



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΕΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ –ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ ΚΑΙ  
ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ  
Δ.Π.Μ.Σ. «ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΡΓΩΝ»

## **ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Αξιολόγηση Κατασκευής Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης  
Οίνου στη Σαντορίνη»**

Επιβλέπων: Μπενάρδος Ανδρέας, Αναπληρωτής Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Φοιτήτρια: Σταματάκη Ερωφίλη-Νέλη

A.M: 0711602407

**Αθήνα, Οκτώβριος 2020**



NATIONAL TECHNICAL UNIVERSITY OF ATHENS  
SCHOOL OF MINING & METALLURGICAL ENGINEERING  
AND SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING  
INTERDISCIPLINARY POSTGRADUATE PROGRAM:  
“DESIGN AND CONSTRUCTION OF UNDERGROUND  
STRUCTURES»

## **MASTER THESIS**

**“Assessment for the Development of Underground Wine  
Cave Structure in Santorini”**

Supervisor: Benardos Andreas

Student: Stamataki Erofilii - Nellie

Registration Number: 0711602407

**Athens, October 2020**

*This page has been intentionally left blank.*

*This page has been intentionally left blank.*

Σταματάκη Ερωφίλη, Νέλη,  
Διπλωματούχος Μηχανικός Μεταλλείων-Μεταλλουργών Ε.Μ.Π.

Copyright © Σταματάκη Ερωφίλη, Νέλη, 2020.

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις της.

*This page has been intentionally left blank.*

# Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	7
Ευχαριστίες.....	10
Περίληψη.....	14
Synopsis.....	16
1 ΤΟ ΕΡΓΟ .....	18
1.1 Υπόσκαφο Κτίριο .....	18
1.2 Ιστορικά Στοιχεία για τις Κάναβες της Σαντορίνης .....	22
1.3 Στοιχεία για τα Wine Caves στην Ελλάδα: Περιπτώσεις Εφαρμογής και Φωτογραφικό Υλικό .....	23
2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ.....	41
2.1 Διαδικασία Παραγωγής Οίνου .....	41
2.2 Διαδικασία Λευκής Οινοποίησης.....	44
2.3 Διαδικασία Ερυθρής Οινοποίησης.....	45
2.4 Σημαντικά Στοιχεία για ένα Οινοποιείο .....	47
2.5 Υπογειοποίηση ενός Οινοποιείου.....	47
2.6 Αμπελοκαλλιέργειες στη Σαντορίνη – Ιστορικά Στοιχεία .....	49
3 ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΡΓΟΥ .....	50
3.1 Επιλογή της Σαντορίνης.....	50
3.2 Επιλογή Ευρύτερης Περιοχής του Νησιού.....	54
3.3 Επιλογή Θέσης Ανάπτυξης του Υπόγειου Οινοποιείου .....	58

4	ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ.....	61
4.1	Εισαγωγικές Πληροφορίες για τη Σαντορίνη .....	61
4.2	Γεωλογία της Ευρύτερης Περιοχής Μελέτης .....	64
4.3	Τεκτονισμός Περιοχής Μελέτης.....	66
5	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ .....	71
5.1	Γεωτεχνικές Παράμετροι.....	72
6	ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ.....	75
6.1	Το Μοντέλο .....	75
7	ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ .....	93
7.1	Επιλογή Μεθόδου Εκσκαφής.....	93
7.2	Μεθόδος NATM.....	94
7.3	Προσπελαστικά Έργα .....	98
7.4	Διάνοιξη Υπόγειου Χώρου με Roadheader .....	99
7.5	Όρυξη και Κύκλος Εργασιών .....	103
8	ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ .....	105
8.2	Μέτρα Υποστήριξης στην Κατηγορία Βραχομάζας.....	106
8.3	Ανάλυση Συμπεριφοράς Υπόγειας Κατασκευής με Χρήση Αριθμητικών Μεθόδων 113	
8.4	Μοντέλο στο PHASE <sup>2</sup> -Αριθμητική Επίλυση .....	115
8.5	Παράμετροι Μοντέλου στο PHASE <sup>2</sup> .....	116
8.6	Υποστήριξη του Μοντέλου στο PHASE <sup>2</sup> .....	124
8.7	Συμπεράσματα και Αποτελέσματα .....	126
9	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ .....	132
A.	Γενικοί Ορισμοί.....	133
B.	Πίνακας Γραφημάτων-Figures .....	143
Γ.	Σχέδια - Μεγαλύτερη Μεγέθυνση.....	148
10	ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	156
11	ΞΕΝΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ .....	165



*This page has been intentionally left blank.*

## Ευχαριστίες

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2019-2020 στο πλαίσιο του διεπιστημονικού μεταπτυχιακού προγράμματος των Σχολών Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών και των Πολιτικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Ως την ελάχιστη δυνατή μνεία, με την παρούσα θεματική ενότητα των *Ευχαριστιών* θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην εκπόνησή της εργασίας αυτής και ιδιαίτερα:

Τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κο Μπενάρδο Ανδρέα για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε από την αρχή της ανάθεσης του συγκεκριμένου θέματος, την επιστημονική και συνεχή του καθοδήγηση, τις παραγωγικές υποδείξεις του, την υποστήριξή του, την επιμονή του, το αμείωτο ενδιαφέρον του, όπως επίσης και τη συμπαράστασή του μέχρι το τελικό στάδιο και την ολοκλήρωση της παρούσας εργασίας, που ήταν και ο τελικός στόχος όλης αυτής της προσπάθειας.

Όλους τους καθηγητές του προγράμματος για τις γνώσεις που μας μετέδωσαν κατά τη διάρκεια όλου του προγράμματος και της συνολικής συνεργασίας μου με καθένα από αυτούς σε κάθε εργασία ή απορία που είχα τόσο εγώ όσο και οι συμφοιτητές μου. Όπως, επίσης, και την κα Ροή Παπακωνσταντινοπούλου που συνέβαλε τα μέγιστα σε όλη τη διάρκεια του προγράμματός μας, βοηθώντας τόσο εμάς τους φοιτητές όσο και τους καθηγητές μας.

Ιδιαίτερα, μάλιστα, τη φετινή χρονιά με όσες δυσχέρειες προέκυψαν όχι μόνο στη σχολή μας, αλλά και σε ένα γενικότερα κρατικό και παγκόσμιο επίπεδο, και ευτυχώς βρέθηκαν λύσεις για να μη μείνουν πίσω τα μαθήματα και οι εργασίες μας, εξασφαλίζοντας πάντοτε την ασφάλεια όλων μας.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω από καρδιάς και την οικογένειά μου για τη γενικότερη στήριξη και τη βοήθειά τους σε όλη τη ζωή μου.

Σταματάκη Νέλη

Αθήνα, Οκτώβριος 2020

*This page has been intentionally left blank.*

*This page has been intentionally left blank.*

## Περίληψη

Η εκπόνηση της παρούσας εργασίας γίνεται στο πλαίσιο της Διπλωματικής Εργασίας για το διατμηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών των Σχολών των Πολιτικών Μηχανικών και των Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με τίτλο «Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων».

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται το θέμα των υπόσκαφων οινοποιείων, γνωστά και ως “Wine Caves”, με τα πλέον γνωστά και πιο αποδοτικά σε διεθνές επίπεδο να τοποθετούνται στη Napa Valley της Καλιφόρνια. Στην παρούσα εργασία, θα πραγματοποιηθεί ο σχεδιασμός ενός υπόγειου χώρου αποθήκευσης κρασιών ως μία μελέτη εφαρμογής (case study) στον Ελλαδικό χώρο, και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή της Σαντορίνης, λόγω των φημισμένων οινοποιείων αυτής και λόγω της ευνοϊκής γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής. Επιπλέον, στο νησί της Σαντορίνης υπάρχουν και οι γνωστές «Κανάβες» ή και «Canaves”. Ο ορισμός αυτών θα δοθεί αναλυτικά με το αντίστοιχο φωτογραφικό υλικό που αντλήθηκε στα αντίστοιχα κεφάλαια. Ωστόσο, εν συντομία θα αναφερθεί ότι πρόκειται για υπόσκαφους

αποθηκευτικούς χώρους, χρήση των οποίων γινόταν κατά το παρελθόν από τους αμπελουργούς και τους οινοπαραγωγούς. Το βάθος εκσκαφής αυτών είναι μικρότερο από εκείνο των Wine Caves, όπως αυτά απαντώνται κυρίως στο εξωτερικό.

Σε αυτό το σημείο πρέπει να σημειωθεί, ότι με εξαίρεση την περιοχή της Σαντορίνης όπου υπάρχουν οι κανάβες με όσες ομοιότητες αυτές φέρουν με τα κοινά Wine Caves, σε όλο το εύρος της Ελλάδας δεν συναντώνται τέτοιες κατασκευές έως και σήμερα. Για το λόγο αυτό πολλά στοιχεία αντλούνται από τα αντίστοιχα έργα ξένων χωρών. Τα στοιχεία γύρω από τα υπόγεια αυτά οινοποιεία που αναζητηθήκαν σε επίσημες ερευνητικές δημοσιεύσεις ή και βιβλία ήταν ελάχιστα. Ως αποτέλεσμα, χρησιμοποιήθηκαν και αντλήθηκαν πληροφορίες τόσο από ιστοσελίδες όσο και από βίντεο που είχαν αναρτηθεί και παραχθεί από τα οινοποιεία του είδους αυτού.

Τέλος, πέρα από τα βιβλιογραφικά στοιχεία που αντλήθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν στο παρόν πόνημα, έγιναν ορισμένες υποθέσεις με βάση τις οποίες σχεδιάστηκαν η διάταξη και η κάτοψη (layout) του υπό εξέταση Underground Wine Cave. Με βάση αυτήν, πραγματοποιήθηκε και η διαστασιολόγησή του (Sizing) και η κατασκευή αυτού, όπως επίσης και τα στάδια αυτής. Υπογραμμίζεται ότι επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί με χρήση Roadheader λόγω της γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής μελέτης και κατασκευής του έργου. Ακολούθησε η υποστήριξη που έπρεπε να ληφθεί για την εξασφάλιση της κατασκευής, καθώς επίσης και τα αποτελέσματα που προέκυψαν.

## Synopsis

The current study is conducted as part for the Master's Degree awarded by the Schools of Civil Engineering and Mining-Metallurgical Engineering of the National Technical University of Athens (N.T.U.A.) entitled as "Design and Construction of Underground Infrastructures".

This paper examines the project of an underground wine cave. One of the best known and most profitable wine caves internationally is located in Napa Valley, in California. More specifically, in the current thesis the case study scenario will be carried out in Greece, on the island of Santorini. This Greek island was selected among others due to its famous wineries and the favorable geology of the entire area. Additionally, on the island of Santorini there are the well-known "*Canaves*". The definition of these will be given in detail with the corresponding photographic material drawn in the following chapters. However, in brief, *canaves* are underground storage areas, which were used in the past by vineyard owners and



winemakers. The depth of the excavation for the latter is considerably less than that of the Wine Caves, as they are currently formed abroad.

At this point it should be noted that apart from Santorini's canaves, in Greece there are no such constructions until today. For this reason a lot of data, used in the current study, is drawn from the respective projects of foreign countries. The data around these underground wineries found either from research publications or books were not adequate. So, a lot of information was used and extracted from both websites and videos posted and produced by wineries of this kind.

Finally, all the assumptions made and based upon which the layout of the Underground Wine Cave was designed, are thoroughly explained. Assumptions like the sizing and the construction parameters, as well as its stages. The excavation was chosen to be carried out using a Roadheader due to the geology of the area chosen as a construction site for the project. The right support is discussed in this study, as well, along with the results of this study.

# 1 ΤΟ ΕΡΓΟ

## 1.1 Υπόσκαφο Κτίριο

Όπως αναφέρεται και στην αντίστοιχη ενότητα των γενικών ορισμών, **υπόσκαφο κτίριο** είναι εκείνο το κτίριο ή το τμήμα αυτού, το οποίο κατασκευάζεται κάτω από την στάθμη του φυσικού εδάφους και παρουσιάζει μία ή περισσότερες ορατές όψεις, όπως για παράδειγμα είναι η είσοδος του. Τα πλέον εντυπωσιακά υπόσκαφα κτίρια εντοπίζονται στη Σαντορίνη, στα Μετέωρα, στη Γρανάδα της Ισπανίας, στην Καππαδοκία της Τουρκίας, στη Ματέρα της Ιταλίας, και στην Τυνησία (Λω, 2017).

Η δημιουργία και κατασκευή υποσκαφών χώρων ως κατοικία ανάγεται στην αρχή του ανθρώπινου πολιτισμού για να καλύψει την ανάγκη προστασίας του από έντονα καιρικά φαινόμενα της φύσης.

Πέρα από τα υπόσκαφα οινοποιεία που αποτελούν και μέρος της μελέτης της παρούσας εργασίας, τα υπόσκαφα κτίρια απαντώνται ευρέως στον Ελλαδικό χώρο,

καθώς η μορφολογία του εδάφους του τελευταίου με τους βραχώδεις σχηματισμούς ευνοεί την κατασκευή αυτών. Πέρα, όμως, από αυτό

### **1.1.1 Πλεονεκτήματα Υπόσκαφων Κτιρίων**

Ορισμένα από τα πλεονεκτήματα που προκύπτουν από την επιλογή ενός υπόσκαφου κτιρίου είναι τα ακόλουθα (Λω, 2017) και (Βλάχος, 2012):

A. Πλήρης ενσωμάτωση στο φυσικό τοπίο δίχως να το αλλοιώνει. Συνήθως, προσανατολίζεται αναφορικά με τη θέα που δύναται να έχει η κατασκευή.

B. Σέβεται και εφαρμόζει βιοκλιματικές αρχές, ώστε να καλύπτονται οι ενεργειακές ανάγκες του κτιρίου και με σεβασμό προς το περιβάλλον.

Γ. Παρέχει στο κτίριο, λόγω του σταθερού θερμοκρασιακού εύρους της τάξης των 12-13° C που έχει το έδαφος

Δ. Ελάχιστη επιρροή από την ηχορρύπανση, τη σκόνη, την ακτινοβολία και προστασία από ακραία καιρικά φαινόμενα που πιθανότατα να λάβουν χώρα στον περιβάλλοντα χώρο της κατασκευής, συγκριτικά πάντοτε με μία συμβατική κατασκευή ανωδομής. Εάν φυσικά γίνει και η αντίστοιχη επιλογή των κατάλληλων υλικών, όπως είναι η χρήση τοπικής πέτρας, για αυτήν μπορεί να χρειαστεί και ελάχιστη συντήρηση.

E. Ευνοϊκές πολεοδομικές διευκολύνσεις, όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται η αύξηση του συντελεστή δόμησης, με ελαχιστοποίηση περιβαλλοντικού αποτυπώματος και οπτικού του έργου.

### 1.1.2 Φωτογραφίες και Σχέδια Παραδειγμάτων Υπόσκαφων Κτιρίων

Παραθέτονται ορισμένα παραδείγματα από τέτοιες κατασκευές (Λω, 2017) και (Βλάχος, 2012):



*Εικόνα 1. Villa Vals/ Christian Müller & Bjarne Mastenbroek , architects, Ελβετία (1/2) (Λω, 2017).*



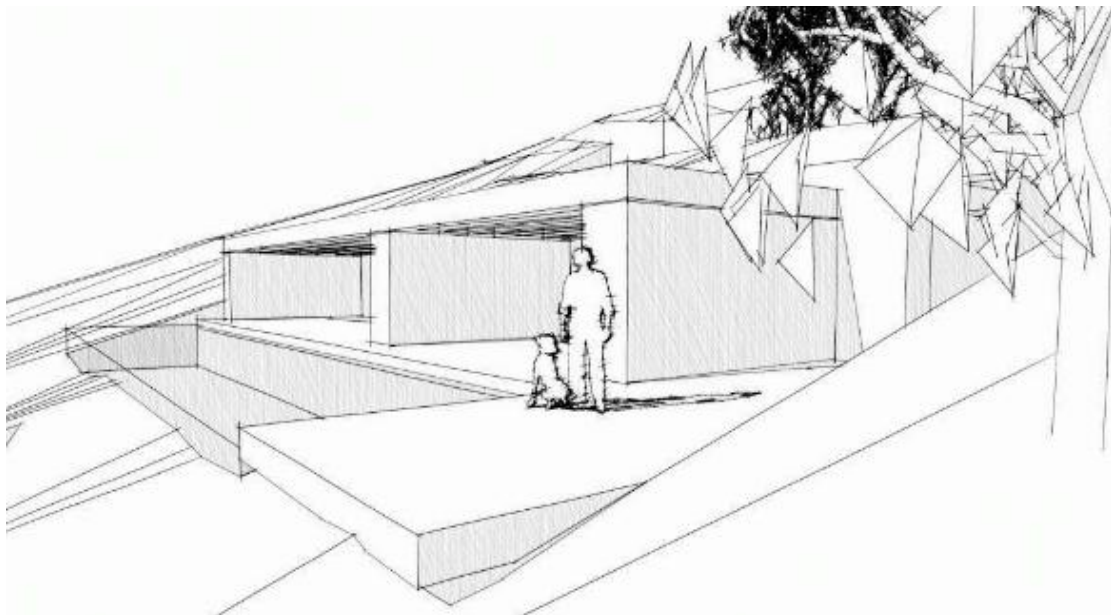
*Εικόνα 2. Vals/ Christian Müller & Bjarne Mastenbroek , architects, Ελβετία (2/2) (Λω, 2017).*



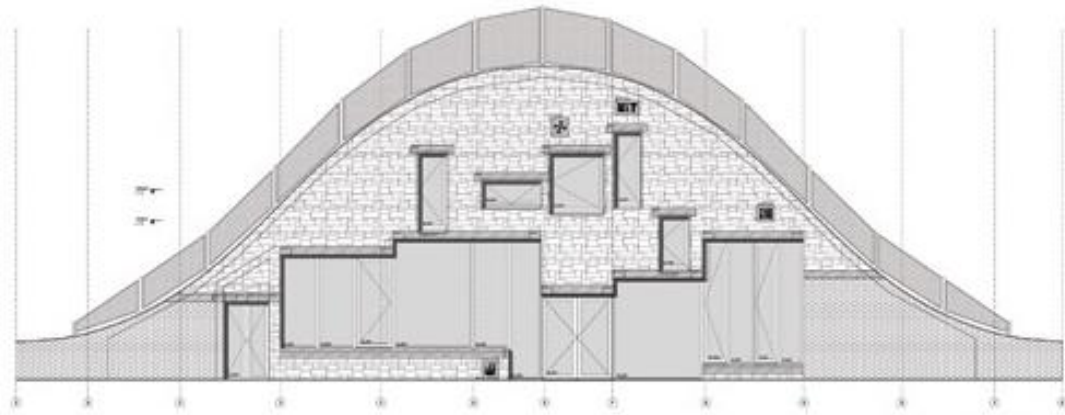
*Εικόνα 3. Ξενοδοχείο Klima / Matteo Thun & Partners ,architects, Bozen, Ιταλία (Λω, 2017).*



*Εικόνα 4. Σχέδιο υπόσκαφου κτιρίου ως παράδειγμα (Βλάχος, 2012)*



*Εικόνα 5. Σχέδιο υπόσκαφου κτιρίου ως παράδειγμα (Βλάχος, 2012)*



Εικόνα 6. Παράδειγμα σχεδίου από υπόσκαφο κτίριο (Λω, 2017).

## 1.2 Ιστορικά Στοιχεία για τις Κάναβες της Σαντορίνης

Στην ιστορία και στον τουρισμό της Σαντορίνης μεγάλο ρόλο έχουν διαδραματίσει οι γνωστές σε όλους μας «Κάναβες της Σαντορίνης». Πρόκειται για υπόσκαφους χώρους παραγωγής και αποθήκευσης του κρασιού με τοξωτή είσοδο και θολωτή στέγη σε ορισμένες περιπτώσεις. Σήμερα οι περισσότερες από αυτές έχουν ανακαινισθεί και έχουν λάβει τη μορφή παραθεριστικών καταλυμάτων ή σε ενοικιαζόμενες κατοικίες (Μονιούδη-Γαβαλά, 2015).

Ορισμένοι ντόπιοι μας αναφέρουν ότι ως κάναβες τα παλαιότερα χρόνια χαρακτήριζαν τις αποθήκες τους είτε αποτελούσαν μέρος του σπιτιού τους είτε βρίσκονταν σε κάποιο άλλο μέρος συνήθως εντός του ευρύτερου οικισμού.

Με τα χρόνια έχει επικρατήσει ότι Κανάβες ονομάζονται τα οινοποιεία, γεγονός που προέρχεται από το ότι στις αποθήκες αυτές συχνά αποθήκευαν και το κρασί τους τόσο για την ωρίμανση αυτού όσο και γιατί μπορεί εκεί να έκαναν και το πάτημα των σταφυλιών, το ξεκαθάρισμα από τα τσάμπουρα και άλλες συναφείς εργασίες που πιθανότατα να κρίνονται απαραίτητες (Κουζέλης, 2019).

### **1.3 Στοιχεία για τα Wine Caves στην Ελλάδα: Περιπτώσεις Εφαρμογής και Φωτογραφικό Υλικό**

Από υπάρχοντα διαθέσιμα στοιχεία αναφορικά με την κατασκευή Wine Caves ή αλλιώς Υπόγειων Οινοποιείων στην Ελλάδα υπάρχουν κατά κύριο λόγο οι Κανάβες της Σαντορίνης και ορισμένα άλλα έργα που αυτοαποκαλούνται ως Wine Caves, αλλά το βάθος δεν είναι τόσο μεγάλο και η κατασκευή μοιάζει περισσότερο με τις Κανάβες.

Τέτοια έργα είναι τα ακόλουθα:

#### **1.3.1 Secret Wine Cave στη Σαντορίνη**

Είναι μία κάβα 150 ετών με σπάνια κρασιά της Σαντορίνης. Αποτελεί μέρος του ξενοδοχείου *Mystique Hotel Santorini* και είναι επισκέψιμο στο ευρύ κοινό προσφέροντας εμπειρίες τόσο γευσιγνωσίας, δείπνου , όσο και ξενάγησης στους χώρους του. Προσφέρεται στα πλαίσια το ευρύτερου τουρισμού του νησιού και αποτελεί μία από τις τοπικές ιδανικές εμπειρίες που θα μπορούσε να έχει κάθε επισκέπτης του νησιού (*Mystique Hotel Santorini*, 2020).



Ορισμένες φωτογραφίες από το εσωτερικό του δίνονται παρακάτω (Mystique Hotel Santorini, 2020):



*Εικόνα 7. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(1/6)*



*Εικόνα 8. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(2/6)*





*Εικόνα 9. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(3/6)*



**Εικόνα 10. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(4/6)**



**Εικόνα 11. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(5/6)**



*Εικόνα 12. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(6/6)*

### **1.3.2 Υπόσκαφο Μουσείου Οίνου στο Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη**

Το οινοποιείο αυτό ανήκει στην οικογένεια Κουτσογιαννόπουλου και ανοίγει τις πόρτες του σαν οινοποιείο 150 έτη πίσω περί το 1870 με περιορισμένες φιάλες κρασιών της Σαντορίνης για λίγους. Στη δομή συμπεριλαμβάνεται και ένα μοναδικό υπόσκαφο Μουσείο Οίνου, ενώ το κρασί που παράγεται είναι μοναχά υψηλής ποιότητας.

Το υπόσκαφο Μουσείο Οίνου έχει κατασκευαστεί σε βάθος 8 μέτρα κάτω από την επιφάνεια του εδάφους και η δομή του προσομοιάζει ένα λαβύρινθο με μήκος της τάξης των 8 μέτρων. Η δημιουργία αυτού διήρκησε 21 έτη. Το μουσείο πραγματεύεται τόσο την ιστορία του κρασιού όσο και τη ζωή ενός αμπελουργού στο νησί της Σαντορίνης με αφετηρία το έτος 1660.

Πέρα από τις αναπαραστάσεις της ιστορίας του κρασιού, την ξενάγηση στο μουσείο και την ενημέρωση για όλα τα στάδια και τα μηχανήματα που απαιτούνται για την παραγωγή του κρασιού, συμπεριλαμβάνεται και γευστική δοκιμή κρασιών που παράγονται στο ίδιο το οινοποιείο, εντός ειδικά διαμορφωμένου χώρου γευσιγνωσίας. Ας αναφερθεί ότι για όσους το επιθυμούν παρέχεται και η δυνατότητα να συμμετάσχουν στο πάτημα των σταφυλιών σε παραδοσιακό πατητήρι μέσα στο αμπέλι (ArtTravel, 2010) και (Κουτσογιαννόπουλος, 2020).

Παρακάτω δίνονται ορισμένες εικόνες από το Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου της οικογένειας Κουτσογιαννόπουλου (Κουτσογιαννόπουλος, 2020):



*Εικόνα 13. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη - Είσοδος(1/9)*





*Εικόνα 14. Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη (2/9)*



*Εικόνα 15. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη – Διάδρομοι (3/9)*



*Εικόνα 16. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη - Αναπαραστάσεις(4/9)*



*Εικόνα 17.Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη - Αναπαραστάσεις από τις Φάσεις Παραγωγής του Οίνου (5/9)*





*Εικόνα 18. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη (6/9)*



*Εικόνα 19. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη – Το Γραφείο του Ιδρυτή του Οινοποιείου (7/9)*



*Εικόνα 20. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη (8/9)*



*Εικόνα 21. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη-Βαρέλια (9/9)*



### 1.3.3 Υπόσκαφο Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη

Το οινοποιείο αυτό ανήκει στην οικογένεια Χατζηδάκη και βρίσκεται στον Πύργο Καλλίστης της Σαντορίνης. Το 1996 η Κωνσταντίνα έδειξε στον Χαρίδημο τον αμπελώνα που ανήκε στην οικογένειά της στο χωριό Πύργος Καλλίστης, και συγκεκριμένα στο δρόμο προς το μοναστήρι του Προφήτη Ηλία. Ο αμπελώνας αυτός βρίσκεται ακόμη και σήμερα σε ένα υψόμετρο των 330 μέτρων από τη θάλασσα.

Κατά την επίσκεψή στον αμπελώνα, ο Χαρίδημος πρόσεξε τη σπηλιά στο βάθος του κτήματος και είχε την ιδέα να δημιουργήσει ένα «Καναβάκι» και έτσι σιγά σιγά δημιουργήθηκε το υπόσκαφο οινοποιείο της οικογένειας Χατζηδάκη στη Σαντορίνη σε εκείνο το σημείο. Ας σημειωθεί ότι ως «Κανάβες» στην Σαντορίνη νοούνται τα Οινοποιεία, και μάλιστα τα υπόσκαφα, δηλαδή τα υπόγεια οινοποιεία που εκσκάπτονται σε μικρό βάθος (Βοτρίτης, 2019).

Παρακάτω δίνεται φωτογραφικό υλικό από το υπόσκαφο οινοποιείο της οικογένειας Χατζηδάκη (Πίττας, 2019):



Εικόνα 22. Υπόσκαφο Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη-Βαρέλια (1/4)



*Εικόνα 23. Υπόσκαφο Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη-Εμφιάλωση Μπουκαλιών (2/4)*



*Εικόνα 24. Υπόσκαφο Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη-Βαρέλια και Αποθήκευση (3/4)*





*Εικόνα 25. Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη Υπόσκαφο –Βαρέλια Παλαίωσης Κρασιού (4/4)*

#### **1.3.4 Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκη, Σαντορίνη**

Το υπόσκαφο οινοποιείο αυτό, γνωστό και ως *Σπηλιά Κωσταντάκη*, βρίσκεται στη νήσο Μήλο και είναι μέρος του ευρύτερου κτήματος της οικογένειας, το οποίο έχει δωμάτια προς φιλοξενία κυκλαδίτικης αρχιτεκτονικής με θέα το παραθαλάσσιο χωριό Πολλώνια. Ακόμη, στο πλαίσιο του τουρισμού ο επισκέπτης δύναται να περιηγηθεί στον αμπελώνα και στο οινοποιείο.

Το υπόσκαφο οινοποιείο δημιουργείται από τον Κώστα Μάλλη, ή αλλιώς και Κωσταντάκη, το έτος 2012 μαζί με την επέκταση και του αμπελώνα τόσο σε έκταση όσο και σε ελληνικές ποικιλίες. Σήμερα, λοιπόν, ορισμένες από τις ποικιλίες που σήμερα καλλιεργούνται στο κτήμα είναι το Ασύρτικο, το Σαββατιανό, η Μονεμβασιά, το λευκό Μοσχάτο, ο Ροδίτης, η Μαντηλαριά, το Μαυροτράγανο, όπως και το Μαύρο Αηδάνι (DrinksFiles, 2019).

Παρακάτω δίνονται και ορισμένες φωτογραφίες από αυτό (Κωσταντάκης, 2020):



*Εικόνα 26. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό από τη φύλαξη φιαλών οίνου(1/9)*



*Εικόνα 27. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Φιάλες οίνου (2/9)*





*Εικόνα 28. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό από το χώρο δοκιμής του οίνου (3/9)*



*Εικόνα 29. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό (4/9)*



*Εικόνα 30. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εξωτερική Άποψη της Κατασκευής (5/9)*



*Εικόνα 31. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό από τη φύλαξη οίνου σε δεξαμενές (6/9)*





*Εικόνα 32. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Η πόρτα Εισόδου προς το Οινοποιείο (7/9)*



*Εικόνα 33. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό (8/9)*



*Εικόνα 34. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό – Στιγμιότυπο από τη Δοκιμή Οίνου (9/9)*



# 2 ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΟΙΝΟΥ

## 2.1 Διαδικασία Παραγωγής Οίνου

Με τον όρο *οινοποίηση* νοείται το σύνολο των ενεργειών οι οποίες πραγματοποιούνται για τη μετατροπή των σταφυλιών σε οίνο (Κοτσερίδης, 2006). Υπογραμμίζεται ότι ανάλογα με τον τύπο του προς παραγωγή οίνου και την ποιότητα της πρώτης ύλης, εφαρμόζονται διαφορετικές μέθοδοι οινοποίησης.

Οι κυριότερες κατηγορίες οινοποίησης είναι η ερυθρή, η λευκή και η ερυθρωπή, ενώ υπάρχουν και ειδικές οινοποιήσεις. Ανεξαρτήτως κατηγορίας οινοποίησης, υπάρχουν κάποιες κοινές διαδικασίες οι οποίες ακολουθούνται και είναι οι εξής:

## **I. Παραλαβή και Μεταφορά των Σταφυλιών**

Το πρώτο στάδιο είναι προφανώς η μεταφορά των σταφυλιών από τα αμπέλια στο οινοποιείο, κατά την οποία πρέπει να αποφεύγεται η σύνθλιψη του καρπού, και η θέρμανσή του.

## **II. Διαλογή Σταφυλιών / Μεταφορά στο Εκραγιστήριο**

Με την άφιξη του καρπού στο οινοποιείο, τα σταφύλια τοποθετούνται απευθείας σε μια μεταφορική ταινία, ούτως ώστε να γίνει χειρονακτικά η επιλογή των καλύτερων σταφυλιών. Η τελευταία καταλήγει σε έναν ατέρμονα κοχλία, το *σταφυλοδόχο*, ο οποίος προωθεί τα σταφύλια προς το εκραγιστήριο.

## **III. Αποβοστρύχωση / Έκθλιψη των Σταφυλιών**

*Αποβοστρύχωση* είναι η αφαίρεση και απομάκρυνση των βοστρύχων (κοτσανιών) ώστε να παραμείνουν για οινοποίηση μόνο ο χυμός και οι ράγες και προηγείται της έκθλιψης. Το μηχάνημα στο οποίο πραγματοποιείται η διαδικασία αυτή χαρακτηρίζεται ως εκραγιστήριο. Η έκθλιψη των σταφυλιών έχει ως στόχο τη διάρρηξη του φλοιού των ραγών ώστε να απελευθερωθεί ο χυμός τους και πραγματοποιείται με τη βοήθεια κατάλληλου μηχανήματος, το *θλιπτήριο*. Πλέον η έκθλιψη και η αποβοστρύχωση μπορούν να γίνονται με το ίδιο μηχάνημα.

## **IV. Άντληση του Τρυγητού**

Στη συνέχεια των εγκαταστάσεων του εκραγιστηρίου και του θλιπτηρίου, βρίσκονται οι αντλίες προώθησης της του σώματος των σταφυλιών, μέσω των οποίων πραγματοποιείται η μεταφορά των σταφυλιών προς διαφορετικές διαδικασίες, ανάλογα με την οινοποίηση που πρόκειται να ακολουθήσει.

Δηλαδή, αν αφορά λευκή οινοποίηση, τότε η μάζα των σταφυλιών μεταφέρεται στο πιεστήριο, ενώ για ερυθρή ή έστω για ερυθρωπή οινοποίηση μεταφέρεται στους οινοποιητές.

Παρακάτω δίνεται ένα συνοπτικό διάγραμμα που κατασκευάστηκε από εμένα για την παρούσα εργασία με τη γενική διαδικασία οινοποίησης ως αναφορά και για λόγους συντομίας σε συγκεκριμένα στάδια αν παραστεί ανάγκη για αυτό στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας. Για μεγαλύτερη ευκρίνεια θα επισυναφθεί και στο τέλος της παρούσας εργασίας και σε μεγαλύτερο μέγεθος.



Διάγραμμα 1. Συνοπτική Παρουσίαση Διαδικασίας Παραγωγής Οίνου. (Σταματάκη, 2020)

## 2.2 Διαδικασία Λευκής Οινοποίησης

Τα βήματα που ακολουθούνται για την οινοποίηση λευκού οίνου περιγράφονται ως ακολούθως (Κοτσερίδης, 2006):

### 1. Πίεση των Σταφυλιών

Οι αντλίες μεταφέρουν τη σταφυλόμαζα στο πιεστήριο, όπου πραγματοποιείται πίεση των σταφυλιών, ούτως ώστε να επιτευχθεί η πλήρης παραλαβή του γλεύκους.

### 2. Απολάσπωση / Διαύγαση

Μετά το πιεστήριο, στο γλεύκος αιωρούνται στερεά σωματίδια του σταφυλιού, σκόνες, χρώματα, κ.τ.λ., με αποτέλεσμα το γλεύκος να είναι θολό. Πριν την αλκοολική ζύμωση θα πρέπει, μέσα σε ειδικές δεξαμενές, να πραγματοποιείται καθαρισμός του γλεύκους, ή διαφορετικά απολάσπωση / διαύγασή του.

### 3. Αλκοολική Ζύμωση του Γλεύκους

Η αλκοολική ζύμωση πραγματοποιείται σε ψυχόμενες δεξαμενές και συγκεκριμένα σε θερμοκρασία 18 – 20 °C. Με τη διεξαγωγή της ζύμωσης σε συνθήκες ψύξης, εξασφαλίζεται κατά μεγάλο ποσοστό το άρωμα του οίνου.

### 4. Έλεγχος της Πορείας των Ζυμώσεων / Δεύτερη Διαύγαση

Η πορεία της αλκοολικής ζύμωσης πρέπει να ελέγχεται διαρκώς, μετρώντας την πυκνότητα και τη θερμοκρασία του γλεύκους. Επίσης, στο στάδιο αυτό γίνεται μετάγγιση του οίνου, η οποία διαρκεί 3 – 4 ημέρες, κατά την οποία πραγματοποιείται εκ νέου διαύγαση για την απομάκρυνση της οινολάσπης.

### 5. Εμφιάλωση

Τέλος, πραγματοποιείται η εμφιάλωση του λευκού οίνου. Η διαδικασία της εμφιάλωσης θα πρέπει να πραγματοποιείται υπό σταθερές συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας. Συγκεκριμένα, μία θερμοκρασία της τάξεως των 15 °C και μία υγρασία περί το 85%, θεωρούνται ιδανικές για τη λευκή οινοποίηση. Σημειώνεται ότι από την παραλαβή των σταφυλιών μέχρι και την εμφιάλωση η λευκή οινοποίηση διαρκεί περίπου 2 μήνες.

## **2.3 Διαδικασία Ερυθρής Οινοποίησης**

### 1. Αλκοολική Ζύμωση

Οι αντλίες μεταφέρουν τη μάζα των σταφυλιών στους οινοποιητές, όπου πραγματοποιείται αλκοολική ζύμωση και παραμένουν εκεί για περίπου μία εβδομάδα. Η θερμοκρασία που πραγματοποιείται η ζύμωση είναι περί τους 20 °C, ενώ εάν υπερβεί τους 30 °C η ζύμωση κινδυνεύει να σταματήσει.

### 2. Ανακύκλωση / Αερισμός

Η ανακύκλωση και ο αερισμός του γλεύκους είναι ιδιαίτερης σημασίας για την πορεία της αλκοολικής ζύμωσης, ενώ είναι επίσης κρίσιμο το χρονικό σημείο διενέργειάς τους.

### 3. Διαχωρισμός Γλεύκους – Σταφυλιών / Πίεση Σταφυλιών

Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται εν ζυμώσει και ουσιαστικά συλλέγεται το γλεύκος το οποίο διαχωρίζεται λόγω βαρύτητας και μόνο (οίνος εκροής). Με την απομάκρυνση του οίνου εκροής, τα σταφύλια που παραμένουν εντός των δεξαμενών μεταφέρονται στο πιεστήριο για την παραλαβή του οίνου πίεσης.

#### 4. Μηλογαλακτική Ζύμωση

Η μηλογαλακτική ζύμωση είναι το τελευταίο στάδιο πριν την εισαγωγή του οίνου στα βαρέλια. Στην πραγματικότητα, οι χημικές μεταβολές που υφίσταται ο οίνος κατά τη μηλογαλακτική ζύμωση έχουν επίπτωση αφενός στο χρώμα και αφετέρου στη γεύση του οίνου.

#### 5. Εισαγωγή σε Βαρέλια / Εμφιάλωση

Με το πέρας της μηλογαλακτικής ζύμωσης, εισάγεται ο οίνος σε βαρέλια, όπου παραμένει συνήθως για χρονικό διάστημα από έξι έως δώδεκα μήνες, ούτως ώστε να παλαιωθεί. Το χρονικό διάστημα της ωρίμανσης διαφέρει ανάλογα με την οινοπαραγωγό εταιρεία, ενώ μπορεί να ανέλθει ακόμα και σε μερικά χρόνια. Οι συνθήκες υγρασίας και θερμοκρασίας που πραγματοποιείται η ωρίμανση του κρασιού πρέπει να είναι σταθερές και συγκεκριμένα 75% και 15 °C αντίστοιχα. Επίσης, η διαδικασία αυτή είναι σημαντικό να πραγματοποιείται σε περιβάλλον όπου απουσιάζει η ηλιακή ακτινοβολία. Σημειώνεται ότι κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης μέσα στα βαρέλια, λαμβάνει χώρα και μία τελική φυσική διαύγαση του οίνου. Τέλος, ακολουθεί η εμφιάλωση του ερυθρού οίνου (Αθανασόπουλος & Παπαβασιλείου, 2008).

## 2.4 Σημαντικά Στοιχεία για ένα Οινοποιείο

Παρακάτω παρουσιάζονται συνοπτικά ορισμένα σημαντικά χαρακτηριστικά για το οινοποιείο που προσομοιώνεται (Καψιμάλη, 2012):

- 1 στρέμμα καλλιεργήσιμης έκτασης αμπελιού στη Σαντορίνη παράγει περίπου 300 κιλά σταφύλια από τα οποία το 60% κατά προσέγγιση γίνεται κρασί.
- 1 στρέμμα παράγει 180 κιλά κρασί
- 1 φιάλη του κρασιού είναι γνωστό ότι έχει 0.75 λίτρα κρασί
- 1 στρέμμα ισοδυναμεί με 240 φιάλες κρασιού
- ένα βιώσιμο οινοποιείο πρέπει να παράγει περίπου 50.000 φιάλες κρασί ανά έτος.

Συμπερασματικά, χρειάζεται ένα οινοποιείο κατ' ελάχιστο να έχει μία καλλιέργεια 210 στρεμμάτων ή εναλλακτικά την από κοινού συμμετοχή σε αυτό μικροκαλλιεργητών, για την κάλυψη των αναγκών αυτών.

## 2.5 Υπογειοποίηση ενός Οινοποιείου

Πολλοί είναι οι λόγοι, λοιπόν, που ένα οινοποιείο θα επέλεγε να προχωρήσει σε μία αρκετά δαπανηρή επένδυση και να μεταφέρει το οινοποιείο, είτε μόνο το αποθηκευτικό κομμάτι ή και τις επιπλέον διεργασίες που μπορεί να απαιτούνται κατά την οινοποίηση. Ο πρώτος που μας έρχεται στο μυαλό είναι προφανώς για να εκμεταλλευτεί την επιφάνεια και να την έχει εξ' ολοκλήρου για αμπελώνες.

Σύμφωνα με το Wine Guardian (2009) ένα υπόγειο οινοποιείο μπορεί να εξασφαλίσει τις κατάλληλες συνθήκες για την ωρίμανση και την επιτυχή αποθήκευση του οίνου όλο το χρόνο, όπως είναι η σταθερή θερμοκρασία καθ' όλη τη διάρκεια της χρονιάς περί τους 13<sup>ο</sup>-14<sup>ο</sup> C. Επιπλέον, προσφέρει και ένα περιβάλλον απαλλαγμένο από πρόσκαιρες δονήσεις, που πιθανότατα να υπήρχαν σε ένα επιφανειακό κτίριο είτε από τη διέλευση οχημάτων ή άλλες καθημερινές δραστηριότητες της αστικής ζωής. Ένα ακόμη ουσιώδες πλεονέκτημα είναι η απαλλαγή από το φυσικό φως που υπό συνθήκες μπορεί να βλάψει το κρασί, και σίγουρα δεν ωφελεί στην ωρίμανση αυτού.

Στην παραπάνω παράγραφο γίνεται αναφορά στις πρόσκαιρες δονήσεις, καθώς ένα γενικότερο φυσικό φαινόμενο δεν θα επηρέαζε μόνο την επιφάνεια αλλά και τον υπόγειο χώρο. Η επίδραση θα ήταν πολύ λιγότερη στο υπόγειο, αλλά και πάλι ανάλογα πάντοτε και από την ένταση του φαινομένου και την εξέλιξή του, θα ήταν πολύ δύσκολο να μείνει και αυτό ανεπηρέαστο.

Από την ίδια πηγή γνωρίζουμε ότι για την εξασφάλιση μίας ανώτερης ποιότητας κρασιού, καθοριστικός είναι και ο παράγοντας της υγρασίας. Καθώς, μία υγρασία της τάξης του 50-70% θεωρείται επαρκής, με το 60% να φαίνεται να είναι το ιδανικό. Ωστόσο, υπογραμμίζεται ότι υπάρχουσα υγρασία που ξεπερνά το ποσοστό του 70% μπορεί να προκαλέσει φθορά στα μπουκάλια, τους φελλούς και την υγρασία και να δημιουργήσει μούχλα. Με άμεση συνέπεια και την καταστροφή του ίδιου του κρασιού. Από την άλλη υγρασία μικρότερη του 50% θα ξηράνει εντελώς τους φελλούς των μπουκαλιών και θα προκαλέσει την εξάτμιση και την αποδόμηση του κρασιού.

Τέλος, τονίζεται ότι για τον έλεγχο της ποιότητας του οίνου είναι η συνεχής παρακολούθηση του περιβάλλοντος του υπόγειου χώρου αποθήκευσης του οίνου αναφορικά με τη θερμοκρασία του αέρα.



Από όλα τα παραπάνω προκύπτει ότι ένας υπόγειος χώρος αποθήκευσης του οίνου μπορεί να εξασφαλίσει τις κατάλληλες και πλέον ευνοϊκές συνθήκες αποθήκευσης και ωρίμανσης του οίνου. Αφενός, γιατί προσφέρει και τη σταθερή θερμοκρασία ανεξάρτητα εποχής ή καιρικών συνθηκών και εξασφαλίζει και την απαραίτητη υγρασία (ανάλογα πάντοτε και με το γεωλογικό σχηματισμό εντός του οποίου διανοίγεται).

## **2.6 Αμπελοκαλλιέργειες στη Σαντορίνη – Ιστορικά Στοιχεία**

Οι καλλιέργειες αμπέλου στη Σαντορίνη εμφανίζονται από τους αρχαίους χρόνους και χρονολογείται πίσω τουλάχιστον 85 - 300 χρόνια. Τοποθετείται χαμηλά στο έδαφος προκειμένου να απορροφά το βρόχινο νερό και την υγρασία του χώματος, καθώς η Σαντορίνη είναι ένα ιδιαίτερα ξηρό μέρος. Η κυκλική μορφή του, από την οποία λαμβάνει και την ονομασία της, «Κουλούρα» δηλαδή, γίνεται προκειμένου να προστατευτεί η σοδειά από τους πολύ δυνατούς αέρηδες που υπάρχουν στο νησί. Ο τρύγος διαρκεί από τέλη Ιουλίου μέχρι και τα τέλη του Αυγούστου.

Από τα παραδείγματα υπόσκαφων οινοποιείων

# 3

## ΧΩΡΟΘΕΤΗΣΗ ΕΡΓΟΥ

### 3.1 Επιλογή της Σαντορίνης

Για την τοποθέτηση του Wine Cave στο νησί της Σαντορίνης υπήρξαν τέσσερις καθοριστικοί παράγοντες που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για την επιτυχή υλοποίηση του έργου.

Σημαντικό, λοιπόν, είναι το γεγονός ότι το αμπέλι και η παραγωγή κρασιού είναι στοιχεία που χαρακτηρίζουν το νησί εδώ και αρκετά χρόνια. Πέρα από αυτό, όμως, στη Σαντορίνη εντοπίζονται και χαρακτηριστικά, όπως είναι το τοπίο της, η αρχιτεκτονική της και ο τουρισμός. Έτσι, λοιπόν, με τους τρεις τελευταίους παράγοντες θα υπάρξει και η δυνατότητα για να έχει και επιπλέον κέρδη ένα οινοποιείο που θα επιλέξει πιθανώς την υλοποίηση του μοντέλου που θα κατασκευαστεί στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας ή με άλλα λόγια την υπογειοποίηση του αποθηκευτικού χώρου του οινοποιείου.



*Εικόνα 35. Αμπελοκαλλιέργειες στο νησί της Σαντορίνης*

Ως αναφορά το τοπίο της Σαντορίνης έχει προκύψει από την δράση του ηφαιστειού της. Το νησί διακρίνεται σε δύο ζώνες, στην ζώνη της καλντέρας και στο υπόλοιπο κομμάτι, στα ανατολικά αυτής. Η καλντέρα χαρακτηρίζεται για το απότομο και γκρεμνώδες ανάγλυφό της, σε αντίθεση με το υπόλοιπο κομμάτι που είναι πεδινό, άνυδρο, και ήπιο σε κλίση.



*Εικόνα 36. Γκρεμνώδες Ανάγλυφο της Σαντορίνης*

Το κυριότερο χαρακτηριστικό της ιδιαίτερης αρχιτεκτονικής του νησιού αποτελούν τα υπόσκαφα κτίσματα. Τοποθετούνται κυρίως στις γκρεμνώδεις παρειές και παρατηρείται στο εσωτερικό τους να είναι θολωτά. Για τους παλαιότερους κατοίκους αποτελούσαν ένα τρόπο εξοικονόμησης γης, καθώς διατηρούσαν ανέπαφα τα επίπεδα και τα καλλιεργήσιμα μέρη του νησιού, προκειμένου να υπάρχει χώρος για την καλλιέργεια των τοπικών προϊόντων, αλλά και την κατασκευή κατοικιών.

Οι καλλιέργειες αμπέλου στη Σαντορίνη εμφανίζεται από τους αρχαίους χρόνους και χρονολογείται πίσω τουλάχιστον 85 - 300 χρόνια. Τοποθετείται χαμηλά στο έδαφος προκειμένου να απορροφά το βρόχινο νερό και την υγρασία του χώματος, καθώς η Σαντορίνη είναι ένα ιδιαίτερα ξηρό μέρος. Η κυκλική μορφή του, από την οποία λαμβάνει και την ονομασία της, «Κουλούρα» δηλαδή, γίνεται προκειμένου να προστατευτεί η σοδειά από τους πολύ δυνατούς αέρηδες που υπάρχουν στο νησί. Ο τρύγος διαρκεί από τέλη Ιουλίου μέχρι και τα τέλη του Αυγούστου.

Ο τουρισμός, και ειδικά τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει ραγδαία αύξηση (με μόνη εξαίρεση ίσως το προηγούμενο καλοκαίρι της πανδημίας). Η πλειονότητα των ενεργά οικονομικά κατοίκων του νησιού δραστηριοποιείται στον τουριστικό κλάδο. Από στατιστικά στοιχεία προκύπτει ότι το 2004 το 60% των κατοίκων είχαν ως κύρια ενασχόληση τον τουρισμό και το 83% των τοπικών επιχειρήσεων ήταν τουριστικές. Ωστόσο, από το 1991 έως και το 2004 έχει παρατηρηθεί μείωση της παραγωγής κρασιού από το 7.5% στο 5%, με τον τουρισμό να υπερτερεί αισθητά. Από τα παραπάνω στοιχεία, προκύπτει η ανάγκη για την ενίσχυση και την προώθηση των καλλιεργειών αμπέλου, με σκοπό να ανακάμψει η παραγωγή του κρασιού και να βελτιωθεί η γενικότερη οικονομική κατάσταση που επικρατεί στον κλάδο σε τοπικό επίπεδο.



*Εικόνα 37. Συγκομιδή σε Αμπελώνα στη Σαντορίνη (Σιγάλας, 2020).*

Με την παρούσα εργασία και το σχεδιασμό ενός οινοποιείου που θα παρέχει και τη δυνατότητα επισκεψιμότητας, επιδιώκεται η παραπάνω παραδοχή. Άλλωστε, το αμπέλι, αποτελεί ένα δυνατό τομέα της οικονομίας της Σαντορίνης και η κοινή πορεία του με τον τουρισμό θα μπορούσε να αποδειχτεί σημαντικά ωφέλιμη.

Το συγκεκριμένο οινοποιείο που θα προσομοιωθεί, πέρα από την προώθηση της σύγχρονης οινοποίησης του νησιού, παρέχει τη δυνατότητα στον επισκέπτη να γνωρίσει από κοντά τη διαδικασία παραγωγής κρασιού, στον τον τόπο όπου αυτό παράγεται, να γνωρίσει τα μυστικά της γεύσης του τοπικού κρασιού και να διοργανώσει κάποιο event αν το επιθυμεί εντός αυτού.

### 3.2 Επιλογή Ευρύτερης Περιοχής του Νησιού

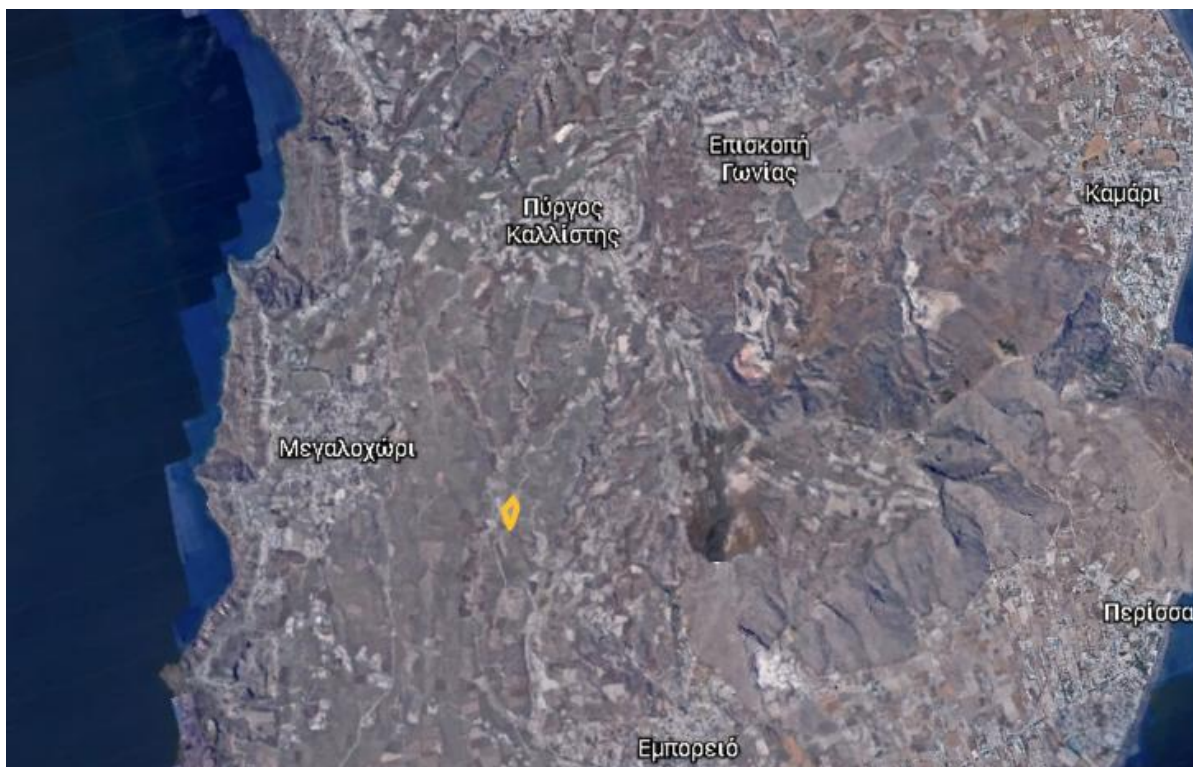
Για την τοποθέτηση του Wine Cave στο νησί της Σαντορίνης επιλέγεται η περιοχή όπως απεικονίζεται παρακάτω με τη βοήθεια του Google Earth. Παρακάτω δίνεται η περιοχή σε μία εικόνα με γενικότερη άποψη του νησιού και αμέσως μετά μία δεύτερη εικόνα σε μεγέθυνση που απεικονίζει και πιο λεπτομερώς το σημείο που επιλέχθηκε.



**Εικόνα 38. Επιλογή Θέσης Ανάπτυξης από Google Earth**

Η περιοχή επέμβασης, λοιπόν, ανήκει στην ήπια πλευρά του νησιού, όπου βρίσκονται και οι καλλιεργήσιμες εκτάσεις, και κατ' επέκταση και οι αμπελώνες. Γεγονός που συνεπάγεται ότι δεν θα υπάρχουν αυξημένα μεταφορικά κόστη για τη σοδειά προς το έργο.





Εικόνα 39. Επιλογή Θέσης Ανάπτυξης από Google Earth σε Μεγαλύτερη Μεγέθυνση ώστε να Φαίνονται και οι Κοντινοί Οικισμοί

Ακολούθως δίνεται και ένας ενδεικτικός χάρτης- σκαρίφημα από το οικόπεδο που επιλέχθηκε με συνολική έκταση της τάξης των 5,400 m<sup>2</sup>.



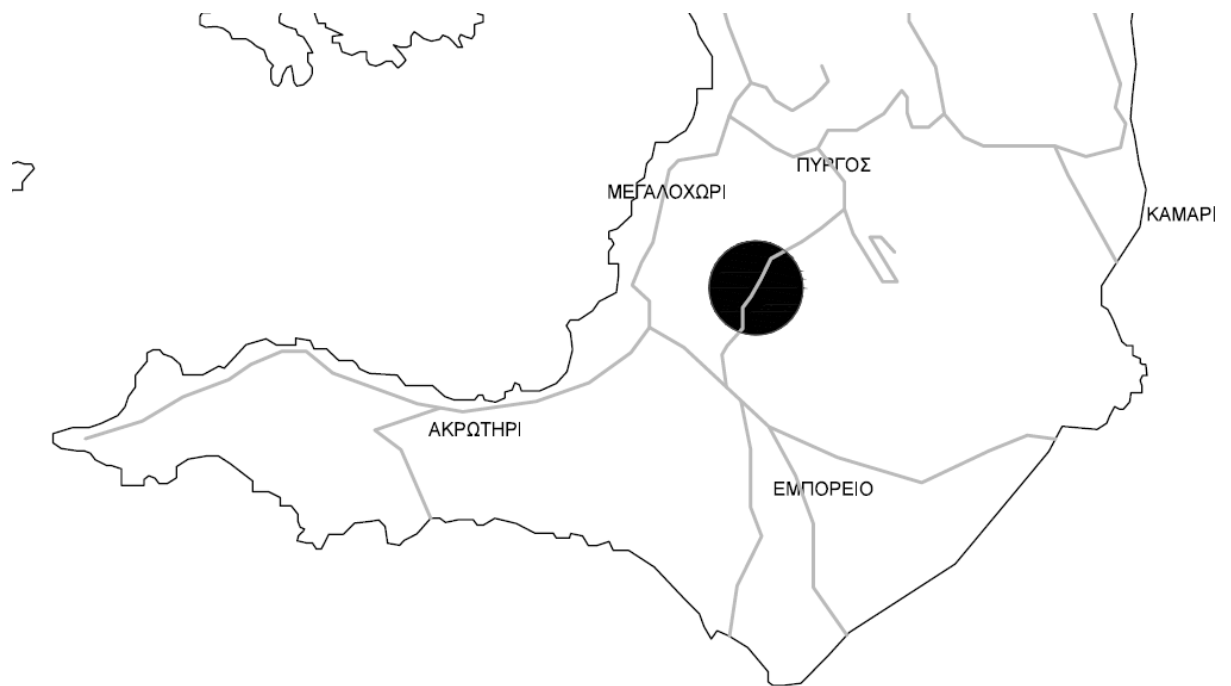
Εικόνα 40. Χωροθέτηση Τοποθεσίας για το Υπόγειο Οινοποιείο

Η περιοχή περικλείεται από τρεις μεγάλους οικισμούς, οι οποίοι είναι ο Πύργος, το Μεγαλοχώρι και το Εμπορείο. Στο διάγραμμα που ακολουθεί αμέσως παρακάτω και το οδικό δίκτυο του νησιού διέρχεται από το εσωτερικό της περιοχής που έχει επιλεγεί.



*Διάγραμμα 2. Διάγραμμα Επιλογής Ευρύτερης Περιοχής με τις Περιοχές (Καψιμάλη, 2012)*





**Διάγραμμα 3. Το Ανωτέρω Διάγραμμα σε Μεγέθυνση**

Τέλος, στο σημείο αυτό βρίσκεται και ο πιο χαρακτηριστικός αμπελώνας του νησιού και περιμετρικά αυτής, βρίσκεται η πλειονότητα των οινοποιείων της Σαντορίνης, σε περίπτωση που κάποιο από αυτό θα επιθυμούσε να υλοποιήσει μία τέτοια κατασκευή, όπως αυτή της μελέτης. Επιπροσθέτως, θα μπορούσε να δημιουργηθεί και μία κοινή κατασκευή που θα εξυπηρετούσε τις ανάγκες δύο ή τριών οινοποιείων της κοντινής περιοχής με διακριτούς χώρους και κοινά κόστη κατασκευής, συντήρησης και λειτουργίας αυτής.

### **3.3 Επιλογή Θέσης Ανάπτυξης του Υπόγειου Οινοποιείου**

Για την επιλογή οικοπέδου για την κατασκευή του Wine Cave στο νησί της Σαντορίνης δίνονται ορισμένες χαρακτηριστικές φωτογραφίες από αυτό χαρακτηριστικές τόσο για την εκτίμηση του ευρύτερου χώρου, αλλά και για την εκτίμηση του πετρώματος, στο πλαίσιο του εφικτού προφανώς (Καψιμάλη, 2012).



*Εικόνα 41. Άποψη του Οικοπέδου 1*



*Εικόνα 42. Άποψη του Οικοπέδου 2*



*Εικόνα 43. Άποψη του Οικοπέδου 3*



*Εικόνα 44. Άποψη του Οικοπέδου 4- Επιφάνεια*

# 4 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ

## 4.1 Εισαγωγικές Πληροφορίες για τη Σαντορίνη

Η νήσος **Σαντορίνη** ή αλλιώς γνωστή και ως **Θήρα** αποτελεί νησί του Νοτίου Αιγαίου και ανήκει στο κυκλικό νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων αποτελώντας μέρος ενός επιμέρους συμπλέγματος νησιών ηφαιστειακής προέλευσης (Θήρα, Θηρασία, Ασπρονήσι, Χριστιανά, Παλαιά και Νέα Καμένη). Δηλαδή, η Σαντορίνη ανήκει στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου και χαρακτηρίζεται **ενεργό ηφαίστειο** μαζί με τα *Μέθανα*, την *Μήλο* και την *Νίσυρο*. Σήμερα, η Θήρα, η Θηρασία και το Ασπρονήσι είναι πλέον τα υπολείμματα της προϊστορικής Στρόγγυλης, ενός νησιού που δημιουργήθηκε από την ηφαιστειακή δραστηριότητα κατά το Πλειο-Τεταρτογενές, από το σχήμα του οποίου προέρχεται η αρχαία ονομασία της (Στρόγγυλη). Οι Παλαιά και Νέα Καμένη και αποτελούν κρατήρες ηφαιστειακών κέντρων που ενεργοποιήθηκαν κατά τους ιστορικούς χρόνους, μεταξύ των 46-426 μ.Χ. και 1570-1950 μ.Χ., αντίστοιχα (Druitt et al, 1999).

Το σύμπλεγμα της Σαντορίνης στο εσωτερικό του συνίσταται από ηφαιστειακούς κρατήρες, πυριγενή πετρώματα, το μεταμορφωμένο υπόβαθρο και από το απότομο πρανές, δηλαδή την **καλντέρα**. Η τελευταία έχει βάθος 389 μέτρων κάτω από τη στάθμη της θάλασσας και το ύψος των πρανών κυμαίνεται ανάμεσα στα 150-350 m και το μέγιστο υψόμετρο φτάνει τα 564 μέτρα, στο όρος Προφήτης Ηλίας, στα νοτιοανατολικά της νήσου Θήρας. Η καλντέρα σχηματίστηκε στις εκρηκτικές φάσεις του ηφαιστείου στην αρχή της Ύστερης Εποχής του Χαλκού, πριν περίπου 3600 χρόνια (Sparks, 1979, McCoy and Heiken, 2000, Cita and Aloisi, 2000).

Επιπλέον, η Σαντορίνη βρίσκεται νότια της Ίου και δυτικά από την νήσο Ανάφη. Ο Αθηνιός αποτελεί το μεγαλύτερο λιμάνι του νησιού και έχει δημιουργηθεί στον ομώνυμο όρμο.

Η συνολική έκταση του νησιού είναι 76,19 τετραγωνικά χιλιόμετρα και σήμερα αποτελεί ένα από τα διασημότερα τουριστικά μέρη του κόσμου. Είναι ευρέως γνωστή για το ηφαίστειο της, με την πλέον πρόσφατη ηφαιστειακή δραστηριότητα του περί το 1950.

Η Σαντορίνη καθώς και τα νησιά Θηρασία και Ασπρονήσι είναι απομεινάρια του ηφαιστειογενούς νησιού Στρογγύλη. Η Στρογγύλη ήταν ένας ηφαιστειακός κώνος. Το κεντρικό τμήμα της ανατινάχτηκε μαζί με τον κρατήρα του ηφαιστείου από τη Μινωική έκρηξη που έγινε το 1613 π.Χ. και είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία αυτού που σήμερα ονομάζουμε καλντέρα της Σαντορίνης και την καταστροφή του προϊστορικού πολιτισμού του νησιού.



Στο θαλάσσιο χάσμα που σχηματίστηκε μεταξύ Θήρας και Θηρασίας, που έχει βάθος 1.500 μέτρων, κατά καιρούς βγήκαν στην επιφάνεια ηφαιστειακοί κώνοι που σχημάτισαν τα εξής νησιά: την Παλαιά, τη Μικρή και τη Νέα Καμένη, την Καμένη Γεωργίου του Α΄, την Καμένη του Φουκέ, την Αφρόσσα και τη Δάφνη. Όλα αυτά τα νησιά μεγάλωναν σιγά-σιγά και ενώθηκαν, εκτός από την Παλαιά Καμένη.

Γενικά η Σαντορίνη είναι άνυδρος και ξερή, χωρίς λίμνες, ποταμούς, ρεματιές ή χαράδρες. Οι αρδευτικές ανάγκες της καλύπτονται κυρίως από γεωτρήσεις που γίνονται στο υπέδαφός της, όπου συγκεντρώνεται κυρίως το βρόχινο νερό. Υφίστανται στη νήσο τρεις κύριες πηγές καθώς και τέσσερις ιαματικές πηγές.

Το έδαφος του νησιού είναι ηφαιστειογενές, πεδινό στο μεγαλύτερο μέρος του και βραχώδες από την πλευρά του ηφαιστείου. Το έδαφος είναι εύφορο και ευνοεί την καλλιέργεια των αμπελιών, της φάβας και της ντομάτας (άνυδρη και μικρόκαρπη ποικιλία). Στο νησί καλλιεργούνται 15.000 στρέμματα με αμπελώνες, ενώ σχεδόν τα μισά (7.100 στρέμματα) καλλιεργούνται στην περιοχή της Οίας. Η υψηλότερη κορυφή είναι ο Προφήτης Ηλίας (567 m.).

Η Σαντορίνη σύμφωνα με την αναθεώρηση της Κλιματικής κατάταξης Korpen έχει εύκρατο ερημικό κλίμα (BWh) και μαζί με την Ανάφη αποτελούν τις μοναδικές περιοχές στην Ευρώπη με αυτού του είδους το κλίμα. Έτσι, το κλίμα της Σαντορίνης είναι ιδιόμορφο και παρόλο που είναι το νοτιότερο νησί των Κυκλάδων είναι και το ψυχρότερο. Αυτό οφείλεται κυρίως στους βορειοανατολικούς ανέμους, ωστόσο ο χειμώνας είναι ήπιος με μέση θερμοκρασία περίπου 10° C. Τον χειμώνα παρουσιάζονται συχνές βροχοπτώσεις, ενώ το καλοκαίρι δεν βρέχει σχεδόν ποτέ με αποτέλεσμα η Σαντορίνη να αποτελεί πόλο έλξης πολλών τουριστών απ' όλο τον κόσμο (Καπιωτά *et al*, 2016).

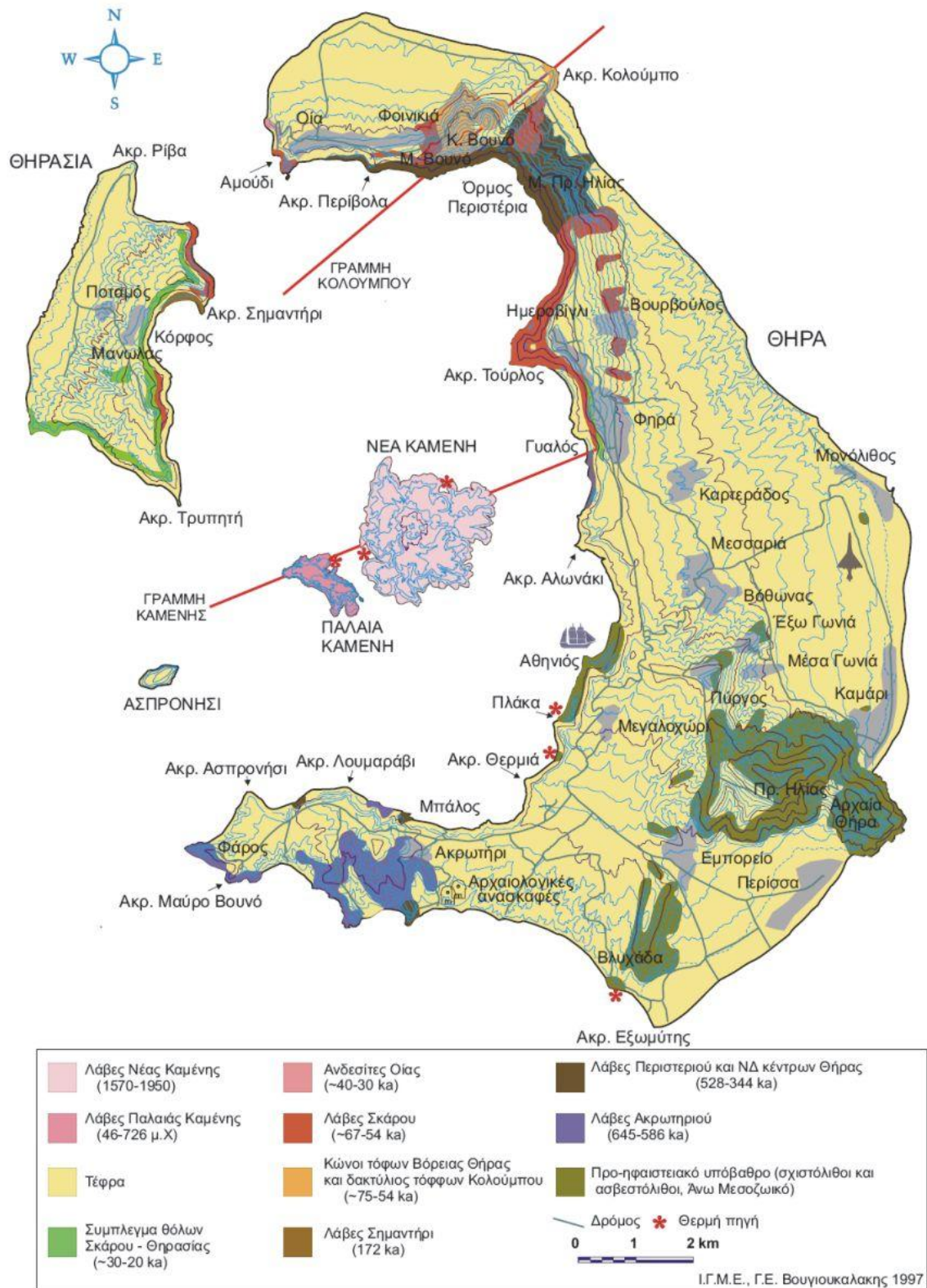
## 4.2 Γεωλογία της Ευρύτερης Περιοχής Μελέτης

Η Γεωλογία της νήσου της Σαντορίνης έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Το προ-ηφαιστειακό υπόβαθρο της Θήρας αντιπροσωπεύει ένα μη ηφαιστειογενές νησί τμήματα του ανάγλυφου του οποίου εντοπίζονται κυρίως στο νότιο τμήμα του νησιού, στο όρος του Προφήτη Ηλία, στις θέσεις Πύργος και Βλυχάδα και στους όρμους της Πλάκας και του Αθηνιού, όπου βρίσκεται το κύριο λιμάνι.
- Αποτελεί το Μεσοζωικό terrain το οποίο είναι τμήμα του ορογενετικού τόξου των Ελληνίδων – Ανατολίδων που μετασχηματίστηκε κατά το τέλος του Καινοζωικού Αιώνα.
- Οι ιζηματογενείς και μεταμορφωμένοι σχηματισμοί της Θήρας συνίστανται κυρίως από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, δολομίτες, φυλλίτες και μάρμαρα ηλικίας Μεσοζωικού έως πρώιμου Καινοζωικού που εντάσσονται στον Αλπικό κύκλο.
- Το μεγαλύτερο τμήμα του συμπλέγματος καλύπτεται από ηφαιστειακές αποθέσεις τουλάχιστον δώδεκα εκρηκτικών φάσεων που έχουν πραγματοποιηθεί από το ανώτερο Πλειόκαινο έως σήμερα. Οι Πλειοτεταρτογενείς ηφαιστειακοί σχηματισμοί αποτελούνται από αποθέσεις πυροκλαστικών υλικών και λάβες.
- Ορισμένοι από τους κυριότερους τύπους αυτών είναι βασάλτες, ανδεσιτικοί βασάλτες, ανδεσίτες, δακίτες, ρυοδακίτες, ρυόλιθοι, κίσηρης, ιγκνιμβρίτες. Τα αρχαιότερα από αυτά τα στρώματα συναντώνται στο νοτιοδυτικό τμήμα (ΝΔ) της Θήρας και προέρχονται από ηφαιστειακά κέντρα του νότιου υποθαλάσσιου χώρου, όπως στο χάρτη που ακολουθεί (Μποσκαΐνος, 2018).



## ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ



Εικόνα 45. Απλοποιημένος Γεωλογικός Χάρτης της Σαντορίνης (Βουγιουκαλάκης, 1997).

### 4.3 Τεκτονισμός Περιοχής Μελέτης

Η Ανατολική Μεσόγειος χαρακτηρίζεται από την τυπική περίπτωση της σύγκλισης των τεκτονικών πλακών. Οι γεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή χαρακτηρίζονται ως οι πλέον τεκτονικά ενεργές στον ευρωπαϊκό χώρο. Εκεί αρχαία υπολείμματα του ωκεανού της Τηθύος υποβυθίζονται με ταχύτητα σύγκλισης περίπου 4,5-5 cm/ έτος κάτω από την πλάκα του Αιγαίου.

Η ζώνη υποβύθισης ή ζώνη Benioff, όπως χαρακτηριστικά αποκαλείται, έχει αμφιθεατρικό σχήμα και όπως προκύπτει από τα σεισμικά προφίλ εκτιμάται ότι βρίσκεται σε βάθη μεταξύ 150 έως 180-200 km<sup>67</sup>. Η διαδικασία υποβύθισης εξελίσσεται από το κυρτό προς τα κοίλο μέρος του ελληνικού τόξου με σχετικά μικρή γωνία, της τάξης των 30°, και άρχισε περίπου πριν από 13 εκ. χρόνια.

Ο Νότιος ελληνικός χώρος, όπως συμβαίνει σε όλες τις ζώνες σύγκλισης μιας ωκεάνιας πλάκας κάτω από μια ηπειρωτική, εμφανίζει την αναμενόμενη διάταξη των επιμέρους δομών που συνθέτουν το γεωγραφικό χώρο της υπό εξέλιξη τεκτονικής διαδικασίας (Τζόγκα, 2019) & (Στεργιανός, 2016)

Στο Νότιο Αιγαίο αναπτύσσεται μια τυπική ηφαιστειακή δραστηριότητα σχηματίζοντας το ηφαιστειακό τόξο το οποίο αναπτύσσεται περίπου 150 km βόρεια της ζώνης υποβύθισης, έχει μήκος 500 km και πλάτος 20-40 km. Πυρήνας της ηφαιστειακής δραστηριότητας αποτελεί το ηφαιστειακό σύμπλεγμα της νήσου Θήρας.

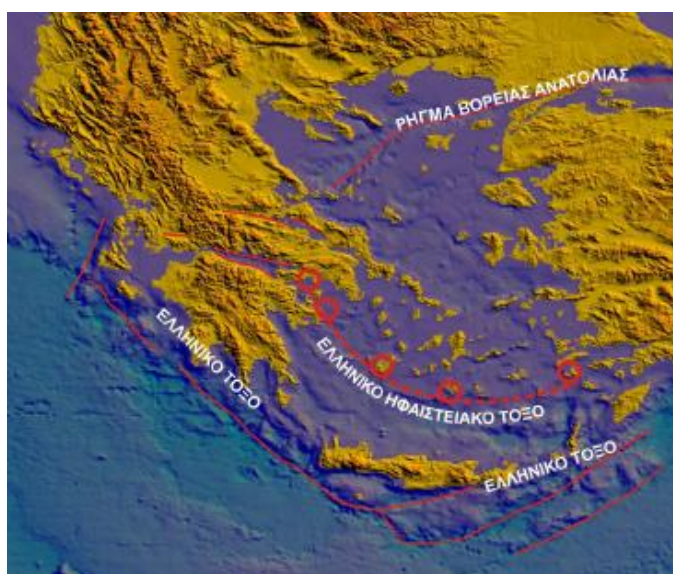
Η σεισμικότητα στο Νότιο Αιγαίο ελέγχεται από τη διαδικασία της σύγκλισης των τεκτονικών πλακών, τις ρηξιγενείς ζώνες αποτέλεσμα του εφελκυσμού και την ηφαιστειακή δραστηριότητα κατά μήκος του ηφαιστειακού τόξου. Το βάθος των υποκέντρων των σεισμών που συμβαίνουν στο ελληνικό τόξο μειώνεται σε συνάρτηση με την απόσταση από αυτό, προς τα βόρεια, αντικατοπτρίζοντας την υποβυθιζόμενη πλάκα και τη ζώνη Benioff.

Οι κατάλογοι των σεισμών υποδεικνύουν ότι η σεισμικότητα στο Νότιο Αιγαίο είναι μικρότερη από αυτή των ορίων του ελληνικού τόξου και τοπικά πολωμένη. Οι πλησιέστερες στο νησιωτικό σύμπλεγμα της Θήρας σεισμικές εστίες έχουν καταγραφεί από ενόργανες παρατηρήσεις στα βόρεια της ηφαιστειακής καλντέρας. Η πλέον ενεργή σεισμική ζώνη της ευρύτερης περιοχής βρίσκεται στα βορειοανατολικά του νησιού και εστιάζεται στην τεκτονική δομή της τάφρου της Αμοργού (Μποσκαΐνος, 2018).

### 4.3.1 Ελληνικό Τόξο

Η σύγκλιση-σύγκρουση της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας με την Αφρικανική πλάκα που παρατηρείται στον Ελλαδικό χώρο έχει ως αποτέλεσμα την καταβύθιση ωκεάνιου φλοιού της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική. Συνεπώς, αποτέλεσμα της σύγκλισης αυτής είναι η δημιουργία του **Ελληνικού τόξου**. Η σύγκλιση αυτή περιγράφεται από μία αμφιθεατρική επιφάνεια πάνω από την οποία διατάσσονται μία σειρά υποκέντρων σεισμών. Ας σημειωθεί, επιπλέον, ότι περιμετρικά της Ελληνικής χερσονήσου και εκεί που διαχωρίζονται η Αφρικάνικη από την Ευρασιατική πλάκα αναπτύσσεται μία τοξοειδής βαθιά λεκάνη που ονομάζεται *Ελληνική αύλακα* ή *διάυλος*. Το μήκος της τελευταίας έχει μία τάξη μεγέθους 1000 km και η ακτίνα καμπυλότητας αυτής είναι περί τα 400 km (Κατσένης, 2012).

Κατ' αντιστοιχία με άλλα ηπειρωτικά τόξα, το Ελληνικό τόξο αναπτύσσεται μία *αλυσίδα ηφαιστειών* που διαγράφει το **Ελληνικό Ηφαιστειακό Τόξο**, όπως φαίνεται και στο χάρτη που ακολουθεί.



**Εικόνα 46.** Χάρτης Ψηφιακού Αναγλύφου της Ευρύτερης Περιοχής του Αιγαίου, όπου σημειώνονται οι κύριες γεωδυναμικές γραμμές του Ελληνικού Τόξου, του Ηφαιστειακού Τόξου και του Ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας

Το ηφαιστειακό τόξο έχει μήκος 500 km και πλάτος από 20 έως 40 km και εκτείνεται από την ηπειρωτική Ελλάδα μέχρι και την Τουρκία. Στο Ελληνικό ηφαιστειακό τόξο περιλαμβάνονται τα ηφαιστειακά κέντρα των Μεθάνων, της Μήλου, της Θήρας (στη Σαντορίνη), της Νισύρου και της Κώ. Το ηφαιστειακό τόξο αναπτύσσεται παράλληλα με το εξωτερικό τόξο και 150-200 χιλιόμετρα πάνω από τη ζώνη καταβύθισης (McKenzie, 1970) και (Le Pichon & Angelier, 1979).

Από το γεγονός αυτό η περιοχή του Νοτίου Αιγαίου είναι από τις πιο ενεργές τεκτονικά περιοχές της Δυτικής Ευρασίας. Η βύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από το χώρο του Αιγαίου έχει σαν αποτέλεσμα τη γένεση σεισμών: σε μικρά εστιακά βάθη και με μέγεθος που ξεπερνάει τα M: 8,3 στο σημείο της σύγκλισης, σε μεσαία εστιακά βάθη με μέγεθος μεγαλύτερο από M: 7,6 και τέλος στο επάνω μέρος της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας σε μικρά εστιακά βάθη και με μέγεθος μεγαλύτερο από M:7,6 στον κεντρικό χώρο της μικροπλάκας του Αιγαίου.

Οι τεκτονικές κινήσεις οριζόντιας ολίσθησης, σε συνδυασμό με τις κινήσεις εφελκυστικού τύπου, που απελευθερώνονται με την δημιουργία κανονικών ρηγμάτων, συνθέτουν το καθεστώς των τάσεων της περιοχής και φαίνεται να είναι ο επικρατέστερος μηχανισμός γένεσης σεισμών. Τέτοιοι μικροί επιφανειακοί σεισμοί, είναι δυνατόν να προξενήσουν μεγάλες τοπικές οριζόντιες εδαφικές επιταχύνσεις και να δημιουργήσουν αστάθεια και κατάρρευση στα ιζήματα των απότομων πρανών των περιοχών μελέτης.

Η υποβυθιζόμενη Αφρικανική λιθοσφαιρική πλάκα εισέρχεται σε χώρους υψηλών θερμοκρασιών, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα την τήξη της. Το τήγμα αυτό έχει μικρότερη πυκνότητα και ανέρχεται στην επιφάνεια διαπερνώντας την Ευρωπαϊκή πλάκα που υπέρκειται. Τα υλικά που δεν έχουν το χρόνο να στερεοποιηθούν έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία ηφαιστείων.

Αυτά είναι: των Λιχάδων, του Σουσακίου, του Πόρου, των Μεθάνων, της Μήλου - Αντιμήλου, της Κιμώλου, της Θήρας, της Αντιπάρου, των Χριστιανιών, της Κω και της Νισύρου για τα οποία έχει πιστοποιηθεί δραστηριότητα κατά τα τελευταία 2 εκατομμύρια χρόνια. Το ηφαιστειακό σύμπλεγμα της Σαντορίνης είναι το πιο ενεργό από τα παραπάνω (Μποσκαΐνος, 2018).



# 5

## ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ

Για τη γεωτεχνική ταξινόμηση των γεωλογικών σχηματισμών και της βραχομάζας και να καθοριστούν οι γεωτεχνικές κατηγορίες τόσο για την εκσκαφή, όσο και για την υποστήριξη των στοών ανάπτυξης, περιχάραξης και εκμετάλλευσης, χρησιμοποιήθηκαν και λήφθηκαν υπόψη όλα τα υπάρχοντα δεδομένα για τις γεωλογικές συνθήκες της περιοχής μελέτης. Συνεκτιμήθηκε, επίσης και η έως τώρα εμπειρία και γνώση από προηγούμενες εκμεταλλεύσεις.

Συνεπώς, για τον καθορισμό των γεωτεχνικών κατηγοριών της βραχομάζας χρησιμοποιήθηκαν αφενός τα διαθέσιμα γεωλογικά στοιχεία, ενώ έγινε παράλληλα διάκριση των σχηματισμών με βάση το δείκτη GSI και αφετέρου, έγινε εκτίμηση του αναμενόμενου εύρους για το πιθανό ύψος υπερκειμένων, με βάση τις κατακόρυφες τομές του έργου, για κάθε υπάρχοντα σχηματισμό.

Στη συνέχεια, εφαρμόστηκαν τα κριτήρια αστοχίας Hoek - Brown και Mohr - Coulomb, για τον προσδιορισμό των γεωτεχνικών παραμέτρων σχεδιασμού ανά γεωτεχνική κατηγορία βραχομάζας. Για τα στοιχεία αυτά εκτιμήθηκαν και οι αντίστοιχες απαιτήσεις υποστήριξης και προσδιορίστηκαν τα κύρια συστήματα υποστήριξης και το πεδίο εφαρμογής κάθε συστήματος υποστήριξης.

## 5.1 Γεωτεχνικές Παράμετροι







Στο πλαίσιο της μελέτης για την εκμετάλλευσης του οινοποιείου υπό μελέτη δίνονται τα παραπάνω στοιχεία για τους σχηματισμούς, καθώς επίσης και ο προσδιορισμός των γεωτεχνικών παραμέτρων, μέρος των οποίων προέκυψε και με τη βοήθεια του προγράμματος Roclab της Rocscience.

Αμέσως παρακάτω δίνεται συγκεντρωτικός πίνακας για τις γεωτεχνικές παραμέτρους τόσο των γεωλογικών σχηματισμών, τα οποία έχουν προκύψει ως μία μέση τιμή των παραμέτρων που έχουν υπολογισθεί στη μελέτη της (Τζόγκα, 2019).

*Πίνακας 1. Τιμές παραμέτρων υπολογισμού των γεωτεχνικών τιμών των γεωλογικών σχηματισμών με τη χρήση του προγράμματος Roclab*

	UCS (MPa)	E (Gpa)	σt(MPa)	ν	c(MPa)	φ(degrees)	γ(kN/m3)
τέφρα/κίσηρης	9.4	2.3	1	0.3	1.88	37	13.2
ρυοδαιτικές λάβες Θ.	64.35	19.6	5.65	0.1	15.7	41.5	19.2
τόφφοι	10.65	2.95	1.05	0.11	4.9	21.5	15.1
ρυοδαιτικές λάβες Αλ.	70.35	6.7	12.7	0.33	22.25	40	14.7
πυροκλαστικά	10.2	1.7	2.3	0.13	1.5	23.5	14.5
ασβεστόλιθος	70	11	10	0.25	4	34	27

Αποδίδεται αμέσως παρακάτω το διάγραμμα για το χαρακτηρισμό του GSI (Marinos *et al*,2007):

<p><b>GEOLOGICAL STRENGTH INDEX FOR JOINTED ROCKS (Hoek and Marinos, 2000)</b></p> <p>From the lithology, structure and surface conditions of the discontinuities, estimate the average value of GSI. Do not try to be too precise. Quoting a range from 33 to 37 is more realistic than stating that GSI = 35. Note that the table does not apply to structurally controlled failures. Where weak planar structural planes are present in an unfavourable orientation with respect to the excavation face, these will dominate the rock mass behaviour. The shear strength of surfaces in rocks that are prone to deterioration as a result of changes in moisture content will be reduced if water is present. When working with rocks in the fair to very poor categories, a shift to the right may be made for wet conditions. Water pressure is dealt with by effective stress analysis.</p>		SURFACE CONDITIONS				
STRUCTURE		DECREASING SURFACE QUALITY →				
		VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR
		Very rough, fresh unweathered surfaces	Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	Smooth, moderately weathered and altered surfaces	Slickensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings or angular fragments	Slickensided, highly weathered surfaces with soft clay coatings or fillings
<p>DECREASING INTERLOCKING OF ROCK PIECES ↓</p>	 <p>INTACT OR MASSIVE - intact rock specimens or massive in situ rock with few widely spaced discontinuities</p>	90			N/A	N/A
	 <p>BLOCKY - well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three intersecting discontinuity sets</p>	80	70			
	 <p>VERY BLOCKY - interlocked, partially disturbed mass with multi-faceted angular blocks formed by 4 or more joint sets</p>		60	50		
	 <p>BLOCKY/DISTURBED/SEAMY - folded with angular blocks formed by many intersecting discontinuity sets. Persistence of bedding planes or schistosity</p>			40	30	
	 <p>DISINTEGRATED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with mixture of angular and rounded rock pieces</p>				20	
	 <p>LAMINATED/SHEARED - Lack of blockiness due to close spacing of weak schistosity or shear planes</p>	N/A	N/A			10

Εικόνα 47. The Geological Strength Index (GSI): A characterization tool for assessing engineering properties of rock masses (Marinos *et al*, 2007).

Στη συνέχεια, διαμορφώνονται περισσότεροι παράμετροι με βάση το βάθος των 50 m, οι οποίοι και παρουσιάζονται συγκεντρωμένοι στον πίνακα αμέσως παρακάτω.

*Πίνακας 2. Τιμές Γεωτεχνικών Παραμέτρων για το Γεωλογικό Σχηματισμό του Ασβεστολίθου*

Γεωλογικός σχηματισμός	GSI	$\sigma_{ci}$ (MPa)	$m_i$	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$c$ (MPa)	$\phi$ (°)	$E$ (GPa)	Λόγος Poisson $\nu$	$p_o$ (MPa)	$m_b$	$s$
Ασβεστόλιθος	60	70	10	27	4	34	11	0,25	1,35	2.38	0.0117

Στον παραπάνω πίνακα 2 περιλαμβάνονται ο γεωλογικός σχηματισμός που απαντάται κατά τη διάνοιξη του υπόγειου ανοίγματος της παρούσας μελέτης. Επίσης, τα στοιχεία των Πινάκων 1 και 2 αντλήθηκαν είτε από την Τζόγκα (2019) είτε από χαρακτηριστικές τιμές των σχηματισμών όπως προέκυψαν και οι τιμές του ασβεστολίθου. Ενώ, έγινε και χρήση του προγράμματος Roclab για να προκύψουν ορισμένες από αυτές τις τιμές.

Ωστόσο, επιλέγεται η τιμή του ασβεστολίθου περί τα **60**, ώστε να μία γενικά καλή δομή. Άλλωστε, είναι μία γενικότερη «πρακτική» στα κατασκευαστικά έργα και ειδικότερα στα υπόγεια έργα να λαμβάνεται υπόψη και προς μελέτη η χειρότερη δυνατή περίπτωση με σκοπό τη μελέτη υπέρ της ασφαλείας. Με άλλα λόγια, εάν ένα έργο μελετηθεί και υποστηριχθεί με βάση το worst case scenario τότε όταν θα υλοποιηθεί θα έχει λάβει υπόψη του και ένα επιπλέον συντελεστή υπέρ της ασφαλείας και εκτός απροόπτου δε θα συναντήσει περαιτέρω δυσκολίες.

# 6

## ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΜΟΝΤΕΛΟΥ

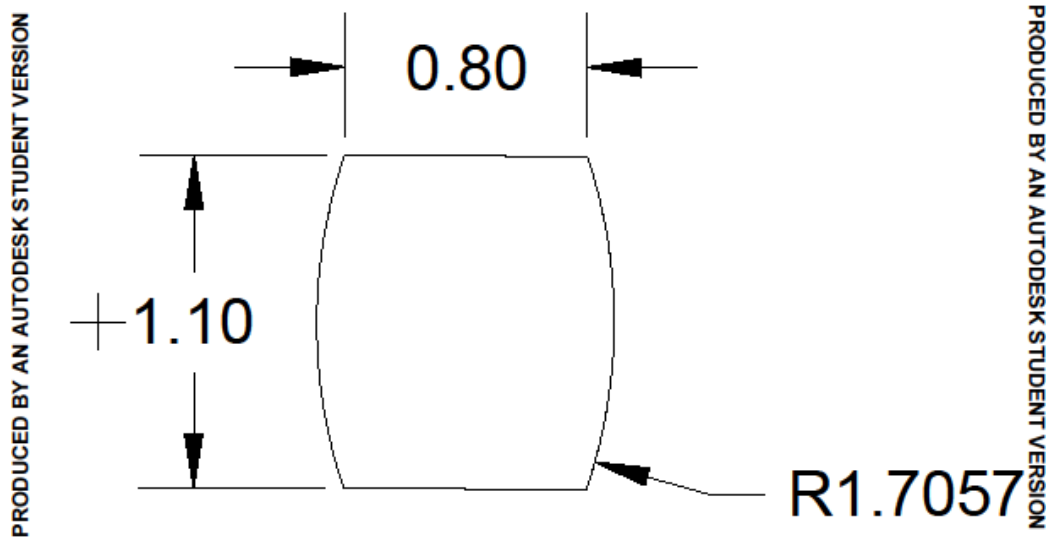
### 6.1 Το Μοντέλο

Για το σχεδιασμό του μοντέλου του υπογείου οινοποιείου που μελετάται στην παρούσα εργασία θεωρήθηκαν τρία πιθανά μοντέλα για την κάτοψη αυτού του υπογείου χώρου, τα οποία και αναλύονται αμέσως παρακάτω.

Ας σημειωθεί ότι θεωρείται από την αντίστοιχη πηγή (Χρησαντώνης, 2019) ότι οι τυπικές διαστάσεις κάθε βαρελιού είναι 1.10 m X 0.80 m, όπως ευκρινώς αναγράφεται και σε κάθε σχέδιο διατομής.

Ωστόσο, για μεγαλύτερη ευκρίνεια δίνεται αμέσως παρακάτω σε μεγέθυνση ο σχεδιασμός ενός βαρελιού με σχεδίαση στο AutoCAD με τις αντίστοιχες διαστάσεις, όπως διαμορφώθηκε για τις ανάγκες αναπαράστασης της κάτοψης του υπόγειου οινοποιείου στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας.

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Εικόνα 48. Διαστάσεις Προσομίωσης Βαρελιού



Επιπλέον, πρέπει να διευκρινιστεί ότι στην αναπαράσταση των βαρελιών στις κατόψεις αυτές που δίνονται αμέσως παρακάτω έχει σχεδιαστεί τυπικά μία σειρά βαρελιών.



*Εικόνα 49. Βαρέλια 500lt (Χρησταντώνης, 2019)*

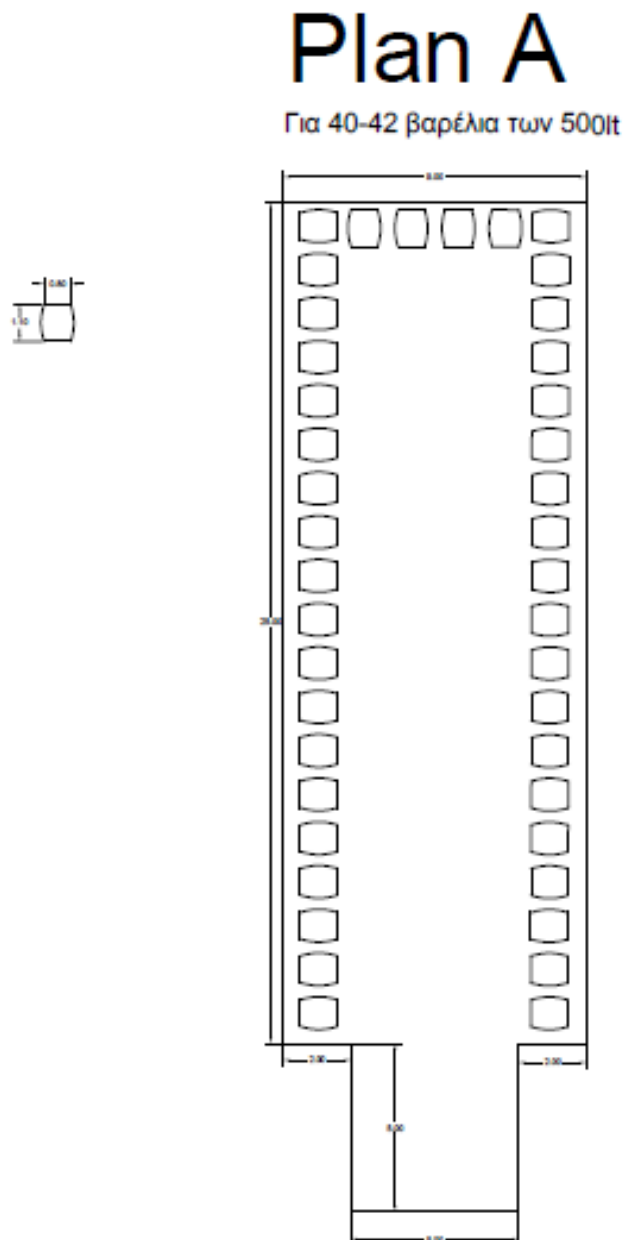
Εννοείται ότι ανάλογα με τις ανάγκες του οινοποιείου δύναται να μεταβληθεί αυτό και να τοποθετηθούν μέχρι και άλλες δύο σειρές επιπρόσθετες καθ' ύψος με μία ανάλογη τροποποίηση και τοποθέτηση επιπρόσθετων ραφιών που να υποστηρίζουν το αντίστοιχο βάρος αυτών.

Κάτι τέτοιο είναι εφικτό διότι σε ένα ύψος των 4-5 μέτρων που θα επιλεγθεί κατ' ελάχιστο για το παρόν οινοποιείο και ένα τυπικό ύψος περί τα 1.10 – 1.20 m που μπορεί να έχει ένα βαρέλι ακόμα και αν αυτό τοποθετηθεί με τη μέγιστή του διάσταση καθ' ύψος χωράνε άνετα τρεις σειρές βαρελιών και περισσεύει και αρκετός χώρος έως το ανώτερο σημείο του υπόγειου ανοίγματος, ώστε να επιτυγχάνεται τόσο ο σωστός αερισμός του χώρου, όσο και ένα άρτιο εικαστικό αποτέλεσμα στο εσωτερικό του οινοποιείου από τη συνολική διάταξη των βαρελιών.

Το τελευταίο είναι και αυτό σημαντικό ώστε ο υπόγειος αυτός χώρος φύλαξης κρασιού να αποτελέσει πόλο έλξης, όταν έχει ήδη αποφασιστεί ότι ο χώρος δεν θα αποτελεί απλώς ένα αποθηκευτικό μέσο, αλλά κατασκευάζεται και με το σκοπό φιλοξενίας άλλων εργασιών και δραστηριοτήτων για το οινοποιείο που θα του αποφέρουν επιπλέον έσοδα.

### 6.1.1 Plan A

Στο πρώτο σχέδιο διατομής (plan A) θεωρούνται 40-42 βαρέλια των 500 lt που πρέπει να χωρέσουν κατ' ελάχιστον σε αυτό το οινοποιείο.



*Γράφημα 1. Κάτοψη Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Οίνου- Επιλογή 1*

Επιλέγεται ορθογωνική διατομή ως μία πιο απλή εκδοχή με διαστάσεις για ένα μήκος 9 μέτρων και ένα βάθος 25 μέτρων. Διατάσσονται περιμετρικά της διατομής, αφήνοντας ελεύθερο το κεντρικό μέρος, ή διαφορετικά τον κυρίως χώρο για κάποιες επιπλέον δραστηριότητες που πιθανότατα να επιθυμεί το οινοποιείο να διοργανώσει ή να φιλοξενήσει, από κάποιο event, γάμο ή συναφή δραστηριότητα έως και κάποια ξενάγηση που μπορεί να συνδυάζεται με κάποιο κέρασμα ή παραμονή στο χώρο αυτό για την προβολή κάποιου οπτικοακουστικού υλικού για την ιστορία πιθανώς του οινοποιείου ή ακόμα και του ίδιου του νησιού, μιας και το παρόν οινοποιείο έχει τοποθετηθεί γεωγραφικά ότι θα εκσκαφθεί στη νήσο της Σαντορίνης, που παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον από πολλές απόψεις.

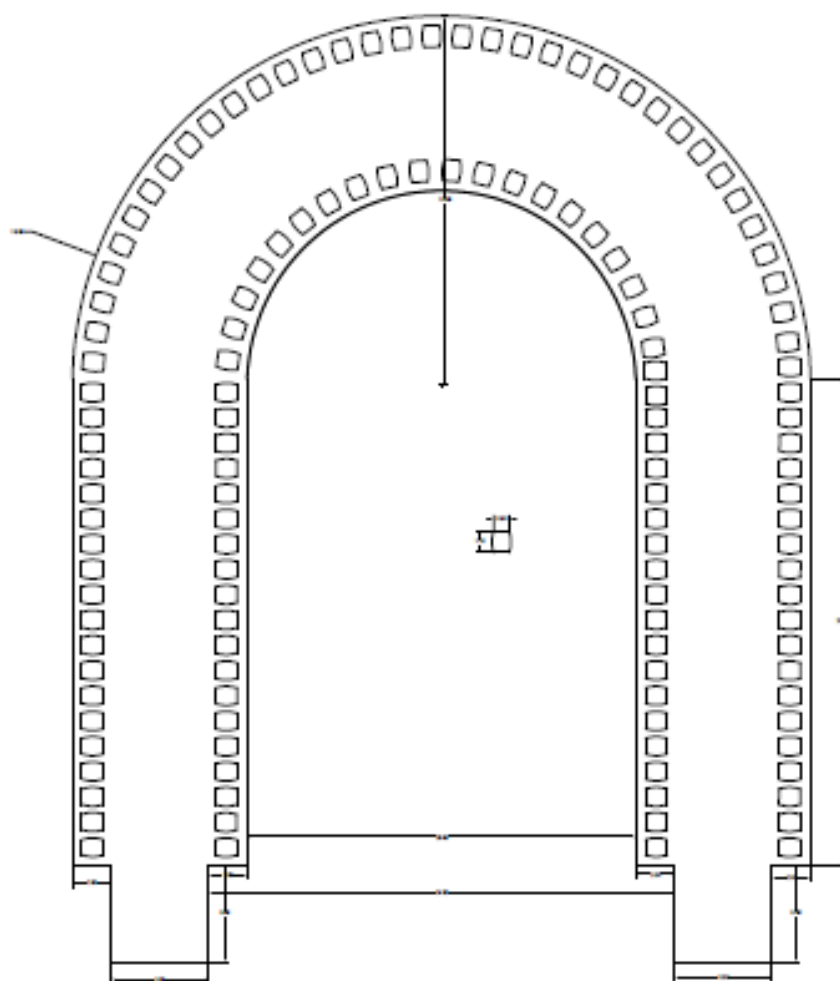
Τέλος, επιλέγεται μία μεγάλη είσοδος στο ορθογωνικής διατομής οινοποιείο με σκοπό όχι μόνο να αποτελέσει χώρο στάθμευσης για τους επισκέπτες του οινοποιείου αλλά να μπορεί να διαχειριστεί πιθανότατα και κάποια καιρικά φαινόμενα (όπως για παράδειγμα είναι η βροχή και η υγρασία) αν κι εφόσον αυτά λάβουν χώρα και να μη φτάσουν στο εσωτερικό του αποθηκευτικού χώρου, αλλά να μπορούν με επεμβατικές εργασίες να αποφευχθούν.

Τέτοιες επεμβατικές εργασίες μπορεί να είναι μία δεύτερη πόρτα πιο στεγανή, κάποια υδρορροή ή ακόμα και κάποιο “σταθμό” μέτρησης θερμοκρασίας και υγρασίας στην είσοδο και την έξοδο.

Στην παρούσα χρονική περίοδο που διανύουμε θα μπορούσε να εξυπηρετήσει ακόμα και για “πύλη ελέγχου” ή και χώρο αναμονής των ατόμων που θα μπορούσαν να εισέλθουν στο συγκεκριμένο χώρο του οινοποιείου με την τοποθέτηση ειδικών καμερών μέτρησης της θερμοκρασίας των ατόμων που εισέρχονται, ώστε να μην έχουν πυρετό, και το αντίστοιχο σύστημα λύσεων που προσφέρει το people counting, ώστε να μην εισέρχονται στο χώρο περισσότερα από τα επιτρεπόμενα άτομα ανάλογα με τα τετραγωνικά του εκάστοτε χώρου σύμφωνα πάντα με τα μέτρα που έχουν τεθεί από την Πολιτική Προστασία και το αντίστοιχο Υπουργείο. Έτσι, ακόμα και σε περιόδους αυξημένου τουρισμού θα μπορούσαν να εξυπηρετηθούν κατά το μέγιστο εφικτό οι ενδιαφερόμενοι και με απόλυτη ασφάλεια τόσο για τους επισκέπτες, όσο και για το χώρο και τις εγκαταστάσεις, ακόμα και σε μία τέτοια περίοδο πανδημίας.

### 6.1.2 Plan B

Στο δεύτερο σχέδιο διατομής (plan B) θεωρούνται 120-133 βαρέλια των 225 lt που δύνανται να χωρέσουν κατ' ελάχιστον σε αυτό το οινοποιείο.



Για 120-133 βαρέλια των 225 lt

## Plan B

Γράφημα 2. Κάτοψη Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Οίνου- Επιλογή 2



Η επιλογή μικρότερων σε όγκο βαρελιών θεωρείται ότι θα εξασφαλίσει καλύτερη ποιοτικά παραγωγή κρασιού, όπως επίσης και μικρότερες απώλειες όταν κάποιο από αυτά πιθανότατα να υποστεί κάποια ζημιά, όπως για παράδειγμα είναι ή οξείδωση. Στην περίπτωση αυτή, κάθε φορά κινδυνεύει η μισή ποσότητα συγκριτικά με την προηγούμενη επιλογή βαρελιών.

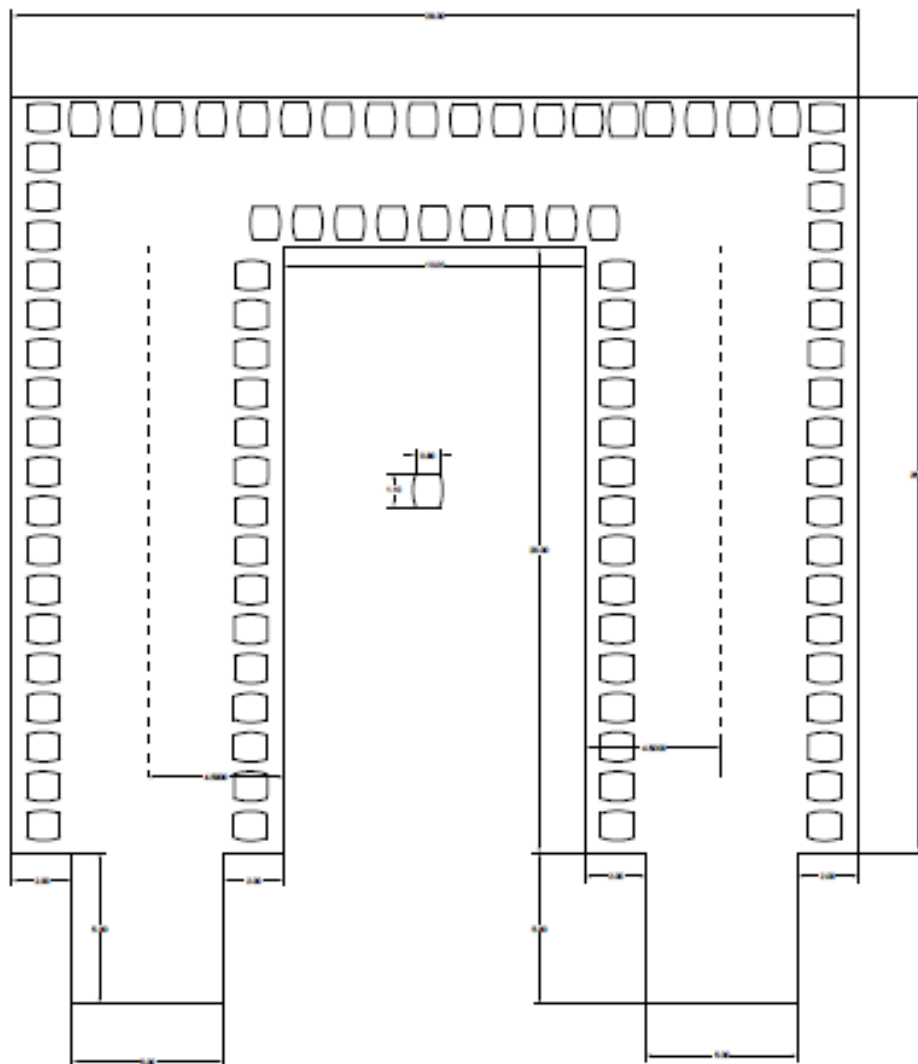
Επίσης, σε αυτό το σχέδιο επιλέγεται πεταλοειδής διατομή ως μία λύση με δύο επιλογές για εισόδους-εξόδους από το χώρο και με διαστάσεις για ένα μήκος 9 μέτρων για κάθε τομέα από τους δύο της συνολικής διατομής και ένα βάθος της τάξης των 44 μέτρων. Σημειώνεται ότι το ενδιάμεσο μήκος πετρώματος που παρεμβάλλεται ανάμεσα στους δύο τομείς της συνολικής διατομής είναι της τάξης των 20 μέτρων. Εκτιμάται από άλλες περιπτώσεις έργων με δίδυμες σήραγγες ότι θα είναι υπεραρκετό και ειδικά για ένα πέτρωμα με τόσο καλά τεχνικά χαρακτηριστικά, καθώς προηγούμενη εμπειρία σε τεχνικά έργα έχει δείξει ότι με την ανάλογη υποστήριξη μπορεί σε δίδυμες σήραγγες το παρεμβάλλον πέτρωμα να έχει και μήκος της τάξης ακόμα και των 10 μέτρων ή και των 6 μέτρων.

Φυσικά, κάθε περίπτωση πρέπει να εξετάζεται χωριστά και ανάλογα με τα υπάρχοντα στοιχεία και τα περιβάλλοντα πετρώματα και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Ωστόσο, θεωρείται μία πολύ καλή πρώτη σκέψη και προσέγγιση, αλλά περισσότερα θα μας δείξει η ανάλυση με το Phase2 της RocScience εάν η τελική διατομή που θα επιλεγεί θα είναι αυτή.

Και εδώ, λοιπόν, διατάσσονται περιμετρικά της διατομής τα βαρέλια, αφήνοντας ελεύθερο το κεντρικό μέρος, ή διαφορετικά τον κυρίως χώρο για κάποιες επιπλέον δραστηριότητες, όπως αυτές αναφέρονται και προηγουμένως, καθώς επίσης και στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

### 6.1.3 Plan C

Στο τρίτο σχέδιο διατομής (plan C) θεωρούνται κατ' ελάχιστο 95 βαρέλια των 500 lt που δύνανται να χωρέσουν κατ' ελάχιστον σε αυτό το οινοποιείο.



Για 95 βαρέλια των 500 lt (με δυνατότητα προσθήκης και περισσότερων στα σημεία που φαίνονται με διακεκομμένη γραμμή)

## Plan C

Γράφημα 3. Κάτοψη Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Οίνου- Επιλογή 3

Η επιλογή σε αυτό το σχέδιο ενός αυξημένου όγκου, που παρά το γεγονός ότι πιθανότατα δεν εξασφαλίζει την ποιότητα που θα υπήρχε σε βαρέλια μικρότερων διαστάσεων ούτε και την αποφυγή ρίσκου για καταστροφή του κρασιού, συντελεί όμως στην πιο οικονομική παραγωγή οίνου. Και εδώ υπάρχει η δυνατότητα να προστεθούν επιπλέον σειρές καθ' ύψος και να αυξηθεί κατά δύο ή και τρεις φορές η παραγωγικότητα του οινοποιείου.

Επίσης, απεικονίζεται στο αντίστοιχο σχέδιο με διακεκομμένη γραμμή στο μέσο κάθε τομέα στα δεξιά και στα αριστερά της διατομής χώρος που θα μπορούσε να φιλοξενήσει επιπλέον βαρέλια, ανάμεσα από τα οποία θα μπορούσαν άνετα να διέρχονται οι τυχόν φιλοξενούμενοι ή και οι εργαζόμενοι του υπόγειου αυτού χώρου. Κάτι τέτοιο θα μπορούσε να εφαρμοστεί προφανώς και στο προηγούμενο σχέδιο σε ένα ορισμένο μήκος κάθε τομέα.

Ωστόσο, επειδή συνεπάγεται τη δυσχέρεια χρήσης του χώρου ως προς άλλες δραστηριότητες δεν έχουν σχεδιαστεί σε αυτό τα βαρέλια, καθώς δεν προτείνεται. Είναι, δηλαδή, προτιμότερο να προστεθούν επιπλέον σειρές βαρελιών καθ' ύψος, παρά να δεσμευθεί ο κεντρικός χώρος.

Αναφορικά, τώρα, με την εκσκαφή ενός τέτοιου χώρου σημειώνεται ότι οι γωνίες που διαμορφώνονται στα άκρα κάθε «τομέα» αναμένεται να αναπτύξουν ιδιαίτερα υψηλές τάσεις. Γεγονός που συνεπάγεται είτε κάποια αστοχία (τοπικά είτε και σε πιο ευρεία κλίμακα) είτε πολύ υψηλά κόστη για τη διασφάλιση της διατομής και της ευστάθειας του υπόγειου ανοίγματος. Με άλλα λόγια δεν υπάρχει λόγος να επιλεγεί αυτή η διατομή τη στιγμή που υπάρχει ήδη η επιλογή της δεύτερης κάτοψης (plan B) και μας εξασφαλίζει ομοίως δύο εξόδους και τον απαιτούμενο αερισμό.

Τέλος, η επιλογή της χωρητικότητας των βαρελιών εφόσον δεν μεταβάλλεται σημαντικά ο όγκος που καταλαμβάνει το κάθε βαρέλι στον υπόγειο χώρο μπορεί να μεταβάλλεται χωρίς να επηρεάζει σε αυτή τη φάση ούτε την εκσκαφή του υπόγειου χώρου, ούτε φυσικά και την κατασκευή και υποστήριξη αυτού. Θα επηρεάσει μόνο το κόστος απόκτησης των βαρελιών και την παραγωγή του οίνου που θα δύναται να φιλοξενηθεί σε αυτά, άρα και το κέρδος του οινοποιείου.

Ωστόσο, αυτό θα είναι μία απόφαση που βαραίνει εν τέλει την ίδια την επιχείρηση ανάλογα με τις ανάγκες της και την επένδυση που η ίδια επιθυμεί να κάνει.

#### **6.1.4 Τελική Επιλογή Κάτοψης**

Συνολικά, λοιπόν, και από τις τρεις προηγούμενες επιλογές κρίνεται ως πλέον κατάλληλη να είναι η δεύτερη με το σχέδιο κάτοψης να δίνει δύο εισόδους/εξόδους, οι οποίες δύνανται όχι μόνο να δίνουν μία δεύτερη έξοδο για διαφυγή σε κάποια περίπτωση που απαιτηθεί κάτι τέτοιο, όπως για παράδειγμα στην περίπτωση πυρκαγιάς, αλλά εξασφαλίζουν και τον κατάλληλο αερισμό του χώρου χωρίς επιπλέον μηχανολογικά κόστη για τη διασφάλιση αυτού.

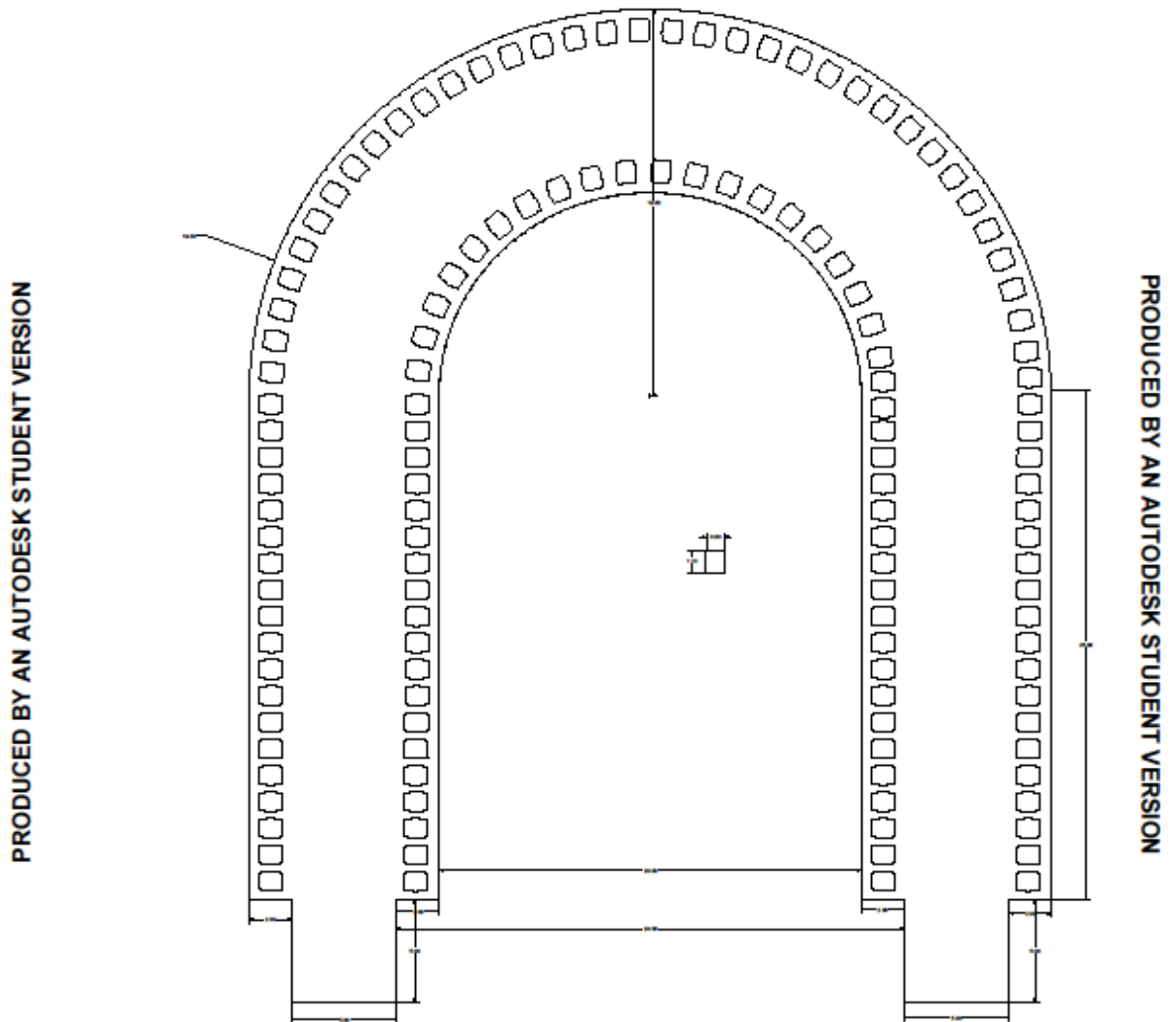
Άλλωστε, στην πρώτη περίπτωση θα υπήρχαν ως μηχανολογικά κόστη, τόσο το κόστος αγοράς των μηχανημάτων, το κόστος συντήρησης, καθώς και το κόστος λειτουργίας για την εξασφάλιση του αερισμού στον υπόγειο αυτό χώρο.

Προφανώς δύο εξόδους δίνει και η τρίτη επιλογή. Όπως, όμως, χαρακτηριστικά αναφέρθηκε στο αντίστοιχο κεφάλαιο δεν γίνεται η επιλογή της τελευταίας επειδή

ο γωνιώδης σχηματισμός της θα συνεπαγόταν πολύ υψηλές τάσεις με τον κίνδυνο κάποιας αστοχίας, έστω και τοπικά , ή πολύ υψηλά κόστη υποστήριξης.

Ωστόσο, η δυνατότητα τοποθέτησης επιπρόσθετων βαρελιών στους τομείς δεξιά και αριστερά της διατομής, όπως διακρίνεται στο σχέδιο της τρίτης κάτοψης δύναται να υπάρχει και στην δεύτερη επιλογή, αν και όπως αναφέρεται και νωρίτερα δεν προτείνεται.

Επομένως, το σχέδιο που προκύπτει ως τελική επιλογή κάτοψης είναι το δεύτερο, το οποίο δίνεται και παρακάτω.



Για 120-133 βαρέλια των 225 lt

## Plan B

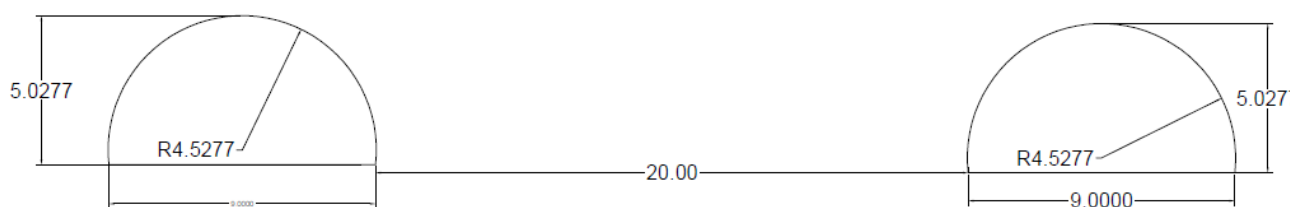
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

*Γράφημα 4. Τελική Επιλογή Κάτοψης Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης του Οίνου*



### 6.1.5 Επιλογή της Διατομής

Αναφορικά τώρα με την επιλογή της διατομής, αρχικά είχε επιλεχθεί μία μορφή ημικυκλικής διατομής με δύο τομείς διάνοιξης όπως φαίνεται και στο σχέδιο παρακάτω με ένα ύψος που ανέρχεται περί τα 5 m. Ωστόσο, επειδή αυτή η διατομή αναμένεται να έχει έντονες τάσεις και παραμορφώσεις στις γωνίες του δαπέδου και για να μην προστεθούν επιπλέον μέτρα υποστήριξης με ένα επιπλέον κόστος για την κατασκευή προτείνεται μία αλλαγή στο πλάτος της διατομής.



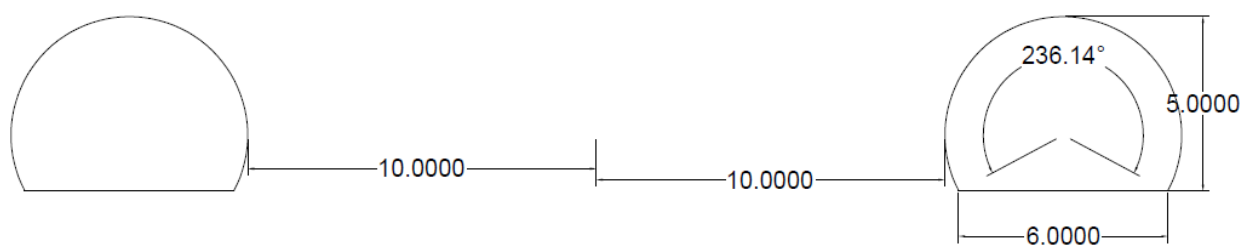
**Γράφημα 5. Αρχική Επιλογή Διατομών Εκσκαφής**

Επομένως, προτείνεται στο παραπάνω σχέδιο να γίνει μία προσαρμογή και το συνολικό πλάτος να μειωθεί στα 6 m, αντί τα 9 m που είχαν αρχικά επιλεχθεί. Θα μειωθεί δηλαδή πλευρικά κάθε τομέας κατά 1,5 m.

Έτσι, θα προκύψει το τελικό τροποποιημένο σχέδιο διατομής της εκσκαφής και η αντίστοιχη κάτοψη του plan B, που είχε επιλεχθεί στα υποκεφάλαια που ακολουθούν.

### 6.1.6 Αναθεώρηση της Διατομής

Αναφορικά, τώρα, με την επιλογή της διατομής επιλέγεται μία μορφή πεταλοειδούς διατομής με δύο τομείς διάνοιξης όπως φαίνεται και στο σχέδιο παρακάτω με ένα ύψος που ανέρχεται στα 5 m. Αφενός, επειδή πρόκειται για εκσκαφή σε ένα πέτρωμα με καλά τεχνικά χαρακτηριστικά και αφετέρου γιατί δεν αναμένεται να έχει με τη μορφή αυτή ιδιαίτερες τάσεις το μοντέλο μας.

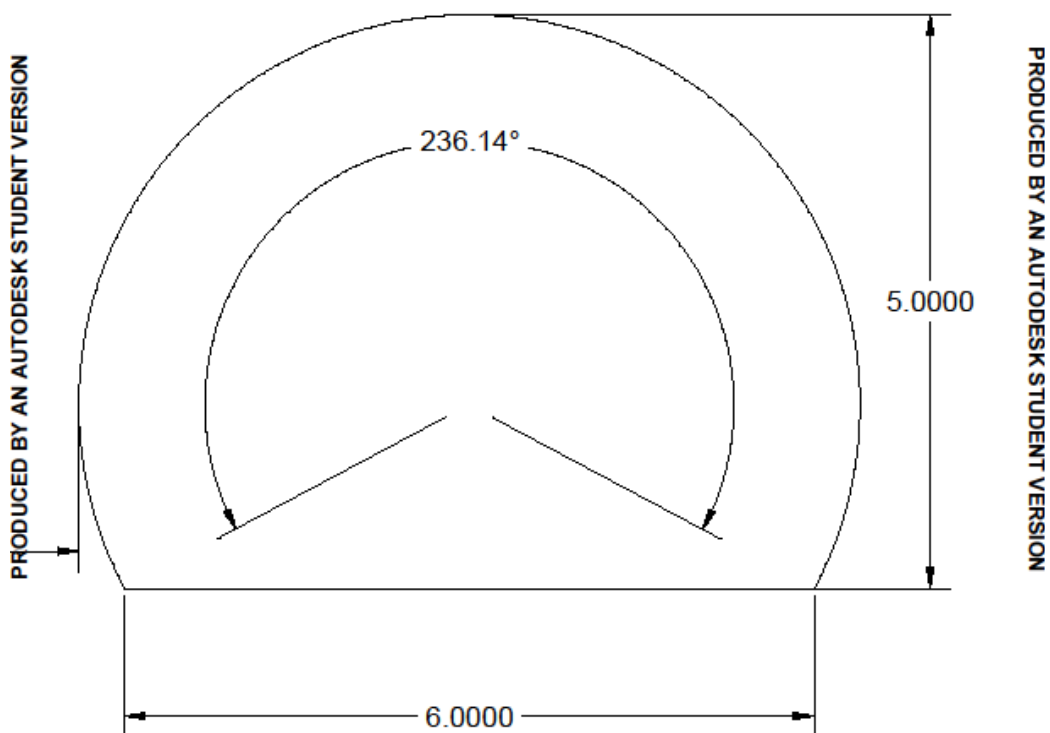


*Γράφημα 6. Αναθεωρημένη Τελική Διατομή Εκσκαφής*

Υπενθυμίζεται ότι στο ανωτέρω σχέδιο διατομής εκσκαφής έχει επιλεγθεί ένα ενδιάμεσο μήκος ανάμεσα στους δύο τομείς της τάξης των 20 m, γεγονός που εξασφαλίζει θεωρητικά και την μη επίδραση του ενός στο άλλο. Ωστόσο, αυτό μένει να επαληθευτεί και στην προσομοίωση της διάνοιξης του μοντέλου.

Παρακάτω δίνεται και σε μεγέθυνση η διατομή του ενός τομέα, ώστε να είναι ευδιάκριτα τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του.

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

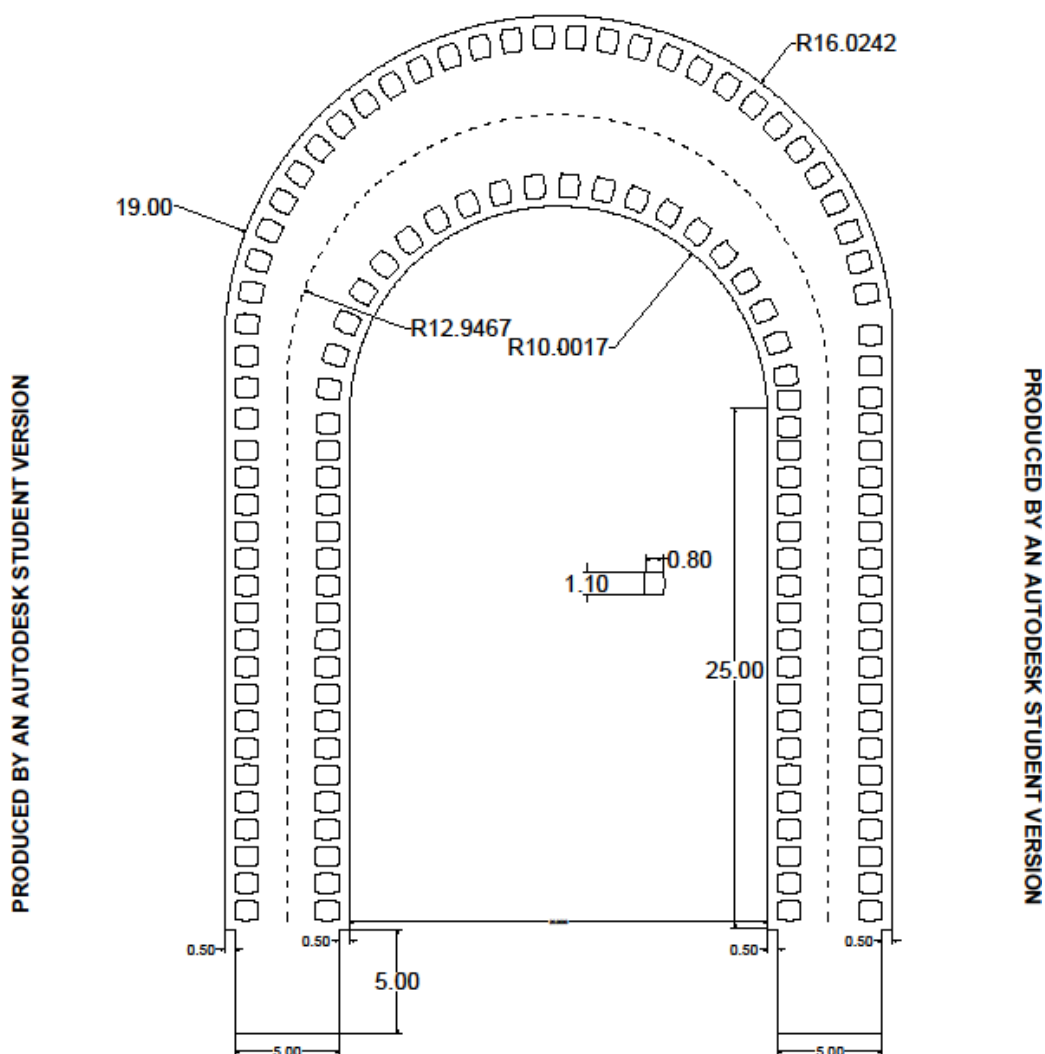


ΠΡΟΔΟΥΜΕΝΟ ΑΠΟ ΜΙΑ ΑΥΤΟΔΕΣΚ ΣΤΑΔΙΑΣΤΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ  
Γράφημα 7. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά ενός Τομέα Διάνοιξης στην Αναθεωρημένη Διατομή Εκσκαφής

### 6.1.7 Προσαρμογή και της Τελικής Κάτοψης

Ανάλογα με τις αλλαγές που έγιναν στη διατομή εκσκαφής προσαρμόζονται και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κάτοψης στο plan B που είχε τελικά επιλεχθεί και δίνεται το αντίστοιχο σχέδιο ως ακολούθως.

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Για 134 -200 βαρέλια των 225 lt

Plan B

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION  
Γράφημα 8. Αναθεωρημένη Κάτοψη του Υπόγειου Οινοποιείου

# 7 ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ

## 7.1 Επιλογή Μεθόδου Εκσκαφής

Η ανάπτυξη των γεωτεχνικών έργων υποδομής εντός του αστικού περιβάλλοντος καθιστά τη χρήση εκρηκτικών απαγορευτική. Αυτό συνέβαλλε σε τεράστια και συνεχή πρόοδο των μηχανών κοπής του πετρώματος, η οποία επιτρέπει την αποτελεσματική εκσκαφή των πετρωμάτων χωρίς τους κινδύνους που συνεπάγονται οι ανατινάξεις. Στη Σαντορίνη, που είναι ένα μικρό νησί με πολύ υψηλά ποσοστά τουρισμού, ακόμη και τα ελάχιστα έργα υποδομής οφείλουν να εξασφαλίζουν και να θέτουν ως προτεραιότητά τους την ασφάλεια στην επιφάνεια.

Η επιλογή της μεθόδου εκσκαφής θα πρέπει να είναι πάντοτε ανάλογη των γεωτεχνικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή εφαρμογής και τοποθέτησης του έργου. Για να αποφευχθεί η χρήση εκρηκτικών υλών εξετάζεται η ευκολία εξόρυξης της βραχομάζας σύμφωνα με τις γεωτεχνικές της παραμέτρους. Με βάση το σχηματισμό εντός του οποίου διανοίγεται το συγκεκριμένο έργο, η βραχομάζα ευνοεί τη διάνοιξη με μηχανικά μέσα και αναμένεται να είναι σχετικά εύκολη αφού η βραχομάζα είναι εύκολα εξορύξιμη.

Η προτεινόμενη μέθοδος διάνοιξης του υπόγειου χώρου είναι η μέθοδος NATM.

## **7.2 Μέθοδος NATM**

Η λεγόμενη "Νέα Αυστριακή Μέθοδος Διάνοιξης Σηράγγων" (New Austrian Tunneling Method ή NATM) ουσιαστικώς δεν αποτελεί μια «μέθοδο», αλλά περιλαμβάνει ένα σύνολο τεχνικών διάνοιξης και υποστήριξης υπογείων έργων οι οποίες εφαρμόστηκαν συστηματικά κατά τη διάνοιξη σηράγγων στις Αυστριακές Άλπεις στις αρχές της δεκαετίας του 1960.



Οι τεχνικές αυτές είχαν εφαρμοσθεί και πριν το 1960 τόσο στην Αυστρία όσο και σε άλλα μέρη του κόσμου αλλά η συστηματοποίηση και ονομασία τους (NATM) έγινε από Αυστριακούς Μηχανικούς (Rabcewicz, Mueller, Brunner και Pacher) περί το 1960.

Ο όρος συνήθως χρησιμοποιείται για να περιγράψει τη διάνοιξη με εκτεθειμένο το μέτωπο εκσκαφής (δηλαδή χωρίς την εφαρμογή πίεσης με μηχανικά μέσα) και υποστήριξη του τοιχώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (απλό ή οπλισμένο) ή/και αγκύρια βράχου (Καββαδάς, 2005).

Η συνήθης εφαρμογή της μεθόδου NATM είναι η διάνοιξη της διατομής του ανοίγματος σε μια ή περισσότερες φάσεις και η άμεση υποστήριξη του τοιχώματος με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα (απλό, ινοπλισμένο, οπλισμένο με χαλύβδινο πλέγμα ή ενισχυμένο με χαλύβδινες νευρώσεις από ράβδους ή διατομές I) και αγκύρια (παθητικά ή προεντεταμένα). Κατά τη μέθοδο NATM η ως άνω άμεση υποστήριξη συνήθως ακολουθείται σε μεταγενέστερο χρόνο από την κατασκευή της τελικής επένδυσης της σήραγγας.

Η βασική αρχή της μεθόδου NATM είναι ότι η διάνοιξη και η κατασκευή της άμεσης υποστήριξης γίνονται κατά τρόπο ώστε να ενεργοποιηθεί η αντοχή της περιβάλλουσας βραχώμαζας (μέσω της ελεγχόμενης σύγκλισης του τοιχώματος της σήραγγας) σε ικανό βαθμό ώστε να μειωθούν αρκετά οι πιέσεις επί της άμεσης υποστήριξης αλλά όχι τόσο ώστε να προκληθεί αποδιοργάνωση της βραχώμαζας με συνέπεια την αύξηση των πιέσεων στην άμεση υποστήριξη και τελικώς την κατάρρευση της διατομής.

Δεδομένου ότι ένα σημαντικό ποσοστό της σύγκλισης του τοιχώματος του ανοίγματος συμβαίνει εμπρός από το μέτωπο εκσκαφής (δηλαδή πριν η εκσκαφή φθάσει στη συγκεκριμένη θέση) και επιπλέον ότι η σύγκλιση αυξάνει με ταχείς ρυθμούς στην περιοχή του μετώπου εκσκαφής, προκύπτει ότι στις περισσότερες περιπτώσεις η αντοχή της βραχώμαζας έχει ενεργοποιηθεί επαρκώς πολύ κοντά στο μέτωπο της εκσκαφής και συνεπώς η άμεση υποστήριξη θα πρέπει να κατασκευασθεί κατά το δυνατόν πλησιέστερα στο μέτωπο εκσκαφής.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η άμεση υποστήριξη ακολουθείται από την κατασκευή της τελικής επένδυσης η οποία αναλαμβάνει μέρος (ή το σύνολο) των φορτίων της περιβάλλουσας βραχώμαζας. Η τελική επένδυση συνήθως κατασκευάζεται μετά την ολοκλήρωση της διάνοιξης και άμεσης υποστήριξης του συνόλου του μήκους του υπόγειου έργου αλλά οπωσδήποτε αφού αυτό ισορροπήσει με την άμεση υποστήριξη, δηλαδή αφού πρακτικώς μηδενισθούν οι ρυθμοί εξέλιξης των μετακινήσεων, εντάσεων κλπ.

Η τελική επένδυση συνήθως σχεδιάζεται για να αναλάβει τα εξής φορτία:

1. Το φορτίο που αναλαμβάνεται από τα αγκύρια στην περίπτωση προσωρινών αγκυρίων ή στην περίπτωση βραχώμαζας με έντονα ερπυστική συμπεριφορά.
2. Μέρος του φορτίου που αναλαμβάνεται από το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ώστε το απομένον φορτίο του εκτοξευόμενου σκυροδέματος να ικανοποιεί τις απαιτήσεις ασφαλείας μονίμου έργου (δεδομένου ότι κατά την άμεση υποστήριξη το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα μπορεί να λειτουργεί με μειωμένο συντελεστή ασφαλείας προσωρινού έργου).

3. Τυχόν αυξημένα μακροχρόνια φορτία της βραχόμαζας λόγω ερπυσμού.
4. Τυχόν υδατικές πιέσεις λόγω πλημμελούς αποστράγγισης ή απρόβλεπτης απόφραξης του συστήματος αποστράγγισης.
5. Τυχόν φορτία από μελλοντικές κατασκευές που φορτίζουν τη σήραγγα.
6. Τυχόν σεισμική επιφόρτιση.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου NATM σε σχέση με τις εναλλακτικές μεθόδους διάνοιξη με TBM (μηχανής ολομέτωπης κοπής) ή ασπίδα είναι τα εξής:

- A. Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβαλλόμενες γεωτεχνικές συνθήκες.
- B. Προσαρμόζεται εύκολα σε μεταβολές της γεωμετρίας της διατομής και στη διάνοιξη μη-κυκλικών διατομών.
- Γ. Περιλαμβάνει μηχανικό εξοπλισμό σχετικά μικρού κόστους και συνεπώς πλεονεκτεί οικονομικά σε σήραγγες μικρού μήκους.
- Δ. Επιτρέπει εύκολη στεγάνωση της σήραγγας με συνθετική μεμβράνη (η οποία συνήθως τοποθετείται μεταξύ της άμεσης και της τελικής επένδυσης).

Η κατασκευή του υπόγειου οινοποιείου θα εφαρμοσθεί σε μία καθόλου επικίνδυνη από γεωτεκτονικής άποψης περιοχή και με καλό πέτρωμα ως σχηματισμό εντός του οποίου θα διανοιχθεί. Οι παράγοντες αυτοί, σε συνδυασμό με το ευρύτατο πεδίο εφαρμογής της μεθόδου, την ευελιξία και την οικονομικότητα που παρέχει, καθιστούν τη NATM μια καλή επιλογή μεθόδου για τη συγκεκριμένη κατασκευή.

### **7.3 Προσπελαστικά Έργα**

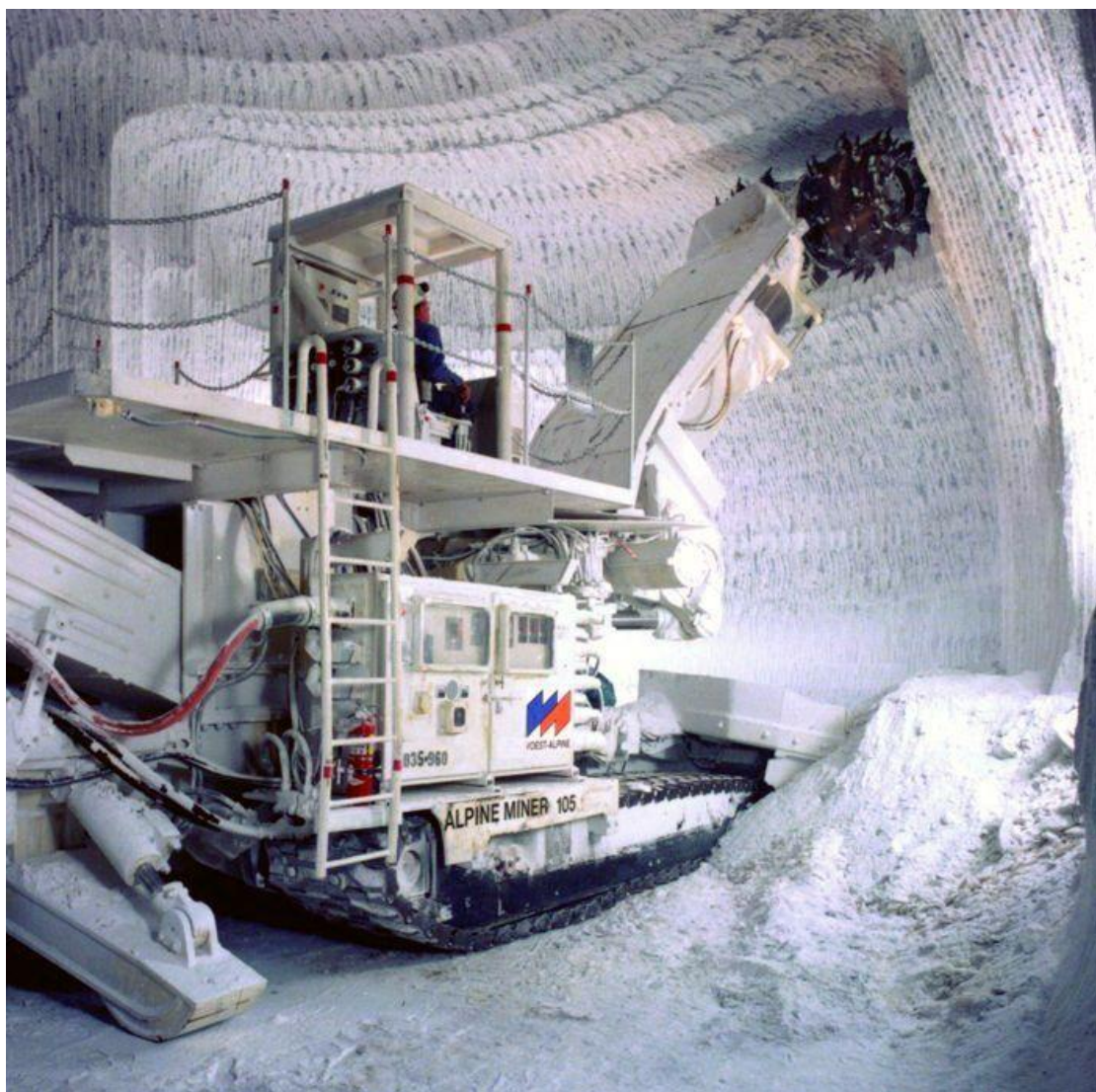
Η προσπέλαση προς τον υπόγειο χώρο θα πραγματοποιείται διαμέσω των δυο κύριων στοών που μπορούν να θεωρηθούν και *προσπελαστικές στοές*. Οι δυο στοές αυτές είναι απαραίτητες για την εξασφάλιση του καλού εξαερισμού ενώ παράλληλα εξυπηρετούν και την κίνηση των μηχανημάτων. Μετά την ολοκλήρωση της κατασκευής του έργου, αυτές θα διαμορφωθούν κατάλληλα έτσι ώστε να αποτελέσουν όχι μόνο την είσοδο και έξοδο του αποθηκευτικού χώρου, αλλά και μέρος του ίδιου του αποθηκευτικού χώρου, όπως εξηγείται διεξοδικά στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Γι' αυτό λαμβάνονται υπόψη οι παράμετροι που αφορούν τους αποθηκευτικούς χώρους προκειμένου να εξασφαλίζεται η εύκολη μετάβαση των φορτηγών αυτοκινήτων ως την είσοδο του υπόγειου χώρου αποθήκευσης από όπου τα προϊόντα θα φορτώνονται και εκφορτώνονται από μηχανήματα Forklift (Ζαβερδινός, 2011).

Η κάθε στοά θα έχει τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά όπως αυτά αναφέρονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

## 7.4 Διάνοιξη Υπόγειου Χώρου με Roadheader

Για να πραγματοποιηθεί η διάνοιξη του υπόγειου οινοποιείου με μηχάνημα σημειακής κοπής (Roadheader) επιλέγεται το AM-105 Roadheader της Voest-Alpine, το οποίο φαίνεται και αμέσως παρακάτω στην εικόνα που έπεται.



Εικόνα 50. .Το Roadheader AM-105 της Voest-Alpine (Stroyteh, 2020).

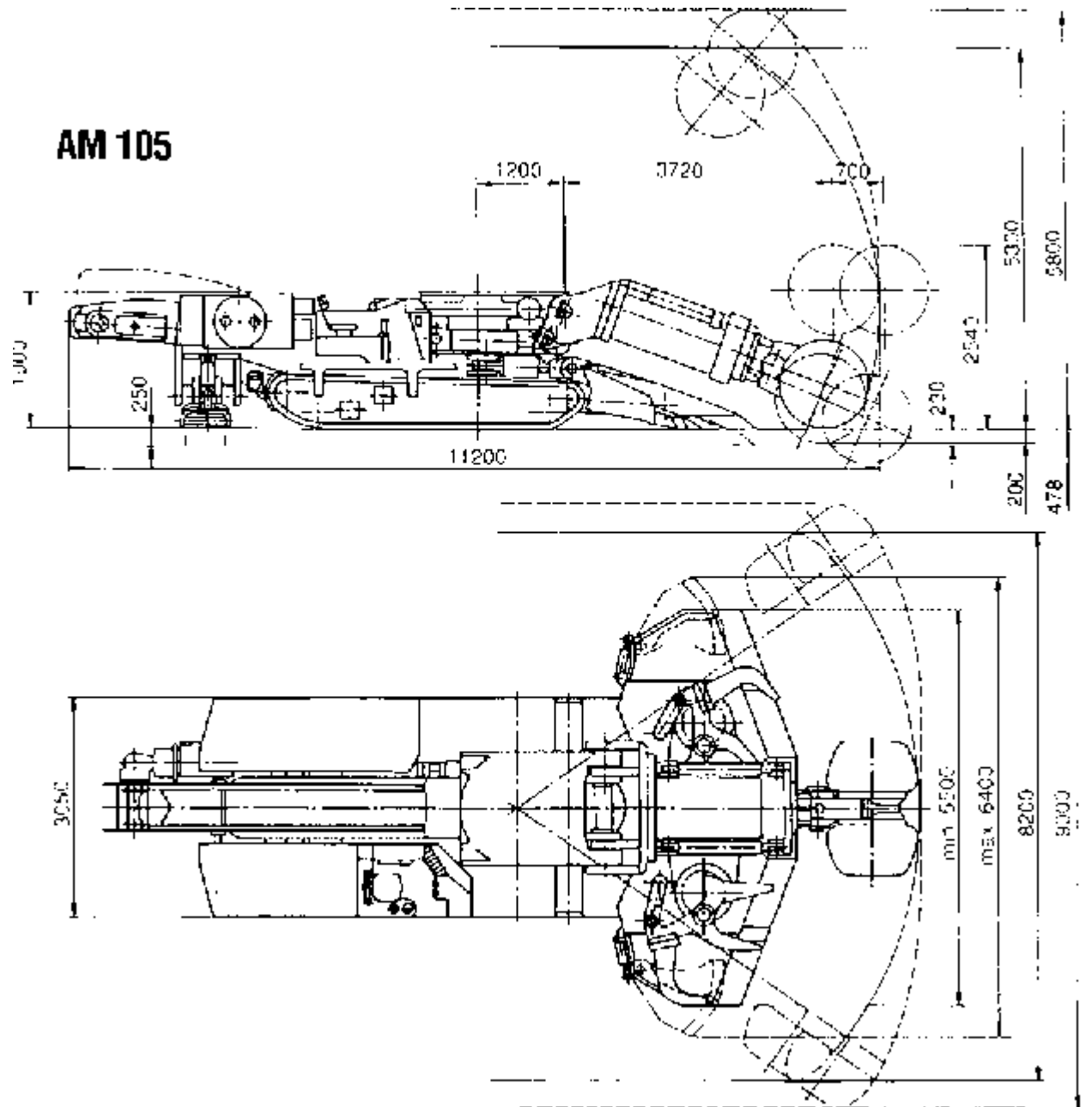
Δίνονται στον Πίνακα που ακολουθεί τα τεχνικά χαρακτηριστικά του μηχανήματος αυτού:

Parameter	Value,	Unit	
Machine Weight	98	ton	
Cutting Speed	3.3	m/sec	
Lifting Force	150	kN	
(160 kN boom in telescopic pos. (15 and 16 ton))			
Arcing Force	100	"	(10 tons)
Lowering Force	300	"	(30 tons)
Sumping Force	700	"	(70 tons)
Slewing Speed	0.22/0.33	m/sec	
Cutterhead RPM	51	rev/min	
Cutterhead Power	300	kW	(400 hp)
Machine Length	11.2	m	(34 ft)
Machine Height	1.9	m	(6.5 ft)
Machine Width	3.05	m	(10 ft)
Loading Apron Width	5.5-6.4	m	(18-21 ft)
Ground Pressure	0.13	MPa	(18.7 psi)
Loading and Conveyor HP	55	kW	(73 hp)
Hydraulic Power Pack	70	kW	(93 hp)
Conveyor Speed	0.8	m/min	(2.4 ft/min)
Tramming Speed	0-3.5	m/min	(0-10 ft/hr)
Negotiable gradients			
- Without Support	±20	gon	
- With Support	±30	gon	

*Εικόνα 51. Χαρακτηριστικά του AM-105 Roadheader (Rostami et al, 2003).*

Το Roadheader AM-105 της Voest-Alpine είναι, λοιπόν, ένα εγκάρσιου τύπου μηχάνημα βάρους 98 tn και ισχύος 300 kW. Για να έχουμε πιο οικονομική διάνοιξη του υπόγειου χώρου επιλέγουμε ένα μηχάνημα το οποίο θα πραγματοποιήσει την εκσκαφή και έτσι αποκλείεται η παράλληλη διάνοιξη των δύο τομέων του υπόγειου χώρου.

Στο σχήμα που ακολουθεί φαίνονται τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του Roadheader AM-105 της Voest-Alpine.



Διάγραμμα 4. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά του Roadheader AM-105 της Voest-Alpine (Rostami et al, 1994).



Από το παραπάνω γράφημα προκύπτει ότι το μήκος που μπορεί να διανοίξει κυμαίνεται από 5,5 m έως 6,4 m. Η τελική διατομή που έχει επιλεχθεί έχει ένα πλάτος 6 m και ένα ύψος 5 m. Αν συνυπολογιστεί και η γεωμετρία του μηχανήματος, προκύπτει ότι το μηχάνημα είναι μία επιτυχής επιλογή για το παρόν έργο.

Ένας από τους λόγους που επιλέχθηκε το παρόν μηχάνημα, πέρα από τη γεωμετρία που ταιριάζει με αυτήν που επιθυμούμε για την υπόγεια κατασκευή, είναι και το σύστημα "ICUTROCK" που έχει. Αυτό αποτελεί μετεξέλιξη των waterjets και βρίσκει πολύ καλή εφαρμογή σε πιο σκληρά πετρώματα.

Το σύστημα "ICUTROCK" είναι ουσιαστικά ένα σύστημα εκτόξευσης νερού υπό πίεση από τα κοπτικά άκρα που έχει σαν αποτέλεσμα την παραγωγή ελάχιστης σκόνης κατά τη διάνοιξη και την καλύτερη απόδοση στα σκληρά πετρώματα (Πολίτης, 2005).

## 7.5 Όρυξη και Κύκλος Εργασιών

Ο μηχανολογικός εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί για τη διάνοιξη του υπόγειου χώρου υπό κατασκευή είναι:

- φορτωτές Sandvik LH 307 χωρητικότητας 4 m<sup>3</sup>, για τη μεταφορά αποκομιδή των εξορυχθέντων υλικών,
- ένα μηχάνημα Shot – Tech Robotic Arm τοποθετημένο επί ειδικού φορείου, για την τοποθέτηση εκτοξευόμενου σκυροδέματος,
- ένα Roadheader AM-105 της Voest-Alpine, που είναι ένα εγκάρσιου τύπου μηχάνημα βάρους 120 tn και ισχύος 300 kW, το οποίο αναφέρεται και εξηγείται η επιλογή αυτού στο προηγούμενο υποκεφάλαιο,
- ανεμιστήρας υπογείων, και
- ένας αεροσυμπιεστής

Σημειώνεται ότι το Roadheader AM-105 της Voest-Alpine έχει επιπλέον ένα ειδικό φορείο διάτρησης και τοποθέτησης κοχλίων για την υποστήριξη της οροφής.

Ο κύκλος εργασιών διάνοιξης του υπόγειου χώρου με το Roadheader είναι:

1. Υποστήριξη
2. Κοπή
3. Μεταφορά
4. Αερισμός
5. Τοποθέτηση του Εκτοξευόμενου Σκυροδέματος & των Κοχλίων

Τέλος, για τις πληροφορίες αναφορικά με τα μηχανήματα που θα χρειαστούν και τα χαρακτηριστικά αυτών χρησιμοποιήθηκαν στοιχεία από τους Rostami *et al*(1994), τον Πολίτη (2005) και τον Κουλάκογλου (2013).

# 8 ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ

Το πρόγραμμα που πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για την προσομοίωση της διάνοιξης του υπόγειου χώρου του οινοποιείου προς αποθήκευση του οίνου και χρήση αυτού και για άλλες δραστηριότητες είναι το Phase<sup>2</sup>.

Επίσης, παρακάτω εξηγείται αναλυτικά η διαμόρφωση του μοντέλου τόσο ως προς τις παραδοχές που έγιναν, όσο και ως προς τους περιορισμούς που υπήρχαν, ενώ παράλληλα φαίνεται και η συλλογιστική πορεία που οδήγησε και στην ανάπτυξη του τελικού μοντέλου.

Αναφορικά με το τελευταίο, δίνονται και τα σχετικά σχέδια για τις κατόψεις που δημιουργήθηκαν στο AutoCAD, με τις αντίστοιχες διαστάσεις τους. Και φυσικά εξηγούνται και αναλύονται ως επιλογές.

### **8.1.1 Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά Μοντέλου**

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρεται αναλυτικά η επιλογή του μοντέλου, τόσο ως κάτοψη όσο και ως διατομή εκσκαφής. Στο παρόν υποκεφάλαιο, ωστόσο, υπενθυμίζεται εν συντομία με τα δύο τελικά σχέδια η επιλογή που έχει γίνει, μόνο για τις ανάγκες των παραμέτρων και της διατομής που θα προσομοιωθεί.

Αναφορικά, λοιπόν, με την επιλογή της διατομής τονίζεται ότι πρόκειται για μία μορφή πεταλοειδούς διατομής με δύο τομείς διάνοιξης όπως φαίνεται και στο σχέδιο παρακάτω με ένα ύψος που ανέρχεται στα 5 m.

## **8.2 Μέτρα Υποστήριξης στην Κατηγορία Βραχομάζας**

Η όρυξη του υπόγειου ανοίγματος θα πραγματοποιηθεί εντός ενός σχηματισμού που είναι ασβεστόλιθος. Δεν κρίνεται απαραίτητη η τμηματική εκσκαφή.

Για τον υπολογισμό του RMR στον ασβεστόλιθο εντός του οποίου γίνεται η διάνοιξη και σύμφωνα με το διάγραμμα του Bieniawski (1989)

### A. CLASSIFICATION PARAMETERS AND THEIR RATINGS

PARAMETER		Range of values // ratings								
1	Strength of intact rock material	Point-load strength index	> 10 MPa	4 - 10 MPa	2 - 4 MPa	1 - 2 MPa	For this low range uniaxial compr. strength is preferred			
		Uniaxial compressive strength	> 250 MPa	100 - 250 MPa	50 - 100 MPa	25 - 50 MPa	5 - 25 MPa	1 - 5 MPa	< 1 MPa	
		<b>RATING</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	
2	Drill core quality RQD		90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%			
		<b>RATING</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	<b>5</b>			
3	Spacing of discontinuities		> 2 m	0.6 - 2 m	200 - 600 mm	60 - 200 mm	< 60 mm			
		<b>RATING</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>5</b>			
4	Condition of discontinuities	Length, persistence	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m			
			<b>Rating</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Separation	none	< 0.1 mm	0.1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm			
			<b>Rating</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Roughness	very rough	rough	slightly rough	smooth	slickensided			
			<b>Rating</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>		
		Infilling (gouge)	none	Hard filling		Soft filling				
	<b>Rating</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>				
	Weathering	unweathered	slightly w.	moderately w.	highly w.	decomposed				
	<b>Rating</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>				
5	Ground water	Inflow per 10 m tunnel length	none	< 10 litres/min	10 - 25 litres/min	25 - 125 litres/min	> 125 litres /min			
			<b>Rating</b>	<b>0</b>	<b>0 - 0.1</b>	<b>0.1 - 0.2</b>	<b>0.2 - 0.5</b>	<b>&gt; 0.5</b>		
		General conditions	completely dry	damp	wet	dripping	flowing			
		<b>RATING</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>0</b>			

$p_w$  = joint water pressure;  $\sigma_1$  = major principal stress

### B. RATING ADJUSTMENT FOR DISCONTINUITY ORIENTATIONS

		Very favourable	Favourable	Fair	Unfavourable	Very unfavourable
RATINGS	Tunnels	0	-2	-5	-10	-12
	Foundations	0	-2	-7	-15	-25
	Slopes	0	-5	-25	-50	-60

### C. ROCK MASS CLASSES DETERMINED FROM TOTAL RATINGS

Rating	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Class No.	I	II	III	IV	V
Description	VERY GOOD	GOOD	FAIR	POOR	VERY POOR

### D. MEANING OF ROCK MASS CLASSES

Class No.	I	II	III	IV	V
Average stand-up time	10 years for 15 m span	6 months for 8 m span	1 week for 5 m span	10 hours for 2.5 m span	30 minutes for 1 m span
Cohesion of the rock mass	> 400 kPa	300 - 400 kPa	200 - 300 kPa	100 - 200 kPa	< 100 kPa
Friction angle of the rock mass	< 45°	35 - 45°	25 - 35°	15 - 25°	< 15°

Διάγραμμα 5. RMR Ταξινόμηση για τη Βραχομάζα (Bieniawski, 1989).

Rock mass class	Excavation	Support		
		Rock bolts (20 mm diam., fully bonded)	Shotcrete	Steel sets
1. Very good rock RMR: 81-100	Full face: 3 m advance	Generally no support required except for occasional spot bolting		
2. Good rock RMR: 61-80	Full face: 1.0-1.5 m advance; Complete support 20 m from face	Locally bolts in crown, 3 m long, spaced 2.5 m with occasional wire mesh	50 mm in crown where required	None
3. Fair rock RMR: 41-60	Top heading and bench: 1.5-3 m advance in top heading; Commence support after each blast; Commence support 10 m from face	Systematic bolts 4 m long, spaced 1.5-2 m in crown and walls with wire mesh in crown	50-100 mm in crown, and 30 mm in sides	None
4. Poor rock RMR: 21-40	Top heading and bench: 1.0-1.5 m advance in top heading; Install support concurrently with excavation - 10 m from face	Systematic bolts 4-5 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh	100-150 mm in crown and 100 mm in sides	Light ribs spaced 1.5 m where required
5. Very poor rock RMR < 21	Multiple drifts: 0.5-1.5 m advance in top heading; Install support concurrently with excavation; shotcrete as soon as possible after blasting	Systematic bolts 5-6 m long, spaced 1-1.5 m in crown and walls with wire mesh. Bolt invert	150-200 mm in crown, 150 mm in sides, and 50 mm on face	Medium to heavy ribs spaced 0.75 m with steel lagging and forepoling if required. Close invert

Διάγραμμα 6. Επιλογή Μέτρων Υποστήριξης σε Σήραγγα Πεταλοειδούς Διατομής, Εύρους 10 m (Bieniawski, 1989)

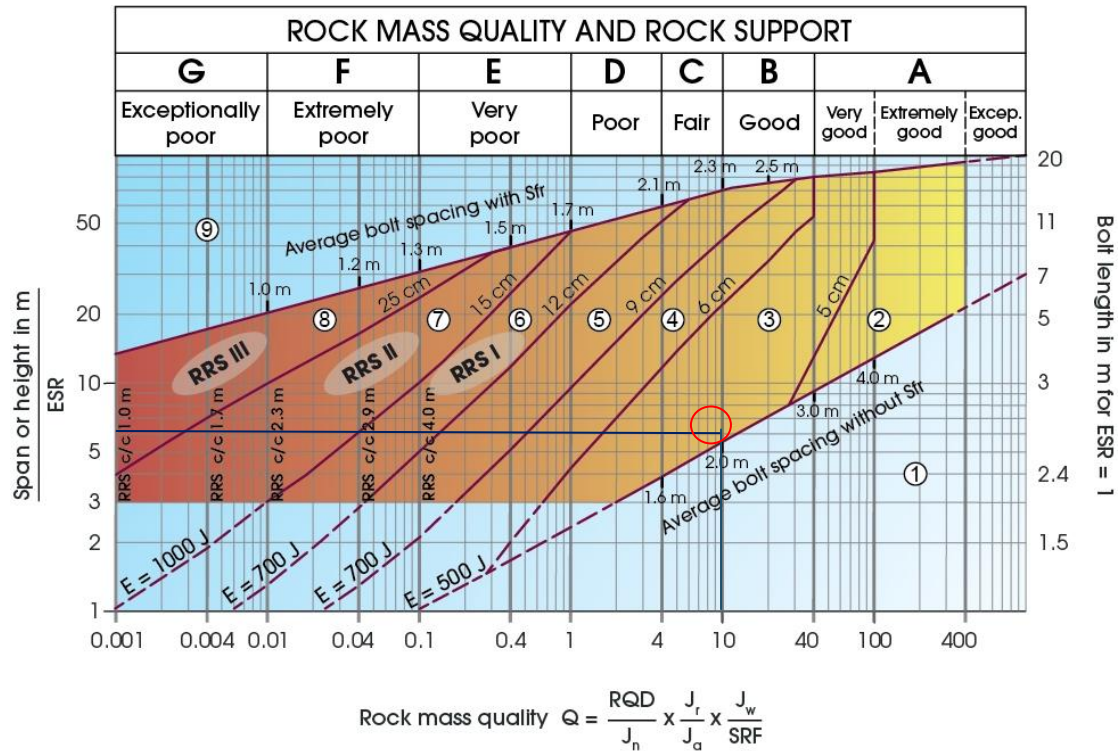
Με βάση το διάγραμμα 5 θα ήταν δυνατό να υπολογισθεί αναλυτικά το RMR για τον ασβεστόλιθο. Ωστόσο, επειδή δεν υπάρχουν in-situ δείγματα και πληροφορίες συγκεκριμένες με αυτό κάνουμε την υπόθεση για ένα RMR περί τα 65.

Συνεπώς, από το διάγραμμα 6 προκύπτει ότι για τον ασβεστόλιθο που υπάρχει στην περιοχή μελέτης και για ένα RMR = 65, δηλαδή της τάξης του 61-80 εντός του οποίου κατατάσσεται και ο συγκεκριμένος ασβεστόλιθος η εκσκαφή θα έχει εξής χαρακτηριστικά:



- ένα βήμα προχώρησης της τάξης των 1,5 m
- τοποθέτηση αγκυρίων βράχου Swellex τοπικά στο θόλο μήκους 3 m για να πιάσουν τυχόν επισφαλή τεμάχια του πετρώματος. Η μεταξύ τους απόσταση θα είναι τα 2,5
- δύναται τοποθέτηση ενός ελάχιστου στρώματος εκτοξευόμενου σκυροδέματος (shotcrete) 5 cm για την επίτευξη ομοιομορφίας στις παρειές της εκσκαφής και τη συγκράτηση μικρών τεμαχίων,
- και τέλος δεν θα χρειαστεί τοποθέτηση κάποιου μεταλλικού πλαισίου.

Κατά τους Barton *et al.* (1974), βέβαια, και σύμφωνα με το ακόλουθο διάγραμμα τους, για την επιλογή της πλέον κατάλληλης υποστήριξης προκύπτει η περιοχή που φαίνεται στο διάγραμμα, που αντιστοιχεί στην Κατηγορία 3.



Διάγραμμα 7. Προτάσεις Μόνιμης Επένδυσης βάσει των τιμών του Q και του λόγου άνοιγμα/ESR

(Barton et al, 1974).

Πιο συγκεκριμένα, δίνεται ότι:

$$RMR = 9 \ln Q + 44$$

Εικόνα 52. (Barton, 1989)

Και συνεπώς προκύπτει ότι:

$$Q = e^{\frac{RMR-44}{9}}$$

Εικόνα 53. Τύπος Υπολογισμός Q κατά Barton (1989)

$$\Rightarrow Q = e^{(65-44)/9}$$

$$\Rightarrow Q = 10,31$$

$$\Rightarrow Q \approx 10$$

Επιπλέον, λαμβάνεται το Excavation Support Ratio (ESR) να είναι ίσο με 1 για λόγους ασφαλείας και το άνοιγμα της εκσκαφής ή Excavation Span ίσο με 6 m.

Συνεπώς, προκύπτει την παράμετρο  $D_e$ , που είναι η ισοδύναμη διάσταση της εκσκαφής:

$$D_e = \frac{Dt}{ESR}$$

$$\Rightarrow D_e = 6/1$$

$$\Rightarrow D_e = 6 \text{ m}$$

Τέλος, η Κατηγορία 3 υποστήριξης αντιστοιχεί στα ακόλουθα μέτρα υποστήριξης που θα πρέπει να εφαρμοσθούν.

1. Μήκος αγκυρίων ή *Bolt Length* = 2,6 m, έστω 3 m (είναι υπέρ της ασφαλείας επιλογή)
2. Απόσταση μεταξύ των αγκυρίων ή *Bolt Spacing* = 2,3 m
3. Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή *Shotcrete* = 5-6 cm

### **8.3 Ανάλυση Συμπεριφοράς Υπόγειας Κατασκευής με Χρήση Αριθμητικών Μεθόδων**

Στο πλαίσιο των αναλύσεων της παρούσας εργασίας, ο κώδικας πεπερασμένων στοιχείων που χρησιμοποιείται είναι το Phase<sup>2</sup> (RS2) της RocScience.

Το Phase<sup>2</sup>, ή όπως μετονομάστηκε προσφάτως RS2, ανήκει και αυτό μαζί με το RocSupport στα γεωτεχνικά προγράμματα μελέτης της RocScience. Αποτελεί ένα λογισμικό μελέτης πεπερασμένων στοιχείων δύο διαστάσεων με πεδίο εφαρμογής σε εδάφη και βραχομάζες. Ήδη από την νέα ονομασία που το έχει δοθεί αυτό γίνεται έκδηλο, καθώς στο RS2 το R δηλώνει τον Βράχο (στα αγγλικά αποδίδεται ως “Rock”), το S δηλώνει το έδαφος (στα αγγλικά αποδίδεται ως “Soil”), ενώ ο αριθμός συμπληρώνεται για να δείξει ότι η συνολική μελέτη τοποθετούν τα εκάστοτε δεδομένα και κάνουν τους υπολογισμούς αντιμετωπίζοντας ως ένα μοντέλο δύο διαστάσεων.

Το RS<sup>2</sup> είναι ένα λογισμικό που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ένα ευρύ φάσμα τεχνικών έργων και συμπεριλαμβάνει το σχεδιασμό της εκσκαφής, την ευστάθεια πρανών, τη διήθηση υπόγειων υδάτων, πιθανοτική ανάλυση, καθίζηση, και δυναμική ανάλυση.

Σύνθετα μοντέλα είναι δυνατό να δημιουργηθούν επί παραδείγματι σε σήραγγες εντός αδύναμων πετρωμάτων ή με ασυνέχειες, υπόγειους θαλάμους μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, υπαίθριες εκμεταλλεύσεις και πρανή, αναχώματα ή φράγματα.

Σταδιακή αστοχία, αλληλεπίδραση υποστήριξης, καθώς και πληθώρα άλλων προβλημάτων μπορούν να αντιμετωπιστούν αποτελεσματικά με τη χρήση αυτού του λογισμικού.

Το πρόγραμμα, λοιπόν, προσφέρει πολλές επιλογές μοντέλων υποστήριξης και μεταξύ άλλων αυτά μπορεί να είναι τα στοιχεία επένδυσης (όπως το σκυρόδεμα και το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα), χαλύβδινα πλαίσια, τοίχοι αντιστήριξης, πάσσαλοι, πολυστρωματική σύνθετη επένδυση και γεωυφάσματα. Παράλληλα, τα εργαλεία σχεδιασμού της υποστήριξης περιέχουν και τη δυνατότητα παραγωγής γραφήματος της φέρουσας ικανότητας της υποστήριξης, το οποίο και επιτρέπει τον προσδιορισμό του συντελεστή ασφαλείας των οπλισμένων επενδύσεων. Οι διαθέσιμοι τύποι ηλώσεων περιλαμβάνουν ήλους σημειακής επαφής, πλήρους πάκτωσης, καλώδια σε τσιμεντένεμα ήλοι τριβής, και ηλώσεις ρητίνης.

Μία από τις κύριες λειτουργίες του RS2 είναι η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων για την ευστάθεια πρανών, που χρησιμοποιεί τη μέθοδο απομείωσης της διατμητικής αντοχής. Αυτή η επιλογή είναι πλήρως αυτοματοποιημένη και μπορεί να χρησιμοποιηθεί με την εισαγωγή παραμέτρων είτε Mohr-Coulomb, είτε Hoek-Brown. Τα μοντέλα πρανών είναι δυνατό να εισάγονται και να εξάγονται από το πρόγραμμα RS2 στο Slide και αντίστροφα, επιτρέποντας με αυτόν τον τρόπο την αντιπαραβολή του ορίου ισορροπίας και των αποτελεσμάτων των πεπερασμένων στοιχείων.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί, ότι τα προσομοιώματα και καταστατικά πρότυπα για βραχώδη και εδαφικά υλικά συμπεριλαμβάνουν τα κριτήρια Mohr-Coulomb, το Γενικευμένο Hoek-Brown και Cam-Clay (RocScience, 2017).

## 8.4 Μοντέλο στο PHASE<sup>2</sup>-Αριθμητική Επίλυση

Για την ανάλυση της διάνοιξης του υπόγειου ανοίγματος που προορίζεται για αποθήκευση οίνου, προστέθηκαν τα γεωτεχνικά χαρακτηριστικά στο μοντέλο μας για όλους τους πιθανούς σχηματισμούς που μπορεί να συναντώνταν στη διάνοιξη, όπως αυτά αναφέρονται και εξηγούνται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.

Ωστόσο, η διάνοιξη έγινε στο βουνό κοντά στο παλιό λατομείο και εκεί όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται και κατά την επιλογή της τοποθεσίας του έργου, υπάρχει μόνο ασβεστόλιθος. Αυτό συνεπάγεται πολύ καλά μηχανικά χαρακτηριστικά για το περιβάλλον πέτρωμα, άρα και λιγότερες απαιτήσεις υποστήριξης.

Υπενθυμίζεται, ακόμη, ότι δεν συναντάται στην τοποθεσία κάποιο ρήγμα ή κάποιο άλλο γεωτεχνικό πρόβλημα που θα έπρεπε να ληφθεί υπόψη.

Προχωράμε, λοιπόν, στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων στο πρόγραμμα Phase<sup>2</sup> που αποτελεί την αριθμητική μέθοδο για την επίλυση προβλημάτων τόσο ελαστικής όσο και ελαστοπλαστικής βραχόμαζας.

Οι προσομοιώσεις που θα διεξαχθούν πραγματοποιούνται σε επίπεδη ανάλυση (plane strain analysis) και αξονοσυμμετρική (axisymmetric analysis). Στο πλαίσιο της συγκεκριμένης μελέτης εξετάζεται ένα προσομοίωμα με δύο τομείς που πλησιάζει πολύ τη μορφή μίας δίδυμης σήραγγας.

## 8.5 Παράμετροι Μοντέλου στο PHASE <sup>2</sup>

Οι αναλύσεις που διενεργήθηκαν αποσκοπούν στην προσομοίωση της κατασκευής του υπόγειου οινοποιείου, και πιο συγκεκριμένα στη διάνοιξη των δύο κεντρικών στοών που θα λειτουργούν και ως στοές προσπέλασης. Στη συνέχεια, θα ακολουθήσει και η υποστήριξη αυτών.

Ο αποθηκευτικός χώρος των βαρελιών και των ίnox δοχείων αποθήκευσης του μούστου έχει αποφασιστεί, όπως διασαφηνίζεται και στο αντίστοιχο κεφάλαιο, ότι α είναι περιμετρικά των δωματίων και δε θα διαχωρίζεται ευκρινώς, αφού τα δοχεία αποθήκευσης θα είναι επισκέψιμα τόσο για τους εργαζόμενους όσο και για τους επισκέπτες.

Το μοντέλο προσομοίωσης διανοίγεται σε στρώμα ασβεστόλιθου όπως αναφέρεται και νωρίτερα με ένα ύψος υπερκειμένων 50 m, σύμφωνα με το κριτήριο αστοχίας Hoek - Brown. Τα χαρακτηριστικά του σχηματισμού αναφέρονται αναλυτικά στο αντίστοιχα κεφάλαιο.



Το εντατικό πεδίο  $p_0$  θεωρείται υδροστατικό (με  $K=1$ ) και ίσο με 1,35 MPa για την περίπτωση υπερκειμένων με  $H=50$  m, ενώ για την περίπτωση υπερκειμένων με  $H=100$  m το  $p_0$  είναι ίσο με 2,7 MPa.

Επίσης, για τις συνοριακές συνθήκες, που αναφέρονται και ως *Boundary Conditions* σημειώνονται τα ακόλουθα καίρια χαρακτηριστικά:

A. Είδος Ορίου = Box και

B. Συντελεστής Επέκτασης ή *Expansion Rate* = 7

Στη συνέχεια, μετακινούμε το επάνω όριο προκειμένου να φτάσει το Ground Elevation των 50 m και να έχουμε μία πιο ρεαλιστική προσέγγιση στο μοντέλο μας. Οπότε, προκύπτει αντίστοιχα και το ακόλουθο αποτέλεσμα.

Αναφορικά με τις τάσεις πεδίου ή Field Stress Loading επιλέγουμε τα εξής:

A. Τύπο Field Stress Type = Βαρυτικό ή Gravity

B. Ύψος υπερκειμένων ή Ground Surface Elevation = 50 m

Γ. Μοναδιαίο Βάρος Υπερκειμένων =  $0.027 \text{ MN/m}^3$ , καθώς το σύνολο του σχηματισμού είναι ασβεστόλιθος.

Σχετικά με την ανάλυση επίπεδης παραμόρφωσης το πλέγμα ή *mesh* που θα χρησιμοποιηθεί προκειμένου να υπάρχει μία καλή κατανομή έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

A. Τύπος ή *Mesh Type* = Διαβαθμιζόμενο ή Graded

B. Είδος διαμέρισης ή *Element Type* = Τρίγωνα 3 κόμβων ή 3 *Noded Triangles*

Γ. Συντελεστής Επέκτασης ή *Gradiation Factor* = 0.2

Δ. Αριθμός κόμβων στην εκσκαφή ή *Default Number of Nodes on All Excavations* = 100

Στη συνέχεια γίνεται πύκνωση του πλέγματος/mesh στις περιοχές που φαίνονται παρακάτω για να επιτευχθεί μία καλύτερη προσομοίωση. Οι περιοχές ενδιαφέροντος δηλαδή είναι η ζώνη του πετρώματος ανάμεσα στις δύο διατομές για να φανεί η αλληλεπίδραση μεταξύ τους, η περιοχή γύρω από την κάθε διατομή και φυσικά στην επιφάνεια και στην περιοχή ανάμεσα στην επιφάνεια και στις διατομές, καθώς πρόκειται για ένα έργο με ελάχιστα υπερκείμενα των 50 m.

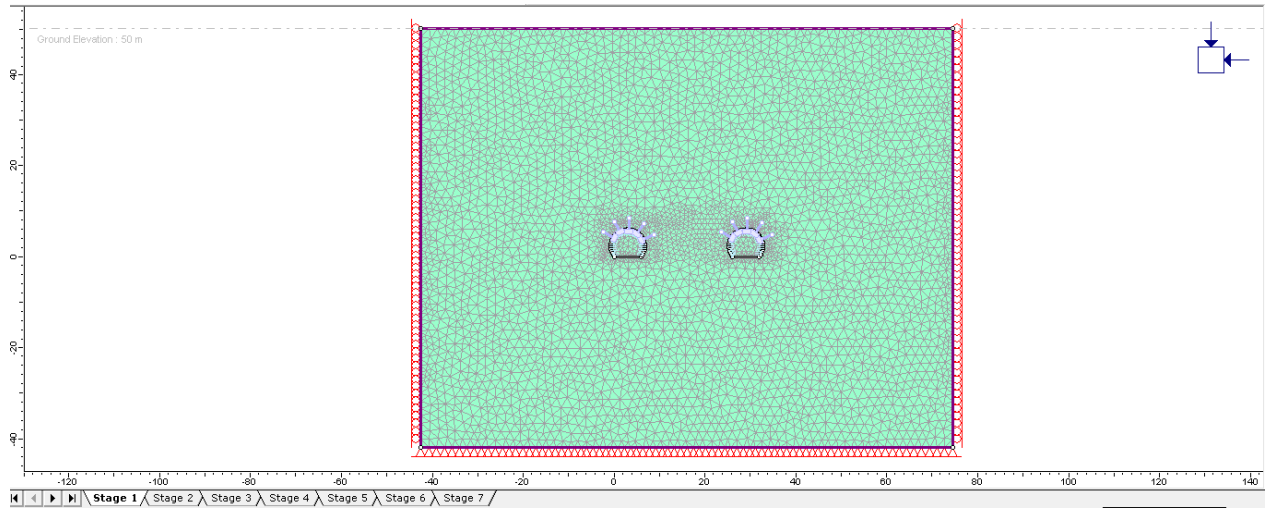
Ένα ακόμη σημαντικό στάδιο είναι ο προσδιορισμός των ιδιοτήτων του υλικού (δηλαδή του ασβεστόλιθου εντός του οποίου διανοίγεται το μοντέλο). Στο αντίστοιχο κεφάλαιο με τις μηχανικές παραμέτρους του μοντέλου, όπως υπολογίσθηκαν με τη βοήθεια του Roclab δίνονται οι παράμετροι που εισάγονται και φαίνονται ως ακολούθως παρακάτω μετά την εισαγωγή τους.

Ας σημειωθεί, επιπλέον, ότι επιλέγεται ο τύπος υλικού να είναι πλαστικό και μάλιστα για residual τιμές να είναι ίδιες με τις αρχικές έχουμε perfect plastic material και ότι προσθέτουμε dilation = 0.5.

Προσομοιώνεται ένα ακόμη υλικό, που σκοπό έχει να προσομοιώσει τον χαλαρωμένο ασβεστόλιθο, όπως αυτός προκύπτει κατά την εκσκαφή με απομειωμένο το μέτρο ελαστικότητας κατά 30%. Έτσι προκύπτει το ακόλουθο υλικό.

Τέλος, αναφορικά με τα Displacements επιλέγεται στα δεξιά και αριστερά όρια Restrain X , στο κάτω όριο Restrain X, Y και στο επάνω όριο να είναι Free Restrain, καθώς τα υπερκείμενα θα ανέρχονται κάπου στα 50 m που είναι ελάχιστα και άρα κρίνεται απαραίτητο να δούμε τις καθιζήσεις και τις μεταβολές που θα παρατηρηθούν στην επιφάνεια.

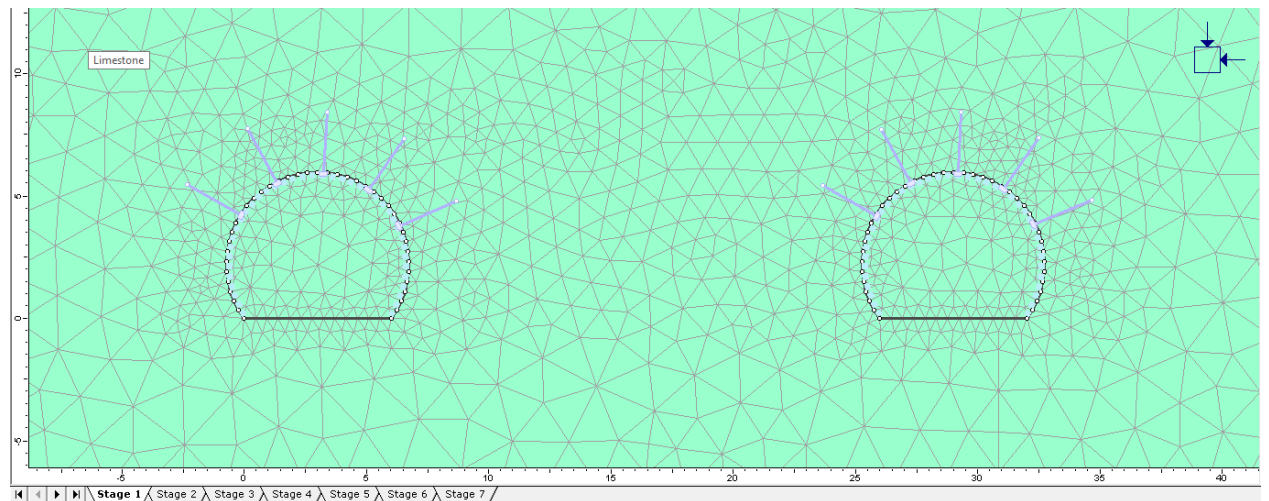
Έτσι, δημιουργείται το ακόλουθο μοντέλο.



**Εικόνα 54. Μοντέλο Προσομοίωσης Διπλής Εκσκαφής**

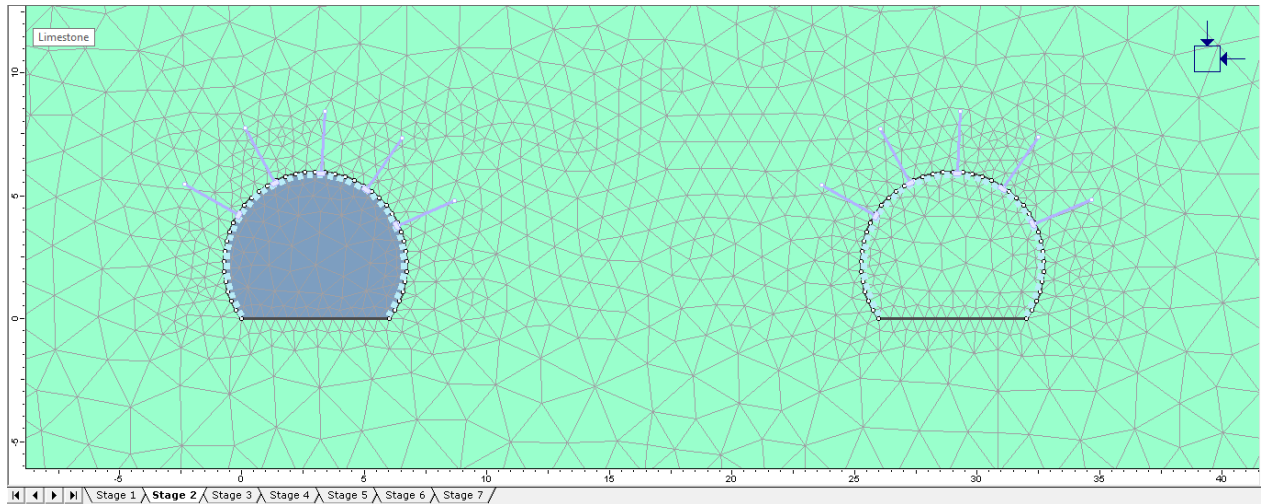
Λαμβάνονται 7 Στάδια Προσομοίωσης, τα οποία διακρίνονται ως ακολούθως:

### **Στάδιο 1: Αρχικές Συνθήκες πριν την Εκσκαφή**



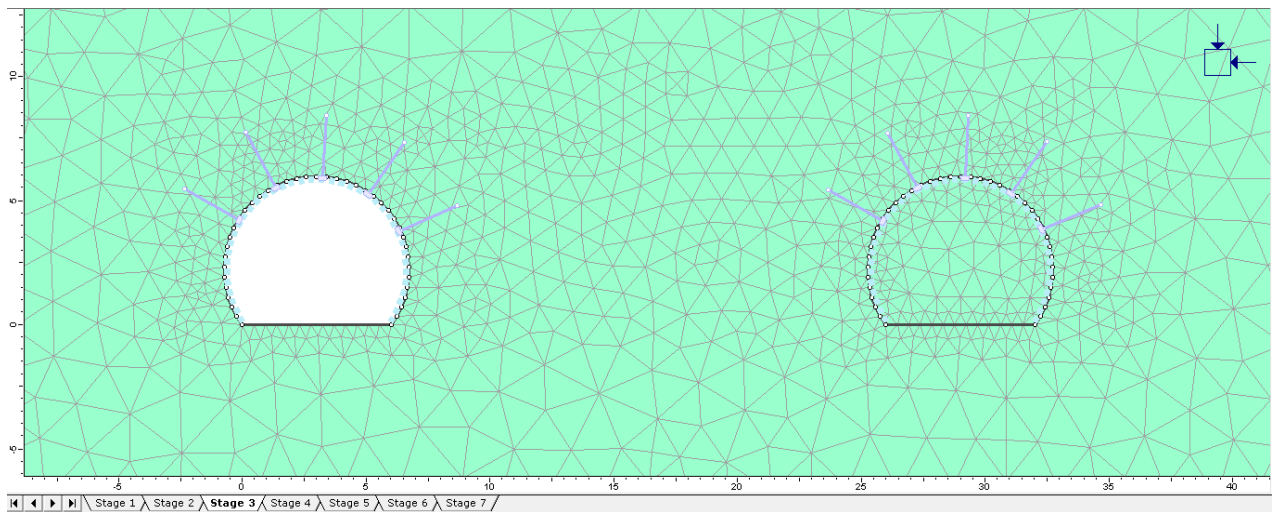
**Εικόνα 55. Αρχικές Συνθήκες πριν από την Εκσκαφή**

## Στάδιο 2: Χαλάρωση Πετρώματος του Πρώτου Τομέα κατά την Εκσκαφή



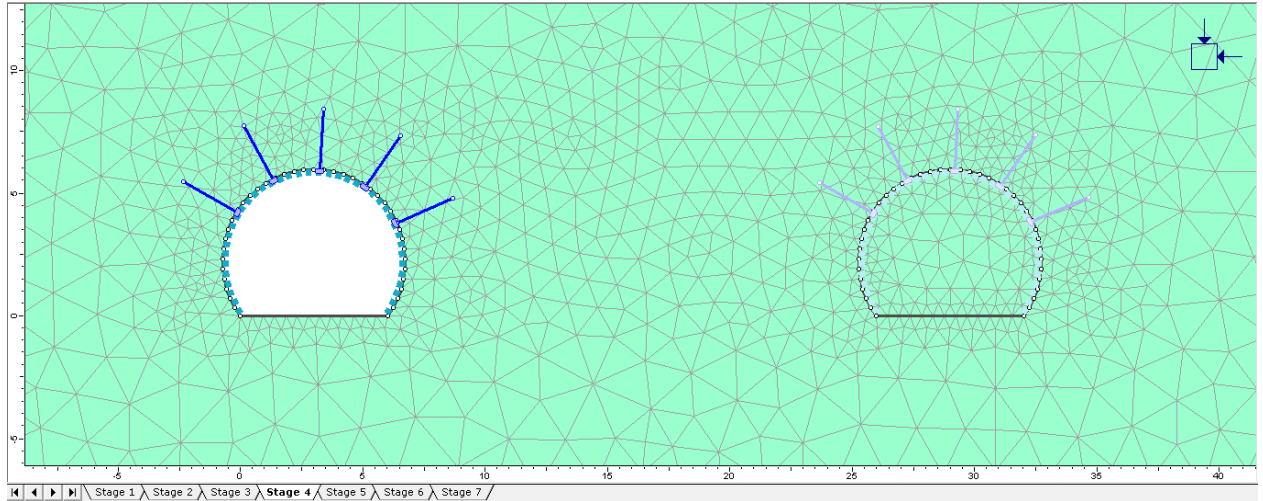
Εικόνα 56. Χαλάρωση Πετρώματος του Πρώτου Τομέα κατά την Εκσκαφή

## Στάδιο 3: Διάνοιξη του Πρώτου Τομέα



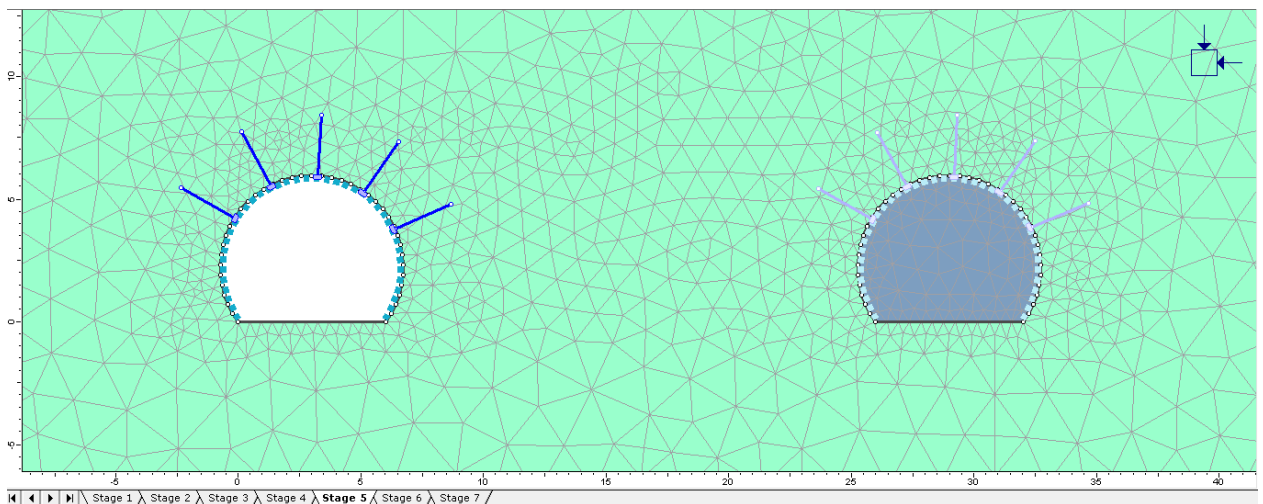
Εικόνα 57. Διάνοιξη Πρώτου Τομέα

#### Στάδιο 4: Υποστήριξη του Πρώτου Τομέα



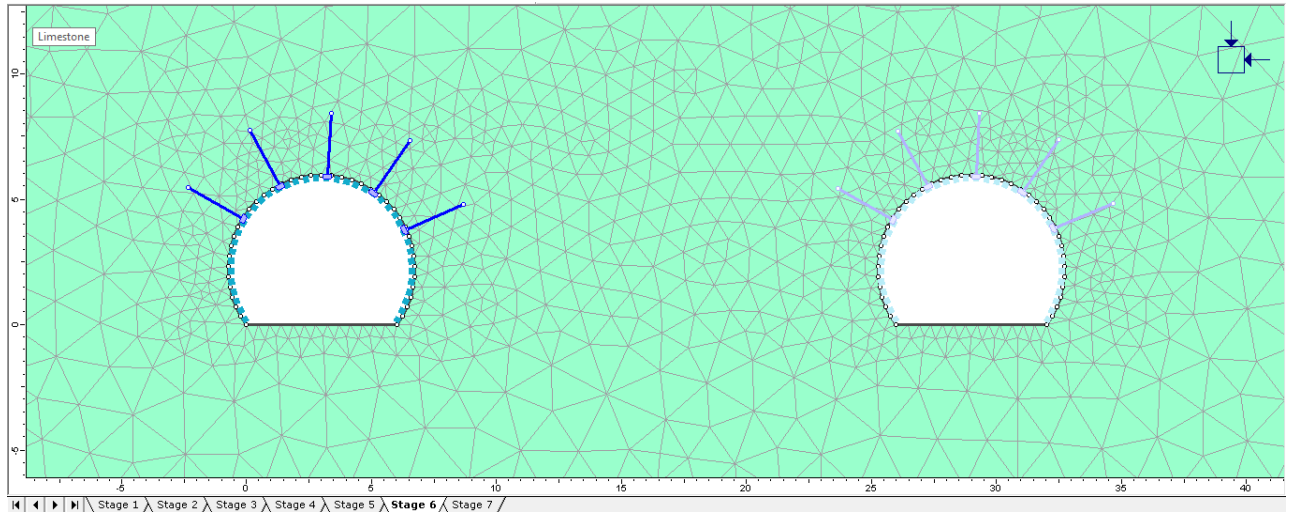
Εικόνα 58. Υποστήριξη του Πρώτου Τομέα

#### Στάδιο 5: Χαλάρωση Πετρώματος κατά την Εκσκαφή του Δεύτερου Τομέα



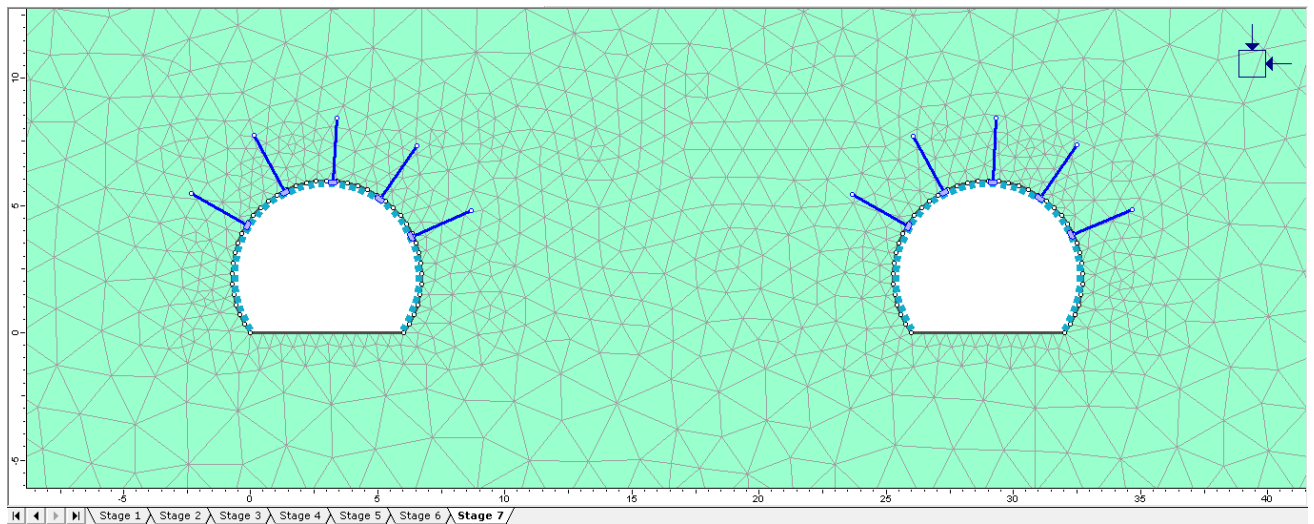
Εικόνα 59. Χαλάρωση Πετρώματος κατά την Εκσκαφή του Δεύτερου Τομέα

### Στάδιο 6: Διάνοιξη του Δεύτερου Τομέα



Εικόνα 60. Διάνοιξη του Δεύτερου Τομέα

### Στάδιο 7: Υποστήριξη του Δεύτερου Τομέα



Εικόνα 61. Υποστήριξη του Δεύτερου Τομέα

## 8.6 Υποστήριξη του Μοντέλου στο PHASE <sup>2</sup>

Το μοντέλο προσομοίωσης στο Στάδιο 4 και στο Στάδιο 7 δέχεται την απαιτούμενη υποστήριξη. Η διάνοιξη διενεργείται εντός ασβεστόλιθου και έχει αναφερθεί νωρίτερα στο Κεφάλαιο 8 ποιες είναι οι απαιτήσεις σε υποστήριξη, για το συγκεκριμένο προσομοίωμα.

Υπενθυμίζονται συνοπτικά, όπως προέκυψαν για την Κατηγορία 3 κατά Barton (1974). Τα απαιτούμενα μέτρα υποστήριξης, λοιπόν, είναι:

1. Μήκος αγκυρίων ή *Bolt Length* = 2,6 m, έστω 3 m (είναι υπέρ της ασφαλείας επιλογή)
2. Απόσταση μεταξύ των αγκυρίων ή *Bolt Spacing* = 2,3 m
3. Εφαρμογή εκτοξευόμενου σκυροδέματος ή *Shotcrete* = 5-6 cm

Για την υποστήριξη με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα έγινε εισαγωγή των ακόλουθων παραμέτρων.

- Young's Modulus  $E = 10 \text{ GPa}$
- Poisson's Ratio  $\nu = 0.2$
- Material Type = Elastic
- Thickness ή Πάχος = 0.05 m
- Liner Type = Standard Beam



Για την εφαρμογή των αγκυρίων πάλι η εφαρμογή τους έγινε στο Στάδιο 4 και 7, όπως φαίνεται και στις Εικόνες των αντίστοιχων σταδίων, μαζί με το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα.

Τα χαρακτηριστικά των αγκυρίων που τέθηκαν ως παράμετροι, λοιπόν ήταν:

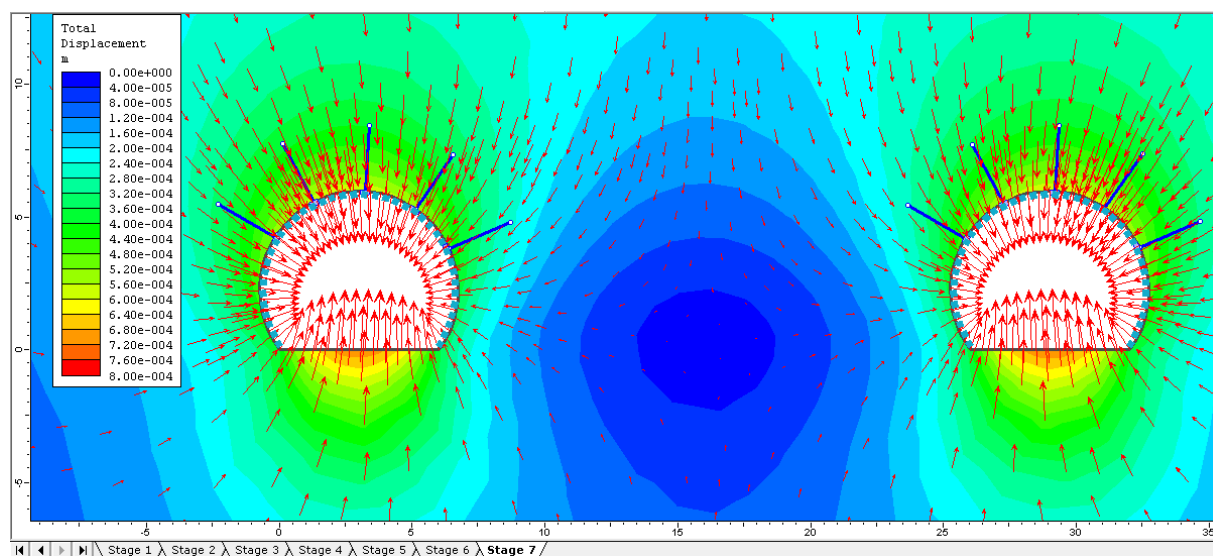
- *Bolt Length* = 3 m (είναι υπέρ της ασφαλείας επιλογή)
- *Bolt Spacing* = 2,3 m
- *Bolt Type* = Swellex
- Bolt Modulus = 200 GPa

## 8.7 Συμπεράσματα και Αποτελέσματα

### 8.7.1 Αποτελέσματα για την Προσομοίωση

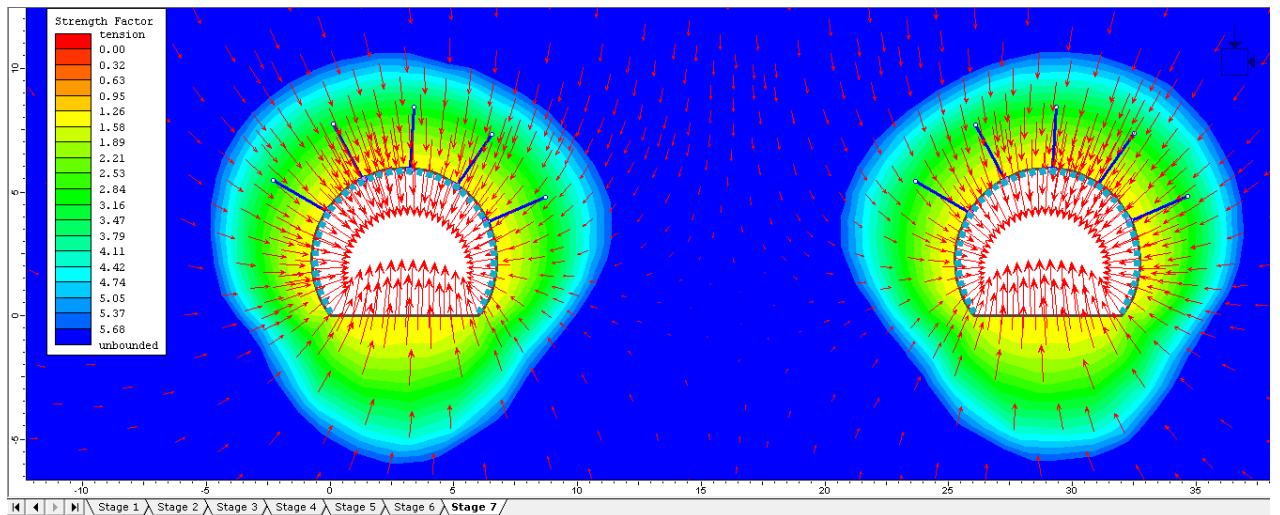
Από την προσομοίωση προέκυψαν τα ακόλουθα πολύ σημαντικά συμπεράσματα

1. Δεν προέκυψαν καθόλου Yielded Elements. Δηλαδή δεν υπήρξαν καθόλου στοιχεία πλαστικοποίησης. Γεγονός πολύ θετικό.
2. Τα βέλη παραμόρφωσης (*Deformation Vectors*) στις Ολικές Μετακινήσεις δίνουν το ακόλουθο αποτέλεσμα, που σημαίνει ότι το μοντέλο μας λειτουργεί ορθά. Επιπλέον, δεν διαμορφώνονται σημαντικές μετακινήσεις, αλλά αμελητέες και μάλιστα οι όποιες μέγιστες διαμορφώνονται στο δάπεδο της εκσκαφής.



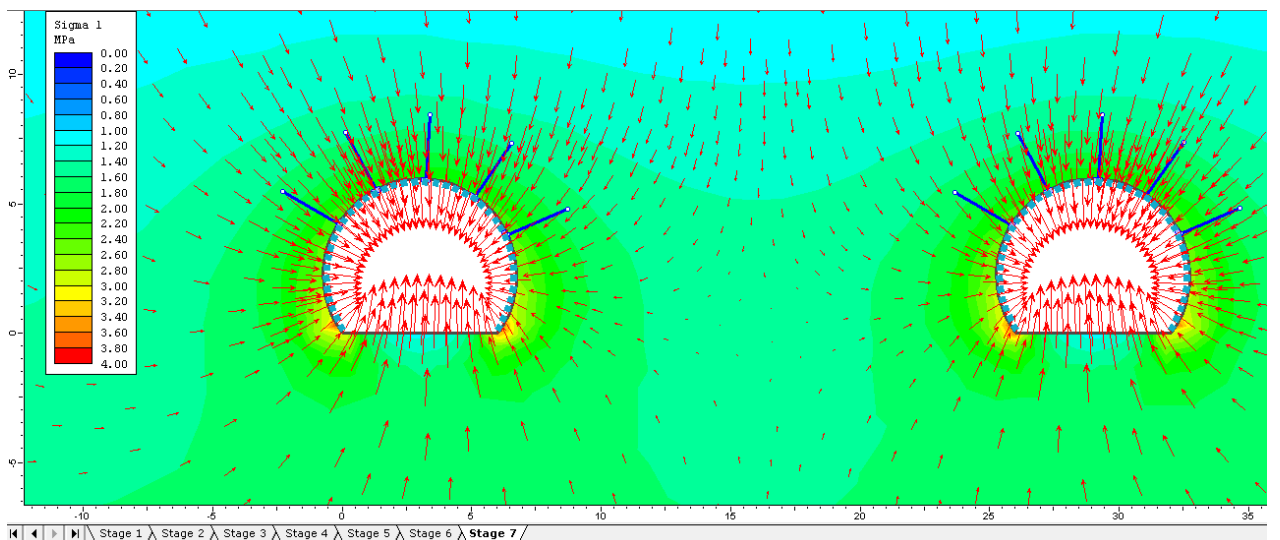
Εικόνα 62. Results for Total Displacements - Deformation Vectors

3. Αναφορικά με το αποτέλεσμα του μοντέλου για την αντοχή του πετρώματος μετά τη συνολική εκσκαφή το Strength Factor δίνει ικανοποιητικές τιμές και το εξής αποτέλεσμα.



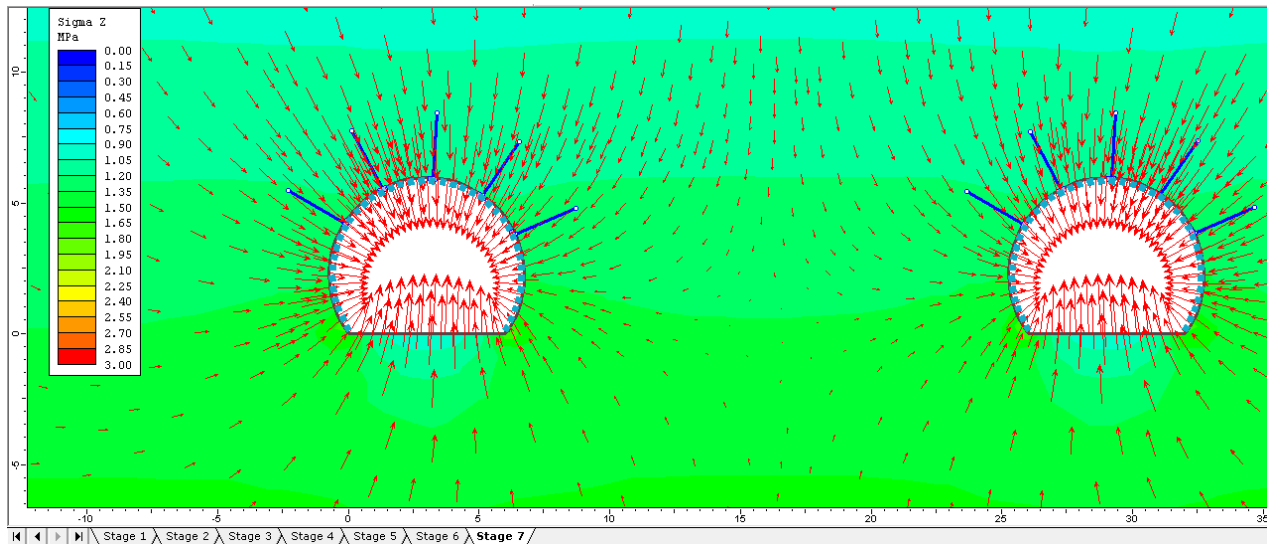
**Εικόνα 63. Results for Strength Factor - Final Stage**

4. Αναφορικά με το αποτέλεσμα του μοντέλου για τις υπάρχουσες τάσεις μετά την ολοκλήρωση της εκσκαφής και της υποστήριξης του πετρώματος το μοντέλο για τη  $\sigma_1$  δίνει το εξής αποτέλεσμα. Δηλαδή, δεν αναμένονται μεγάλες τάσεις ώστε να προκληθεί κάποιο πρόβλημα στην εκσκαφή, καθώς οι μέγιστες τάσεις που εντοπίζονται είναι 4 MPa κι αυτές στο δάπεδο της εκσκαφής. Είναι ελάχιστες, δηλαδή, και δεν αναμένεται να παρουσιάσουν κάποιο πρόβλημα στην κατασκευή.



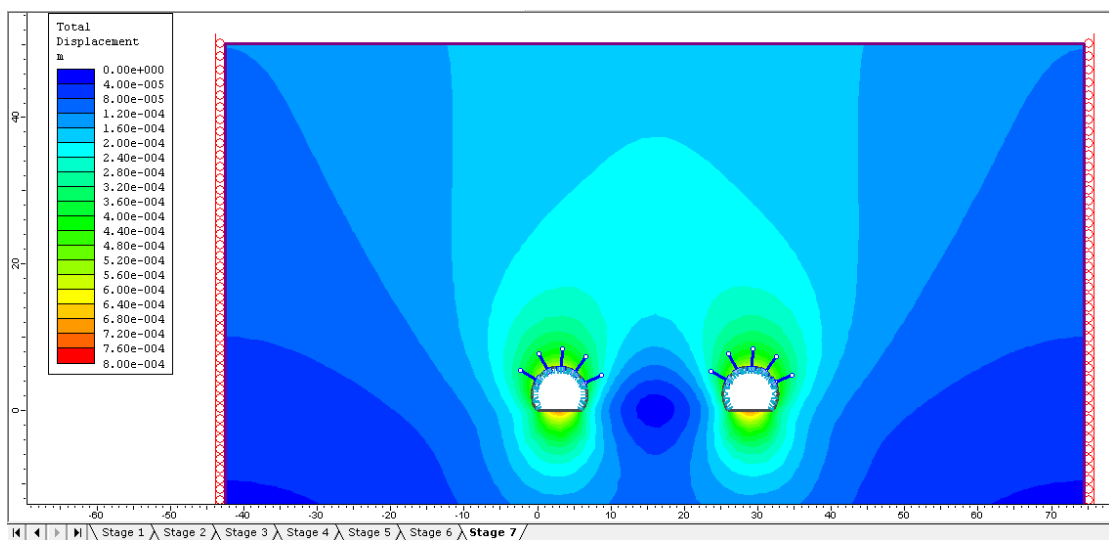
**Εικόνα 64. Results for Sigma1 - Final Stage**

Δίνεται αμέσως μετά και το τελικό μοντέλο με τις Sigma<sub>z</sub>, με μέγιστη την τιμή των 3 MPa στις γωνίες της εκσκαφής, όπου είναι και αναμενόμενο να παρουσιάζονται και πιο αυξημένες τιμές. Όμως και πάλι, είναι ελάχιστες οι τιμές.

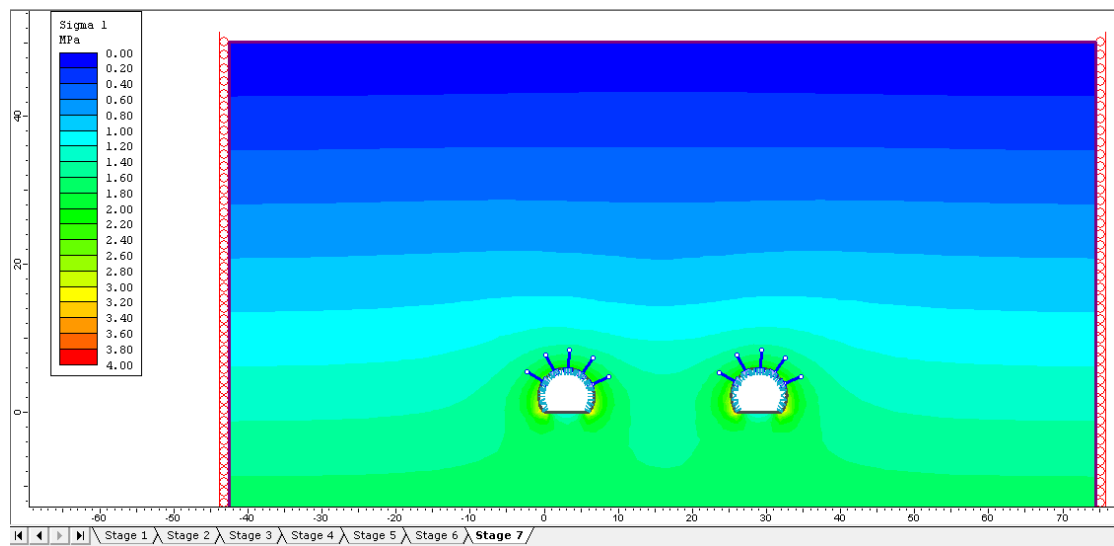


Εικόνα 65. Results for Sigma Z - Final Stage

- Επόμενο, πολύ σημαντικό στοιχείο είναι ότι η επιφάνεια δεν επηρεάζεται (ούτε από πλευράς τάσεων, ούτε από πλευράς παραμορφώσεων) σύμφωνα με τα αποτελέσματα του μοντέλου καθόλου από την εκσκαφή των δύο τομέων του υπόγειου οινοποιείου παρά τα μικρά υπερκείμενα που έχουμε και οι δύο εκσκαφές λειτουργούν ανεξάρτητα μεταξύ τους.



Εικόνα 66. Ολικές Μετακινήσεις και Επίδραση στην Επιφάνεια στο Στάδιο 7 της Εκσκαφής



**Εικόνα 67. Τάσεις και Επίδραση στην Επιφάνεια στο Στάδιο 7 της Εκσκαφής**

Συνολικά, λοιπόν, προκύπτει ότι το μοντέλο δουλεύει πολύ καλά και εφόσον δεν υπάρχουν τάσεις ή παραμορφώσεις με αυξημένες τιμές αυτό συνεπάγεται ότι τα μέτρα υποστήριξης που εφαρμόστηκαν είναι αρκετά.

Θεωρητικά, το μοντέλο δε θα είχε κάποιο πρόβλημα υποστήριξη ή τάσεων και παραμορφώσεων, ακόμη και χωρίς την τοποθέτηση των αγκυριών. Όμως, κρίνονται απαραίτητη η τοποθέτησή τους περιστασιακά και τοπικά όπου χρειάζεται για τα επισφαλή τεμάχια του πετρώματος κατά τη διάνοιξη, ώστε να μην έχουμε ολισθήσεις. Μάλιστα, όπως φαίνεται και στο μοντέλο οι κοχλίες εφαρμόζονται στην περιοχή του θόλου της εκσκαφής.

Πρέπει να επισημανθεί ξανά, τέλος, ότι έγινε πυκνότερη διακριτοποίηση κοντά στις στοές/τομείς που εξορύσσονται, στη ζώνη ενδιάμεσα από αυτές τις δύο και στην επιφάνεια και στη ζώνη ανάμεσα στην επιφάνεια και τις δύο εκσκαφές, που αποτελούν και τα κύρια σημεία μελέτης, καθώς εκεί πρέπει να μετρηθούν οι μετακινήσεις και εκεί αναμενόταν να είναι και τα δυσμενέστερα σημεία, όπου απαιτείται και μεγαλύτερη ακρίβεια.

Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε ούτε μετά την πύκνωση κάποια δυσμενής τιμή, ώστε να χρειαστεί αναθεώρηση των μέτρων υποστήριξης ή της διατομής.

### **8.7.2 Συμπεράσματα Συνολικά για το Υπόγειο Οινοποιείο**

Συνολικά για το υπόγειο οινοποιείο είναι μία κατασκευή και ένα έργο, όπως αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, που μπορεί να προσφέρει πολύ ποιοτικό κρασί και εξοικονόμηση στα λειτουργικά κόστη ενός οινοποιείου.

Επιπλέον, το υπόγειο οινοποιείο είναι μία πρωτότυπη κατασκευή που αν και έχει ήδη κατασκευαστεί στο εξωτερικό σε πολλές χώρες με τις πλέον γνωστές να είναι στην Αμερική στην Καλιφόρνια και συγκεκριμένα στη Napa Valley, στη Μολδαβία στο Milestii Mici και στη Γαλλία κυρίως σε οινοποιεία που ασχολούνται και με την παραγωγή αφρώδους οίνου. Όλα, όμως, τα οινοποιεία που το έχουν επιλέξει έχουν ως κοινό σημείο αναφοράς είναι η ποιότητα. Γεγονός που δικαιολογεί και την επιλογή μίας τόσο ακριβής κατασκευής σε σχέση με μία επιφανειακή κατασκευή για το οινοποιείο.

Ένα υπόγειο οινοποιείο πέρα από τη λειτουργικότητά του ως προς την οινοποίηση και την ωρίμανση των κρασιών, έχει το πλεονέκτημα ότι αποτελεί και ένα πόλο έλξης για τον τουρισμό και για τη διοργάνωση events. Με άλλα λόγια, πέρα από το κέρδος που μπορεί να αποφέρει με την ποιοτική παραγωγή οίνου, μπορεί να εξασφαλίσει επιπλέον έσοδα για το οινοποιείο.

Στην Ελλάδα, παραδείγματα υπόγειων οινοποιείων απαντώνται στη Σαντορίνη με τα υπόσκαφα οινοποιεία της, που είναι ευρύτερα γνωστά και ως Κάναβες ή Κανάβες. Τα υπόγεια οινοποιεία του εκσκάπτονται σε αρκετά μεγαλύτερο βάθος.

Επομένως, θα είχε ιδιαίτερο ενδιαφέρον να κατασκευαστεί και ένα υπόγειο οινοποιείο με μεγαλύτερο βάθος και στην Ελλάδα και αν δεν μπορεί οικονομικά να επιλεχθεί από ένα οινοποιείο μικρού μεγέθους, μπορεί να κατασκευαστεί και να χρησιμοποιείται από κοινού από περισσότερα από ένα οινοποιεία. Έτσι, θα μοιράζονται τόσο το χώρο όσο και τα κόστη αυτού.

# 9 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

**Παράρτημα Α.** Γενικοί Ορισμοί

**Παράρτημα Β.** Πίνακας Εικόνων

**Παράρτημα Β.** Πίνακας Διαγραμμάτων

**Παράρτημα Δ.** Πίνακας Γραφημάτων

**Παράρτημα Ε.** Σχέδια – Μεγαλύτερη Μεγέθυνση



## **A. Γενικοί Ορισμοί**

Προκειμένου να γίνουν περισσότερο κατανοητές οι έννοιες που θα χρησιμοποιούνται στο πλαίσιο αυτής της εργασίας είναι χρήσιμο να αναφερθούν και να εξηγηθούν παρακάτω αναλυτικά κάποιες από αυτές.

**Άγονα και Υπερκείμενα:** Τα δίχως οικονομική σημασία πετρώματα που βρίσκονται στην εγγύς του κοιτάσματος περιοχή. Πιο συγκεκριμένα, άγονα είναι τα χαμηλής ποιότητας τμήματα του κοιτάσματος, τα οποία δεν συμφέρει οικονομικά να επεξεργαστούν μετά την εξόρυξή τους. Ενώ, υπερκείμενα είναι τα άγονα υλικά που υπέρκεινται του κοιτάσματος και θα πρέπει να απομακρύνονται πριν την έναρξη των εργασιών της εκμετάλλευσης (Μενεγάκη, 2010).

**Αδρανή Υλικά:** Ως αδρανή υλικά καλούνται το σύνολο των άμμων, χαλικιών, θραυστών λίθων, σκωριών και άλλων παρόμοιων υλικών ανόργανης σύστασης, φυσικής ή τεχνητής προέλευσης, τα οποία όταν συνδυάζονται με κάποιο συγκολλητικό μέσο, όπως είναι το τσιμέντο ή η ασφάλτος, σχηματίζονται μίγματα όπως σκυροκονιάματα, ασφατικά σκυροδέματα και σκυρωτά οδοστρώματα ή και αυτούσια (για παράδειγμα τα έρματα σιδηροδρομικών γραμμών). Πρέπει να σημειωθεί ότι αυτά ονομάζονται αδρανή γιατί η πλειονότητά τους δεν αντιδρά χημικά με τις διάφορες συγκολλητικές ύλες.

Η πλειονότητα των αδρανών υλικών προέρχεται είτε από τη θραύση κατάλληλων πετρωμάτων, τα οποία είναι κατά κύριο λόγο ασβεστολιθικά, είτε από φυσικές αποθέσεις ποταμών, χειμάρρων, θαλάσσης, οι οποίες είναι μίγμα ασβεστολιθικών, ψαμμιτικών και γρανιτικών πετρωμάτων, με ή χωρίς θραύση.

Οι χρήσεις των αδρανών είναι πολυάριθμες. Η κυριότερη είναι αυτή για παραγωγή ασφάλτου, καθώς το 90% του περιεχομένου της ασφάλτου είναι αδρανή. Δεύτερη έρχεται η παραγωγή τσιμέντου, όπου έχουμε συμμετοχή των αδρανών υλικών κατά 80% (Μενεγάκη, 2010).

**Αερισμός:** Η απαγωγή των αερίων της ανατίναξης και του αεροφερόμενου κονιορτού (σκόνης), ώστε να επιτευχθεί η βελτίωση της ποιότητας του αέρα στο μέτωπο της εκσκαφής (Μπενάρδος, 2014). Γενικά, διακρίνονται δύο κύρια είδη αερισμού: ο κύριος ή πρωτεύων αερισμός και ο βοηθητικός ή δευτερεύων αερισμός. Ο κύριος αερισμός μπορεί να εξασφαλιστεί είτε με φυσικό αερισμό είτε με μηχανικό αερισμό. Ο βοηθητικός αερισμός αφορά στον αερισμό των στοών ή τμημάτων που δεν διαρρέονται από τα κύρια ρεύματα του αέρα και απαιτούν πρόσθετη πηγή πίεσεως, δηλαδή τη χρησιμοποίηση κατάλληλου εξοπλισμού, κυρίως ανεμιστήρων και αεραγωγών (Οικονομόπουλος, 2002).

**Ανωδομή:** Ανωδομή είναι το σύνολο των κατασκευών που συγκροτούν ένα κτίσμα πάνω από την τελική στάθμη έδρασής του (Αθανασόπουλος, 2010).

**Αποκομιδή:** Είναι η διαδικασία απομάκρυνσης των προϊόντων της ανατίναξης, δηλαδή του θραυσμένου υλικού, από την περιοχή του μετώπου προς την επιφάνεια (Μπενάρδος, 2014).

**Άρρηκτο ή Συμπαγές ή Ακέραιο Πέτρωμα (intact rock):** Πρόκειται για ένα εξιδανικευμένο τμήμα φυσικού υλικού που δεν εμπεριέχει φυσικές ατέλειες στη δομή του και θεωρείται ένα συνεχές, ομογενές και ισότροπο υλικό αναφορικά με τις μηχανικές και φυσικές του ιδιότητες. Οι ιδιότητες του άρρηκτου πετρώματος προσδιορίζονται με εργαστηριακές δοκιμές (Αγιουτάντης, 2010).

**Ασυνέχεια (discontinuity):** Η ασυνέχεια αναφέρεται στους διάφορους τύπους επιφανειών αδυναμίας, οι οποίες είναι δυνατό να προέλθουν από κάθε μηχανική διακοπή στη συνέχεια του πετρώματος ή τη διαταραχή ομοιογένειας και ισοτροπίας του πετρώματος. Οι μικροσκοπικές και μακροσκοπικές ασυνέχειες που διακρίνουν ένα πέτρωμα προέρχονται από γενετικές και επιγενετικές επιδράσεις στο πέτρωμα, που οφείλονται: στις συνθήκες σχηματισμού των διαφόρων πετρωμάτων, στις τεκτονικές, βαρυτικές και άλλου είδους δυνάμεις, καθώς και ανάμεσα στους υπόλοιπους παράγοντες και στις διεργασίες διάβρωσης και αποσάθρωσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα των τύπων ασυνεχειών αποτελούν τα ρήγματα (faults), οι διακλάσεις (joints), τα ασθενή επίπεδα διάστρωσης (weak bedding planes), οι μικρορωγματώσεις (microfractures), ο σχισμός (cleavage) και οι διατμηματικές ζώνες (shear zones) (Αγιουτάντης, 2010).

**Βαθμίδα (bench):** Η ενδιάμεση διατομή ή οι ενδιάμεσες διατομές μεταξύ της άνω ημιδιατομής και του ανάστροφου τόξου κατά την εκσκαφή μίας σήραγγας σε οριζόντια κλιμακωτά στάδια (ΕΛΟΤ, 2009).

**Βήμα προχώρησης (step, round):** Είναι το μήκος προχώρησης της διάνοιξης είτε πρόκειται για κάθε τμηματικό επιμέρους μέτωπο, είτε ακόμη και για ολόκληρη τη διατομή (ΕΛΟΤ, 2009).

**Βραχόμαζα ή Μάζα του Πετρώματος (rock mass):** Αποτελεί τμήμα φυσικού υλικού, που περιλαμβάνει κάθε δομική ατέλεια που το χαρακτηρίζουν. Στα τεχνικά έργα, το ενδιαφέρον επικεντρώνεται στον πληρέστερο προσδιορισμό της μηχανικής συμπεριφοράς του φέροντος υλικού, που αποτελεί τη μάζα του πετρώματος. Ο προσδιορισμός της βραχόμαζας επιτυγχάνεται άμεσα παρά μόνο με επί τόπου δοκιμές. Αυτές χρειάζονται ειδικό εξοπλισμό και παρουσιάζουν μεγαλύτερο βαθμό δυσκολίας συγκριτικά με την εκτέλεση των εργαστηριακών δοκιμών (Αγιουτάντης, 2010).

**Γεωτεχνική Παρακολούθηση:** Η παρακολούθηση της βραχόμαζας μπορεί να διεξάγεται οπτικά ή με τη χρήση οργάνων. Αν και με τις μετρητικές συσκευές είναι δυνατό να μετρηθούν πολλές μεταβλητές, ωστόσο δύο βασικές φυσικές αποκρίσεις είναι δυνατό να μετρηθούν άμεσα με την υπάρχουσα σύγχρονη τεχνολογία: η μετατόπιση και η πίεση. Ας σημειωθεί, ακόμη, ότι κάθε ενόργανο σύστημα που χρησιμοποιείται για να παρακολουθήσει μία ορισμένη μεταβλητή, αποτελείται από τα εξής (Σοφιανός, 2011):

- ◆ **ένα αισθητήρα:** ο οποίος θα αποκρίνεται στις αλλαγές της μεταβλητής υπό παρακολούθηση,
- ◆ **ένα σύστημα διαβίβασης:** το οποίο χρησιμοποιεί ράβδους, ηλεκτρικά καλώδια, υδραυλικούς σωλήνες ή συσκευές ραδιοτηλεμετρίας και διαβιβάζει την έξοδο του αισθητήρα σε θέση ανάγνωσης,
- ◆ **μία μονάδα ανάγνωσης ή καταγραφής:** χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συσκευών είναι ο ωρολογιακός μετρητής, ο

μετρητής πίεσης, η ψηφιακή οθόνη ή το καταγραφικό μαγνητικών ταινιών. Αυτές οι μονάδες μετατρέπουν τα στοιχεία των μετρήσεων σε μία μορφή παρουσίασης προς χρήση (Σοφιανός, 2011).

**Γεωλικό ή Γεωμάζα (ground):** Κάθε φυσικό υλικό, στο οποίο είναι δυνατό να διανοίγεται μία σήραγγα και εμπεριέχει και τους δύο όρους του εδάφους και του βράχου (ΕΛΟΤ, 2009).

**Γόμωση:** Η διαδικασία τοποθέτησης των εκρηκτικών υλών εντός των διατρημάτων (Μπενάρδος, 2014).

**Διάτρηση:** Η όρυξη διατρημάτων ή οπών με ένα διατρητικό φορείο υπογείων από το μέτωπο εκσκαφής εντός της μάζας του πετρώματος, προκειμένου να τοποθετηθούν εκρηκτικά (Μπενάρδος, 2014).

**Έδαφος (soil):** Αποτελείται από στερεά σωματίδια ανάμεσα στα οποία υπάρχουν κενά που ονομάζονται *πόροι* και είναι δυνατόν να είναι πλήρη αέρα ή νερού. *Κορεσμένο έδαφος (saturated)* ονομάζεται αυτό του οποίου τα κενά είναι πλήρη με νερό. (Αγιουτάντης, 2010). Για τους μηχανικούς έδαφος αποτελεί οποιοδήποτε υλικό, το οποίο απομακρύνεται χωρίς τη χρήση εκρηκτικών. Τα βασικά συστατικά των εδαφών διαμορφώνονται από τις διεργασίες μεταξύ πετρωμάτων και του υδρολογικού κύκλου, από τις οποίες παράγονται αποσαθρωμένα υλικά-πετρώματα (Λέκκας, 1998).

Ωστόσο, η διάκριση ανάμεσα στα πετρώματα και τα εδάφη εξαρτάται από το βαθμό σύνδεσης των ορυκτών ή των οργανικών σωματιδίων που απαρτίζουν τα υλικά αυτά. Γεωϋλικά με πολύ καλή σύνδεση σωματιδίων ανήκουν στα πετρώματα, ενώ αυτά με ελάχιστη έως καθόλου σύνδεση, στην κατηγορία των εδαφών (Σοφιανός και Νομικός, 2008).

**Εξόρυξη**: Ως εξόρυξη πετρώματος ή άλλου φυσικού σχηματισμού ορίζεται η απόσπαση τεμαχίων πετρώματος από τη φυσική τους θέση. Η φάση της εξόρυξης ακολουθείται στις περισσότερες περιπτώσεις από τη φάση της αποκομιδής, δηλαδή της φόρτωσης, μεταφοράς και απόθεσης του εξορυγμένου υλικού (Αγιουτάντης, 2009).

**Εκτοξευόμενο Σκυρόδεμα**: Γνωστό και ως «shotcrete» ή «sprayed concrete» και αποτελεί μία ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδο υποστήριξης στις κατασκευές και στον εργοταξιακό χώρο. Χρησιμοποιείται ως προσωρινή ή μόνιμη υποστήριξη, ως επένδυση ή και υλικό επίχωσης ορυγμάτων. Συνήθως το εκτοξευόμενο σκυρόδεμα χρησιμοποιείται συνδυαστικά με τις ηλώσεις, για την επίτευξη της καλύτερης δυνατής υποστήριξης ή οπλισμού. Το εκτοξευόμενο μπορεί να ενισχυθεί επιπλέον με την προσθήκη στο σκυρόδεμα ινών χάλυβα (Matti, 1999).

**Εκρηκτικές Ύλες:** Εκρηκτική ύλη είναι μία χημική ουσία ή ένα μίγμα ουσιών, που όταν ενεργοποιηθεί θερμικώς υπό την επίδραση θερμότητας ή κρούσης, λόγω της θερμοδυναμικής αστάθειας που έχει στις συνθήκες που βρίσκεται υφίσταται μία ταχύτατη και αυτοδιαδιδόμενη με σταθερή ταχύτητα εξώθερμο αντίδραση, που καλείται *έκρηξη*. Η χημική ενέργεια της εκρηκτική ύλης μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια των προϊόντων της αντίδρασης, η οποία στη συνέχεια, ως μηχανική ενέργεια πλέον, μέσω της κρούσης και της άσκησης πίεσης προκαλεί τη θραύση του πετρώματος (Τσουτρέλης, 1997). Στην εξόρυξη των πετρωμάτων, οι εκρηκτικές ύλες θεωρούνται πηγή ενέργειας, που με την απελευθέρωσή της στη μάζα του πετρώματος που θα εξορυχθεί, παράγει έργο προκαλώντας την αστοχία - ρωγμάτωση του πετρώματος και την μετακίνησή του από το μέτωπο. Στο χώρο της εξόρυξης των πετρωμάτων, οι πλέον σύγχρονες και χρησιμοποιούμενες εκρηκτικές ύλες είναι το ANFO, οι υδρογέλες (watergels ή slurries) και τα εκρηκτικά γαλακτώματα (emulsions) (Παναγιώτου, 2014).

**Εργοτάξιο:** Αποτελεί τον ευρύτερο χώρο, μέσα στον οποίο συντελείται η εξόρυξη με τις αντίστοιχες εργασίες αποκόμισης και εναπόθεσης των προϊόντων που εξορύσσονται (Τερεζόπουλος, 2003), όπως επίσης και το σύνολο των απαιτούμενων εγκαταστάσεων και μέσων για την εκτέλεση μεγάλων τεχνικών έργων. Η οργάνωση ενός εργοταξίου σε ένα τεχνικό έργο, ή η εργοταξιακή διάταξη παραγωγής, διαμορφώνεται από το εκάστοτε είδος έργου με βάση την υπάρχουσα ζώνη διακίνησης και εναπόθεσης, καθώς και το βαθμό εκμηχάνισης του έργου υπό εξέταση (Κωστόπουλος, 2013). Γενικά, το μεταλλείο αποτελεί ένα εκτεταμένο εργοτάξιο (Τερεζόπουλος, 2003).

**Ήλοι ή Αγκύρια (bolts):** Μεταλλικές ράβδοι γενικά που τοποθετούνται στο πέτρωμα (Σοφιανός, 2011).

**Κάναβες:** Στην ιστορία και στον τουρισμό της Σαντορίνης μεγάλο ρόλο έχουν διαδραματίσει οι γνωστές σε όλους μας «Κάναβες της Σαντορίνης». Πρόκειται για υπόσκαφους χώρους παραγωγής και αποθήκευσης του κρασιού με τοξωτή είσοδο και θολωτή στέγη σε ορισμένες περιπτώσεις. Σήμερα οι περισσότερες από αυτές έχουν ανακαινισθεί και έχουν λάβει τη μορφή παραθεριστικών καταλυμάτων ή σε ενοικιαζόμενες κατοικίες (Μονιούδη-Γαβαλά, 2015).

**Κλίση Πρανούς:** Η γωνία ή η κλιτύς ενός πρανού με το οριζόντιο επίπεδο (Μενεγάκη, 2010).

**Κύκλος εργασιών (round):** Είναι η πλήρης σειρά των απαραίτητων εργασιών διάνοιξης, είτε πρόκειται για τη διάνοιξη ορισμένου τμηματικού μετώπου, είτε ακόμη και για ολόκληρη τη διατομή (ΕΛΟΤ, 2009).

**Μέτωπο Εκσκαφής (face):** Αποτελεί την εκάστοτε επιφάνεια του γεωλικού, από την οποία γίνεται η προσβολή αυτού για την εκσκαφή και είναι δυνατό να αναφέρεται σε όλη τη διατομή ή σε τμήματα αυτής (ΕΛΟΤ, 2009).

**Ξεσκάρωμα ή Απόσπαση Επισφαλών Όγκων:** Είναι η διαδικασία κατά την οποία αποσπώνται εκούσια και ελεγχόμενα επισφαλή και ασταθή τμήματα του πετρώματος από την περιοχή της οροφής, ούτως ώστε να εξασφαλιστεί η ασφάλεια και η αποφυγή της μη ελεγχόμενης πτώσης τους στο μέλλον (Μπενάρδος, 2014).



**Πέτρωμα:** Στη γεωλογία με τον όρο αυτόν ορίζεται κάθε φυσικά υπάρχον γεωυλικό. Ωστόσο, οι μηχανικοί διακρίνουν τα γεωυλικά σε δύο κατηγορίες, οι οποίες είναι τα πετρώματα, ή αλλιώς βράχοι, και τα εδάφη (Τσουτρέλης, 1985). Ουσιαστικά, το μηχανικό τον ενδιαφέρει η συμπεριφορά των πετρωμάτων κατά τη διάρκεια εκτέλεσης εργασιών, όπως για παράδειγμα σε μία εκσκαφή, γι' αυτό το λόγο και μελετά ιδιότητές τους, όπως είναι το πορώδες, οι ελαστικές σταθερές ενός υλικού, η ανισοτροπία, η ψαθυρότητα και η αντοχή του σε διάφορες καταπονήσεις (Αγιουτάντης, 2001).

**Σύστημα Ρηγμάτων:** Ρήγματα που παρουσιάζουν παρόμοια γεωμετρικά, κινηματικά, δυναμικά και χρονικά χαρακτηριστικά συνιστούν ένα σύστημα ρηγμάτων. Ωστόσο, όταν πρόκειται για δύο ή περισσότερα συστήματα ρηγμάτων, τα οποία εμφανίζονται σε μία περιοχή, αυτά δημιουργούν *σύνθετες τεκτονικές δομές* (Κράνης και Αντωνίου, 2003).

**Τελική Επένδυση (final lining):** Το δομικό σύστημα που έχει στόχο τη διασφάλιση της επιτελεστικότητας της σήραγγας για την τεχνική διάρκεια ζωής της (Σοφιανός, 2011).

**Τεχνική Διάρκεια Ζωής (design life):** Αποτελεί το χρόνο κατά τον οποίο η κατασκευή εκπληρώνει όλες τις απαιτήσεις επιτελεστικότητας (Σοφιανός, 2011).

**Υπόσκαφο Κτίριο:** το κτίριο ή τμήμα αυτού που κατασκευάζεται κάτω από την στάθμη του φυσικού εδάφους και παρουσιάζει μία ή περισσότερες ορατές όψεις. Έχει εφαρμοσθεί σε αρκετά μέρη ανά τον κόσμο αλλά ορισμένα από τα πιο όμορφα και εντυπωσιακά υπόσκαφα κτίρια εντοπίζονται στη Σαντορίνη, στα Μετέωρα, στη Γρανάδα της Ισπανίας, στην Καππαδοκία της Τουρκίας, στη Ματέρα της Ιταλίας, και στην Τυνησία (Λω, 2017).

**Υποστήριξη:** Αποτελεί τη διαδικασία κατά την οποία εφαρμόζονται τεχνητά μέτρα ενίσχυσης της αντοχής του πετρώματος και της οροφής. Επιτυγχάνεται κατά κύριο λόγο με την κοχλίωση της οροφής ή με εφαρμογή ξύλινων ή μεταλλικών πλαισίων που υποστηρίζουν τη διατομή του υπογείου έργου (Μπενάρδος, 2014).

**Φέρων Οργανισμός:** Είναι ο βασικός κορμός του κτιρίου που δέχεται τα ωφέλιμα και νεκρά φορτία της ανωδομής για να τα μεταφέρει στα θεμέλια (Αθανασόπουλος, 2010).

**Underground Wine Cave:** Πρόκειται για υπόγεια οινοποιεία. Η φράση «wine cave» προκύπτει από τη γαλλική λέξη “la cave” που σημαίνει κελάρι (cellar) (The Wine Cave NZ, 2019) ...

## **Β. Πίνακας Εικόνων**

Εικόνα 1. Villa Vals/ Christian Müller & Bjarne Mastenbroek , architects, Ελβετία (1/2) (Λω, 2017).....	20
Εικόνα 2. Vals/ Christian Müller & Bjarne Mastenbroek , architects, Ελβετία (2/2) (Λω, 2017). .....	20
Εικόνα 3.Ξενοδοχείο Klima / Matteo Thun & Partners ,architects, Bozen, Ιταλία (Λω, 2017). .....	20
Εικόνα 4. Σχέδιο υπόσκαφου κτιρίου ως παράδειγμα (Βλάχος, 2012) .....	21
Εικόνα 5. Σχέδιο υπόσκαφου κτιρίου ως παράδειγμα (Βλάχος, 2012) .....	21
Εικόνα 6. Παράδειγμα σχεδίου από υπόσκαφο κτίριο (Λω, 2017). .....	22
Εικόνα 7. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(1/6).....	24
Εικόνα 8. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(2/6).....	24
Εικόνα 9. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(3/6).....	25
Εικόνα 10. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(4/6).....	26
Εικόνα 11. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(5/6).....	26
Εικόνα 12. Secret Wine Cave Σαντορίνης—(6/6).....	27
Εικόνα 13. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη - Είσοδος(1/9).....	28
Εικόνα 14. Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη (2/9).....	29
Εικόνα 15. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη – Διάδρομοι (3/9).....	29
Εικόνα 16. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη - Αναπαραστάσεις(4/9) .....	30
Εικόνα 17.Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη - Αναπαραστάσεις από τις Φάσεις Παραγωγής του Οίνου (5/9) .....	30

Εικόνα 18. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη (6/9).....	31
Εικόνα 19. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη – Το Γραφείο του Ιδρυτή του Οινοποιείου (7/9).....	31
Εικόνα 20. Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη (8/9).....	32
Εικόνα 21.Υπόσκαφο Μουσείο Οίνου - Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου στη Σαντορίνη- Βαρέλια (9/9).....	32
Εικόνα 22. Υπόσκαφο Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη-Βαρέλια (1/4).....	33
Εικόνα 23. Υπόσκαφο Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη-Εμφιάλωση Μπουκαλιών (2/4).....	34
Εικόνα 24. Υπόσκαφο Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη-Βαρέλια και Αποθήκευση (3/4).....	34
Εικόνα 25. Οινοποιείο Χατζηδάκη στη Σαντορίνη Υπόσκαφο –Βαρέλια Παλαίωσης Κρασιού (4/4).....	35
Εικόνα 26. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό από τη φύλαξη φιαλών οίνου(1/9).....	36
Εικόνα 27. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Φιάλες οίνου (2/9).....	36
Εικόνα 28. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό από το χώρο δοκιμής του οίνου (3/9).....	37
Εικόνα 29. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό (4/9).....	37
Εικόνα 30. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εξωτερική Άποψη της Κατασκευής (5/9)	38
Εικόνα 31. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό από τη φύλαξη οίνου σε δεξαμενές (6/9).....	38
Εικόνα 32. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Η πόρτα Εισόδου προς το Οινοποιείο (7/9).....	39
Εικόνα 33. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό (8/9).....	39
Εικόνα 34. Υπόσκαφο Οινοποιείο Κωσταντάκης – Εσωτερικό – Στιγμιότυπο από τη Δοκιμή Οίνου (9/9).....	40
Εικόνα 35. Αμπελοκαλλιέργειες στο νησί της Σαντορίνης.....	51
Εικόνα 36. Γκρεμνώδες Ανάγλυφο της Σαντορίνης.....	51
Εικόνα 37. Συγκομιδή σε Αμπελώνα στη Σαντορίνη (Σιγάλας, 2020).....	53
Εικόνα 38. Επιλογή Θέσης Ανάπτυξης από Google Earth.....	54
Εικόνα 39. Επιλογή Θέσης Ανάπτυξης από Google Earth σε Μεγαλύτερη Μεγέθυνση ώστε να Φαίνονται και οι Κοντινοί Οικισμοί.....	55
Εικόνα 40. Χωροθέτηση Τοποθεσίας για το Υπόγειο Οινοποιείο.....	55
Εικόνα 41. Άποψη του Οικοπέδου 1.....	58
Εικόνα 42. Άποψη του Οικοπέδου 2.....	59
Εικόνα 43. Άποψη του Οικοπέδου 3.....	59
Εικόνα 44. Άποψη του Οικοπέδου 4- Επιφάνεια.....	60
Εικόνα 45. Απλοποιημένος Γεωλογικός Χάρτης της Σαντορίνης (Βουγιουκαλάκης, 1997). ..	65
Εικόνα 46. Χάρτης Ψηφιακού Αναγλύφου της Ευρύτερης Περιοχής του Αιγαίου, όπου σημειώνονται οι κύριες γεωδυναμικές γραμμές του Ελληνικού Τόξου, του Ηφαιστειακού Τόξου και του Ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας.....	68

Εικόνα 47. The Geological Strength Index (GSI): A characterization tool for assessing engineering properties of rock masses (Marinos et al, 2007).....	73
Εικόνα 48. Διαστάσεις Προσομοίωσης Βαρελιού.....	76
Εικόνα 49. Βαρέλια 500lt (Χρησταντώνης, 2019) .....	77
Εικόνα 50. Το Roadheader AM-105 της Voest-Alpine (Stroyteh, 2020). .....	99
Εικόνα 51. Χαρακτηριστικά του AM-105 Roadheader (Rostam et ali, 2003) .....	100
Εικόνα 53. (Barton, 1989).....	110
Εικόνα 54. Τύπος Υπολογισμός Q κατά Barton (1989) .....	111
Εικόνα 57. Μοντέλο Προσομοίωσης Διπλής Εκσκαφής .....	120
Εικόνα 58. Αρχικές Συνθήκες πριν από την Εκσκαφή .....	120
Εικόνα 59. Χαλάρωση Πετρώματος του Πρώτου Τομέα κατά την Εκσκαφή.....	121
Εικόνα 60. Διάνοιξη Πρώτου Τομέα.....	121
Εικόνα 61. Υποστήριξη του Πρώτου Τομέα .....	122
Εικόνα 62. Χαλάρωση Πετρώματος κατά την Εκσκαφή του Δεύτερου Τομέα.....	122
Εικόνα 63. Διάνοιξη του Δεύτερου Τομέα .....	123
Εικόνα 64. Υποστήριξη του Δεύτερου Τομέα.....	123
Εικόνα 67. Results for Total Displacements - Deformation Vectors .....	126
Εικόνα 68. Results for Strength Factor - Final Stage .....	127
Εικόνα 69. Results for Sigma1 - Final Stage.....	127
Εικόνα 70. Results for Sigma Z - Final Stage .....	128
Εικόνα 71. Ολικές Μετακινήσεις και Επίδραση στην Επιφάνεια στο Στάδιο 7 της Εκσκαφής .....	128
Εικόνα 72. Τάσεις και Επίδραση στην Επιφάνεια στο Στάδιο 7 της Εκσκαφής .....	129
Εικόνα 73. Σύντομη Παρουσίαση της Διαδικασίας Παραγωγής Οίνου .....	155

## Γ. Πίνακας Διαγραμμάτων

Διάγραμμα 1. Συνοπτική Παρουσίαση Διαδικασίας Παραγωγής Οίνου. (Σταματάκη, 2020)	43
Διάγραμμα 2. Διάγραμμα Επιλογής Ευρύτερης Περιοχής με τις Περιοχές (Καψιμάλη, 2012)	56
.....	
Διάγραμμα 3. Το Ανωτέρω Διάγραμμα σε Μεγέθυνση.....	57
Διάγραμμα 4. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά του Roadheader AM-105 της Voest-Alpine (Rostami et al, 1994). ....	101
Διάγραμμα 5. RMR Ταξινόμηση για τη Βραχομάζα (Bieniawski, 1989).....	107
Διάγραμμα 6. Επιλογή Μέτρων Υποστήριξης σε Σήραγγα Πεταλοειδούς Διατομής, Εύρους 10 m (Bieniawski,1989 ) .....	108
Διάγραμμα 7. Προτάσεις Μόνιμης Επένδυσης βάσει των τιμών του Q και του λόγου άνοιγμα/ESR.....	110

## Γ. Πίνακας Γραφημάτων

Γράφημα 1. Κάτοψη Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Οίνου- Επιλογή 1.....	79
Γράφημα 2. Κάτοψη Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Οίνου- Επιλογή 2.....	82
Γράφημα 3. Κάτοψη Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Οίνου- Επιλογή 3.....	84
Γράφημα 4. Τελική Επιλογή Κάτοψης Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης του Οίνου .....	88
Γράφημα 5. Αρχική Επιλογή Διατομών Εκσκαφής.....	89
Γράφημα 6. Αναθεωρημένη Τελική Διατομή Εκσκαφής .....	90
Γράφημα 7. Γεωμετρικά Χαρακτηριστικά ενός Τομέα Διάνοιξης στην Αναθεωρημένη Διατομή Εκσκαφής .....	91
Γράφημα 8. Αναθεωρημένη Κάτοψη του Υπόγειου Οινοποιείου .....	92

## **Δ. Σχέδια - Μεγαλύτερη Μεγέθυνση**

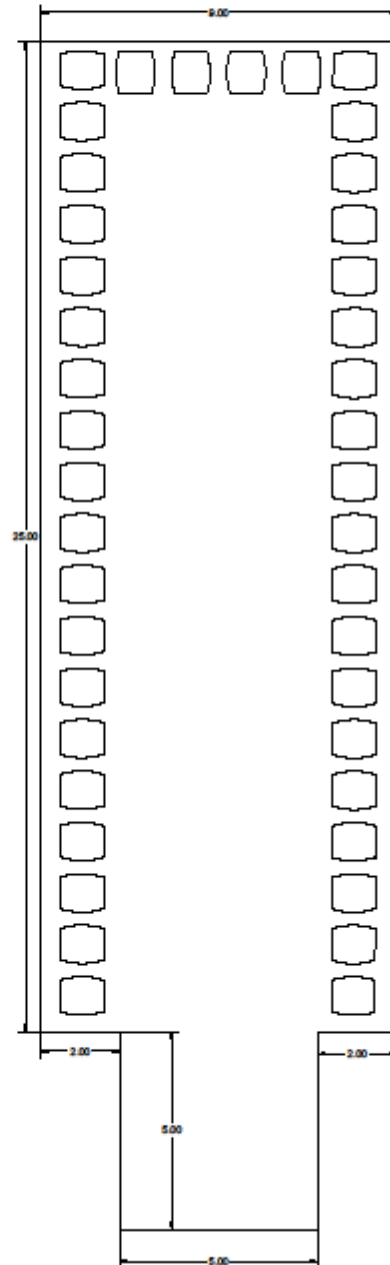


Σχέδιο Κάτοψης –Plan A

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

# Plan A

Για 40-42 βαρέλια των 500lt



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

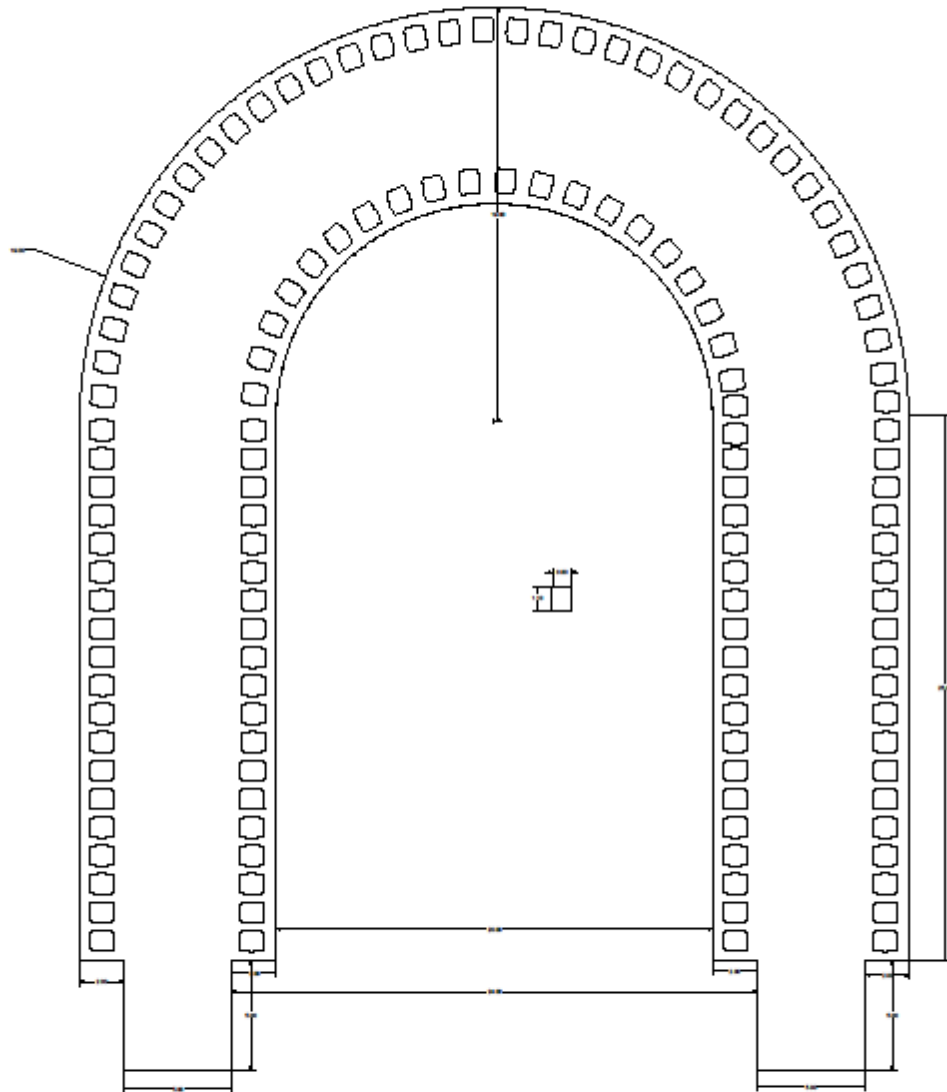
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Σχέδιο Κάτοψης –Plan B

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Για 120-133 βαρέλια των 225 lt

# Plan B

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

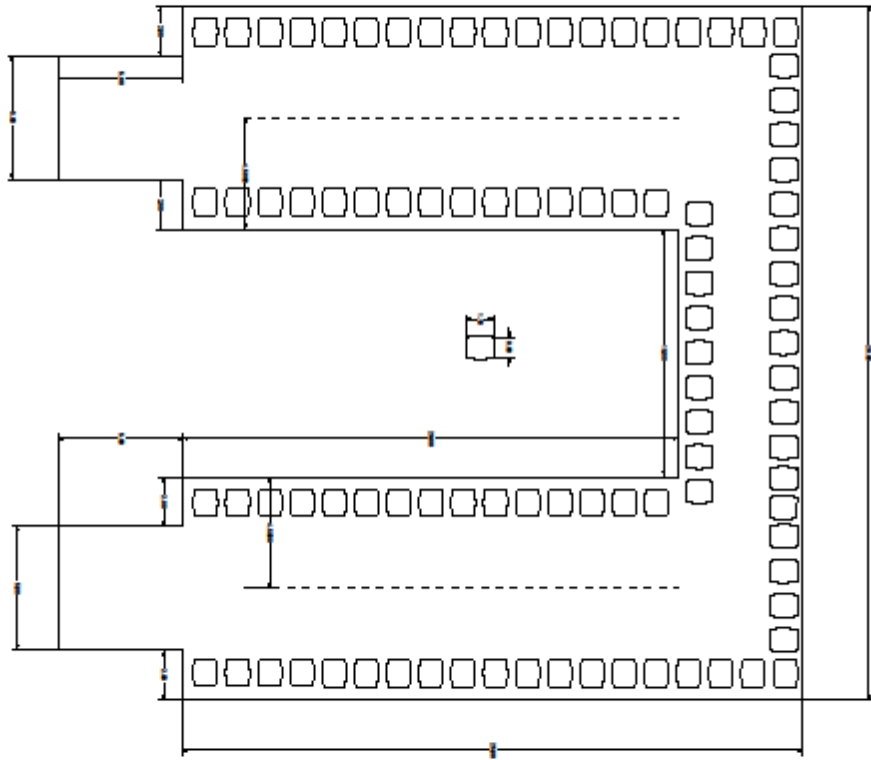
Σχέδιο Κάτοψης –Plan C

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Plan C

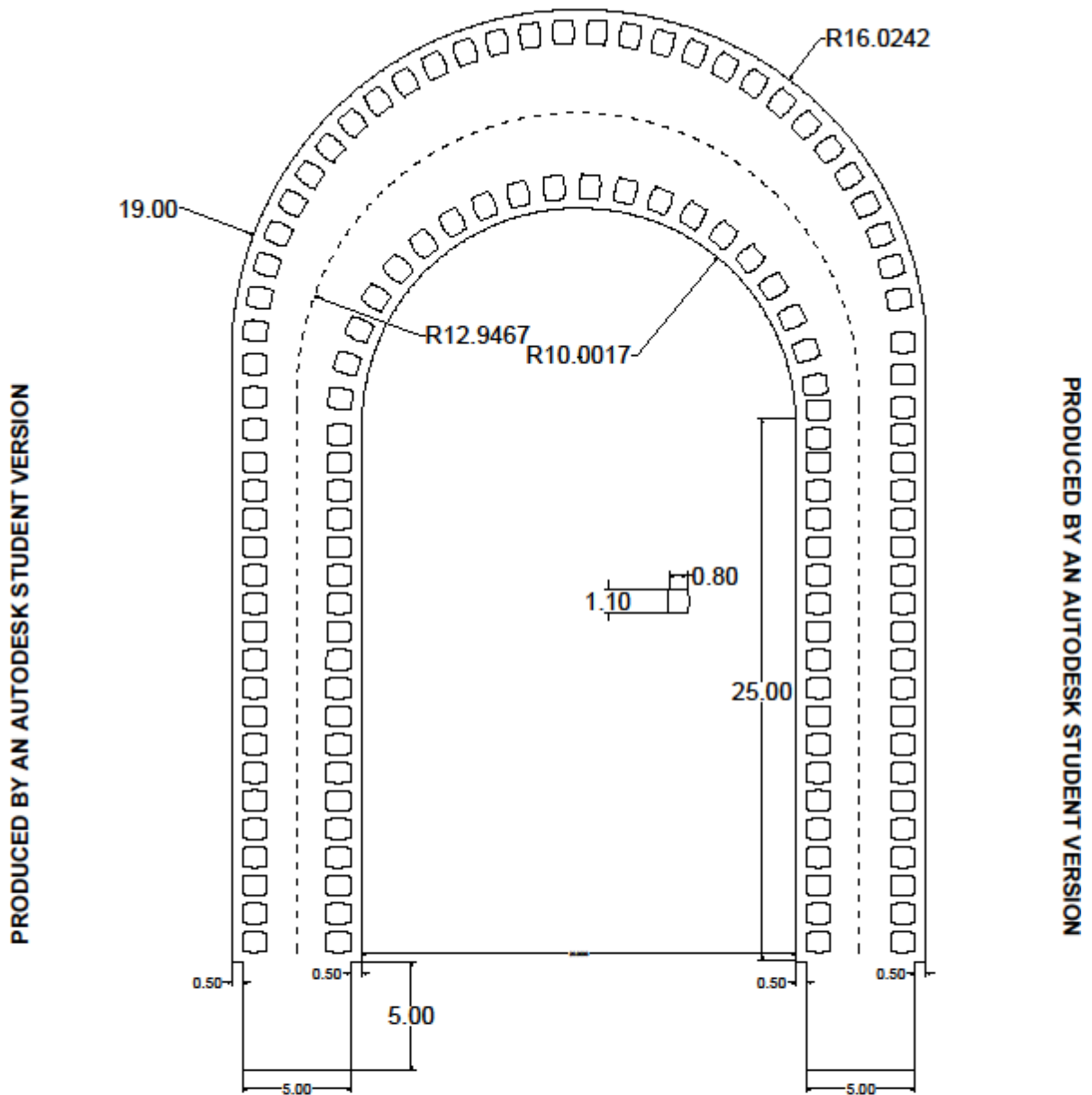
Το 95% διατίθεται δωρεάν για προσωπική και εκπαιδευτική χρήση. Για περισσότερες πληροφορίες, επισκεφθείτε την ιστοσελίδα μας στο [www.autodesk.com/education/eflw/](http://www.autodesk.com/education/eflw/)



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Σχέδιο Κάτοψης –Plan B – Αναθεωρημένο και Τελικό  
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



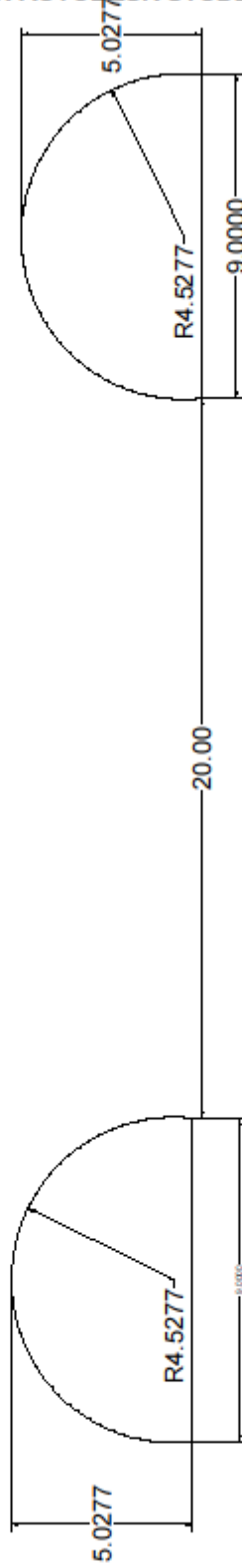
Για 134 -200 βαρέλια των 225 lt

Plan B

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Σχέδιο Διατομών Εκκαφής – Αρχική Επιλογή  
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

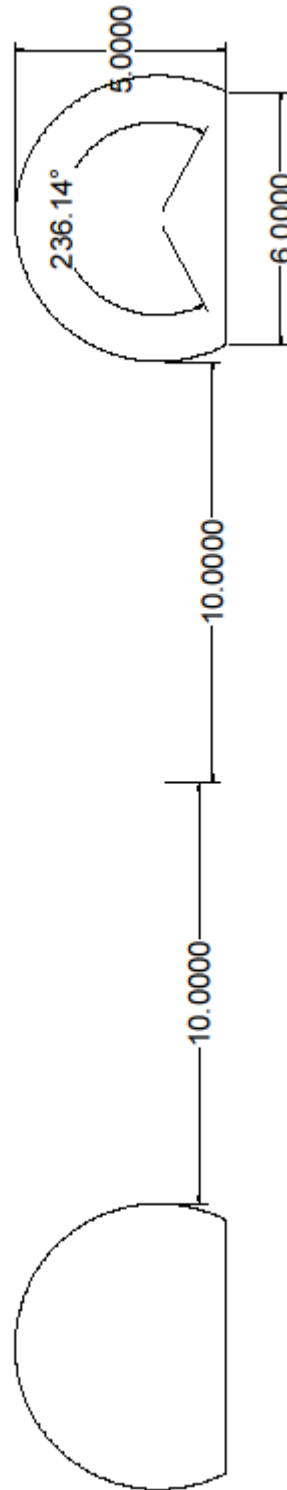


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

Σχέδιο Διατομών Εκσκαφής – Αναθεωρημένο και Τελικό  
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION



Εικόνα 68. Σύνοψη Παρουσίαση της Διαδικασίας Παραγωγής Οίνου

# 10 ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Αγιουτάντης, Ζ (2001) *Στοιχεία Γεωμηχανικής: Μηχανική Πετρωμάτων*, Χανιά, Εκδόσεις Ίων
2. Αγιουτάντης, Ζ (2009) *Στοιχεία Διάτρησης και Ανατίναξης*, Χανιά, Εκδόσεις Ίων
3. Αγιουτάντης, Ζ (2010) *Στοιχεία Γεωμηχανικής: Μηχανική Πετρωμάτων*, Χανιά, Εκδόσεις Ίων
4. Αθανασόπουλος, Χ (2010) *Κατασκευή Κτιρίων - Σύθεση και Τεχνολογία*, Ζ' έκδοση, Εκδόσεις Δίαυλος, Αθήνα, p.25
5. Αθανασόπουλος Σ., Παπαβασιλείου Σ., Διπλωματική Εργασία «Υπόγειο Αποθηκευτικό-Εκθεσιακό Κέντρο Οίνου στα Μεσόγεια Αττικής», Τμήμα Μηχ. Μεταλλείων-Μεταλλουργών, 2008



6. Βλάχος, Χ (2012) «Υπόσκαφα Κτίρια – Cave Houses», Διαθέσιμο σε: <https://www.kea-estate.gr/mobile/el/cavehouses> (Επίσκεψη σελίδας στις: 29/08/2020)
7. Βουγιουκαλάκης, Γ (1997) *Απλοποιημένος Γεωλογικός Χάρτης Σαντορίνης*, ΙΓΜΕ, Αθήνα, Διαθέσιμο σε : <https://bityl.co/3nSr> (Πρόσβαση στις: 8/6/2019)
8. Βοτρίτης (2019) «Αυτά είναι 11 από τα πιο ασυνήθιστα οινοποιεία στον κόσμο», *Οίνος*, 3 Φεβρουαρίου, Διαθέσιμο σε: <http://www.krasiagr.com/ta-11-pio-asinithista-oinoroieia-ston-kosmo/> (Επίσκεψη σελίδας στις: 24/08/2020)
9. Ήλευθερίου, Α, Σοφίας, Γ (1984). *Γεωτεχνική Αναγνώριση Ευστάθειας Πρανών στην Καλντέρα της Νήσου Σαντορίνης*, ΙΓΜΕ, Αθήνα
10. ΕΛΟΤ (2009) *Ελληνική Τεχνική Προδιαγραφή: Δοκοί Προπορείας Σηράγγων Ελαφρού Τύπου-Hellenic Technical Specification: Light Forepoling and Spiling*, ΕΛΟΤ ΤΟ 1501-12-03-06-00: 2009, Αθήνα: Εκδόσεις Ελληνικός Οργανισμός Τυποποίησης Α.Ε.
11. Ζαβερδινός, Μ (2011) *Εξέταση των δυνατοτήτων επέκτασης του υπόγειου χώρου διάθεσης επικίνδυνων αποβλήτων στο χώρο του Τεχνολογικού Πολιτιστικού πάρκου Λαυρίου*, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλειολόγων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
12. Καββαδάς, Μ. (2005). *Διάνοιξη Σηράγγων με τη Μέθοδο NATM*, Σημειώσεις Σχεδιασμού υπογείων Έργων, Κεφάλαιο 5, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, , σελ. 1–15

13. Καπιωτά, Α, Μανωλακάκη, Φ, Νάσση, Μ, Ντούνη, Ε, Θεοδωρέλου, Α, Πετρουλάκη, Ι, Σταυροπούλου, Κ, Μάμαλη, Μ, Καραθανάσης, Γ, Ζηνέλης, Χ, Bravaglieri, S, Fara, E (2016) *Κατάλογος Παραδοσιακών Οικισμών: Φήρα-Κοντοχώρι Θήρας*, Εργασία για το Μάθημα: «Αρχιτεκτονική Ανάλυση Παραδοσιακών Κτηρίων και Συνόλων», Σχολή Αρχιτεκτόνων – Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, Διαθέσιμο σε: <http://5a.arch.ntua.gr/project/12817> (Πρόσβαση στις: 10/10/2020).
14. 1. Κατσένης, Η (2012) *Θαλάσσια Γεωλογική Δομή και Σεισμική Στρωματογραφία της Καλδέρας της Σαντορίνης*, Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα
15. 2. Καψιμάλη, Μ-Α (2012) *Οινοποιείο στη Σαντορίνη με Δυνατότητα Κατοίκησης και Παρακολούθησης της Διαδικασίας Παραγωγής*, Τομέας Αρχιτεκτονικού Σχεδιασμού, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα Διαθέσιμο σε: <https://bit.ly.co/3hmc> (Πρόσβαση στις: 02/9/2020)
16. ΚΜΛΕ (2011) *Κανονισμός Μεταλλευτικών και Λατομικών Εργασιών ΥΑ 2223 ΦΕΚ 1227 14/06/11*, Αθήνα: Εκδόσεις Σύνδεσμος Μεταλλευτικών Επιχειρήσεων
17. Κοτσερίδης Γ., *Σημειώσεις του μαθήματος «Οιολογία Ι»*, Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων & Διατροφής του Ανθρώπου, Διεύθυνση Οιολογίας, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2006, Αθήνα

18. Κουζέλης, Ν (2019) "Santorini: Island Guide 2019-2020", Travel and Tourism, Issue 12, Αθήνα
19. Κούκης, Γ, Σαμπατακάκης, Ν (2002) *Τεχνική Γεωλογία*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπασωτηρίου
20. Κουλάκογλου, Ν (2013) *Ανάλυση Σχεδιασμού και Κατασκευής Υπόγειου Χώρου Αποθήκευσης Κρασιού*, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών, Τομέας Γεωτεχνολογίας, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
21. Κράνης, Χ, Αντωνίου, Β (2003) *Γεωλογικοί Χάρτες-Μέρος Α: Βασικές Έννοιες και Στοιχειώδεις Δομές*, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Εργαστήριο Τεκτονικής και Γεωλογικών Χαρτογραφήσεων
22. Κωσταντάκης, Κ (2020) *Kostadakis Winery: Our Story*, Διαθέσιμο σε: <https://kostantakiswinery.com/> (Πρόσβαση στις: 02/9/2020)
23. Κωστόπουλος, Σ (2013) *Σήραγγες: Κατασκευαστική Τεχνική, Υπολογιστική Διερεύνηση, Συμβασιακά Θέματα*, Αθήνα: Εκδοτικός Όμιλος Ίων
24. Λέκκας, Ε (1998) *Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον*, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας-Σχολή Θετικών Επιστημών, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

25. Λω, Α (2017) «Υπόσκαφο Κτίριο: Τι Είναι και Ποια η Σημασία του στη Σύγχρονη Αρχιτεκτονική»; Αλήθεια, 23 Οκτωβρίου, Διαθέσιμο σε : <https://www.alithia.gr/magazine/perivallon/yposkafo-ktirio> (Επίσκεψη σελίδας στις: 23/08/2020)
26. Μανουσάκη-Ορφανουδάκη, Α (2005) *Ορυκτολογία: Συστηματική-Οπτική*, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Γεωλογικών Επιστημών
27. Μενεγάκη, Μ (2010) *Σημειώσεις του Μαθήματος: Σχεδιασμός Υπαίθριων Εκμεταλλεύσεων*, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών
28. Μονιούδη-Γαβαλά, Δ (2015) *Η Ελληνική Πόλη από τον Ιππόδαμο στον Κλεάνθη: Οικιστικά Σύνολα του Παρελθόντος μέσα σε Σύγχρονα Αστικά Τοπία – Πρόσληψη και Διαχείριση*, [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα:Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών. Διαθέσιμο στο: <http://hdl.handle.net/11419/2927>
29. Μπενάρδος, Α (2014) *Μέθοδοι Υπόγειας Εκμετάλλευσης: Ελληνικές Εκμεταλλεύσεις*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών

30. Μπενάρδος, Α, Καλιαμπάκος, Δ (2010) *Υπόγεια Έργα*, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών
31. Μποσκαΐνος, Δ (2018) *Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης της Νήσου Θήρας (Σαντορίνης) για την περίπτωση σεισμού, με τη Μεθοδολογία Εξέτασης της Λειτουργίας της, ως Ανοικτό και Κλειστό Σύστημα*, Μεταπτυχιακή Εργασία, ΠΜΣ: Εφαρμοσμένης Γεωγραφίας και Διαχείριση του Χώρου, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα
32. Ξένιος, Ζ, Παναγάκης, Μ (2012) *Διερεύνησης των Δυνατοτήτων Ανάπτυξης και Χρήσης Υπόγειων Χώρων Αποθήκευσης Κέντρων Ψύξης Προϊόντων*, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλειολόγων, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα
33. Οικονομόπουλος, Ι (2002) *Ο Αερισμός των Μεταλλείων*, Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
34. Παναγιώτου, Γ (2014) *Σημειώσεις του Μαθήματος: Εξόρυξη Ι: Εξόρυξη των Πετρωμάτων με Εκρηκτικές Ύλες*, Αθήνα, Εκδόσεις: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

35. Πίττας, Γ (2019) «Οινοποιείο Χατζηδάκη», Greek Guide Gastronomy, Διαθέσιμο σε: <https://www.greekgastronomyguide.gr/item/oinopoiio-xatzidakis-santorini/> (Επίσκεψη σελίδας στις: 24/08/2020)
36. Πολίτης, Α (2005) *Εκτίμηση Εναλλακτικού Κόστους Κατασκευής Υπόγειου Αποθηκευτικού Χώρου*, Αθήνα
37. Σιγάλας (2012) *Οινοποιείο Σιγάλας: Εξελίσσοντας την Παράδοση*, Σαντορίνη, Διαθέσιμο σε: <https://bitly.co/4Wkl> (Πρόσβαση στις 05/11/2020)
38. 1. Σολδάτος, Τ (2020) *Ηφαιστειολογία, Σημειώσεις του Μαθήματος της Ηφαιστειολογίας, Τομέας Ορυκτολογίας – Πετρολογίας – Κοιτασματολογίας*, Τμήμα Γεωλογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.), Θεσσαλονίκη, Διαθέσιμο σε: <https://bitly.co/3ivN> (Πρόσβαση στις: Ιούνιος 2020)
39. Σοφιανός, Α (2010) *Υποστήριξη Υπογείων Έργων*, Αθήνα, Εκδόσεις Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών (HEAllink), Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών
40. Σοφιανός, Α (2011) *Τεχνικές Διάνοιξης Σηράγγων*, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Μεταλλευτικής

41. Σοφιανός, Α (2015) *Υποστήριξη Υπογείων Έργων*, Αθήνα, Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τομέας Μεταλλευτικής
42. Σοφιανός, Α, Νομικός, Π (2008) *Μηχανική Πετρωμάτων*, Αθήνα: Εκδόσεις Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, ΔΠΜΣ: Σχεδιασμός και Κατασκευή Υπογείων Έργων
43. Στεργιανός, Ε-Π (2016) *Διαδικτυακή Εφαρμογή με Χρήση Γεωπληροφορικής (WebGIS) για τη Διαχείριση των Φυσικών Καταστροφών και την Οριοθέτηση των Ζωνών Επικινδυνότητας στη Νήσο Σαντορίνη*, Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Δι-ιδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: «Πρόληψη και Διαχείριση Φυσικών Καταστροφών», Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος και Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Σερρών, Τμήμα Γεωπληροφορικής και Τοπογραφίας, Αθήνα
44. Τερεζόπουλος, Ν (2003) *Μέθοδοι Υπογείων Εκμεταλλεύσεων : Πανεπιστημιακές Σημειώσεις*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Μεταλλευτικής
45. Τζόγκα, Δ (2019) *Υπόγεια Πρόσβαση του Λιμένα της Σαντορίνης στα Φήρα: Το Φρέαρ*, Διπλωματική Εργασία, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Μεταλλευτικής, Αθήνα
46. Τσακαλάκης, Κ (2010) *Τεχνολογία Παραγωγής Τσιμέντου και Σκυροδέματος*, Αθήνα: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Τομέας Μεταλλουργίας και Τεχνολογίας Υλικών, Εργαστήριο Εμπλουτισμού Μεταλλευμάτων

47. Τσουτρέλης, Χ (1985) *Στοιχεία Μηχανικής και Πετρωμάτων – Τόμος Α: Βασικά Θεωρητικά Στοιχεία και Πειραματικές Μέθοδοι*, Αθήνα, Εκδόσεις: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
48. Τσουτρέλης, Χ (1997) *Εκρηκτικές Ύλες και Τεχνική των Ανατινάξεων*, Τόμος 1, Αθήνα: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου
49. Χρησαντώνης, Κ (2019) *Μεταχειρισμένα Γαλλικά Δρύινα Βαρέλια*, Winebarrels Christantoni Bros Co, Διαθέσιμο σε: <https://bit.ly.co/4YPy> (Πρόσβαση στις: 07/06/2020)



# 11 ΞΕΝΕΣ

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. ArtTravel (2010) «Οινοποιείο Κουτσογιαννόπουλου, Σαντορίνη», ArtTravel, The Art of Luxury Traveling, Διαθέσιμο σε: [http://www.arttravel.gr/arttravel-best\\_oinotourismos/article/16093/oinopoieio-koutsogiannopoulos-santorinh](http://www.arttravel.gr/arttravel-best_oinotourismos/article/16093/oinopoieio-koutsogiannopoulos-santorinh) , (Επίσκεψη σελίδας στις: 23/08/2020)
2. Atlas Copco (1986) *Mining and Construction Methods: Guide to Underground Mining Methods and Applications*, Stockholm, Sweden: Atlas Copco Industrial Technique Publications.
3. Bednarz, C (2017) *This Massive Underground City is Filled With Wine: Take a Drive Through the Largest Wine Cellar in the Entire World*, National Geographic Travel, 29 November, Available at: <https://www.nationalgeographic.com/travel/destinations/europe/moldova/worlds-largest-wine-cellar/> (Accessed on: 05/07/2020)

4. Bieniawski, Z.T. (1967). *The Effect of Specimen Size on Compressive Strength of Coal*, New York: Wiley.
5. Bieniawski, Z.T. (1989). *Engineering Rock Mass Classifications*, New York: Wiley
6. Bieniawski, Z, Lien, R, Lunde, J (1974). *Engineering Classifications of Rock Masses for the Design of Tunnel Support*, *Rock Mech*, Issue 6, p. 182-239, New York: Wiley
7. Cita, M.B. and Aloisi, G. (2000). *Deep-sea tsunami deposits triggered by the explosion of Santorini*, *Eastern Mediterranean. Sedimentary Geology* (Issue 135), p. 181-203.
8. DrinksFiles (2019) Οινοποιείο Κωσταντάκη – Milos Cave Winery», *D-Files*, 19 Ιουλίου, Διαθέσιμο σε: <https://www.drinksfiles.gr/kostantakis-gr/> (Επίσκεψη σελίδας στις: 24/08/2020)
9. Druitt, T.H., Edwards, L., Mellors, R.M., Pyle, D.M., Sparks R.S.J., Lanphere. M. and Barreirio, B. (1999). *Santorini Volcano. Geological Society: London, Memoirs*, 19.
10. Druitt, T.H. and Francaviglia, V. (1992). *Caldera formation on Santorini and the physiography of the island in the late Bronze Age*. *Bulletin of Volcanology*. 54:484-493.
11. Khatik, V, Nandi, A (2018) *A Generic Method for Rock Mass Classification*, *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, Vol. 10, Issue 1, p. 102-116, Διαθέσιμο online σε: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2017.09.007> (Πρόσβαση στις 20/10/2020)

12. Lekkas, E. (2009) *Landslide Hazard and Risk in Geologically Active Areas: The Case of The Caldera of Santorini (Thera) Volcanicland Complex (Greece)*, International Association for Engineering Geology (IAEG), 7th Asian Regional Conference for IAEG, p. 417-423
13. Le Pichon, X., Angelier, J. (1979) *The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean Area*, Tectonophysics, Issue (60), p. 1–42
14. Marinos, P, Marinos, V, Hoek, E (2007) *The Geological Strength Index (GSI): A characterization tool for assessing engineering properties of rock masses, Underground works under special conditions*, Publisher: Taylor and Francis, p. 13-21
15. Mc Kenzie, D.P. (1970) *Plate tectonics of the Mediterranean Region*, Nature, Issue (226), p. 239–243
16. Matti, H (1999) *Rock Excavation Handbook for Civil Engineering*, Sweden: Sandvik – Tamrock Corporation
17. Mystique Hotel Santorini (2020) “Secret Wine Cave”, *The Luxury Collection*, Διαθέσιμο σε: <https://mystique.gr/gastronomy/secret-wine-cave/> (Επίσκεψη σελίδας στις: 23/08/2020)
18. Orykta.gr (2020) *Υπόγειες Εκμεταλλεύσεις*, Διαθέσιμο online σε: <https://bitly.co/4WqA> (Πρόσβαση στις: 15/11/2020)

19. Pichler, H, Kussmaul, S (1980) *Comments on the Geological Map of the Santorini Islands*. In: Doumas, C., Ed., *Thera and the Aegean World II*, London, p. 413-427
20. RocScience (2016b) *RocSupport*, Διαθέσιμο σε <https://www.rocscience.com/rocscience/products/rocsupport> [Ημερομηνία Πρόσβασης: 15/01/2017]
21. Rostami, J, Ozdemir, L, Neil, D (1994) *Application of Heavy Duty Roadheaders for Underground Development of the Yucca Mountain Exploratory Study Facility*, High Level Radioactive Waste Management, Engineering, p. 395-402
22. Sparks, R.S.J. (1979). *The Santorini Eruption and its Consequences*. Endeavour 3 (Issue 1),p. 27-31.
23. Stroyteh (2020) Voest-Alpine Bergtechnik AM-105, Διαθέσιμο online σε: <https://bitly.co/4YSE> (Πρόσβαση στις: 19/11/2020)
24. The Wine Cave NZ (2019) “Welcome to The Wine Cave NZ – The Real Wine Experience in Auckland”, Διαθέσιμο σε: <https://www.winecave.nz/> (Επίσκεψη σελίδας στις: 23/08/2020)
25. Wine Guardian (2009) *How to Build a Wine Cellar*, Διαθέσιμο σε: <https://ytube.io/3BXV> (Πρόσβαση στις: 19/12/2019)
26. Yudhvir, V, Hamjo, Y (1991) *Application of Geotechnical Engineering to Environmental Control*, Theme Lecture 5, 9ARC, Bangkok, Thailand, 2, p 431-469