά της υποκλάσης 1.3 (Εκρηκτικές ύλες που έχουν κίνδυνο πρόκλησης πυρκαγιάς) και 1.6 (Μη ευαίσθητες εκρηκτικές ύλες), ο συντελεστής $K = 6,4$ και η ελάχιστη απόσταση ασφαλείας

είναι 60 μέτρα από κατοικίες και γενικά ανθρώπινη παρουσία, ενώ $K = 3,2$ και η ελάχιστη απόσταση είναι 20 μέτρα από έργα υποδομής όπως σιδηροδρομικούς συρμούς, αυτοκινητοδρόμους κλπ.

2.6 Αποθήκες Επικίνδυνων Φορτίων

Η αποθήκευση επικίνδυνων υλικών κοντά σε λιμενικές εγκαταστάσεις πρέπει γίνεται για περιορισμένο χρονικό διάστημα και κάτω από ιδιαίτερες συνθήκες ασφαλείας.

Τα κριτήρια που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την επιλογή των αποθηκευτικών χώρων είναι:

- ✓ Επιλογή θέσης εγκατάστασης αποθήκης επικίνδυνων υλικών

Ουσιαστικό κριτήριο για την επιλογή της θέσης ανάπτυξης αποθήκης επικίνδυνων υλικών είναι η τήρηση των απαιτούμενων κανόνων ασφαλείας. Ο χώρος που θα αναπτυχθεί η αποθήκη πρέπει να παρέχει φυσική ασφάλεια, δυνατότητα επιτήρησης και ελέγχου καθώς και να παρέχεται η απαιτούμενη λειτουργικότητα και προσβασιμότητα με τα μέσα που υπάρχουν. Επιπρόσθετα εξετάζονται και παράμετροι υποδομών (ηλεκτρική παροχή, τηλεπικοινωνίες), καταλληλότητας εδάφους κλπ. Τα οικονομικά κριτήρια επιλογής τίθενται σε δεύτερη προτεραιότητα.

- ✓ Αρχιτεκτονική διαμόρφωση αποθήκης

Ο προσανατολισμός του κτιρίου της αποθήκης, ο σχεδιασμός των προσβάσεων (χώροι διέλευσης βαρέων οχημάτων και μηχανημάτων), διάκριση των λειτουργιών που θα εγκατασταθούν και η κατανομή διακριτών τμημάτων και λειτουργιών, αποτελούν βασικές παραμέτρους σχεδιασμού της αρχιτεκτονικής διαμόρφωσης της αποθήκης.

- ✓ Χωροταξικός σχεδιασμός αποθήκης

Ο εσωτερικός σχεδιασμός και η διαμόρφωση της διάταξης των αποθηκευτικών χώρων μπορεί να υλοποιηθεί με βάση διάφορες μεθοδολογίες και ανάλογα το είδος των επικίνδυνων υλικών. Μια συνήθης μεθοδολογία είναι με βάση το μοναδιαίο φορτίο δηλαδή εμπορευματοκιβώτιο, βαρέλι, μεγασάκος, παλέτα κλπ. Μια άλλη μεθοδολογία είναι με βάση την κίνηση των υλικών, τα συνήθη διακινούμενα υλικά βρίσκονται πιο κοντά στις θύρες της αποθήκης. Τέλος μια άλλη μεθοδολογία εσωτερικού σχεδιασμού είναι με βάση τις ομάδες προϊόντων, δηλαδή όλα τα ομοειδή είδη να βρίσκονται στην ίδια περιοχή εξυπηρέτησης.

- ✓ Φιλοσοφία αποθήκευσης

Ο τρόπος με τον οποίο θα είναι οργανωμένη κάθε αποθήκη πηγάζει από το είδος της επιχείρησης καθώς και από το είδος των διακινουμένων υλικών. Οι επικρατέστερες φιλοσοφίες που διέπουν την αποθήκευση επικίνδυνων υλικών είναι :

- Last In, First Out (LIFO). Σε αυτή την περίπτωση το τελευταίο προϊόν που εισάγεται στην αποθήκη είναι το πρώτο που εξάγεται από την αποθήκη.

- First In, First Out (FIFO). Σε αυτή την περίπτωση το πρώτο προϊόν που εισάγεται στην αποθήκη είναι το πρώτο που εξάγεται από την αποθήκη.

- ✓ Μοναδιαίο φορτίο

Το μοναδιαίο φορτίο αποτελεί την μικρότερη μονάδα διακίνησης και αποθήκευσης υλικού. Στις συνδυασμένες μεταφορές (μέσω θαλάσσης και ξηράς) συνηθέστερο μοναδιαίο φορτίο

είναι το εμπορευματοκιβώτιο, το οποίο διευκολύνει στην ασφάλεια, ταχύτητα μεταφοράς και γενικότερα στην αύξηση της παραγωγικότητας με ταυτόχρονη μείωση του κόστους μεταφοράς.

✓ Σύστημα αποθήκευσης

Το σύστημα αποθήκευσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην αποθήκη επικίνδυνων υλικών είναι με στοίβαξη, είτε σε ράφια. Όταν το μοναδιαίο φορτίο είναι το εμπορευματοκιβώτιο, παρέχεται η δυνατότητα της προσωρινής αποθήκευσης σε στοίβαξη.

✓ Σύστημα εσωτερικής διακίνησης

Η εσωτερική διακίνηση φορτίων εντός της αποθήκης είναι πολλές φορές πολύ χρήσιμη δυνατότητα και μπορεί να επιτευχθεί με ηλεκτροκίνητα παλετοφόρα, περνοφόρα οχήματα (clark) (Εικόνες 2.5 – 2.6).



Εικόνα 2.5 : Παλετοφόρο



Εικόνα 2.6 : Περνοφόρο

✓ Πληροφοριακά συστήματα

Το συνηθέστερο πληροφοριακό σύστημα που υπάρχει και διευκολύνει την αναγνώριση των υλικών εντός μιας αποθήκης είναι η τεχνολογία του γραμμωτού κώδικα (Barcode). Μέσω των barcode των προϊόντων γίνεται η καταχώρηση, παρακολούθηση, διακίνηση όλων των υλικών, αυξάνοντας την παραγωγικότητα, μειώνοντας τα λάθη και τα προβλήματα και επιτυγχάνοντας λεπτομερή και άμεση πρόσβαση στις ακριβείς ποσότητες διακίνησης υλικών.

✓ Υπεύθυνοι και αρμοδιότητες

Σε κάθε αποθήκη μπορούμε να διακρίνουμε δύο βασικούς ρόλους : ο υπεύθυνος της αποθήκης και ο αποθηκάριος.

Ο υπεύθυνος αποθήκης έχει αρμοδιότητες όπως η ασφάλεια του προσωπικού και των υλικών, η διαχείριση των υλικών, η εύρυθμη λειτουργία της αποθήκης με το μικρότερο λειτουργικό κόστος, η παροχή υψηλού επιπέδου υπηρεσιών.

Ενώ, ο αποθηκάριος ευθύνεται για την τήρηση όλων των κανόνων υγιεινής και ασφάλειας, τη σωστή και αποτελεσματική λειτουργία της αποθήκης, τη συνεχή παρακολούθηση της αποθήκης.

Κεφάλαιο 3 : Περιγραφή περιοχή μελέτης : Περιοχή Λαυρίου

Στο παρόν κεφάλαιο θα περιγραφεί η ευρύτερη περιοχή μελέτης, η περιοχή του Λαυρίου. Θα γίνει αναφορά στα γενικά στοιχεία του Λαυρίου και του δήμου Λαυρεωτικής καθώς και σε ιστορικά στοιχεία της βιομηχανικής ανάπτυξης της περιοχής την περίοδο από το 1864 μέχρι το 1980. Επίσης, θα γίνει μνεία για τα κλιματικά δεδομένα, τη γεωμορφολογία, τη γεωλογία – τεκτονική και την υδρογεωλογία της περιοχής μελέτης. Τέλος, θα γίνει αναφορά στα περιβαλλοντικά προβλήματα που προκάλεσε η έντονη βιομηχανοποίηση της περιοχής καθώς και στα κοινωνικά προβλήματα που προήλθαν από την αποβιομηχάνιση της. Ολοκληρώνοντας το παρόν κεφάλαιο, θα αναφερθούν βασικές θετικές αναπτυξιακές προοπτικές που ανοίγονται για την περιοχή με την αξιοποίηση του λιμανιού.

3.1 Γενικά στοιχεία για το Λαύριο

Το Λαύριο βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα του νομού Αττικής (Εικόνα 3.1) και απέχει 60 χλμ. από την Αθήνα ενώ βρίσκεται 7 χλμ. βορειότερα από το φημισμένο ακρωτήριο του Σουνίου και τον ναό του Ποσειδώνα. Ο δημοτική ενότητα του Λαυρίου καταλαμβάνει έκταση 42.000 στρεμμάτων.

Τη σημερινή περίοδο το Λαύριο υπάγεται διοικητικά στο δήμο Λαυρεωτικής μαζί με την Κερατέα και τον Άγιο Κωνσταντίνο.



Εικόνα 3.1 : Χάρτης Αττικής - Λαύριο

(Πηγή : <https://bit.ly/3TIGCzq>)

Σύμφωνα με την απογραφή του 2021 (ΦΕΚ 2802 Β/26 Απρ 2023) στο Λαύριο κατοικούν μόνιμα 10.046 άνθρωποι, αλλά τους θερινούς μήνες ο πληθυσμός αυξάνεται λόγω των παραθεριστικών κατοικιών που υπάρχουν.

Κυρίαρχο ρόλο στην περιοχή διαδραματίζει το λιμάνι του Λαυρίου (Εικόνα 3.2). Η συνεχής επέκταση και αναβάθμιση του λιμανιού διαμορφώνει τις κατάλληλες συνθήκες για την οικονομική ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής, προσελκύνοντας κρουαζιερόπλοια και θαλάσσιο τουρισμό αλλά και ως διακομιστικό κέντρο εμπορευματοκιβωτίων. Η εκμετάλλευση της στρατηγικής θέσης του Λαυρίου σε σχέση με τις τουριστικές Κυκλάδες μπορεί να αξιοποιηθεί με την ολοκλήρωση των αναγκαίων υποδομών διασύνδεσης με οδικό και σιδηροδρομικό άξονα με την Αθήνα.

Η προγραμματισμένη για το 2027 διασύνδεση του λιμανιού του Λαυρίου με τον προαστιακό σιδηρόδρομο θα αποτελέσει αποφασιστικό βήμα για την περαιτέρω επέκταση της τουριστικής και εμπορικής δραστηριότητας στο λιμάνι (<https://bit.ly/3Tmt9Yg>).



Εικόνα 3.2 : Γενική άποψη του λιμανιού Λαυρίου

(Πηγή : <https://bit.ly/3uMmXPT>)

3.2 Κλιματικά δεδομένα για το Λαύριο

Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται ως μεσογειακό θερμό με ήπιους χειμώνες με λίγες βροχές ενώ τα καλοκαίρια είναι θερμά.

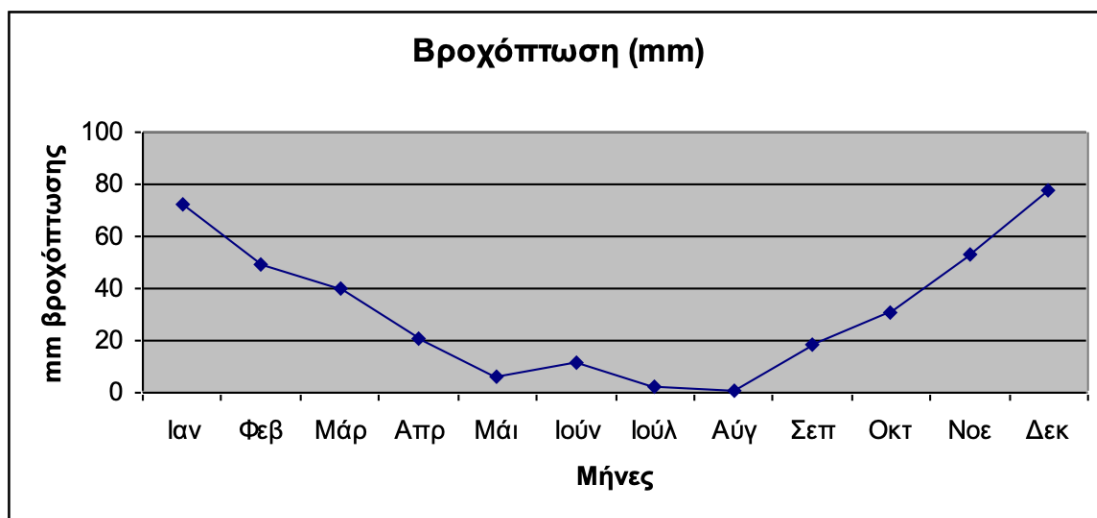
Πιο συγκεκριμένα (Πίνακας 3.1), ο πιο θερμός μήνας είναι ο Ιούλιος στον οποίο έχει καταγραφεί η υψηλότερη μέγιστη θερμοκρασία 42,4°C. Ενώ αναφορικά με τη μέση μηνιαία θερμοκρασία, θερμότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με μέση θερμοκρασία 27,9°C. Στο μετεωρολογικό σταθμό του Λαυρίου δεν έχει ποτέ καταγραφεί θερμοκρασία κάτω από το μηδέν. Η χαμηλότερη ελάχιστη που έχει καταγραφεί είναι τον Ιανουάριο +0,1°C. Αναλυτικότερα τα κλιματικά δεδομένα του Λαυρίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.1.

Κλιματικά δεδομένα Λαυρίου (2008-2023)													[απόκρυψη]
Μήνας	Ιαν	Φεβ	Μάρ	Απρ	Μάι	Ιούν	Ιούλ	Αύγ	Σεπ	Οκτ	Νοε	Δεκ	Έτος
Υψηλότερη Μέγιστη °C (°F)	22,9	23,1	23,3	27,7	32,8	39,3	42,4	38,2	38,7	33,1	27,4	23,7	42,4
Μέση Μέγιστη °C (°F)	14,0	14,9	16,5	19,8	24,4	28,5	30,9	30,7	27,5	22,8	19,3	15,7	22,1
Μέση Μηνιαία °C (°F)	11,2	11,9	13,3	16,3	20,8	25,1	27,8	27,9	24,6	20,1	16,7	13,0	19,1
Μέση Ελάχιστη °C (°F)	8,3	9,0	10,2	12,8	17,2	21,6	24,8	25,2	21,6	17,3	14,0	10,2	16,0
Χαμηλότερη Ελάχιστη °C (°F)	0,1	0,6	0,6	5,8	10,8	14,8	19,9	19,6	14,3	8,8	6,6	2,4	0,1
Βροχόπτωση mm (ίντσες)	72,2	48,9	39,8	20,67	6,3	11,4	2,4	0,4	18,4	31,1	52,9	77,5	381,97

Πίνακας 3.1 : Κλιματικά δεδομένα Λαυρίου

(Πηγή : Μηνιαία δελτία Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (2008 – 2023))

Σχετικά με τη βροχόπτωση (Εικόνα 3.3), όλους τους μήνες εμφανίζεται βροχόπτωση. Τον Αύγουστο εμφανίζεται η ελάχιστη τιμή με 0,4 mm ενώ η μέγιστη τιμή παρουσιάζεται το Δεκέμβριο με 77,5 mm βροχόπτωσης. Η συνολική ετήσια βροχόπτωση στο Λαύριο είναι περίπου 382 mm.



Εικόνα 3.3 : Βροχόπτωση (mm) ανά μήνα στο Λαύριο

(Πηγή : Ιδία επεξεργασία)

3.3 Γεωμορφολογία περιοχής Λαυρίου

Το ανάγλυφο της ευρύτερης περιοχής του Λαυρίου χαρακτηρίζεται από ήπιες εδαφικές κλίσεις και δαντελωτές ακτές. Οι σημαντικότερες γεωμορφές που υπάρχουν στην περιοχή του Λαυρίου είναι :

- ▶ Καρστικές που απαντώνται στα σπήλαια και στα λαξεύματα, σμιλεύματα.
- ▶ Λιθολογικοί σχηματισμοί και ειδικότερα στις επιφάνειες ισοπέδωσης.
- ▶ Θίνες - αμμόλοφοι
- ▶ Ακτόλιθοι (Εικόνα 3.4) (beach rocks)



Εικόνα 3.4 : Ακτόλιθοι

(Πηγή : Καρκάνη, 2012)

3.4 Γεωλογία – Τεκτονική περιοχή Λαυρίου

Το γεωλογικό υπόβαθρο της ευρύτερης περιοχής της Αττικής αποτελείται από δύο τεκτονικές ενότητες. Στην ανατολική και νότια Αττική συναντάται η πρώτη ενότητα μεταμορφωμένα πετρώματα υψηλών πιέσεων της Αττικοκυκλαδικής ζώνης. Ενώ, στη βόρεια και δυτική Αττική συναντάμε κυρίως τη αμεταμόρφωτη Υποπελαγονική περιοχή. Η Υποπελαγονική περιοχή τεκτονικά βρίσκονται σε ανώτερο επίπεδο από αυτά της Αττικοκυκλαδικής ζώνης και αποτελούνται κυρίως από ιζηματογενή αλλά και οφιολιθικά πετρώματα (Αντωνόπουλος, 2016).

Η ευρύτερη περιοχή του Λαυρίου ανήκει στην Αττικοκυκλαδική ζώνη (Εικόνα 3.5), ενώ η γεωλογία της προήλθε από πολύ υψηλές πιέσεις μεταμορφώσεις σε χαμηλή θερμοκρασία. Συνολικά κατατάσσεται στην ενδιάμεση μεταμορφική περιοχή των Ελληνίδων και κατανέμεται σε τρεις ουσιαστικά τεκτονικές ενότητες αλπικής ηλικίας, οι οποίες είναι η Κατώτερη, η Ενδιάμεση και η Ανώτερη, που θα περιγράψουμε παρακάτω:

⊕ Κατώτερη τεκτονική ενότητα

Η ενότητα αυτή θεωρείται αυτόχθονη και χαρακτηρίζεται από μεταμορφικές διαδικασίες της πρασινοσχιστολιθικής και της αμφιβολιτικής φάσης. Αποτελείται από τέσσερις σχηματισμούς, το κατώτερο μάρμαρο, σχιστόλιθο, ανώτερο μάρμαρο και τον κατώτερο ασβεστόλιθο πλάκας.

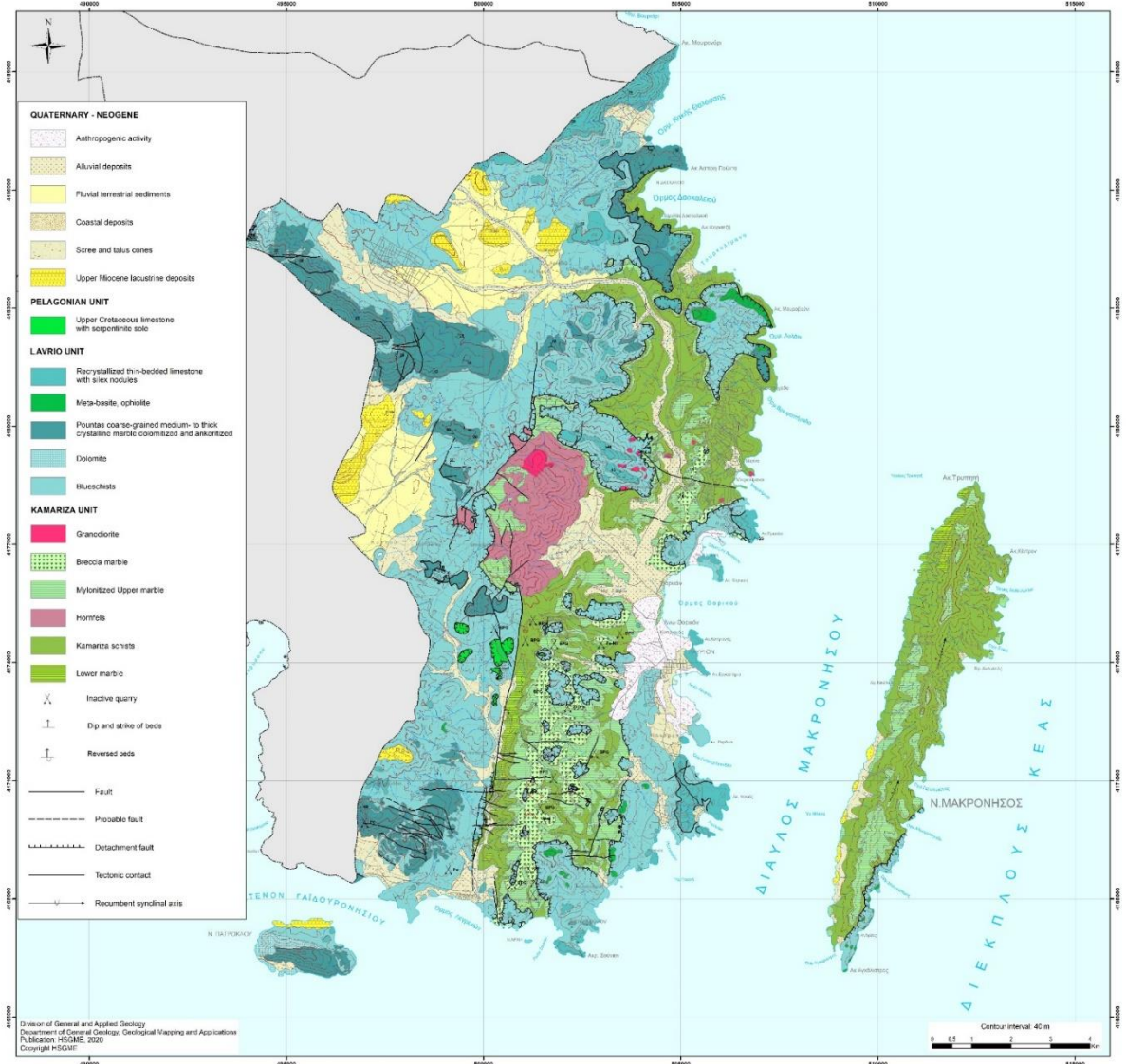
⊕ Ενδιάμεση τεκτονική ενότητα

Αυτή η τεκτονική ενότητα είναι αλλόχθονη και αποτελεί το νεοελληνικό κάλυμμα της ευρύτερης περιοχής. Αποτελείται από δύο σχηματισμούς, τους σχιστόλιθους και τους ασβεστόλιθους πλάκας.



Ανώτερη τεκτονική ενότητα

Η ενότητα αυτή αποτελείται από ανθρακικό μη μεταμορφωμένο σχηματισμό που είναι κυρίως ασβεστόλιθος μικριτικού τύπου. Αυτοί οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται ως ασβεστολιθικά ράκη και θεωρούνται ανώτερη τεκτονική ενότητα του Αττικοκυκλαδικού συμπλέγματος (Αντωνόπουλος, 2016).



Εικόνα 3.5 : Γεωλογικός χάρτης της περιοχής Λαυρίου

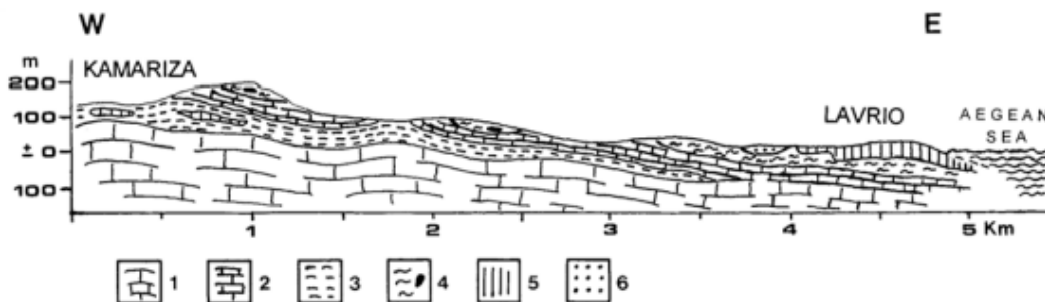
(Πηγή : ΙΓΜΕ)

3.5 Υδρογεωλογία περιοχής Λαυρίου

Τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής του Λαυρίου σχετίζονται με τους λιθολογικούς και τους γεωλογικούς σχηματισμούς καθώς επίσης και με τον ισχυρό τεκτονισμό της περιοχής. Ο κύριος υδροφόρος απαντάται στο ανώτερο και κατώτερο μάρμαρο, στην αυτόχθονη

περιοχή. Είναι ένα σύστημα ιδιαίτερα κατακερματισμένο και καρστικοποιημένο, το οποίο εμφανίζει υψηλή υδροπερατότητα.

Στα δυτικά του Λαυρίου, παρουσιάζεται το κατώτερο μάρμαρο το οποίο καταλήγει στην παράκτια ζώνη (Εικόνα 3.6). Η σύνδεση του καρστικού υδροφορέα με την παραλία καθώς και η απουσία αδιαπέρατου στρώματος, έχει ως συνέπεια την εκφόρτιση του υδροφορέα στη θάλασσα. Μέσω γεωτρήσεων για την άρδευση των γεωργικών εκτάσεων αντλείται το νερό του καρστικού υδροφόρου.



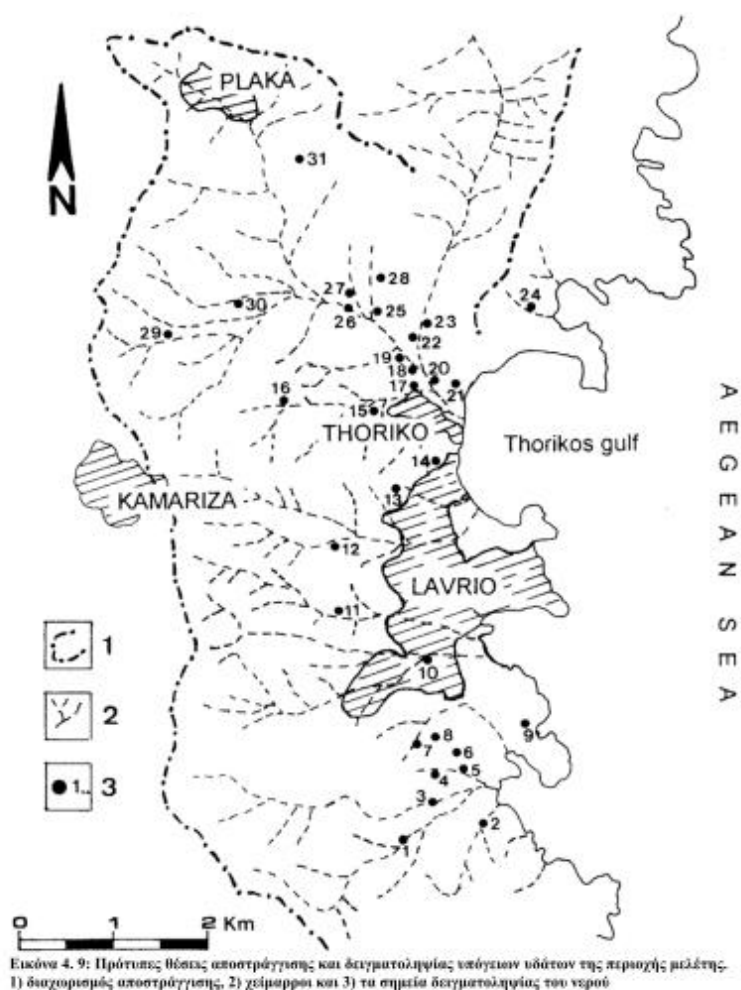
Εικόνα 3.6 : Σκαρίφημα γεωλογικής τομής περιοχής Λαυρίου

(Πηγή : Αντωνόπουλος, 2016)

Υπόμνημα	
1	Κατώτερο μάρμαρο
2	Ανώτερο μάρμαρο
3	Μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι
4	Φυλλιτικό κάλυμμα με μάρμαρα και πρασίτες
5	Μάρμαρα υπερέκλυσης του φυλλιτικού καλύμματος
6	Τεταρτοταγείς αποθέσεις

Ο σχιστόλιθος και ο φυλλίτης παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες αναφορικά με τις υδρογεωλογικές τους ιδιότητες. Το υδρογραφικό δίκτυο και στα δύο πετρώματα παρουσιάζει δενδροειδή μορφή.

Στην λεκάνη απορροής του Λαυρίου (Εικόνα 3.7) αναπτύσσονται ελεύθεροι υδροφορείς στις αλλουβιακές αποθέσεις. Αυτοί εμφανίζουν μικρή υδραυλική αγωγιμότητα και μειωμένα υδραυλικά χαρακτηριστικά. Οι κυριότερες πηγές τροφοδοσίας της λεκάνης απορροής του Λαυρίου είναι το νερό της βροχής και η πλευρική τροφοδοσία που προέρχεται από τους καρστικούς υδροφόρους των μαρμάρων.



Εικόνα 3.7: Θέσεις αποστράγγισης υδάτων της περιοχής Λαυρίου

(Πηγή : Αντωνόπουλος, 2016)

3.6 Ιστορικά στοιχεία

Η περιοχή του Λαυρίου εμφανίζει στοιχεία κατοίκησης και ανθρώπινης δραστηριότητας ακόμα και από τη Νεολιθική εποχή. Το όνομα Λαύριο προέρχεται από την αρχαία ελληνική λέξη «λαύρα» που σημαίνει στενό πέρασμα (Μπαμπινιώτης, 2002), σήραγγα, στοά και κατ' επέκταση μεταλλευτική στοά (ΔΑΝΕΤΑΛ ΑΕ, 2023). Στην ευρύτερη περιοχή υπάρχει πληθώρα μεταλλευτικών στοών εξόρυξης πολύτιμων μετάλλων από αρχαιοτάτων χρόνων (Κονοφάγος, 1980).

Την κλασική εποχή (5^{ος} αιώνας π.Χ.), η περιοχή του Λαυρίου ήταν φημισμένη για την εξόρυξη ασημιού. Αυτό το μέταλλο αξιοποιήθηκε από την αρχαία Αθήνα για την κοπή νομισμάτων και τη χρηματοδότηση της κατασκευής του περίφημου αθηναϊκού στόλου (Ζούμπος, 1986).

Το 1864 άρχισε πάλι η βιομηχανική εκμετάλλευση των μεταλλείων της περιοχής από Γαλλο-Ιταλική εταιρεία (Κεκροπούλου, 2015). Στην συνέχεια, (τέλη 19^{ου} αιώνα – αρχές 20^{ου}) και άλλες εταιρείες δραστηριοποιήθηκαν στην περιοχή (Εικόνα 3.8). Μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, η φυσιογνωμία της περιοχής αλλάζει δραματικά με την εγκαθίδρυση χημικών βιομηχανιών, σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και της Ελληνικής Βιομηχανίας Όπλων (Δερμάτης, 2003).



Εικόνα 3.8 : Εργαζόμενοι στα μεταλλεία Λαυρίου 1903

(Πηγή : <https://bit.ly/3IIMtP5>)

Στην περιοχή του Λαυρίου, με βάση τις μεταλλευτικές βιομηχανίες, υπήρξε μια έντονη βιομηχανική ανάπτυξη από το 1864 μέχρι και τα μέσα της δεκαετίας του 1980 (Δερμάτης, 2003). Η οποία συνδυάστηκε και με ραγδαία αύξηση του πληθυσμού. Με βάση τα στοιχεία της απογραφής του 1907, στο Λαύριο κατοικούσαν πάνω από 10.000 κάτοικοι, όσοι δηλαδή περίπου και σήμερα, σύμφωνα με την απογραφή του 2021.

Το Λαύριο αποτελεί μοναδικό παράδειγμα στον ελλαδικό χώρο, στον οποίο υπάρχουν μεταλλευτικές εγκαταστάσεις από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Επίσης, είναι η μοναδική ελληνική «company town» (Παπαδάκη – Λάππα, 2015). Δηλαδή πόλη που δημιουργήθηκε για την στέγαση των εργαζομένων στις εγκαταστάσεις της μεταλλευτικής βιομηχανίας (Δερμάτης, 2017).

3.7 Προβλήματα - Προοπτικές

Μετά τα μέσα της δεκαετίας 1980, λόγω της γενικότερης πολιτικής αποβιομηχάνισης της χώρας πλήθος βιομηχανιών έκλεισαν στο Λαύριο. Η τελευταία μεταλλευτική βιομηχανία στην περιοχή, η Γαλλική εταιρεία μεταλλείων Λαυρίου, λειτουργούσε μέχρι το 1992. Συνέπεια αυτών ήταν ο οικονομικός και κοινωνικός μαρασμός της περιοχής με έντονο το φαινόμενο της ανεργίας. (ΔΑΝΕΤΑΛ ΑΕ, 2023).

Το οικονομικό μοντέλο ανάπτυξης της περιοχής του Λαυρίου είχε ως τίμημα πολύ σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα στην περιοχή, τον 19ο και τον 20ο αιώνα. Εξαιτίας της παντελούς έλλειψης μέτρων προστασίας του περιβάλλοντος, διαπράχθηκε μια άνευ προηγουμένου

περιβαλλοντική καταστροφή, της οποίας οι επιπτώσεις και τα αποτελέσματα είναι ορατά μέχρι και σήμερα. Τα φυσικό έδαφος της ευρύτερης περιοχής έχει μολυνθεί με βαρέα μέταλλα (αρσενικό, μόλυβδο κλπ.), τα οποία καθιστούν το έδαφος επικίνδυνο και ακατάλληλο για καλλιέργεια οποιουδήποτε φυτικού είδους (ΔΑΝΕΤΑΛ ΑΕ, 2023).

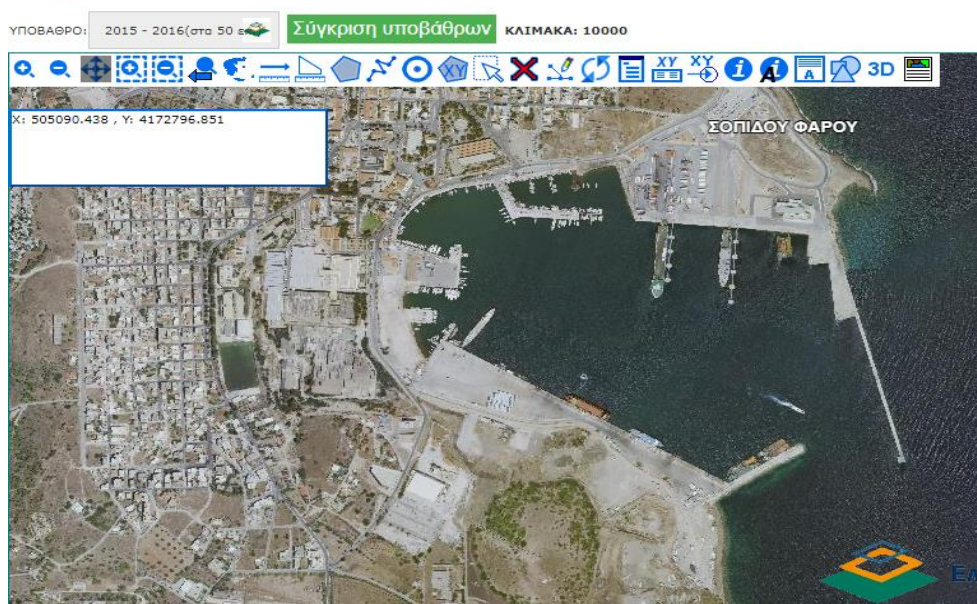
Οι προοπτικές ανάπτυξης της περιοχής είναι σημαντικές (ΕΜΠ, 1991). Στο πλαίσιο διαμόρφωσης του λεκανοπεδίου της Αττικής ως πολυκεντρικής πρωτεύουσας, το λιμάνι του Λαυρίου χαρακτηρίζεται ως το δεύτερο λιμάνι της Αττικής. Έχουν ολοκληρωθεί σημαντικά έργα υποδομής και προβλέπεται να συνεχιστούν και να ολοκληρωθούν τα επόμενα χρόνια. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι ενώ το 2019 δεν υπήρξε καμία προσέγγιση κρουαζιερόπλοιου στο λιμάνι του Λαυρίου, το 2023 ξεπέρασαν τις 100 προσεγγίσεις με άνω των 100.000 επιβατών – επισκεπτών (<https://bit.ly/3Tmt9Yg>).

Η χωροθέτηση βιοτεχνικού και βιομηχανικού πάρκου στην περιοχή, έτσι ώστε να εγκατασταθούν οργανωμένα και σωστά βιοτεχνίες και βιομηχανίες, η αναβάθμιση των παλαιών – διατηρητέων βιομηχανικών κτιρίων και η διαμόρφωση τους σε πολιτιστικά και ερευνητικά κέντρα, διαμορφώνουν τις κατάλληλες συνθήκες για μια νέα εποχή βιώσιμης και αειφόρου οικονομικής ανάπτυξης του Λαυρίου (<https://bit.ly/432cgFk>).

3.8 Περιοχή μελέτης

Οι εγκαταστάσεις του λιμανιού του Λαυρίου γενικά, μπορούν να εξυπηρετήσουν την διακίνηση και αποθήκευση όλων των συμβατικών φορτίων όπως υλικά συσκευασμένα σε εμπορευματοκιβώτια (container), χύδην και πλοία Ro-Ro (Roll-on/Roll-off). Για την εξυπηρέτηση των αναγκών διακίνησης των φορτίων παρέχονται οι δυνατότητες για την φορτοεκφόρτωση, μεταφόρτωση, αποθήκευση σε συγκεκριμένους χώρους, εντός των εγκαταστάσεων του λιμένα Λαυρίου, ανάλογα πάντα με τις ανάγκες και την κατηγορία των φορτίων (Οργανισμός Λιμένα Λαυρίου, 2023).

Η περιοχή που θα μελετηθεί διεξοδικά στο πλαίσιο της διπλωματικής εργασίας, προκειμένου να γίνει σχεδιασμός για την κατασκευή αποθήκης επικίνδυνων μεταλλευτικών αποβλήτων, συσκευασμένα σε εμπορευματοκιβώτια (container), βρίσκεται στην νότια τομέα του λιμένα Λαυρίου, όπως φαίνεται στις Εικόνες 3.9 – 3.12.



Εικόνα 3.9 : Λιμένας Λαυρίου (Κλίμακα 1:10.000)

Στον βόρειο τομέα του λιμανιού του Λαυρίου εξυπηρετούνται τα επιβατικά και οχηματαγωγά πλοία, υπάρχει αποθήκη τελωνείου και προσεγγίζουν πλοία Ro-Ro. Στον νότιο τομέα μπορούν να εξυπηρετηθούν πλοία μεταφοράς εμπορευματοκιβωτίων καθώς και χύδην φορτίων.

Το λιμάνι του Λαυρίου παρουσιάζει συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα άλλα μεγάλα λιμάνια της Αττικής (Πειραιάς, Ραφήνα), για την χωροθέτηση αποθήκης επικίνδυνων υλικών.

Σε σχέση με το λιμάνι του Πειραιά, το λιμάνι του Λαυρίου παρουσιάζει σημαντικά μικρότερη κίνηση επιβατών αλλά και εμπορευματοκιβωτίων, γεγονός που αυξάνει την ασφάλεια των μεταφορών και την αποθήκευση επικίνδυνων υλικών. Επίσης, το λιμάνι του Λαυρίου είναι χωροταξικά, περιφερειακό λιμάνι το οποίο εξυπηρετεί το σκοπό της χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών. Τέλος, το λιμάνι βρίσκεται πλησιέστερα στους θαλάσσιους δρόμους της Μεσογείου και έτσι τα πλοία δεν χρειάζεται να προσεγγίζουν πολυσύχναστα λιμάνια όπως αυτό του Πειραιά.

Σε σύγκριση με το λιμάνι της Ραφήνας, ο λιμένας Λαυρίου, παρουσιάζει σημαντικά μεγαλύτερες προοπτικές ανάπτυξης και εξέλιξης. Γειτνιάζει με το Λαύριο, που αποτελεί ιστορικά βιομηχανική και μεταλλευτική περιοχή. Τέλος το λιμάνι της Ραφήνας έχει περιορισμένες δυνατότητες επέκτασης και ανάπτυξης και εξυπηρετεί κατά κανόνα επιβατικές ακτοπλοϊκές ανάγκες.



Εικόνα 3.10 : Περιοχή μελέτης λιμένα Λαυρίου

Η συγκεκριμένη περιοχή μελέτης καταλαμβάνει έκταση 138.428 m² και έχει περίμετρο 1.995 m.



Εικόνα 3.11 : Αεροφωτογραφία της περιοχής μελέτης

Κεφάλαιο 4 : Συλλογή δεδομένων για την δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ)

Στο παρόν κεφάλαιο περιγράφεται η διαδικασία συλλογής των δεδομένων της τοπογραφικής και υδρολογικής μελέτης και τα μέσα που χρησιμοποιήθηκαν για την διαμόρφωση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους. Περιγράφεται το μοντέλο του drone που χρησιμοποιήθηκε καθώς και η διαδικασία και το πρόγραμμα πτήσης που αυτό πραγματοποίησε. Τελικά, συγκρίθηκε το εξαγόμενο, από το drone, DEM με το DEM που δόθηκε από το εργαστήριο υδραυλικής και μέσω του λογισμικού ArcGIS ακολουθήθηκε η διαδικασία ένωσης των μικρότερων DEM σε ένα μεγαλύτερο, στο οποίο έγινε εστίαση στην περιοχή μελέτης μας.

4.1 Διαμόρφωση ψηφιακού μοντέλου εδάφους

Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής (DEM – Digital Elevation Model) είναι μια απεικόνιση του φυσικού εδάφους της επιφάνειας της Γης συμπεριλαμβανομένων των κτιρίων, δένδρων και άλλων επιφανειακών αντικειμένων. Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους μπορεί να δημιουργηθεί από ένα πλήθος διαφορετικών πηγών. Με βάση τις συντεταγμένες, εξάγονται κυρίως από τους τοπογραφικούς χάρτες.

Η διαδικασία συλλογής των δεδομένων για τη δημιουργία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους έγινε σε συνεργασία με την τεχνική εταιρεία Geoplan με τη χρήση μη επανδρωμένου αεροσκάφους (UAV) και συγκεκριμένα τετρακόπτερου drone τύπου Phantom 4 pro version 2.0 όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.1 παρακάτω.



Εικόνα 4.1 : Phantom 4 pro version 2.0

Η διαδικασία εκκίνησε με την επιλογή της κατάλληλης ημέρας πτήσης. Τα κρισιμότερα κριτήρια για την επιλογή της ορθής ημέρας και ώρας πτήσης είναι τα εξής:

1. Καιρικές συνθήκες: Ιδανικά είναι επιθυμητή μια ημέρα χωρίς νεφελώσεις ώστε να εξασφαλίζεται η βέλτιστη κατά το δυνατόν ακρίβεια του μοντέλου. Ένας δεύτερος παράγοντας που οφείλει να ληφθεί υπόψη είναι και η ένταση των ανέμων, τόσο η σταθερή όσο και η μέγιστη ριπή ανέμου, καθώς το συγκεκριμένο UAV έχει αντίσταση ανέμου επιπέδου 5, που σημαίνει ότι δύναται να πραγματοποιήσει πτήση σε ημέρες με μέγιστη ταχύτητα ανέμου ίση με 29-38 χιλ/ώρα. Ωστόσο, είναι επιθυμητό να επιλέγονται μέρες με μέγιστους ανέμους 3 της κλίμακας Beaufort.
2. Ωρα πτήσης: Είναι ορθό η πτήση να πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια του χρονικού διαστήματος εντός του οποίου μπορεί να διασφαλιστεί η εντονότερη ηλιοφάνεια, γι' αυτό και επιλέχτηκε η 12^η μεσημβρινή.

Άξιο αναφοράς είναι ότι πριν από την επιλογή της ημέρας και της ώρας πτήσης οφείλει να ελεγχθεί η ευρεία περιοχή πτήσης, ώστε να μην υπάρχουν οι επονομαζόμενες No Fly zones που θα παρεμποδίσουν την ομαλή διεξαγωγή του πτητικού σχεδίου. Αφού ελέγχθηκαν όλα τα άνωθεν, αποφασίστηκε η πτήση να υλοποιηθεί στις 27/09/2023 και ώρα 9:15 .

Αφού υλοποιήθηκαν τα άνωθεν, στη συνέχεια, δημιουργείται το κατάλληλο σχέδιο πτήσης στον υπολογιστή. Το σχέδιο πτήσης διαμορφώθηκε με τη βοήθεια του εξειδικευμένου λογισμικού UgCS. Αρχικά, εντοπίστηκε το κατάλληλο σημείο απογείωσης του αεροσκάφους με γνώμονα την κεντρική του θέση στο σύνολο της επιθυμούμενης καλυπτόμενης περιοχής. Έπειτα, σχεδιάστηκε η φωτογραμμετρική αποστολή με κριτήριο όσο το δυνατόν τη μεγαλύτερη κάλυψη της υπό μελέτης περιοχής. Οι παράμετροι που επιλέχθηκαν για την φωτογραμμετρική αποστολή παρουσιάζονται στη κάτωθι εικόνα και οι επιλογές των τιμών επεξηγούνται κάτωθεν.



Εικόνα 4.2 : Παράμετροι πτήσης

Παράμετροι πτήσης:

- ❖ Ταχύτητα πτήσης: Για το συγκεκριμένο τύπο UAV και τύπο αποστολής (δημιουργία DEM) ταχύτητα πτήσης της τάξεως των 5 m/s. Ωστόσο, επειδή κρίθηκε επιθυμητό να αυξηθεί ελαφρώς η περιοχή κάλυψης θεωρήθηκε ορθό να πραγματοποιηθεί πτήση με οριζόντια ταχύτητα ίση με 6 m/s. Η επιρροή της αύξησης αυτής στην ποιότητα του μοντέλου κρίθηκε αμελητέα, σύμφωνα και με την εμπειρία του χειριστή.
- ❖ Ground resolution (GSD): Αποτελεί την απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο διαδοχικών εικονοστοιχείων στο έδαφος. Ουσιαστικά, η GSD καθορίζει πόσο έδαφος καλύπτεται από ένα μόνο εικονοστοιχείο στην εικόνα. Μικρότερη GSD σημαίνει ότι κάθε εικονοστοιχείο αντιπροσωπεύει μικρότερη περιοχή στο έδαφος, οδηγώντας σε υψηλότερη ανάλυση. Η επιλογή των 3 cm απόστασης κρίνεται εξαιρετικά επαρκής για τη δημιουργία DEM (ιδιαίτερα εφόσον δεν απαιτείται η δημιουργία ορθοφωτοχάρτη).

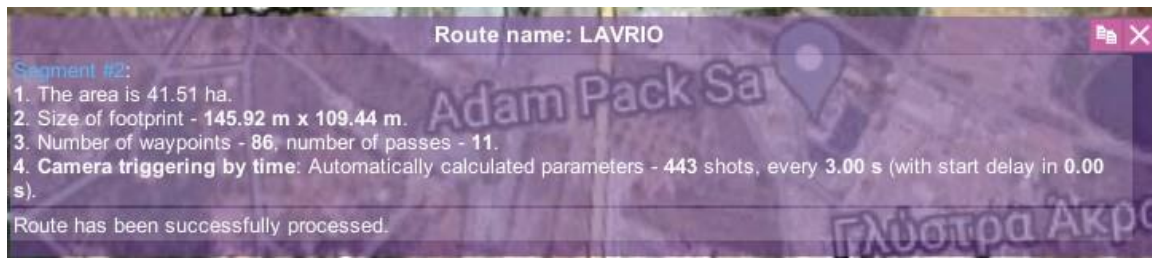
- ❖ Επικάλυψη εικόνων (εμπρόσθια και πλευρική): Κρίνοντας την επιθυμητή ανάλυση των φωτογραφιών, την πολυπλοκότητα της εδαφικής επιφάνειας, τις κλιματικές συνθήκες και το ύψος/ ταχύτητα πτήσης επιλέχθηκαν 80% και 60 % αντίστοιχα.
- ❖ Διεύθυνση πτήσης: Επιλέχθηκε η συγκεκριμένη με κριτήριο την ελαχιστοποίηση του χρόνου πτήσης.

Η περιοχή κάλυψης που προέκυψε μετά τον προγραμματισμό της φωτογραμμετρικής αποστολής ήταν η ακόλουθη.



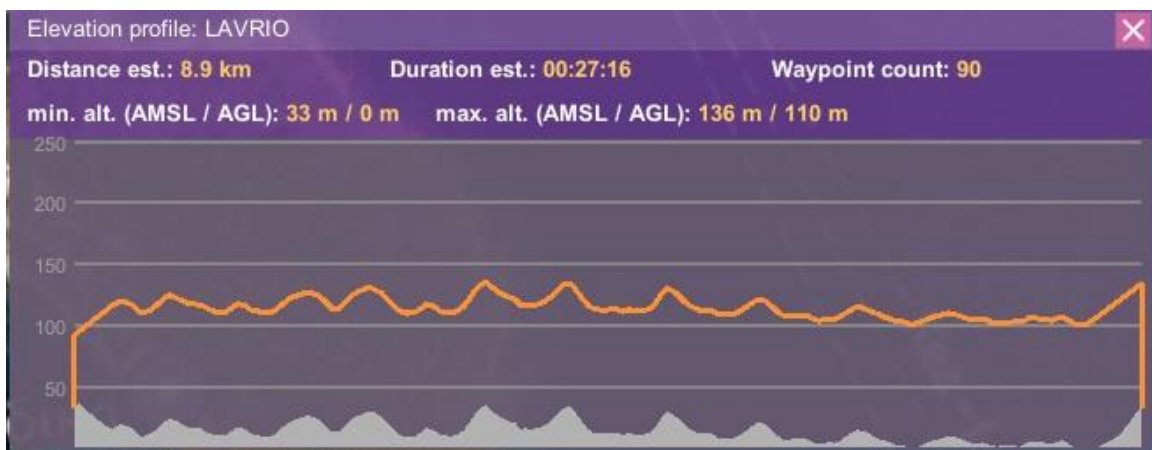
Εικόνα 4.3 : Παράμετροι πτήσης

Η περιοχή αυτή, έχει εμβαδό 41.51 ha και απαιτεί 443 λήψεις, που θα πραγματοποιούνται κάθε 3 δευτερόλεπτα, όσο είναι και η ελάχιστη απαιτούμενη χρονική απόσταση για την κάμερα του συγκεκριμένου μοντέλου UAV.



Εικόνα 4.4 : Εμβαδό περιοχής και απαιτούμενες λήψεις

Για την υλοποίηση της άνωθεν αποστολής, υπολογίστηκε ότι το μη επανδρωμένο αεροσκάφος θα καλύψει απόσταση ίση με 8.9 km, εντός 27 λεπτών και 16 δευτερολέπτων (συμπεριλαμβανομένης της απογείωσης και της προσγείωσης). Το μέγιστο ύψος πτήσης υπολογίστηκε ίσο με 136 m πάνω από την επιφάνεια θαλάσσης (AMSL).



Εικόνα 4.5 : Διάρκεια και ύψος πτήσης

Ολοκληρώνοντας, τις εργασίες γραφείου πριν την πραγματοποίηση της πτήσης, τελευταίο στάδιο αποτέλεσε ο καθορισμός των φωτοσταθερών σημείων. Για την αποτύπωση των φωτοσταθερών σημείων στο πεδίο χρησιμοποιήθηκαν πλακίδια διαστάσεων 50x50 cm όπως φαίνονται παρακάτω (εικόνα 4.6).



Εικόνα 4.6 : Φωτοσταθερά

Για την περιοχή επιλέχτηκαν 9 σημεία. Ο αριθμός κρίνεται μεγαλύτερος των απαιτούμενων για το μέγεθος της περιοχής, ωστόσο, παρέχει την ασφάλεια ότι πλεόνασμα αυτών μπορεί να λειτουργήσει ως σημεία ελέγχου κατά την επίλυση του μοντέλου. Παρακάτω παρουσιάζονται τα σημεία.



Εικόνα 4.7 : Τοποθεσίες Φωτοσταθερών

Τέλος, για τις συντεταγμένες των σημείων που τοποθετήθηκαν τα φωτοσταθερά, έγινε χρήση GPS μοντέλο ProMark 800 που φαίνεται και στην εικόνα 4.8 κατά τη διάρκεια των μετρήσεων στο πεδίο.



Εικόνα 4.8 : Μέτρηση συντεταγμένων με GPS

Για της μετρήσεις των συντεταγμένων αυτών έγινε χρήση της μεθόδου RTK (Real-time Kinematic positioning) όντας συνδεδεμένο το GPS στο ελληνικό Σύστημα Εντοπισμού του Ελληνικού Κτηματολογίου HEPOS).

A/a	X(m)	Y(m)	h(m)
1	504687.899	4172779.039	10.181
2	504809.304	4173037.335	11.845
3	504963.229	4173235.548	2.801
4	504957.654	4172542.731	17.981
5	504970.817	4172789.878	22.887
6	505238.405	4172981.897	9.924
7	505454.581	4172963.934	0.487
8	505254.2	4172778.11	13.037
9	505115.451	4172469.64	14.582

Πίνακας 4.1 : Συντεταγμένες Φωτοσταθερών (ΕΓΣΑ87)

4.2 Επεξεργασία δεδομένων και παραγωγή ΨΜΕ

Στη συνέχεια οι παραγόμενες εικόνες, εισήχθησαν σε πρόγραμμα φωτογραμμετρίας, το 3D Survey. Σε πρώτο στάδιο, οι εικόνες προσανατολίστηκαν με βάση τα γεωγραφικά στοιχεία της κάμερας του drone, ενώ σε 2^ο στάδιο έγιναν οι απαραίτητες διορθώσεις των συντεταγμένων μετά από μετρήσεις με το GPS.

Τέλος, δημιουργήθηκε το νεφέλωμα των σημείων από τις παραγόμενες φωτογραφίες και μέσω του λογισμικού ArcGIS και τις κατάλληλες εντολές εξήχθησαν το ψηφιακό μοντέλο εδάφους και μέσω του προγράμματος 3D Survey εξήχθησαν και οι ισοϋψείς καμπύλες του τοπογραφικού διαγράμματος που αποτυπώνει την περιοχή μελέτης.

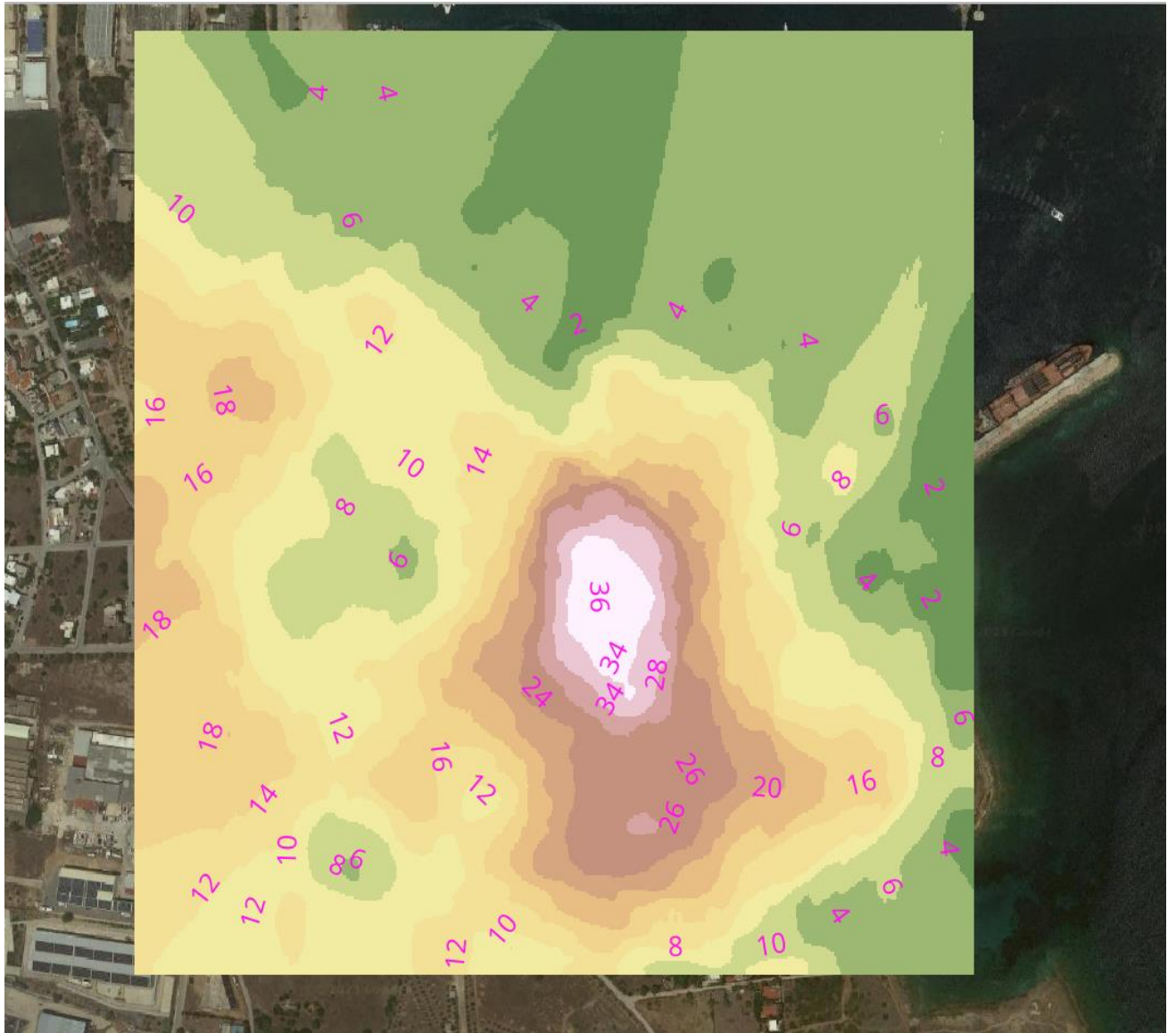
Το εργαστήριο Υδραυλικής παρείχε επίσης έτοιμα τα τμηματικά ψηφιακά μοντέλα εδάφους της περιοχής μελέτης μας. Στη συνέχεια με τη χρήση του ArcToolbox και συγκεκριμένα με την εντολή «mosaic to new raster» ενοποιήθηκαν όλα τα ψηφιακά δεδομένα του εδάφους σε ένα ενιαίο αρχείο, το οποίο περιλάμβανε το λιμάνι του Λαυρίου αλλά και την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος. Δυστυχώς λόγω του μεγάλου όγκου των δεδομένων και της περιορισμένης υπολογιστικής ικανότητας του υπολογιστή, σημαντικά προβλήματα στην διαχείριση όλων των πληροφοριών αντιμετωπίστηκαν επανειλημμένα. Αποτέλεσμα ήταν να περιοριστεί η περιοχή του ψηφιακού μοντέλου εδάφους και να εστιάσουμε μόνο στην περιοχή ενδιαφέροντος, στο νότιο τμήμα του λιμανιού του Λαυρίου.

Στις παρακάτω εικόνες αποτυπώνονται αναλυτικά: στην εικόνα 4.9 οι ισοϋψείς του ψηφιακού μοντέλου που έχει παραχθεί από το drone, στην εικόνα 4.10 το DEM από το drone και στην εικόνα 4.11 το τελικό ενοποιημένο DEM που δόθηκε από το εργαστήριο.



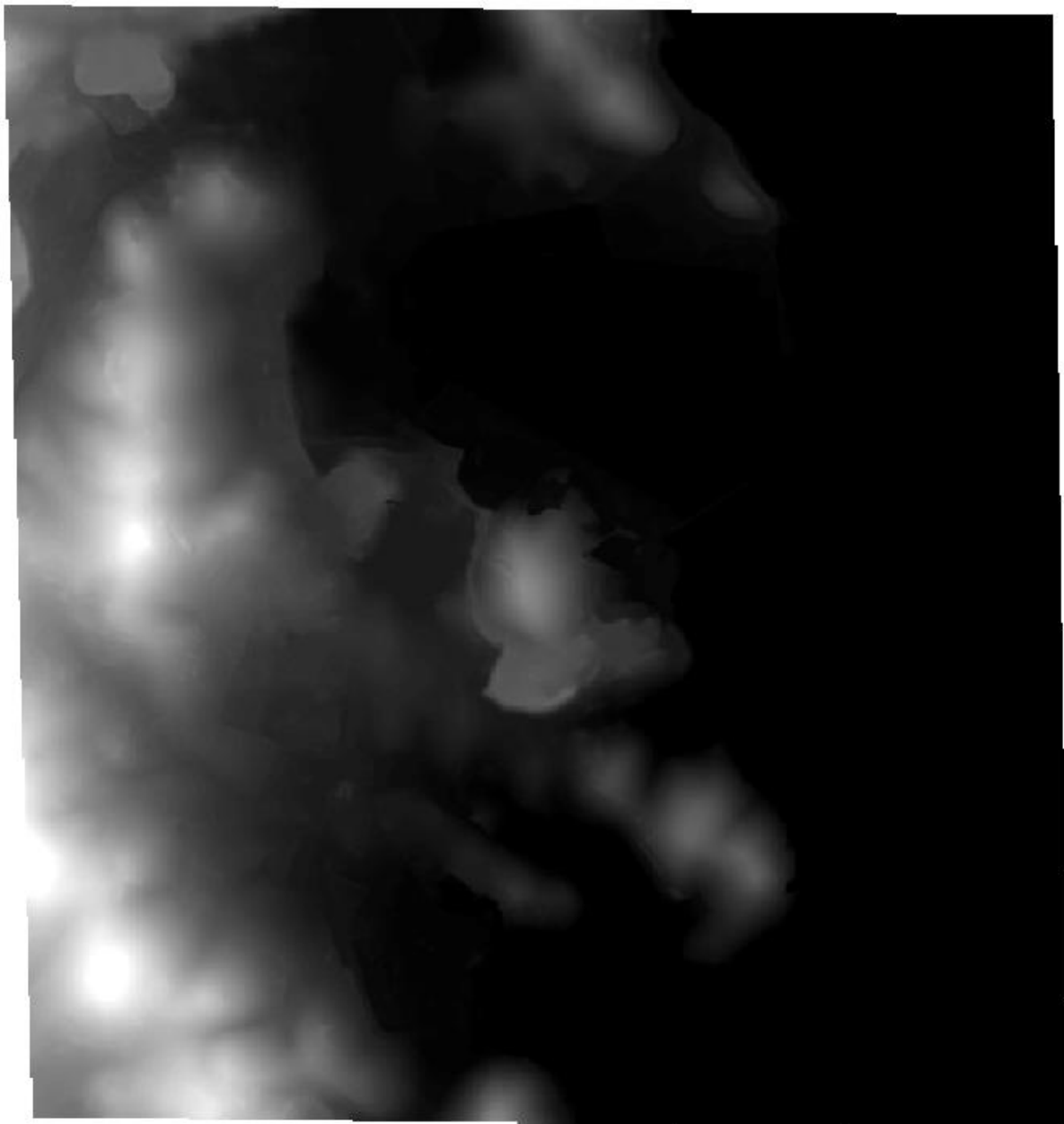
Εικόνα 4.9 : Ισοϋψείς ψηφιακού μοντέλου από drone

Οι ισοϋψείς έχουν ισοδιάσταση 2 μέτρα και φαίνεται και από την παραπάνω εικόνα ότι το μέγιστο υψόμετρο είναι 36 μέτρα.



Εικόνα 4.10 : Ψηφιακό μοντέλου εδάφους από drone

Στην παραπάνω εικόνα η κάθε απόχρωση έχει και το αντίστοιχο υψόμετρο από τις ισοΨείς.



Εικόνα 4.11 : Ψηφιακό μοντέλο εδάφους (εργαστήριο Υδραυλικής SATM)












Ωστόσο, το ψηφιακό μοντέλο εδάφους που δόθηκε από το εργαστήριο κάλυπτε μεγαλύτερο μέρος της περιοχής από εκείνο του drone και έδινε μία πιο πλήρη εικόνα της περιοχής. Ταυτόχρονα έγινε σύγκριση ανάμεσα στα δύο μοντέλα όσον αφορά στην τυπική απόκλισή τους (σ), που βρέθηκε από τα Properties των δύο layers στο ArcGIS. Η τυπική απόκλιση του DEM από το εργαστήριο Υδραυλικής βρέθηκε ίση με 7,167m ενώ του DEM από το drone ήταν 10,150m. Αποφασίστηκε, λοιπόν, ότι θα χρησιμοποιηθεί στην παρούσα μελέτη για την αποτύπωση της λεκάνης απορροής και της εύρεσης της απορροής το μοντέλο από το εργαστήριο.

Κεφάλαιο 5 : Υπολογισμός λεκάνης απορροής

Στο πέμπτο κεφάλαιο θα περιγραφεί η διαδικασία υπολογισμού της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης. Αρχικά και με τη βοήθεια του ψηφιακού μοντέλου εδάφους, που δημιουργήθηκε, αποτυπώνεται η διαμορφούμενη λεκάνη απορροής υδάτων, μέσω του λογισμικού ArcGIS. Στη συνέχεια, μέσω της εξίσωσης Giandotti, υπολογίζεται ο χρόνος συγκέντρωσης των υδάτων. Στη συνέχεια, με τη χρήση της ορθολογικής μεθόδου και μέσω του λογισμικού ArcGIS υπολογίστηκε το εμβαδόν της λεκάνης απορροής, τα υψόμετρα εξόδου και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής. Τέλος, υπολογίζεται η κρίσιμη ένταση της βροχόπτωσης (i), για τη δεδομένη διάρκεια (d) και γίνεται η εκτίμηση της πλημμυρικής αιχμής παροχής της συγκεκριμένης λεκάνης απορροής των υδάτων.

5.1 Λεκάνη απορροής

Στόχος της δημιουργίας του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της περιοχής μελέτης είναι η αποτύπωση της διαμορφούμενης λεκάνης απορροής υδάτων στην περιοχή. Για τον υπολογισμό της προβλεπόμενης παροχής χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό ArcGIS και συγκεκριμένα μέσω της χρήσης ενός πρόσθετου λογισμικού (plugin) το HEC-GeoHMS, ακολουθήθηκαν τα παρακάτω βήματα:

-  Πλήρωση ταμιευτήρα (Fill sinks)
-  Κατεύθυνση ροής (Flow direction)
-  Συσσώρευση ροής (Flow accumulation)
-  Ορισμός ρέματος (Stream definition)
-  Κατάτμηση ρέματος (Stream segmentation)
-  Οριοθέτηση πλέγματος λεκάνης απορροής (Catchment grid delineation)
-  Επεξεργασία πολυγώνου λεκάνης απορροής (Catchment polygon processing)
-  Επεξεργασία γραμμής αποχέτευσης (Drainage line processing)
-  Έναρξη νέου έργου (Start new project)
-  Προσθήκη σημείου έργου (Add project point)
-  Δημιουργία έργου (Generate project)

Η εντολή Fill Sinks χρησιμοποιείται για την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους με σκοπό την ομαλοποίηση των «βυθισμάτων» που μπορεί να υπάρχουν στα δεδομένα όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.1.

Η εντολή Flow Direction υπολογίζει για κάθε pixel του DEM την κατεύθυνση της μέγιστης κλίσης. Αυτό σημαίνει ότι για κάθε σημείο στο DEM, η ροή νερού θα κατευθύνεται προς το γειτονικό pixel με τη μεγαλύτερη αύξηση σε υψόμετρο όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.2.

Η εντολή Flow Accumulation καταγράφει πόσα κελιά κατευθύνουν τη ροή προς κάθε κυψέλη, με βάση τις κατευθύνσεις ροής που έχουν οριστεί από την Flow Direction όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.3.

Η εντολή Stream Definition ορίζει τα κριτήρια που καθορίζουν ποια pixel του DEM θα θεωρηθούν ως ποτάμια και ποια ως ρέματα όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.3.

Η εντολή Stream Segmentation διαχωρίζει τους ποταμούς ή τα ρέματα σε διακριτά τμήματα ή τμήματα ροής βάσει κριτηρίων όπως το μήκος ή η γωνία κλίσης όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.4.

Η εντολή Catchment Grid Delineation χρησιμοποιείται για την οριοθέτηση της λεκάνης απορροής του DEM όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.5.

Η εντολή Catchment Polygon Processing αφορά στην διαδικασία επεξεργασίας και ανάλυσης των πολυγώνων λεκάνης απορροής όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.6.

Η εντολή Drainage Line Processing αναφέρεται στην διαδικασία επεξεργασίας και ανάλυσης των γραμμών απορροής όπως φαίνεται στην Εικόνα 5.7.

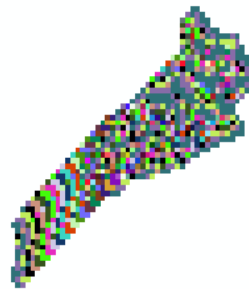
Τα χωρικά αποτελέσματα της παραπάνω διαδικασίας μέσω του λογισμικού ArcGIS αποτυπώνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 5.1 : Fill Sinks



Εικόνα 5.2 : Flow Direction



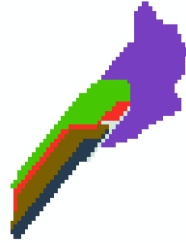
Εικόνα 5.3 : Flow Accumulation



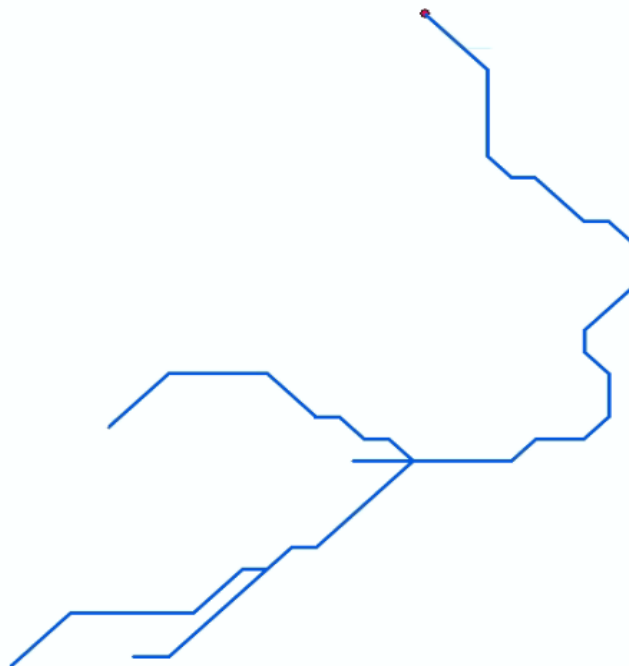
Εικόνα 5.4 : Stream Definition



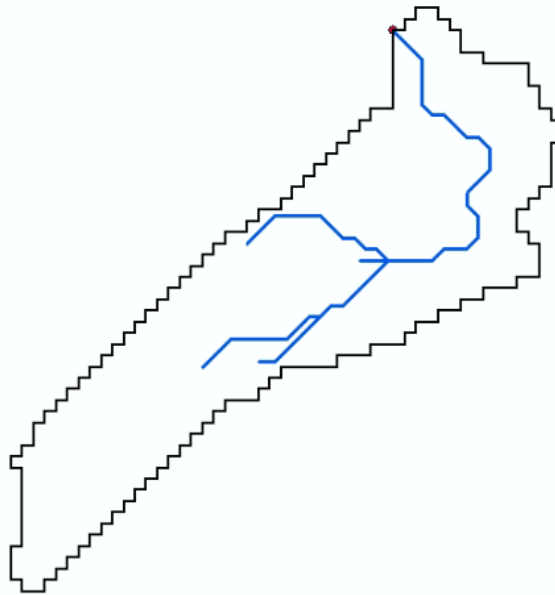
Εικόνα 5.5 : Stream Segmentation



Εικόνα 5.6 : Catchment Grid Delineation



Εικόνα 5.7 : Project Point και Drainage Line



Εικόνα 5.8 : Λεκάνη Απορροής

Τελικά, συνέπεια της παραπάνω διαδικασίας ήταν ο υπολογισμός της λεκάνης απορροής, η οποία έχει εμβαδόν 21050 m^2 ή 0.02105 km^2 .

5.2 Αιχμή παροχής λεκάνης απορροής

Στη συνέχεια, υπολογίστηκε ο χρόνος συγκέντρωσης των υδάτων, μέσω της εμπειρικής μεθόδου, της εξίσωσης Giandotti.

$$T_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_{mn} - H_{min}}} \quad (5.1)$$

Όπου, A : επιφάνεια λεκάνης απορροής (km^2)

L : μέγιστος υδραυλικός δρόμος (km)

H_{mn} : το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής (m)

H_{min} : το ελάχιστο υψόμετρο της λεκάνης απορροής (m) (Σημείο εξόδου)

T_c : χρόνος συγκέντρωσης υδάτων (h)

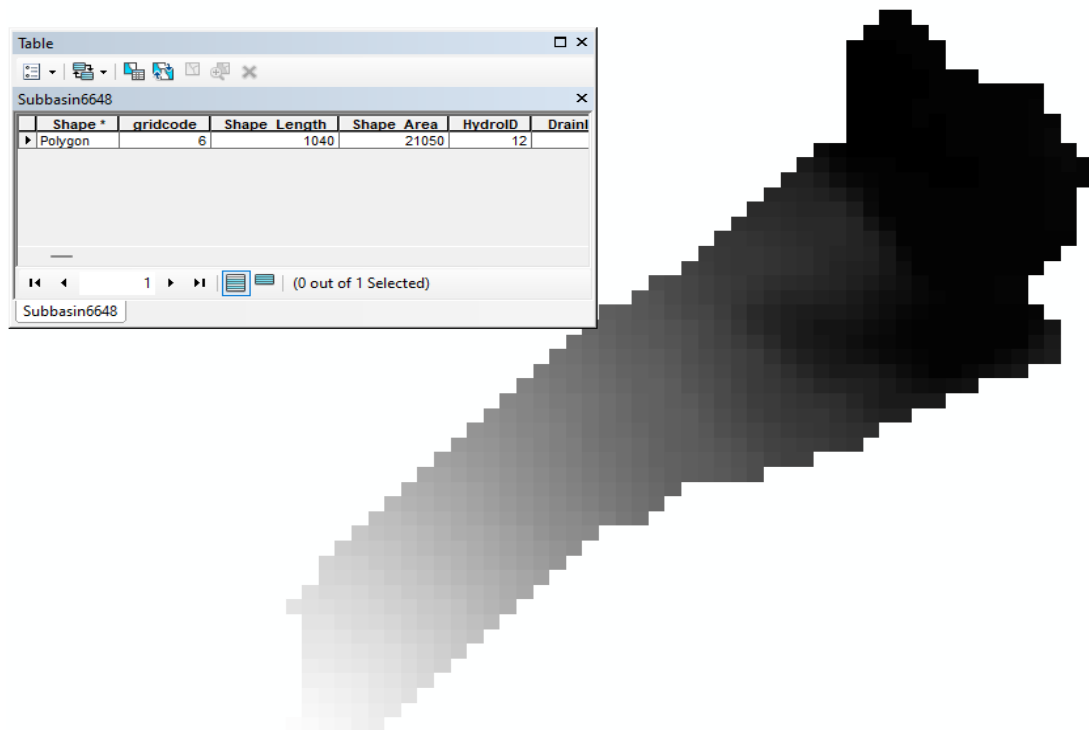
Στην μελέτη περίπτωσης που εξετάζουμε, έχουμε ως δεδομένα :

✓ Το A , δηλαδή το εμβαδόν της λεκάνης απορροής το λαμβάνουμε από το Arcgis (Shape Area) και είναι 0.02105 km^2 (Εικόνα 5.9).

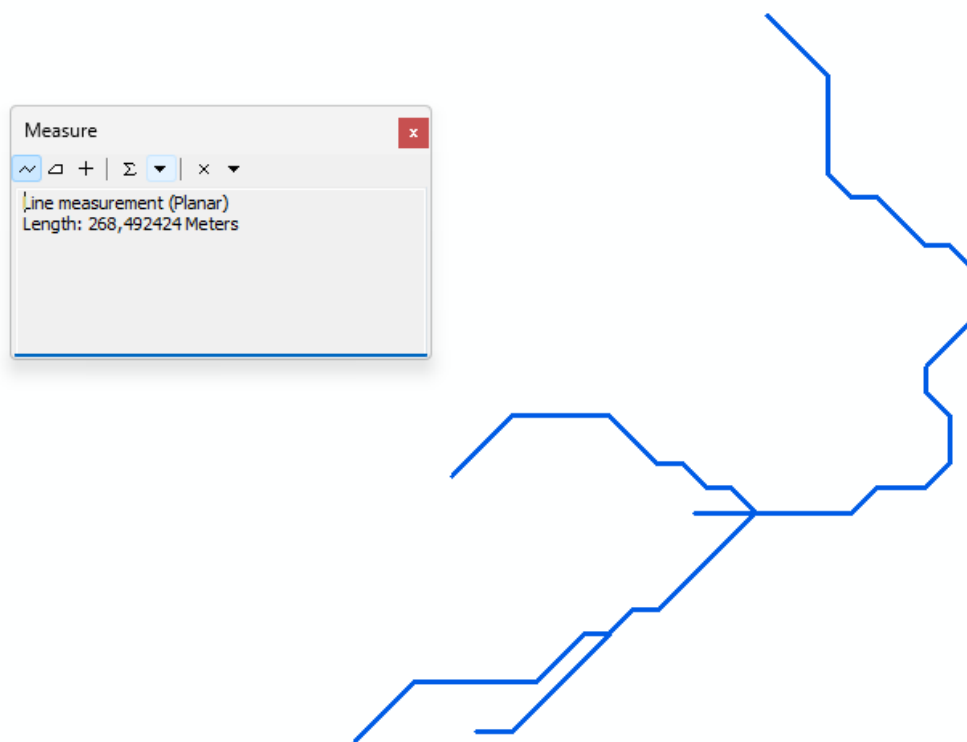
✓ Το υψόμετρο εξόδου (H_{min}) υπολογίζεται μέσω του Layer Properties ως min και είναι 2.582 m

- ✓ Το μέσο υψόμετρο εξόδου (H_{mn}) υπολογίζεται μέσω της εντολής «zonal statistics» και είναι 38.947 m.
- ✓ Το μήκος L του υδραυλικού δρόμου, υπολογίστηκε μέσω του layer river, επιλέγοντας με την εντολή «measure» τα σημεία που διέρχεται το ρέμα και είναι 268.492 m ή 0.268 km (Εικόνα 5.11).

Έτσι, υπολογίστηκε ο χρόνος συγκέντρωσης των υδάτων (T_c) που είναι 0.203 h.



Εικόνα 5.9 : Εμβασό Λεκάνης



Εικόνα 5.11 : Μήκος Υδραυλικού Δρόμου

Ο χρόνος συγκέντρωσης των υδάτων σε μια λεκάνη απορροής εκφράζει τη χρονική καθυστέρηση που προκύπτει ανάμεσα στο χρόνο έναρξης της βροχής στην συγκεκριμένη λεκάνη και στο χρόνο εμφάνισης της αιχμής της παροχής απορροής.

Με την χρήση της ορθολογικής μεθόδου και μέσω του λογισμικού ArcGIS υπολογίστηκε η λεκάνη απορροής, τα υψόμετρα εξόδου και το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής. Σημειώνεται ότι η ορθολογιστική μέθοδος αποτελεί το απλούστερο και πιο διαδεδομένο μοντέλο βροχής και απορροής (Ευστρατιάδης, 2020).

Για τον υπολογισμό της κρίσιμης έντασης της βροχόπτωσης (i), για δεδομένη διάρκεια (d) και περίοδο επαναφοράς (T), υπολογίζεται από τον τύπο:

$$i(d,t) = \frac{\lambda \{ [-\ln(1-1/T)]^{-\kappa} - \psi \}}{(1+d/\theta)^{\eta}} \quad (5.2)$$

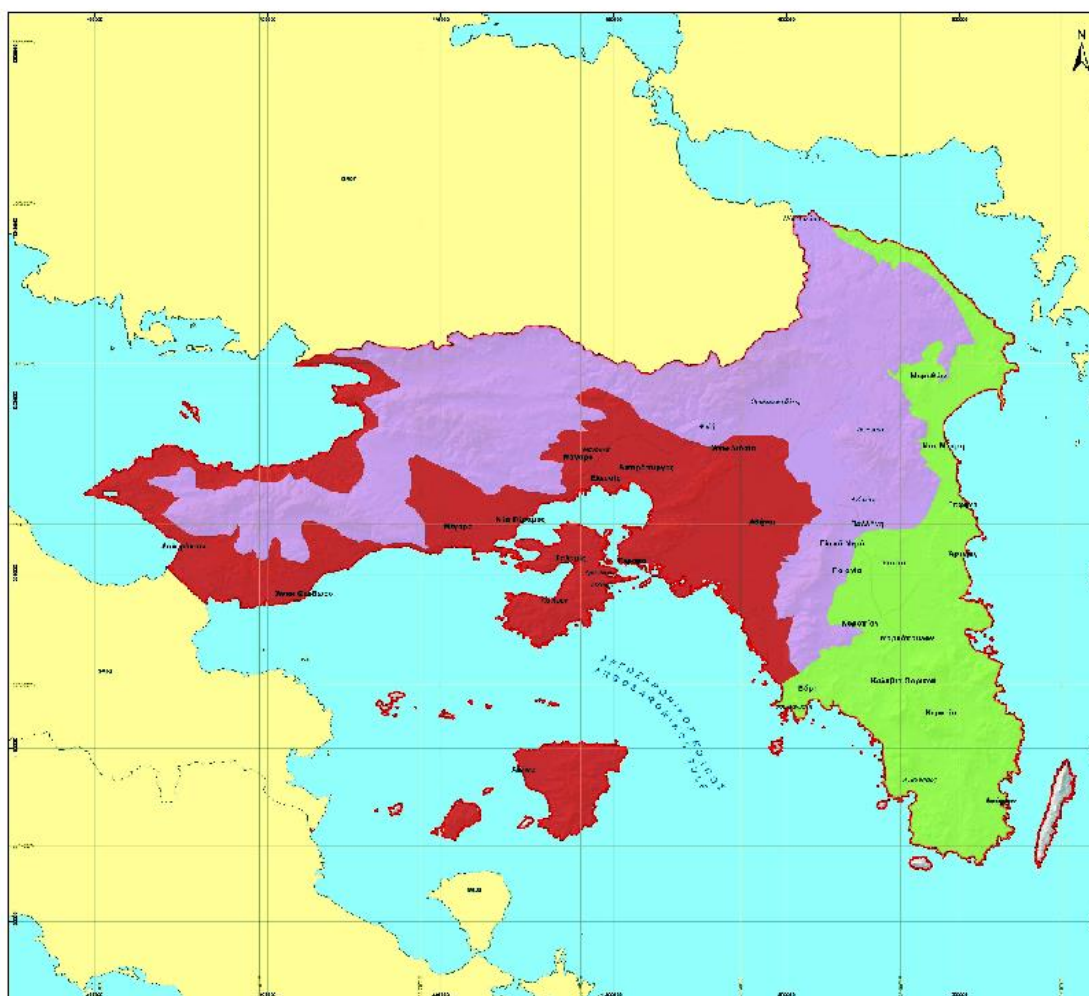
Όπου, λ : παράμετρος σχήματος

κ : παράμετρος κλίμακας

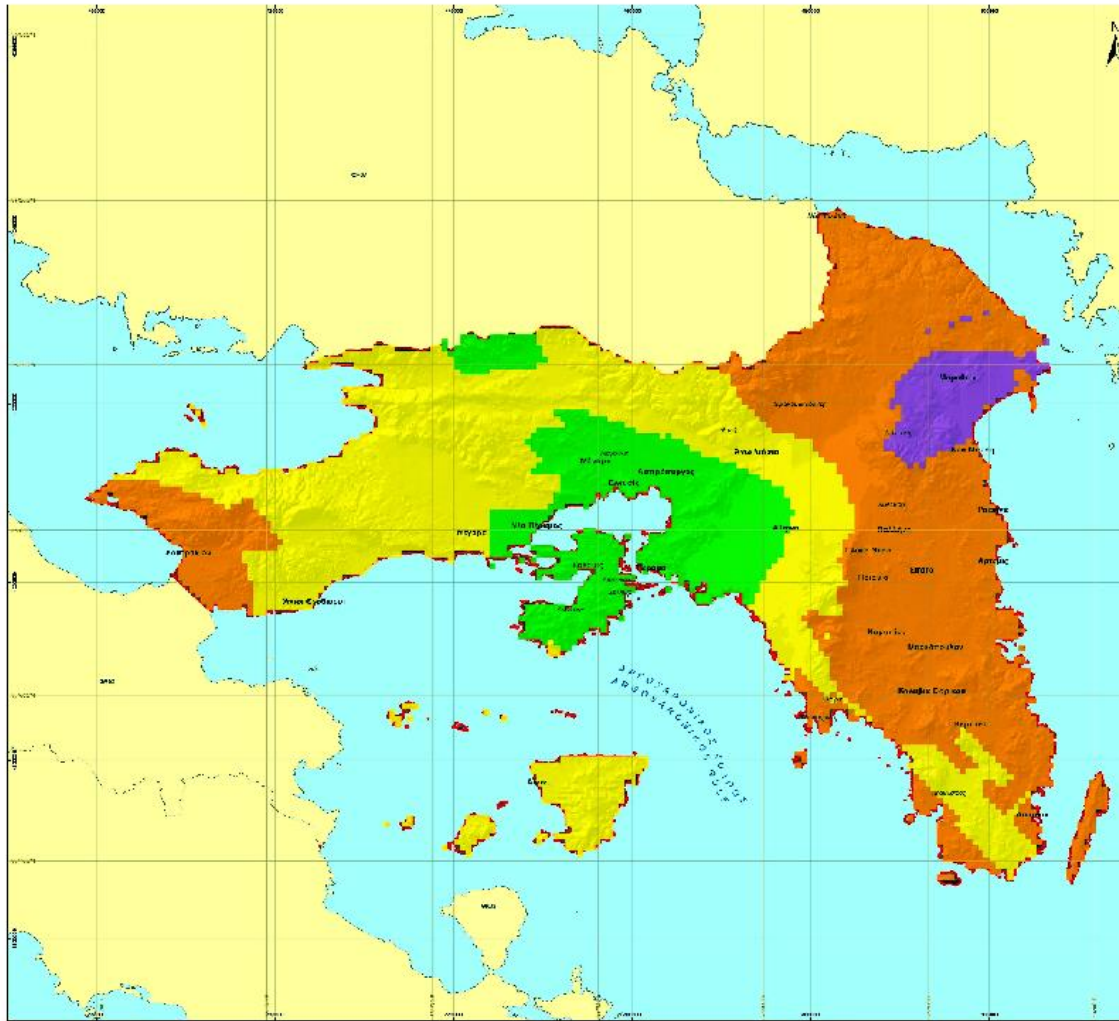
ψ : παράμετρος θέσης της συνάρτησης κατανομής

θ, η : παράμετροι της συνάρτησης διάρκειας

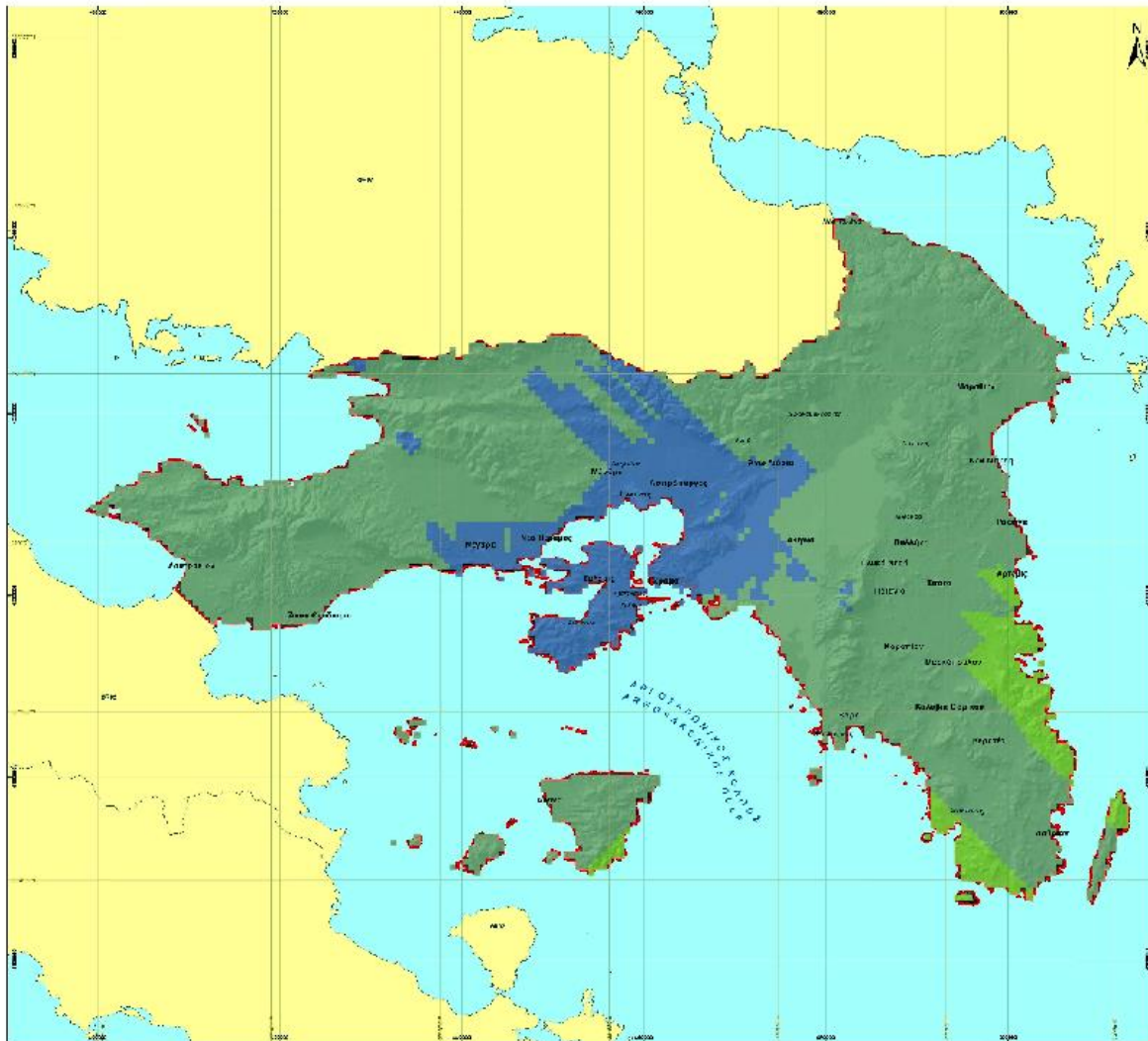
Για τον υπολογισμό της έντασης της βροχόπτωσης στην περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του Υπουργείου Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (<https://floods.ypeka.gr/>) από όπου πάρθηκαν οι χάρτες για την κάθε παράμετρο, γεωαναφέρθηκαν στο ArcGIS (Εικόνες 5.12, 5.13, 5.14) και εκτιμήθηκαν $\kappa=0.07$, $\lambda=275$ (μέσος όρος της ζώνης) και $\psi=0.727$ (μέσος όρος της ζώνης). Για την εκτίμηση των συντελεστών θ και η , και πάλι με την χρήση των δεδομένων από το Σχέδιο Διαχείρισης Κινδύνων Πλημμύρας του Υπουργείου Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής (<https://floods.ypeka.gr/>) και με την χρήση του αρχείου σταθμών με τις παραμέτρους των καμπυλών όμβριων υδάτων και για την περιοχή G06, λαμβάνουμε τις τιμές για $\theta=0.124$ και για $\eta=0.622$. Τέλος, λαμβάνουμε την περίοδο επαναφοράς $T=50$ χρόνια και ο συντελεστής d για την ορθολογική μέθοδο ισούται με τον χρόνο συγκεντρώσεως των υδάτων (T_c) που είναι 0.203 h.



Εικόνα 5.12 : Παράμετρος κ



Εικόνα 5.13: Παράμετρος λ



Εικόνα 5.14 : Παράμετρος ψ

Μετά τους υπολογισμούς ο συντελεστής της κρίσιμης έντασης της βροχόπτωσης (i) είναι 88.326 mm/h.

Η εκτίμηση της πλημμυρικής αιχμής είναι το αποτέλεσμα της ορθολογικής μεθόδου. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε μικρές υδρολογικές λεκάνες απορροής και λαμβάνει ως δεδομένο την ομοιόμορφη κατανομή και σταθερή ένταση βροχής σε όλη την λεκάνη. Με βάση αυτά τα δεδομένα, υπολογίζεται η μέγιστη απορροή στην έξοδο της λεκάνης, όταν το νερό από όλα τα σημεία της, φτάσει στην έξοδο της.

Η μαθηματική σχέση που διέπει την ορθολογική μέθοδο είναι :

$$Q = 0.278 c i A \quad (5.3)$$

Όπου, Q : η αιχμή παροχής της λεκάνης απορροής (m^3/s)

c : συντελεστής απορροής

i : η κρίσιμη ένταση της βροχής, για δεδομένη διάρκεια και περίοδο επαναφοράς (mm/h)

A : επιφάνεια λεκάνης απορροής (km²)

Στην μελέτη περίπτωσης που εξετάζουμε, έχουμε ως δεδομένα :

- ✓ Το A, δηλαδή το εμβαδόν της λεκάνης απορροής το λαμβάνουμε από το Arcgis και είναι 0.02105 km².
- ✓ Ο συντελεστής i της κρίσιμης έντασης της βροχής, υπολογίστηκε 88.326 mm/h.
- ✓ Ο συντελεστής απορροής (c) για την περιοχή μελέτης, υπολογίστηκε κατά ΟΜΟΕ-ΑΣΥΕΟ (2002) $c = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = 0.4$

Τελικά, η αιχμή παροχής της λεκάνης απορροής, υπολογίστηκε σε 0.207 m³/s.

Κεφάλαιο 6 : Διαδικασία επιλογής θέσης χωροθέτησης αποθήκης

Στο έκτο κεφάλαιο θα περιγραφεί η διαδικασία για την επιλογή θέσης χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών εντός της περιοχής μελέτης. Αρχικά, παρουσιάζεται το πρόβλημα της χωροθέτησης καθώς και η σημαντικότητα της επιτυχούς χωροθέτησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται, το μοντέλο προσέγγισης του προβλήματος καθώς και τα κριτήρια που θα επιλεγούν, τα οποία θα είναι ποικίλα και διαφορετικά, ανά περίπτωση. Στη συνέχεια, υλοποιείται το μοντέλο προσέγγισης για την συγκεκριμένη περιοχή μελέτης. Ειδικότερα, διαμορφώνονται τρία εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης της αποθήκης. Επιλέγονται τα κριτήρια αξιολόγησης καθώς και οι συντελεστές βαρύτητας για κάθε εξεταζόμενο κριτήριο. Καταγράφεται η βαθμολογία για κάθε κριτήριο και για κάθε εναλλακτικό σενάριο καθώς και η συνολική βαθμολογία που συγκεντρώνει κάθε εναλλακτική λύση. Με βάση την τελική βαθμολογία, γίνεται αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων και προτείνεται η βέλτιστη λύση. Τέλος, όσα κριτήρια είναι δυνατόν, θα μελετηθούν στο λογισμικό QGIS και θα δοθεί το χωρικό αποτέλεσμα της πολυκριτηριακής αυτής μεθόδου.

6.1 Πρόβλημα χωροθέτησης

Η επιλογή της περιοχής χωροθέτησης ενός οικοδομήματος, αποτελεί βασική επιλογή, η οποία πρέπει να γίνεται από τα αρχικά στάδια σχεδίασης της κατασκευής. Η κατασκευή της αποθήκης αποτελεί μια μακροχρόνια επένδυση και η επιλογή της θέσης της μπορεί να αποδειχθεί είτε επιτυχημένη, είτε αποτυχημένη επιλογή, για το όλο εγχείρημα. Ένας από τους κύριους αντικειμενικούς στόχους της επιλογής χωροθέτησης μιας βιομηχανικής εγκατάστασης, είναι η εύρεση της καταλληλότερης τοποθεσίας, η οποία να πληροί τις επιθυμητές συνθήκες και κριτήρια. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η επιλογή γίνεται με γεωγραφικά κριτήρια. Έχει υπολογισθεί ότι το 80% των δεδομένων που χρησιμοποιούνται από τους τελικούς λήπτες των αποφάσεων αφορούν χωρικά, γεωγραφικά δεδομένα (Worral, 1991).

Τα κριτήρια που θα επιλεγούν θα είναι ποικίλα και διαφορετικά, ανά περίπτωση και η διαδικασία επιλογής, θα λάβει υπόψη της όλα αυτά τα κριτήρια, δηλαδή η τελική επιλογή θέσης θα προκύψει μέσα από μια πολυκριτηριακή ανάλυση όλων των δεδομένων της περιοχής μελέτης. Η σύγχρονη τεχνολογία με την χρήση των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS) παρέχει τη δυνατότητα εύκολης οπτικοποίησης των παραγόντων, κριτηρίων και των περιορισμών που υπάρχουν, σύμφωνα με τα υφιστάμενα γεωγραφικά δεδομένα.

Για την επιτάχυνση των διαδικασιών είναι αναγκαίο να αναπτυχθεί ένα μοντέλο λήψης αποφάσεως, μέσα από το οποίο θα προκύψει η βέλτιστη λύση χωροθέτησης της κατασκευής, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους διατιθέμενους παράγοντες, με το μικρότερο δυνατό κόστος, στο συντομότερο χρονικό διάστημα (Rikalovic et al., 2014).

Το μοντέλο προσέγγισης του προβλήματος χωροθέτησης της αποθήκης περιλαμβάνει (Rikalovic et al., 2014) τα παρακάτω στάδια:

- Ορισμός του προβλήματος
- Διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων

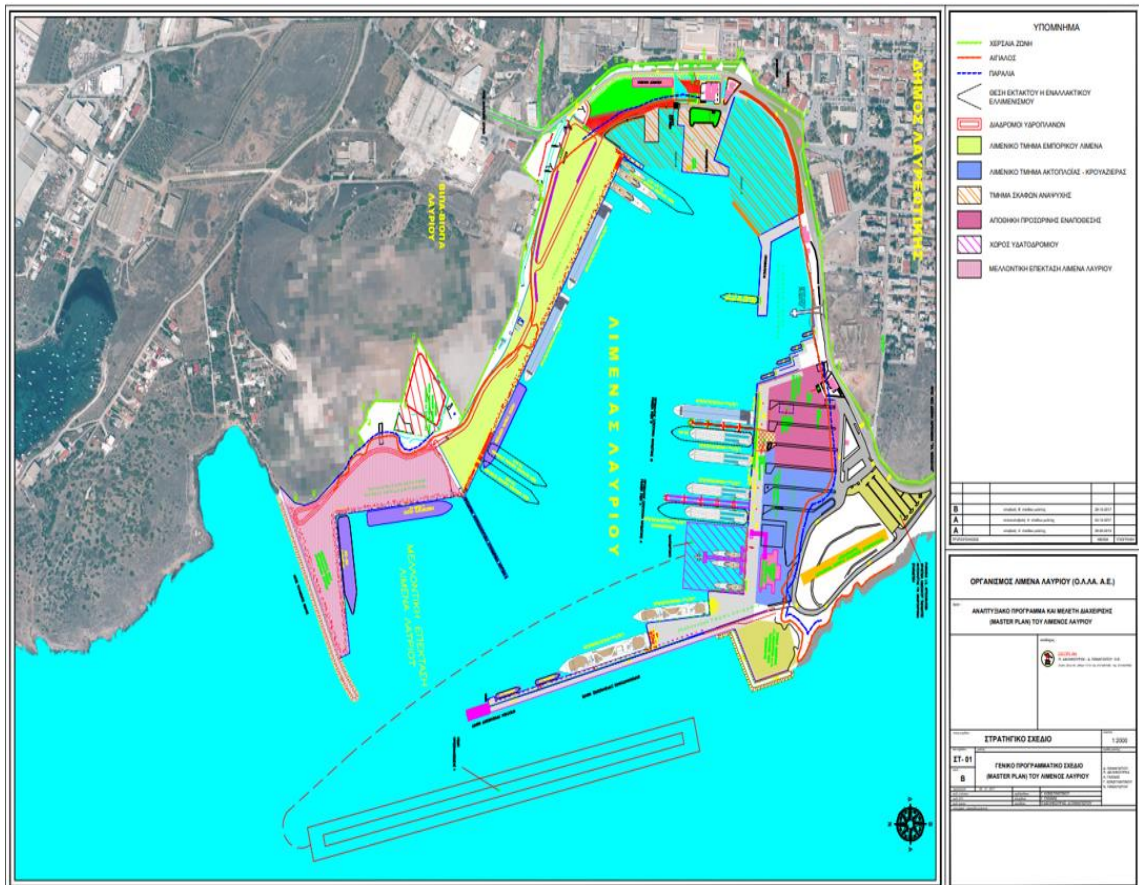
- Καθορισμός κριτηρίων
- Βαθμονόμηση των κριτηρίων
- Καθορισμός κρίσιμων παραγόντων
- Παραγωγή εναλλακτικών σεναρίων μέσω Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS)
- Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας κριτηρίων
- Συνολική βαθμολογία κάθε εναλλακτικού σεναρίου
- Αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων
- Πρόταση περιοχής χωροθέτησης αποθήκης

Τα κριτήρια επιλογής της θέσης χωροθέτησης της κατασκευής πρέπει να ικανοποιούν τόσο κοινωνικά όσο και περιβαλλοντικά κριτήρια, τα οποία πηγάζουν, είτε από νόμους και κανονισμούς, είτε από διεθνείς συνθήκες (π.χ. περιοχές Natura 2000). Η πολυκριτηριακή ανάλυση που θα υλοποιηθεί θα περιλαμβάνει ένα σύνολο παραγόντων και κριτηρίων, όπως οικονομικά, κοινωνικά, τεχνικά, περιβαλλοντικά και πολιτικά κριτήρια. Επίσης, σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν οι περιορισμοί (constraints), οι οποίοι επιβάλλονται και πρέπει να γίνουν σεβαστοί, στον περιορισμό των εναλλακτικών σεναρίων που μπορούν να αναπτυχθούν (Masood, 2007).

6.2 Διαμόρφωση εναλλακτικών σεναρίων χωροθέτησης αποθήκης

Η χωροθέτηση της αποθήκης μπορεί να γίνει μόνο στο νότιο τμήμα του λιμένα του Λαυρίου, διότι το βόρειο τμήμα εξυπηρετούνται οι επιβατικές ακτογραμμές, τα σκάφη αναψυχής καθώς και τα αλιευτικά της περιοχής. Σύμφωνα με το αναπτυξιακό πρόγραμμα και μελέτη διαχείρισης (Master Plan 2018) του λιμανιού του Λαυρίου (Εικόνα 6.1) στον νότιο τομέα προβλέπεται η διατήρηση και επέκταση του εμπορικού τμήματος του λιμανιού και στην περιοχή, προβλέπεται η εγκατάσταση Βιομηχανικού και Βιοτεχνικού Πάρκου (ΒΙΠΑ – ΒΙΟΠΑ) (Οργανισμός Λιμένα Λαυρίου, 2023).

Ειδικότερα, στο νότιο τμήμα (Εικόνα 6.2) υφίσταται σήμερα το εμπορικό τμήμα του λιμένα (κίτρινο χρώμα) και προβλέπεται να κατασκευαστεί στο μέλλον, επέκταση του εμπορικού λιμένα (γκρι χρώμα) και είναι η περιοχή που εξετάστηκε στην συγκεκριμένη διπλωματική.



Εικόνα 6.1 : Master Plan Λιμανιού Λαυρίου 2018



Εικόνα 6.2 : Νότιος τομέας Master Plan Λιμανιού Λαυρίου

Εξετάστηκαν τρία εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης της αποθήκης επικίνδυνων μεταλλευτικών υλικών στις περιοχές 1, 2 & 3.

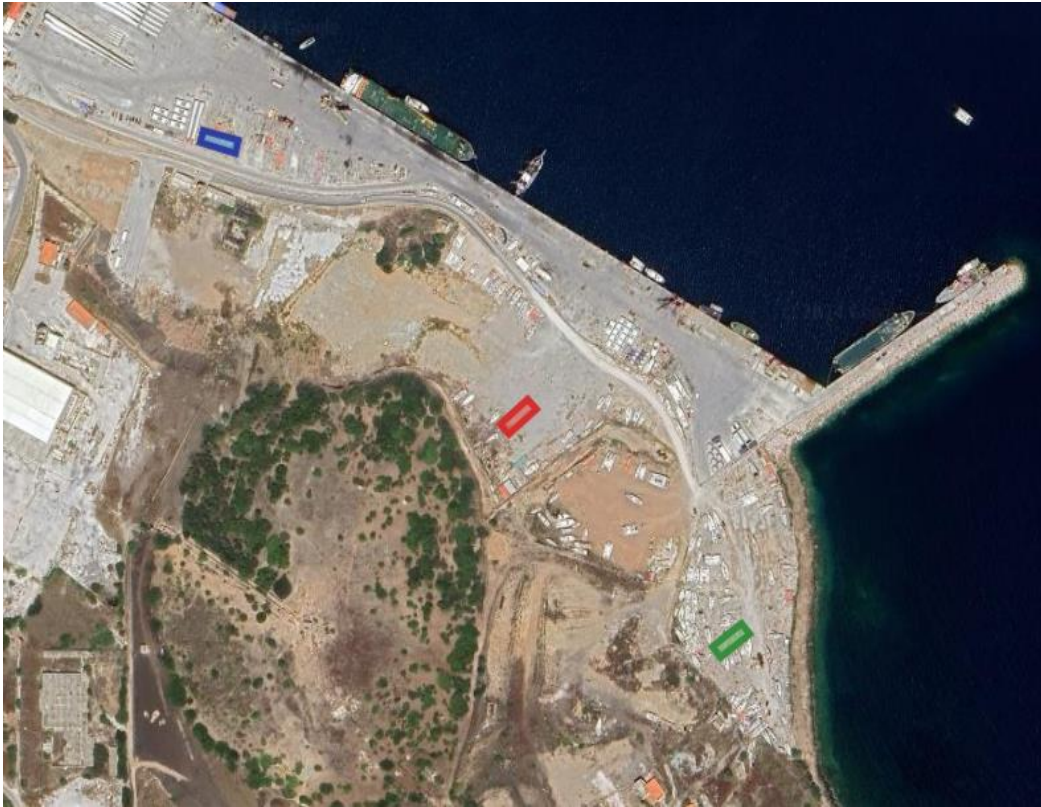
Το 1ο σενάριο αφορά την χωροθέτηση της αποθήκης στην περιοχή 1, στην αριστερή πλευρά (μπλε αποθήκη) του νότιου τμήματος του λιμένα Λαυρίου. Το 2^ο σενάριο αφορά τη χωροθέτηση της αποθήκης στην περιοχή 2, στο μέσο (κόκκινη αποθήκη) του νότιου τμήματος του λιμένα Λαυρίου. Ενώ το 3^ο σενάριο αφορά την χωροθέτηση της αποθήκης στην περιοχή 3, στη δεξιά πλευρά (πράσινη αποθήκη) του νότιου τμήματος του λιμένα Λαυρίου (Εικόνα 6.2).



Εικόνα 6.3 : Εξεταζόμενες εναλλακτικές περιοχές 1, 2 & 3

Στην εικόνα 6.3 παρουσιάζονται οι τρεις εναλλακτικές θέσεις χωροθέτησης της αποθήκης, μια προτεινόμενη θέση ανά περιοχή. Αντίστοιχα, στην εικόνα 6.4 παρουσιάζονται και οι χώροι ελιγμών και στάθμευσης που προβλέπεται να διαμορφωθούν για να εξυπηρετήσουν τα εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης της αποθήκης.

Ειδικότερα για την περιοχή 1 και την μπλε αποθήκη, ο χώρος ελιγμών υπολογίζεται σε 4.200 m². Για την περιοχή 2 και την κόκκινη αποθήκη, ο χώρος ελιγμών υπολογίζεται σε 5.400 m². Ενώ, για την περιοχή 3 και την πράσινη αποθήκη, ο χώρος ελιγμών υπολογίζεται σε 6.000 m².



Εικόνα 6.4 : Εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης αποθήκης



**Εικόνα 6.5 : Εναλλακτικά σενάρια χωροθέτησης αποθήκης
και χώρος ελιγμών και στάθμευσης**

6.3 Κριτήρια επιλογής χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων μεταλλευτικών υλικών

Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν για να αξιολογηθούν οι τρεις εναλλακτικές προτάσεις χωροθέτησης της αποθήκης, φαίνονται στον Πίνακα 6.1.

A/A	Κριτήρια	Βαθμονόμηση
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	3 : Απόσταση > 200 m 2 : 200 m > Απόσταση > 100 m 1 : Απόσταση < 100 m
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	3 : Απόσταση < 50 m 2 : 50 m < Απόσταση < 100 m 1 : Απόσταση > 100 m
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	3 : Εύκολη προσβασιμότητα 2 : Μέτρια προσβασιμότητα 1 : Δύσκολη προσβασιμότητα
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	3 : Επαρκής χώρος ελιγμών 2 : Μέτρια επαρκής χώρος ελιγμών 1 : Ανεπαρκής χώρος ελιγμών
5	Συμβατές χρήσεις γης	3 : Συμβατές χρήσεις γης 2 : Μέτρια συμβατές χρήσεις γης 1 : Ασύμβατες χρήσεις γης
6	Μικρή κλίση του εδάφους	3 : Κλίση εδάφους < 5 % 2 : 5,1 % < Κλίση εδάφους < 10 % 1 : Κλίση εδάφους > 10,1 %

7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	3 : Χρόνος υλοποίησης < 1 έτος 2 : 1,1 έτος < χρόνος υλοποίησης < 3 έτη 1 : Χρόνος υλοποίησης > 3,1 έτη
8	Χαμηλός υφιστάμενος κυκλοφοριακός φόρτος	3 : Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος 2 : Μέτριος κυκλοφοριακός φόρτος 1 : Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτος

Πίνακας 6.1 : Κριτήρια επιλογής χωροθέτησης αποθήκης

Άλλα κριτήρια, όπως το κόστος κατασκευής της αποθήκης, θέματα προστασίας του περιβάλλοντος, το γεωλογικό υπόβαθρο, η διαθεσιμότητα των υποδομών κλπ θεωρούνται ότι ικανοποιούνται κατά τον ίδιο τρόπο και από τις τρεις εναλλακτικές προτάσεις, δεδομένου ότι η χωροθέτηση της αποθήκης επικίνδυνων υλικών, προβλέπεται να γίνει μέσα στα χωρικά όρια των εγκαταστάσεων και υποδομών του λιμένα Λαυρίου.

6.4 Καθορισμός συντελεστών βαρύτητας κριτηρίων

Οι συντελεστές βαρύτητας για κάθε κριτήριο φαίνονται στον Πίνακα 6.2.

A/A	Κριτήρια	Συντελεστής βαρύτητας
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	5
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	4
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	4
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	3
5	Συμβατές χρήσεις γης	5
6	Μικρή κλίση του εδάφους	2
7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	5
8	Χαμηλός υφιστάμενος κυκλοφοριακός φόρτος	2

Πίνακας 6.2 : Κριτήρια επιλογής χωροθέτησης αποθήκης και συντελεστής βαρύτητας

Η κλίμακα των συντελεστών βαρύτητας των κριτηρίων είναι από το 1 μέχρι το 5. Οι σημαντικότεροι παράγοντες λαμβάνουν την τιμή 5, ενώ οι λιγότερο σημαντικοί την τιμή 1. Αξιολογήθηκαν με το μέγιστο συντελεστή βαρύτητας (5), το κριτήριο της απόστασης ασφαλείας της αποθήκης επικίνδυνων μεταλλευτικών υλικών, το κριτήριο της συμβατότητας των χρήσεων γης καθώς και το κριτήριο της αμεσότητας υλοποίησης του έργου. Με τον συντελεστή βαρύτητας (4) αξιολογήθηκαν γενικά τα κριτήρια προσβασιμότητας της αποθήκης και ειδικότερα τα κριτήρια της ύπαρξης μικρής απόστασης από την προβλήτα, για διευκόλυνση των φορτο-εκφορτώσεων και η προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο. Το κριτήριο της ύπαρξης επαρκούς χώρου ελιγμών των φορτηγών οχημάτων καθώς και των κλαρκ, αξιολογήθηκε με συντελεστή βαρύτητας (3). Τέλος, με το χαμηλότερο συντελεστή βαρύτητας (2) αξιολογήθηκαν η ύπαρξη χαμηλού υφιστάμενου κυκλοφοριακού φόρτου στην περιοχή που θα κατασκευαστεί η αποθήκη καθώς και στην μικρή κλίση του φυσικού εδάφους.

6.5 Βαθμολογία κάθε εναλλακτικού σεναρίου

Για το 1^ο εναλλακτικό σενάριο, η βαθμολογία κάθε κριτηρίου δίνεται στον Πίνακα 6.3

A/A	Κριτήρια	Βαθμολογία 1 ^ο εναλλακτικού σεναρίου	Αιτιολόγηση
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	2	Απόσταση ασφαλείας > 100m και <200m
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	1	Απόσταση από προβλήτα > 100 m
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	2	Μέτρια προσβασιμότητα
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	1	Ανεπαρκής χώρος ελιγμών οχημάτων
5	Συμβατές χρήσεις γης	1	Ασύμβατη χρήση γης (εμπορικό τμήμα λιμένα)
6	Μικρή κλίση του εδάφους	3	Κλίση < 5%
7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	3	Σύντομος χρόνος υλοποίησης έργου
8	Χαμηλός υφιστάμενος κυκλοφοριακός φόρτος	1	Υψηλός κυκλοφοριακός φόρτων οχημάτων, πλησίον της εισόδου του λιμένα

Πίνακας 6.3 : Βαθμολόγηση κάθε κριτηρίου για το 1^ο εναλλακτικό σενάριο

Για το 2^ο εναλλακτικό σενάριο, η βαθμολογία κάθε κριτηρίου δίνεται στον Πίνακα 6.4

A/A	Κριτήρια	Βαθμολογία 2 ^ο εναλλακτικού σεναρίου	Αιτιολόγηση
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	3	Απόσταση ασφαλείας > 200 m
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	2	50 m < Απόσταση από προβλήτα < 100 m
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	3	Εύκολη προσβασιμότητα
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	3	Επαρκής χώρος ελιγμών οχημάτων
5	Συμβατές χρήσεις γης	3	Συμβατές χρήσεις γης
6	Μικρή κλίση του εδάφους	3	Κλίση < 5%
7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	3	Χρόνος υλοποίησης < 1 έτος
8	Χαμηλός υφιστάμενος κυκλοφοριακός φόρτος	3	Χαμηλός υφιστάμενος κυκλοφοριακός φόρτος

Πίνακας 6.4 : Βαθμολόγηση κάθε κριτηρίου για το 2^ο εναλλακτικό σενάριο

Για το 3^ο εναλλακτικό σενάριο, η βαθμολογία κάθε κριτηρίου δίνεται στον Πίνακα 6.5

A/A	Κριτήρια	Βαθμολογία 3 ^{ου} εναλλακτικού σεναρίου	Αιτιολόγηση
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	2	Απόσταση ασφαλείας >100m και < 200 m
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	2	50 m < Απόσταση από προβλήτα < 100 m
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	1	Δύσκολη προσβασιμότητα
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	3	Επαρκής χώρος ελιγμών οχημάτων
5	Συμβατές χρήσης γης	3	Συμβατές χρήσεις γης
6	Μικρή κλίση του εδάφους	3	Κλίση < 5%
7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	1	Χρόνος υλοποίησης > 3,1 έτη
8	Χαμηλός υφιστάμενος κυκλοφοριακός φόρτος	3	Χαμηλός υφιστάμενος κυκλοφοριακός φόρτος

Πίνακας 6.5 : Βαθμολόγηση κάθε κριτηρίου για το 3^ο εναλλακτικό σενάριο

6.6 Συνολική βαθμολογία των εναλλακτικών σεναρίων

Για κάθε εναλλακτικό σενάριο υπολογίσθηκε το γινόμενο της βαθμολογίας για κάθε κριτήριο με τον αντίστοιχο συντελεστή βαρύτητας του κάθε κριτηρίου. Έτσι προέκυψαν οι Πίνακες 6.6 – 6.8 για τα τρία εναλλακτικά σενάρια.

A/A	Κριτήρια	Συντελεστής βαρύτητας	Βαθμολογία 1ου εναλλακτικού σεναρίου	Συνολική βαθμολογία
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	5	2	10
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	4	1	4
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	4	2	8
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	3	1	3
5	Συμβατές χρήσης γης	5	1	5
6	Μικρή κλίση του εδάφους	2	3	6
7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	5	3	15
8	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος	3	1	3
			Σύνολο	54

Πίνακας 6.6 : Συνολική βαθμολογία 1^{ου} εναλλακτικού σεναρίου

A/A	Κριτήρια	Συντελεστής βαρύτητας	Βαθμολογία 2ου εναλλακτικού σεναρίου	Συνολική βαθμολογία
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	5	3	15
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	4	2	8
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	4	3	12
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	3	3	9
5	Συμβατές χρήσης γης	5	3	15
6	Μικρή κλίση του εδάφους	2	3	6
7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	5	3	15
8	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος	3	3	9
			Σύνολο	89

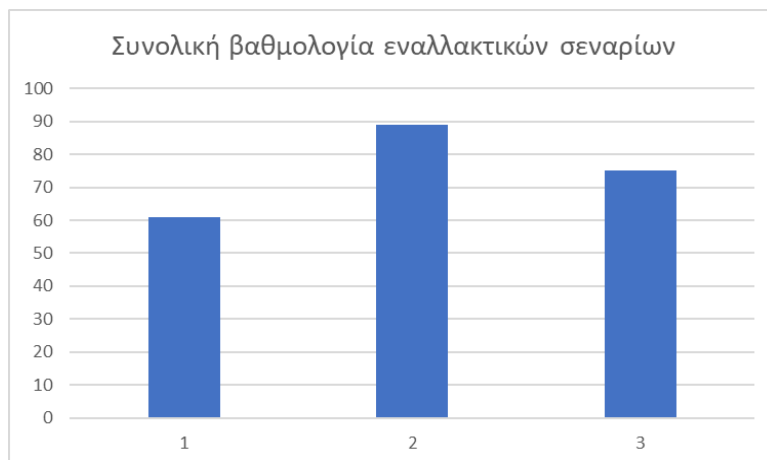
Πίνακας 6.7 : Συνολική βαθμολογία 2^ο εναλλακτικού σεναρίου

A/A	Κριτήρια	Συντελεστής βαρύτητας	Βαθμολογία 3ου εναλλακτικού σεναρίου	Συνολική βαθμολογία
1	Τήρηση αποστάσεων ασφαλείας	5	2	10
2	Μικρή απόσταση από την προβλήτα	4	2	8
3	Προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο	4	1	4
4	Ύπαρξη επαρκούς χώρου ελιγμών οχημάτων	3	3	9
5	Συμβατές χρήσης γης	5	3	15
6	Μικρή κλίση του εδάφους	2	3	6
7	Αμεσότητα υλοποίησης του έργου	5	1	5
8	Χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος	3	3	9
			Σύνολο	66

Πίνακας 6.8 : Συνολική βαθμολογία 3^ο εναλλακτικού σεναρίου

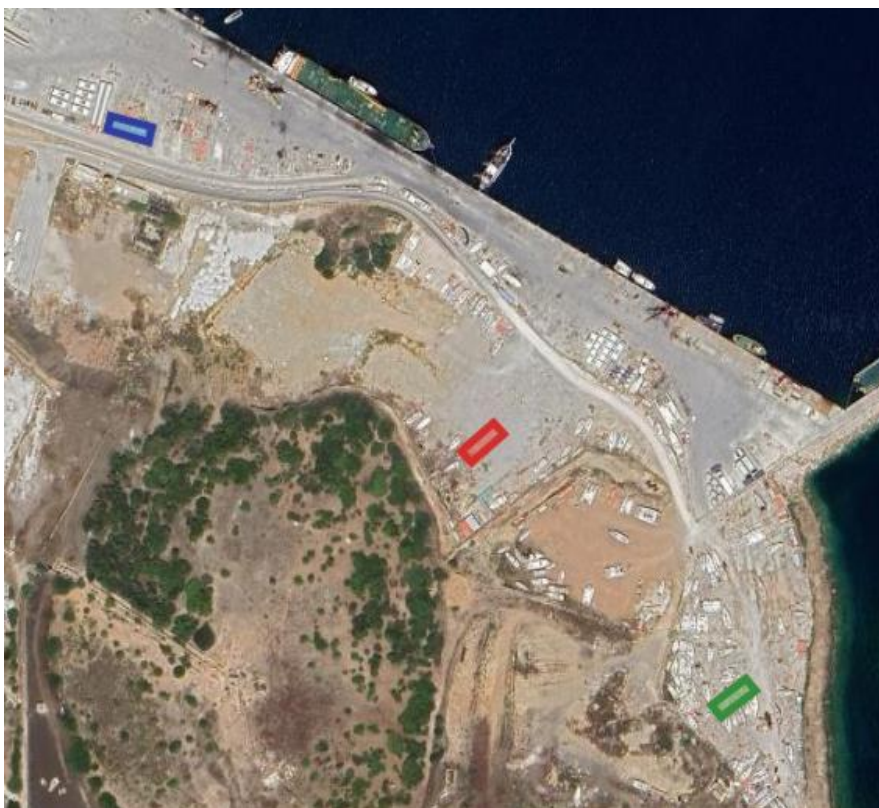
6.7 Αξιολόγηση των εναλλακτικών σεναρίων και πρόταση χωροθέτησης αποθήκης

Με βάση τη συνολική βαθμολογία κάθε εναλλακτικού σεναρίου χωροθέτησης της αποθήκης επικίνδυνων μεταλλευτικών υλικών, προέκυψε το διάγραμμα της εικόνας 6.3.



Εικόνα 6.6 : Διάγραμμα συνολικής βαθμολογίας εναλλακτικών σεναρίων χωροθέτησης αποθήκης

Έτσι, καταλήγουμε ότι ως πρώτη επιλογή με συνολική βαθμολογία 89 βαθμών είναι το 2^ο εναλλακτικό σενάριο (κόκκινη αποθήκη), Ως δεύτερη πρόταση είναι το 3^ο εναλλακτικό σενάριο (πράσινη αποθήκη). Τέλος, ως τρίτη επιλογή είναι το 1^ο εναλλακτικό σενάριο (μπλε αποθήκη).



Εικόνα 6.7 : Προτεινόμενες θέσεις χωροθέτησης αποθήκης

Προτεραιότητα	Εναλλακτικό σενάριο	Βαθμολογία
1 ^η επιλογή	2 ^ο εναλλακτικό σενάριο	89
2 ^η επιλογή	3 ^ο εναλλακτικό σενάριο	66
3 ^η επιλογή	1 ^ο εναλλακτικό σενάριο	54

Πίνακας 6.9 : Συνολική βαθμολογία εναλλακτικών σεναρίων και πρόταση προτεραιότητας επιλογής

6.8 Χρήση της πολυκριτηριακής ανάλυσης μέσω του λογισμικού QGIS

Η παραπάνω διαδικασία πέρα από το θεωρητικό υπόβαθρο, έχει και πρακτικό σε όσα σενάρια γινόταν. Με τη χρήση του λογισμικού QGIS και της μεθόδου Muti-criteria Analysis εξετάστηκαν τα τρία σενάρια: τήρηση αποστάσεων ασφαλείας, απόσταση από την προβλήτα, προσβασιμότητα από το οδικό δίκτυο. Τα υπόλοιπα σενάρια δεν μπορούσαν να υλοποιηθούν με βάση την μέθοδο καθώς ο επαρκής χώρος ελιγμών οχημάτων αφορά την θέση της αποθήκης στο λιμάνι, οι χρήσεις γης είναι σε όλο το νότιο κομμάτι του λιμένα η ίδια, η κλίση του εδάφους είναι ίδια και στις τρεις τοποθεσίες καθώς είναι επίπεδο το έδαφος, η αμεσότητα υλοποίησης του έργου αφορά σε θεωρητικό μόνο πλαίσιο και ο χαμηλός κυκλοφοριακός φόρτος δεν μπορεί να αποτυπωθεί στο QGIS.

Αρχικά, ορίστηκαν τα τρία layers στο QGIS που αφορούσαν το οδικό δίκτυο (κίτρινο χρώμα), την προβλήτα (κόκκινο χρώμα) και τα όρια για τα μέτρα ασφαλείας (μωβ χρώμα) όπως φαίνεται στην Εικόνα 6.8



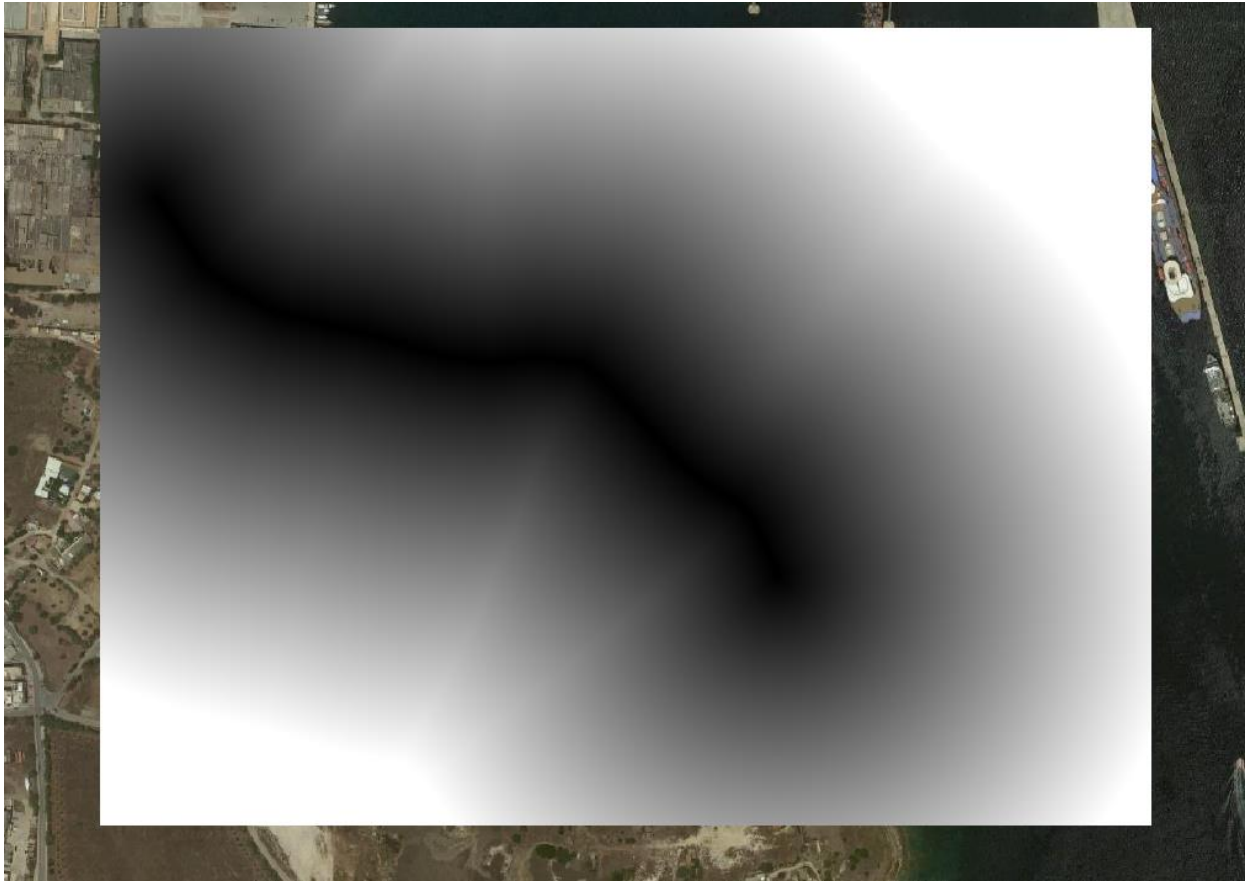
Εικόνα 6.8 : Layers στο QGIS

Στη συνέχεια μετατράπηκαν με την εντολή Rasterize (vector to raster) τα layers, που ήταν σε vector μορφή, σε raster μορφή για να μπορούν να αξιοποιηθούν. Έπειτα, μέσω της εντολής Proximity (raster distance) μετρήθηκε χωρικά η απόσταση κάθε pixel της περιοχής μελέτης μας από το κάθε layer με τις αποχρώσεις του μαύρου/γκρι/άσπρου. Το αποτέλεσμα για την απόσταση ασφαλείας φαίνεται στην Εικόνα 6.9.



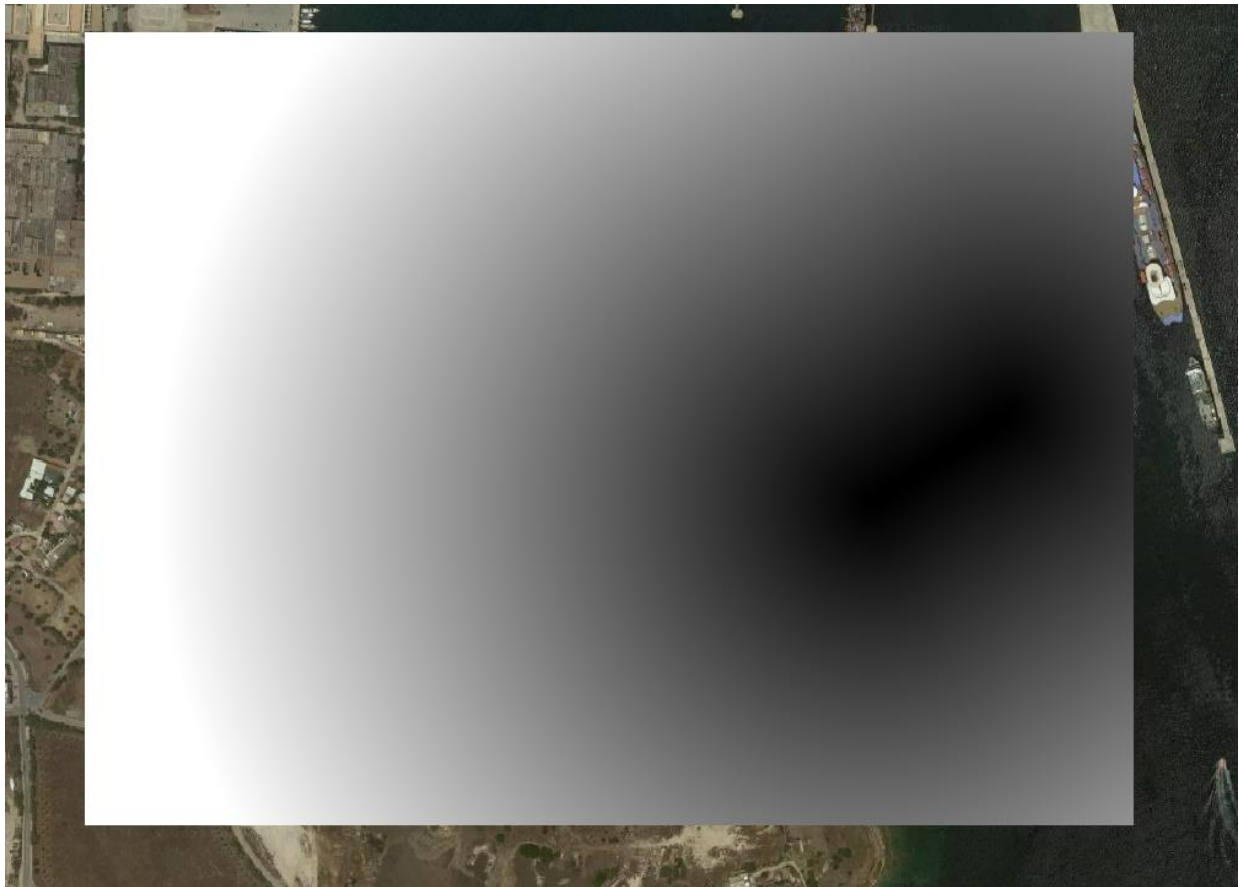
Εικόνα 6.9 : Raster Distance απόστασης ασφαλείας

Στην Εικόνα 6.10 αποτυπώνονται τα αποτελέσματα για την απόσταση από το οδικό δίκτυο.



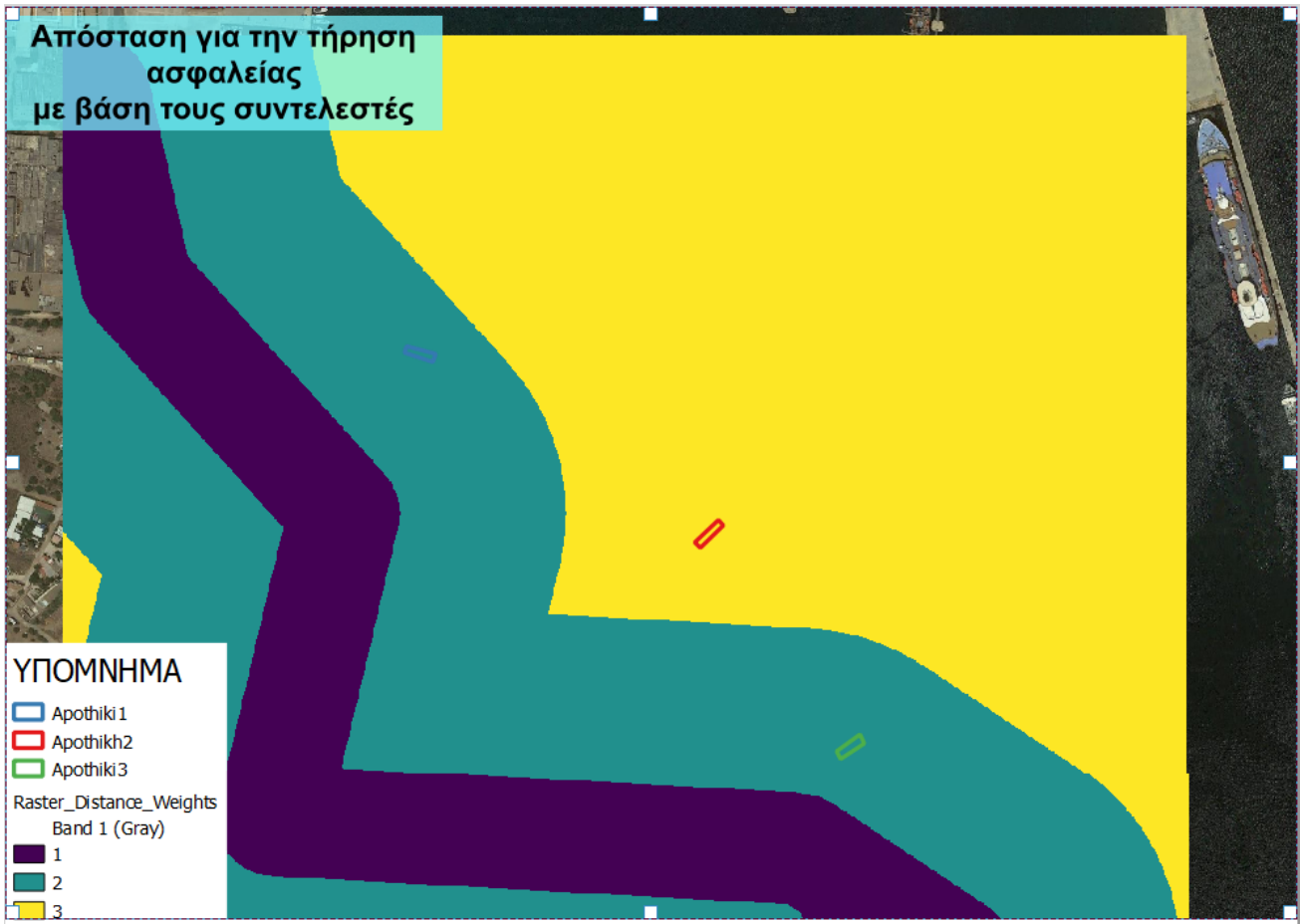
Εικόνα 6.10 : Raster Distance οδικού δικτύου

Τέλος στην Εικόνα 6.11 βρίσκονται τα αποτελέσματα για την απόσταση από την προβλήτα.



Εικόνα 6.11 : Raster Distance προβλήτας

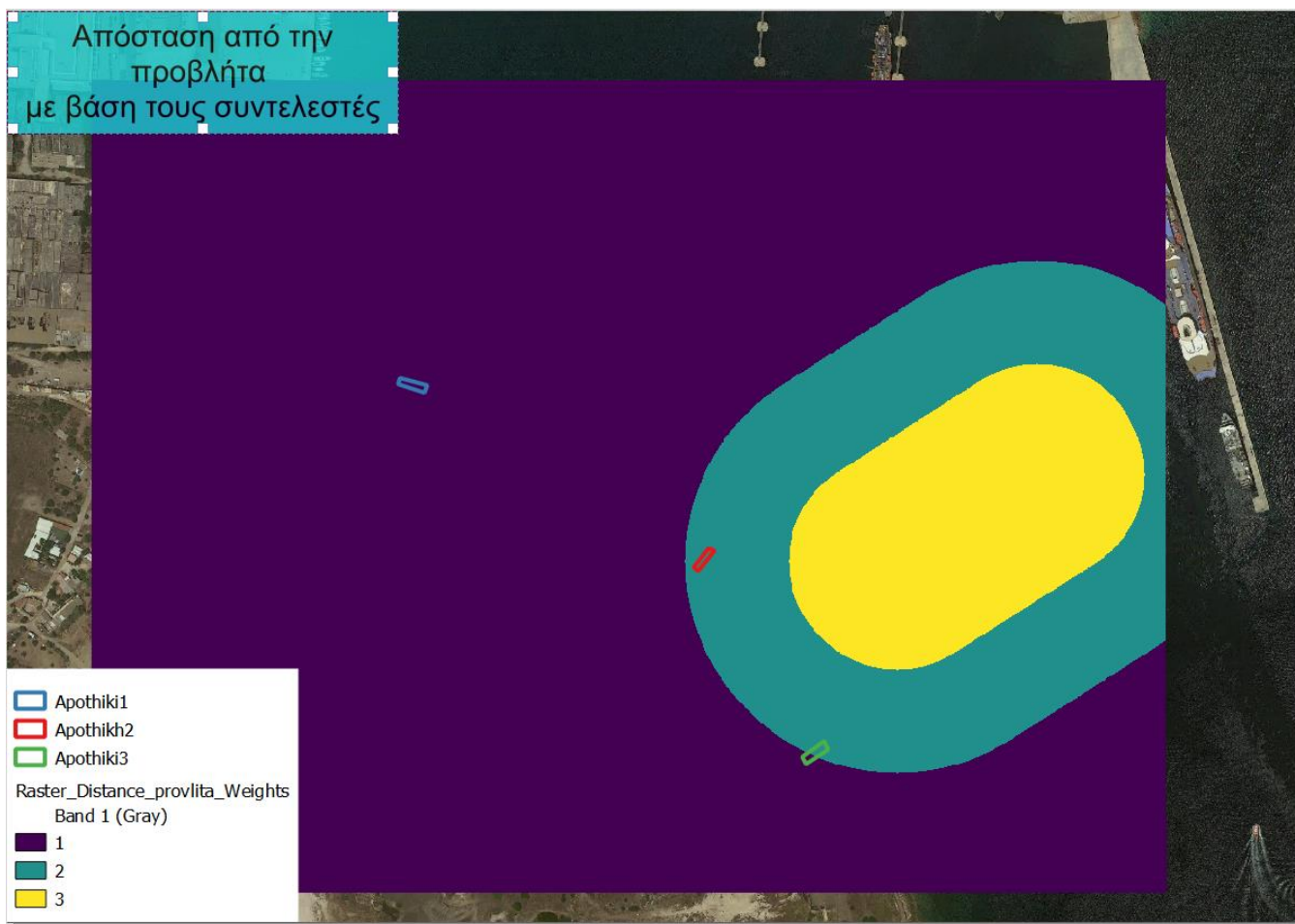
Τελικά, μέσω της εντολής Raster Calculator να γραφτεί ο κώδικας με βάση τους συντελεστές της κάθε τιμής. Τα αποτελέσματα που φαίνονται στις Εικόνες 6.12 για την απόσταση ασφαλείας, 6.13 για την απόσταση από το οδικό δίκτυο και 6.14 για την απόσταση από την προβλήτα δείχνουν με χρώμα μωβ τις χειρότερες τιμές (1), με χρώμα γαλάζιο τις μεσαίες τιμές (2) και με χρώμα κίτρινο τις ιδανικές τιμές (3).



Εικόνα 6.12 : Raster Calculator με βάση τους συντελεστές βαρύτητας για την απόσταση ασφαλείας



Εικόνα 6.13 : Raster Calculator με βάση τους συντελεστές για το οδικό δίκτυο



Εικόνα 6.14 : Raster Calculator με βάση τους συντελεστές για την προβλήτα

Ωστόσο το μόνο σημείο που δεν μπορούσε να αποτυπωθεί ακριβώς ήταν η απόσταση από το οδικό δίκτυο που αφορούσε την αποθήκη του 1^{ου} σεναρίου. Αυτό διότι η αποθήκη στη θέση 1 φαίνεται να είναι μέσα στη ζώνη με την τιμή 3, αλλά δεν ισχύει αυτό καθώς υπάρχει μάντρα που προστατεύει το χώρο του λιμανιού από το οδικό δίκτυο και για αυτό το λόγο πρέπει να ακολουθηθεί η διαδρομή για την δυτική έξοδο του λιμανιού, κάτι που το καθιστά στη ζώνη που παίρνει τιμή 2.

Επομένως, διακρίνεται και μέσω του QGIS για αυτά τα τρία κριτήρια ότι η ορθότερη επιλογή χωροθέτησης αποθήκης για τα επικίνδυνα υλικά είναι το σενάριο 2 με την κόκκινη αποθήκη.

Κεφάλαιο 7 : Συμπεράσματα και Προτάσεις

Στο έβδομο κεφάλαιο συνοψίζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, από την συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων καθώς και από την διαδικασία χωροθέτησης της αποθήκης επικίνδυνων υλικών στις λιμενικές εγκαταστάσεις του λιμένα Λαυρίου. Τέλος, το κεφάλαιο ολοκληρώνεται με την παρουσίαση προτάσεων για περαιτέρω διερεύνηση και έρευνα.

7.1 Συμπεράσματα

7.1.1 Συμπεράσματα από την βιβλιογραφική μελέτη

■ Η μεταφορά, διαχείριση και χρήση επικίνδυνων υλικών πρέπει να γίνεται με αυστηρή τήρηση των προβλεπόμενων κανόνων ασφαλείας. Η χωροθέτηση αποθηκών επικίνδυνων υλικών πρέπει να διασφαλίζει όλα τα κριτήρια ασφαλείας καθώς επίσης και η αρχιτεκτονική διαμόρφωση και ο εσωτερικός χωροταξικός σχεδιασμός της αποθήκης να πληρούν τα πρότυπα ασφαλείας.

■ Η επέκταση του λιμένα Λαυρίου, με την περαιτέρω ανάπτυξη των εμπορικών χρήσεων, την διευκόλυνση προσέγγισης κρουαζιερόπλοιων, την αύξηση των υποδομών για φιλοξενία σκαφών αναψυχής και γενικά την ανάπτυξη του θαλάσσιου τουρισμού καθώς και η εγκατάσταση υποδομών για υδροπλάνα σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση της στρατηγικής θέσης του Λαυρίου σε σχέση με τις τουριστικές Κυκλάδες παρέχουν διασφαλίσεις για την επιτυχία του εγχειρήματος.

7.1.2 Συμπεράσματα από τη συλλογή και επεξεργασία των δεδομένων

■ Η διαμόρφωση του ψηφιακού μοντέλου εδάφους της περιοχής μελέτης υλοποιήθηκε με τη χρήση drone τύπου Phantom 4 pro version 2.0. Συλλεχθησαν 443 φωτογραφίες με διαφορά 3 δευτερόλεπτα η κάθε μία και με ανάλυση εδάφους 3cm.

■ Το ψηφιακό μοντέλο εδάφους της περιοχής (DEM – Digital Elevation Model) που τελικά χρησιμοποιήθηκε δόθηκε από το εργαστήριο Υδραυλικής και είχε τυπική απόκλιση 17,006.

■ Η μελέτη της διαμορφούμενης λεκάνης απορροής υδάτων υπολογίστηκε ότι καταλαμβάνει εμβαδόν 21050 m² ή 0.02105 km², ενώ ο χρόνος συγκέντρωσης των υδάτων (T_c) υπολογίστηκε σε 0.203 h.

■ Ο συντελεστής της κρίσιμης έντασης της βροχόπτωσης (i) είναι 88.326 mm/h και τελικά, η αιχμή παροχής της λεκάνης απορροής, υπολογίστηκε σε 0.207 m³/s.

7.1.3 Συμπεράσματα από τη χωροθέτηση αποθήκης επικίνδυνων υλικών στην περιοχή του λιμένα Λαυρίου

- Η τελική επιλογή χωροθέτησης της αποθήκης επικίνδυνων υλικών γίνεται κατά 80% με γεωγραφικά κριτήρια.
- Η χρήση των γεωγραφικών πληροφοριακών συστημάτων (GIS) παρέχει τη δυνατότητα εύκολης οπτικοποίησης των κριτηρίων και των περιορισμών που υπάρχουν.
- Η επιλογή του νότιου τμήματος των λιμενικών εγκαταστάσεων του λιμένα Λαυρίου για την διαμόρφωση των εναλλακτικών σεναρίων χωροθέτησης της αποθήκης επικίνδυνων υλικών, ήταν μονόδρομος, λόγω των εμπορικών και επιβατικών χρήσεων που έχουν χωροθετηθεί στα υπόλοιπα τμήματα του λιμένα.
- Τα κριτήρια που επιλέχθηκαν ήταν κριτήρια ασφαλείας, κριτήρια χρόνου υλοποίησης του έργου, κριτήρια συμβατότητας χρήσεων γης, κριτήρια ασφαλούς και επαρκούς κυκλοφορίας των οχημάτων και τεχνικά κριτήρια.
- Άλλα κριτήρια, όπως το κόστος κατασκευής, το γεωλογικό υπόβαθρο και η διαθεσιμότητα των υποδομών θεωρήθηκαν ότι ικανοποιούνται κατά τον ίδιο τρόπο και από τις τρεις εναλλακτικές προτάσεις.
- Η βαθμονόμηση κάθε κριτηρίου έγινε με βάση τις απαιτήσεις ασφάλειας και λειτουργικότητας δίνοντας έτσι παραπάνω έμφαση με βαρύτητα 5 στην απόσταση για τα μέτρα ασφαλείας και στις χρήσεις γης και 4 στις αποστάσεις από το οδικό δίκτυο και βαρύτητες, ενώ στα υπόλοιπα κριτήρια δόθηκαν 3 και 2 .
- Εξετάστηκαν όλες οι εναλλακτικές λύσεις και προκρίθηκε η περιοχή 2 με συνολική βαθμολογία 89 και δεύτερη εναλλακτική πρόταση είναι η περιοχή 3 με συνολική βαθμολογία 70, κυρίως λόγω της αναγκαίας χρονικής καθυστέρησης υλοποίησης του έργου.
- Η προκρινθείσα περιοχή παρουσιάζει πλεονεκτήματα όσον αφορά την τήρηση των μέτρων ασφαλείας και εύκολης προσβασιμότητας, τόσο από τη θάλασσα όσο και από τη στεριά. Καθοριστικός παράγοντας είναι η δυνατότητα άμεσης υλοποίησης του έργου της αποθήκης επικίνδυνων υλικών.

7.2 Προτάσεις

Για την διενέργεια περαιτέρω διερεύνησης και έρευνας πάνω στο αντικείμενο της χωροθέτησης αποθήκης επικίνδυνων υλικών, προτείνονται:

- ⊕ Η εξέταση χωροθέτησης αποθήκης σε άλλα λιμάνια της Ελλάδος όπως την Πάτρα, την Καβάλα, την Αλεξανδρούπολη.
- ⊕ Η επανεξέταση της χωροθέτησης της αποθήκης στο λιμάνι Λαυρίου, εφόσον υλοποιηθεί η επέκταση της νότιας προβλήτας.
- ⊕ Να διασφαλιστεί η συμμόρφωση με τους τοπικούς, εθνικούς και διεθνείς κανονισμούς σχετικά με την αποθήκευση επικίνδυνων υλικών.
- ⊕ Να υλοποιηθεί η επέκταση της νότιας προβλήτας σύμφωνα με το Master Plan του 2018 γιατί θα δημιουργηθούν νέοι χώροι που θα καταστήσουν εφικτό την υλοποίηση παρόμοιων κατασκευών.
- ⊕ Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και τη χρήση λογισμικών ΓΣΠ να προστεθούν και άλλα κριτήρια για την πολυκριτηριακή μελέτη, αλλά και ταυτόχρονα να δίνονται οι συντελεστές αυτόματα μέσω του λογισμικού.

Κεφάλαιο 8 : Βιβλιογραφικές αναφορές

Ελληνική

- Αντωνόπουλος, Κ. (2016). Γεωφυσική έρευνα στην παράκτια ζώνη του Θορικού και του λόφου Καβοδόκανου στο Λαύριο. Διπλωματική Εργασία. Αθήνα : ΕΜΠ Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών.
- Δασκάλου, Μ. (2018). Κανονισμοί ασφαλείας λιμενικών εγκαταστάσεων στον τομέα της φορτοεκφόρτωσης πλοίων στον ελλαδικό χώρο. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα Μηχανολογίας. Πειραιάς : Ανώτατο Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πειραιά Τεχνολογικού Τομέα.
- Δερμάτης, Ν. Γ. (2017). Λαύριο η βοή του χρόνου. Το νεότερο Λαύριο της μεταλλείας και μεταλλουργίας. Λαύριο : Εταιρεία Μελετών Λαυρεωτικής.
- Δερμάτης Ν. Γ. (2003). Λαύρειο το μαύρο φως: Η μεταλλευτική και μεταλλουργική βιομηχανία στο Λαύρειο 1860 – 1917: Ελληνική και ευρωπαϊκή διάσταση. Αθήνα : Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ) – Τομέας Πολεοδομίας και Χωροταξίας (1991). Λαύριο – Προοπτικές ανάπτυξης. Πρακτικά Ημερίδας 13 Δεκ 1991. Αθήνα : Εκδόσεις ΕΜΠ
- Ευστρατιάδης, Α. (2020). Σημειώσεις υδρολογίας πλημμυρών και σχεδιασμού έργων αποχέτευσης ομβρίων. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.
- Ζυγομάλας, Ν. (2015). Μεταφορά φορτίων. Αθήνα: Ίδρυμα Ευγενίδου
- Ζούμπος Γ. Γ. (1986). Η συμβολή των Λαυρεωτικών μεταλλείων στην ακμή της Αθηναϊκής πολιτείας. Αθήνα : Ίδια έκδοση
- Ιακωβίδης, Γ. (2009). Το χρώμα του χρόνου – Λαύριο, εικόνες βιομηχανικής μνήμης. Αθήνα : Εκδόσεις Τόπος.
- Κανούρας, Η. (2016). Μεταφορά επικίνδυνων φορτίων. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://shorturl.at/kpvIM>.
- Καρκάνη, Α. (2012). Μελέτη των ακτόλιθων της Ανατολικής Αττικής. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος. Αθήνα : Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κεκροπούλου, Ε. (2015). Το Λαυρεωτικό ζήτημα 1870 – 1873. Ο ρόλος του κράτους και της διπλωματίας. Αθήνα : Ενάλιος.
- Κονοφάγος, Κ. (1980). Το Αρχαίο Λαύριο και η ελληνική τεχνική παραγωγή του Λαυρίου. Αθήνα : Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ.

- Ματθαϊάκη, Α. Μ. (2017). Επικίνδυνα φορτία και θαλάσσια μεταφορά. Πτυχιακή εργασία. Τμήμα Ναυτιλίας και επιχειρηματικών υπηρεσιών. Χίος : Πανεπιστήμιο Αιγαίου.
- Μπαμπινιώτης Γεώργιος. (2002). Λεξικό της Νέας Ελληνικής Γλώσσας. Β' Έκδοση. Αθήνα : Κέντρο Λεξικολογίας ΕΠΕ.
- Παπαδάκη – Λάππα, Ε. (2015). Λαύριο, Πόλη Εργοστάσιο (Company town). Λαύριο : Ιδιωτική έκδοση.
- Πούλιος, Κ., Τσιρώνης, Ι., Χατζής, Χ. (2007). Μεταφορές επικίνδυνων φορτίων. Αθήνα: Ελληνικό Ινστιτούτο Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας.
- Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 95 Α' / 25 Απριλίου 1980. Νόμος υπ' αριθ. 1045. Περί κυρώσεως της υπογραφείσης εις Λονδίνον Διεθνούς Συμβάσεως «περί ασφαλείας της ανθρωπίνης ζωής εν θαλάσση 1974».
- Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 531 Β' / 20 Ιουνίου 1995. ΥΑ Αριθ. 1218.74/1/95 Αποδοχή του Διεθνή Ναυτιλιακού Κώδικα Επικινδύνων Ειδών (INTERNATIONAL MARITIME DANGEROUS GOODS CODE), του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO).
- Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 272 Α' / 16 Δεκεμβρίου 1996. ΠΔ υπ' αριθ. 405. Κανονισμός φόρτωσης, εκφόρτωσης, διακίνησης και παραμονής επικινδύνων ειδών σε λιμένες και μεταφορά αυτών δια θαλάσσης.
- Φύλλο Εφημερίδας Κυβερνήσεως (ΦΕΚ) 2802 Β' / 26 Απριλίου 2023. Αποτελέσματα της Απογραφής Πληθυσμού – Κατοικιών έτους 2021 που αφορούν στο Μόνιμο Πληθυσμό της Χώρας. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://www.statistics.gr/2021-census-res-pop-results>.
- Χρυσοστόμου, Χ. (2016). Διαχείριση επικίνδυνων φορτίων στα λιμάνια, τρόποι φορτοεκφόρτωσης, προτάσεις βελτίωσης της υγιεινής και της ασφάλειας στον χώρο εργασίας. Διπλωματική εργασία. Σχολή Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών. Αθήνα : Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Ξενόγλωσση

- Health and Safety Authority (2023). Guidance on technical land-use planning advice. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://bit.ly/3vkzRoi>.
- Health and Safety Executive (2016). Dangerous Goods in Harbour Areas Regulations 2016. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://bit.ly/3TKU6VA>.
- International Bulk Chemicals (IBC) Code. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : www.imo.org/en/OurWork/Safety/Cargoes/CargoesInBulk/Pages/IBC-Code.aspx.
- International Gas Carriers Code. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : www.imo.org/en/OurWork/Safety/Cargoes/CargoesInBulk/Pages/IGC-Code.aspx.
- International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code 2014 edition. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : www.imo.org/en/Publications/IMDGCode.
- International Maritime Solid Bulk Cargoes Code (IMSBC). Διαθέσιμο στον ιστότοπο : www.imo.org/en/OurWork/Safety/Cargoes/CargoesInBulk/Pages/default.aspx.
- Khavarian-Garmsir, A. R. & Rezaei, M. (2015). Selection of Appropriate Locations for Industrial Areas Using GIS-Fuzzy Methods. A Case Study of Yazd Township, Iran. *Journal of Settlements and Spatial Planning*. 6. 19-25.
- Masood A. B. (2007). Dimensions of Industrial Location Factors: Review and Exploration, *Journal of Business and public affairs* Volume 1, Issue 2, 2007.
- Rikalovic, A., Cosic, I. & Lazarevic, D. (2013) GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection. *Procedia Engineering* 69 (2014) 1054 – 1063.
- Worral L. (1991). *Spatial Analysis and Spatial Policy using Geographic Information Systems*, Belhaven Press, London.
- Yildirim, V., Atasoy, B. A. & Baser, V. (2021). Determining most suitable areas for logistics centers by using GIS and S-MCDM.
- Zhang, Q., Wen, Y.Q., Han, D., Zhang, F. and Xiao, C.S. (2020), Construction of knowledge graph of maritime dangerous goods based on IMDG code. *The Journal of Engineering*, 2020: 361-365. <https://doi.org/10.1049/joe.2019.1147>

Διαδίκτυο

Δημοτική Ανώνυμη Εταιρεία Ακινήτων Λαυρεωτικής (Δ.ΑΝ.ΕΤ.Α.Λ. Α.Ε.) Διαθέσιμο στον ιστότοπο: <https://bit.ly/3wE7hyH>.

International Maritime Organization. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://www.imo.org/en/OurWork/Safety/Pages/DangerousGoods-default.aspx>.

Λαύριο. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://bit.ly/3IlMtP5>.

Λιμάνι Λαυρίου: Η δυναμική επιστροφή της κρουαζιέρας, η ανάπτυξη του yachting και το «στοίχημα» για το μέλλον. (2023). Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://bit.ly/3Tmt9Yg>.

Οργανισμός Λιμένα Λαυρίου. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://www.oll.gr>.

Σύγχρονο Λαύριο. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://bit.ly/432cgFk>.

Το Λαύριο. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://bit.ly/3TIGCzq>.

Chemical warehouse at Rhenus. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : <https://bit.ly/4auFeQK>.

What are Dangerous Goods? Federal Aviation Administration. Διαθέσιμο στον ιστότοπο : https://www.faa.gov/hazmat/what_is_hazmat.

