



## Πανεπιστήμιο Πειραιώς – Τμήμα Πληροφορικής

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Ψηφιακές Τεχνολογίες»

### Μεταπτυχιακή Διατριβή

Τίτλος Διατριβής	<b>"Βάσεις Δεδομένων για Αρχαιολογικά Υλικά: Μελέτη περίπτωσης αρχαίου μαρμάρου από το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο".</b> <b>"Databases of archeological materials: A case study of ancient marble at the Austrian Archeological Institute".</b>
Όνοματεπώνυμο Φοιτητή	<b>Εμμανουήλ Ανεβλαβής</b>
Πατρώνυμο	<b>Φραγκίσκος – Χρήστος</b>
Αριθμός Μητρώου	<b>ΨΠΟΛ20003</b>
Επιβλέπων	<b>Ιωάννης Αναγνωστόπουλος, Καθηγητής</b>

Ημερομηνία Παράδοσης **Μάιος 2022**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή**

Ιωάννης Αναγνωστόπουλος

Καθηγητής

Χρήστος-Νικόλαος  
Αναγνωστόπουλος

Καθηγητής

Γεράσιμος Ραζής

Διδάσκων ΠΜΣ

## Περιεχόμενα

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	5
ABSTRACT.....	7
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ.....	8
ACKNOWLEDGMENTS.....	9
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	10
ΕΙΣΑΓΩΓΗ: ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΣΤΗΝ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΑ – ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΑ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	13
1.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗΣ.....	13
1.2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	13
1.3 ΔΟΜΗ.....	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	15
2.1. ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑ - ΔΕΔΟΜΕΝΑ.....	15
2.2. ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	16
2.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ (ΣΔΒΔ) DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS (DBMS).....	16
2.4. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	17
2.5. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΧΕΔΙΑΣΗΣ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΒΑΣΕΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	19
2.6. ΣΤΑΔΙΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΟΝΤΕΛΟ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ.....	23
3.1. ΒΑΣΙΚΟΙ ΟΡΟΙ.....	23
3.2 ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ.....	24
3.3. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ.....	25
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΣΧΕΣΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ.....	27
4.1. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	27
4.2. ΚΑΝΟΝΕΣ ΑΚΕΡΑΙΟΤΗΤΑΣ.....	28
4.3. ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ MAPPING.....	28
4.4. ΛΟΓΙΚΟΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ.....	29
4.5. ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗ.....	29
4.6. ΣΥΝΑΡΤΗΣΙΑΚΕΣ ΕΞΑΡΤΗΣΕΙΣ.....	30
4.7. ΚΑΝΟΝΙΚΕΣ ΜΟΡΦΕΣ ΚΑΝΟΝΙΚΟΠΟΙΗΣΗΣ.....	30
4.8. ΣΧΕΣΙΑΚΗ ΆΛΓΕΒΡΑ.....	32
4.9. Η ΓΛΩΣΣΑ SQL.....	33

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΠΤΩΣΗΣ.....	34
5.1. ΑΥΣΤΡΙΑΚΟ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ – ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	34
5.2. ΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΑΡΧΑΙΟΜΕΤΡΙΑΣ ΜΑΡΜΑΡΟΥ.....	36
5.3. ΜΕΛΕΤΗ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ ΑΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΜΑΡΜΑΡΟΥ.....	37
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΗΣ.....	41
6.1. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	41
6.2. ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.....	42
6.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΟΝΤΟΤΗΤΩΝ – ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ.....	43
6.4 DATA SET (ΑΡΧΑΙΑ ΚΟΡΙΝΘΟΣ, ΜΑΝΗ).....	49
6.5. ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	51
6.6. ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΑΛΛΕΣ ΒΑΣΕΙΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	52
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ.....	54
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....	56
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	61

## Περίληψη

Τις τελευταίες δεκαετίες, έχουν αυξηθεί δραματικά οι πληροφορίες και τα δεδομένα μέσω της ανάπτυξης των τεχνολογιών προς το ευρύ κοινό. Για την καλύτερη οργάνωση των δεδομένων γίνεται χρήση των Βάσεων Δεδομένων. Βάση Δεδομένων είναι ένα αντικείμενο ή μηχανισμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για την αποθήκευση και διαχείριση πληροφοριών και δεδομένων, αποτελώντας ένα σύνολο δεδομένων, το οποίο χαρακτηρίζεται από μία λογική οργάνωση, ομαδοποίηση και βοηθάει στην εύκολη και σωστή διαχείρισή του. Τα τελευταία χρόνια, οι Βάσεις Δεδομένων αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της επιστήμης της Πληροφορικής, καθώς ενισχύουν τον καταμερισμό και τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων και πληροφορίας σε διαφορετικούς τομείς της κοινωνίας, όπως για παράδειγμα στις επιχειρήσεις, σε δημόσιες υπηρεσίες κ.ά.

Η επιστήμη της Αρχαιολογίας και της Αρχαιομετρίας τα τελευταία χρόνια, χρησιμοποιεί διάφορους τύπους βάσεων δεδομένων με στόχο την οργάνωση δεδομένων από ανασκαφικές διαδικασίες, μουσεία και αποθήκες μουσείων, κ.ά. Ολοένα και περισσότερες αρχαιολογικές και αρχαιομετρικές Βάσεις κατασκευάζονται με σκοπό το διαμοιρασμό των δεδομένων προς την επιστημονική κοινότητα, αλλά και το ευρύ κοινό.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο πρώτο μέρος καταγράφονται πληροφορίες για τις βασικές θεωρητικές έννοιες των Βάσεων Δεδομένων συνδυάζοντας πληροφορίες για τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ) Database Management Systems (DBMS), το Περιβάλλον των Βάσεων Δεδομένων, τα χαρακτηριστικά μίας καλής σχεδίασης-δημιουργίας Βάσης Δεδομένων και τα στάδια δημιουργίας. Εκτενής αναφορά γίνεται για το ρόλο του Μοντέλου Οντοτήτων Συσχετίσεων και τους βασικούς του όρους όπως το στιγμιότυπο, η οντότητα, τα κλειδιά, η συσχέτιση καθώς επίσης, αναλύεται και το Διάγραμμα Οντοτήτων Συσχετίσεων και τα γεωμετρικά σύμβολα, τα οποία χρησιμοποιούνται για την υλοποίηση του. Πραγματοποιείται λεπτομερής ανάλυση του Σχεσιακού Μοντέλου Βάσεων Δεδομένων (λειτουργία, κανόνες ακεραιότητας, απεικόνιση, κ.ά). Επίσης, αναλύονται οι έννοιες του Λογικού Σχεδιασμού, της Κανονικοποίησης, των Συναρτησιακών εξαρτήσεων, της Σχεσιακής Άλγεβρας και τη γλώσσα ερωταποκρίσεων SQL (Structured Query Language).

Το δεύτερο μέρος πραγματεύεται την πρακτική εφαρμογή μίας Βάσης Δεδομένων στην επιστήμη της Αρχαιολογίας - Αρχαιομετρίας. Η συγκεκριμένη Βάση ανήκει στο Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο, με θεματική το αρχαίο μάρμαρο και αρχαιομετρικές αναλύσεις.

Παρουσιάζονται πληροφορίες που σχετίζονται με το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο, ο ρόλος του και το όραμα του, ο λόγος και ο σκοπός δημιουργίας της Βάσης. Στη συνέχεια, αναλύονται πληροφορίες, σχετικά με την προέλευση αρχαίου μαρμάρου, τις σημαντικότερες τεχνικές ανάλυσης κ.ά. Στη συνέχεια πραγματοποιείται εκτενής περιγραφή της Βάσης Δεδομένων. Παρουσιάζονται τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία της καθώς και οι οντότητες της. Ακόμη, αναλύονται οι δύο διαφορετικές ομάδες δειγμάτων, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τη διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, αναλύονται τα συμπεράσματα της εργασίας και οι μελλοντικές επεκτάσεις του Ινστιτούτου.

**Λέξεις κλειδιά:** Πληροφορία, Δεδομένα, Βάσεις Δεδομένων, Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων, Σχεσιακό Μοντέλο, Αρχαιομετρία, Προέλευση Μαρμάρου, Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο, Ψηφιοποίηση δεδομένων

## Abstract

In recent decades, information and data have increased dramatically through the development of technologies for the general public. To better organize the data, the use of databases is being employed. A database is an object or mechanism used to store and manage information and data, forming a set of data, which is characterized by a logical organization, and grouping, and helps in easy and proper management. In recent years, databases have become an integral part of IT science, as they enhance the sharing and management of large volumes of data and information in different sectors of society, such as businesses, public services, etc.

In recent years, the science of archaeology and archaeometry has been using various types of databases to organize data from excavation processes, museums, museum repositories, etc. More and more archaeological and archaeometric databases are being built in an attempt to share data with the scientific community and the general public.

This thesis is divided into two parts. The first part records information about the basic theoretical concepts of Databases by combining information about Database Management Systems (DBMS), the Database Environment, the characteristics of a good design-build Database, and the stages of creation. Extensive reference is made to the role of the Entity-Relationship Model. Its basic terms such as instance, entity, keys, association, the Entity Relationship Diagram, and the geometric symbols used for its implementation are discussed.

Then a detailed analysis of the Relational Database Model (function, integrity rules, mapping, etc.) is carried out. Also, the concepts of Logical Design, Normalization, Contextual Dependencies, Relational Algebra, and SQL (Structured Query Language) are discussed.

The second part focuses on the practical application of a Database in the science of Archaeology - Archaeometry. This database belongs to the Austrian Archaeological Institute, with the subject of ancient marble and archaeometric analyses.

Information related to the Austrian Archaeological Institute is presented, including its role, the vision, the reason, and the purpose for the creation of the Database. The following information is discussed, concerning the origin of ancient marble, the most important analysis techniques, etc. An extensive description of the Database is then given. The tools used for its creation and its entities are presented. Subsequently, the two different groups of samples, used to carry out the thesis, are analyzed.

Finally, the conclusions of the thesis and future extensions of the Institute are elaborated.

**Keywords:** Information, Data, Databases, Entity-Relationship Model, Relational Model, Archaeometry, Marble provenance, Austrian Archaeological Institute, Data digitization

## Ευχαριστίες

Η παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο των σπουδών μου στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα "Ψηφιακός Πολιτισμός, Έξυπνες Πόλεις, IoT και Προηγμένες Τεχνολογίες" της Σχολής Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών, Τμήμα Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Πειραιώς.

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα καθηγητή Ιωάννη Αναγνωστόπουλο για την πολύτιμη βοήθειά του κατά τη διάρκεια της διπλωματικής εργασίας, καθώς και στα υπόλοιπα μέλη της επιτροπής Χρήστο – Νικόλα Αναγνωστόπουλο, Γεράσιμο Ραζή.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στη Priv.-Doz. Mag. Dr. Sabine Ladstätter, διευθύντρια του Αυστριακού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου, και τον Ao. Univ. Prof. Dr. Walter Prochaska για την ευκαιρία που μου δόθηκε να εκπονήσω τη διπλωματική στο OeAI και για τη συνεργασία με την ομάδα μαρμάρου.

Θα ήθελα να εκφράσω την εκτίμηση μου για την Mag. Dr. Pamela Fragnoli, επικεφαλής του Research Group Object Itineraries, σχετικά με τη συμμετοχή μου στην ομάδα αυτή και τη βοήθειά της με βιβλιογραφικές αναφορές. Θα ήθελα επίσης να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στο Mag. Helmut Schwaiger, επικεφαλή της ομάδας Digital Archaeology and Classics και τον BA, MSc Karl Burkhart, μέλος της ομάδας Digital Archaeology and Classics, για τις πληροφορίες, τις συμβουλές και τις συναντήσεις που μου παρείχαν σχετικά με τη Βάση Δεδομένων.

Θα ήθελα επίσης να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην MSc, BA, διδακτορική φοιτήτρια, Βασιλική Ανεβλαβή για την παροχή δεδομένων και την καθοδήγηση σχετικά με τα σύνολα δεδομένων που μου παρασχέθηκαν για την εκπλήρωση της διπλωματικής. Επιπλέον, πολλές θερμές ευχαριστίες στην B.Sc. Barbara Umfahrer για τις πληροφορίες και τις συναντήσεις σχετικά με την εισαγωγή δεδομένων στη Βάση Δεδομένων.

Επιπλέον, θα ήθελα να απευθύνω ευχαριστίες στη γραμματεία του Αυστριακού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου για τη βοήθειά της στη διαδικασία εγγραφής μου στο Ινστιτούτο ως Guest Researcher

Θα ήθελα να ευχαριστίσω στην ομάδα του Ινστιτούτου Young Academics για την ευκαιρία να παρουσιάσω τη διατριβή στο πλαίσιο ομαδικών συναντήσεων.

Επιπλέον, θα ήθελα να αποδώσω τις ευχαριστίες μου στην Dr. Kerstin Kowarik και τον Dr. Hans Reschreiter ερευνητές του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας της Βιέννης για την υποστήριξη και την κατανόηση που μου παρείχαν κατά τη διάρκεια της διπλωματικής, κατά τη διάρκεια της πρακτικής άσκησης Erasmus+ στο ερευνητικό πρόγραμμα "Beyond Lake Villages" για το το Museum of Natural History Vienna.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω το Δημήτριο Μαρινέζο για τον γραμματικό και συντακτικό έλεγχο της διπλωματικής.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου για την άνευ όρων υποστήριξη, κατανόηση και συμπάρασταση κατά τη διάρκεια της διατριβής.



## Acknowledgments

This Master's Thesis was prepared in the context of my studies in the Master's Programme "Digital Culture, Smart Cities, IoT and Advanced Technologies" of the School of Information and Communication Technologies, Department of Informatics, University of Piraeus.

I would like to express my gratitude to the supervisor Professor Ioannis Anagnostopoulos for his valuable help during the thesis and to the rest of the committee members Christos – Nickolas Anagnostopoulos, Gerasimos Razi

I would also like to thank Priv.-Doz. Mag. Dr. Sabine Ladstätter, director of the Austrian Archaeological Institute, and Ao. Univ. Prof. Dr. Walter Prochaska for the opportunity to work on the thesis at OeAI and for the cooperation with the marble team.

I would like to gratefully acknowledge Mag. Dr. Pamela Fragnoli, head of the Object Itineraries Research Group, regarding my membership in this group and assistance with literature references. I would also like to extend my thanks to Mag. Helmut Schwaiger, head of the Digital Archaeology and Classics group and BA, MSc Karl Burkhart, member of the Digital Archaeology and Classics group, for the information, advice, and meetings they provided me with regarding the Database.

I would also like to thank MSc, BA, Doctoral Student, Vasiliki Anevlavi for providing data and guidance on the datasets provided for the fulfillment of the thesis. Furthermore, many thanks to B.Sc. Barbara Umfaher as a reference for information and meetings regarding data entry in the database.

Furthermore, I would like to acknowledge the secretariat of the Austrian Archaeological Institute for helping me with the registration process of the Institute as a Guest Researcher.

I would like to give thanks to the Young Academics team of the Institute for the opportunity to present the thesis in the context of group meetings.

In addition, I would like to offer my thanks to Dr. Kerstin Kowarik and Dr. Hans Reschreiter researchers of the Museum of Natural History Vienna for their support and understanding during the thesis, while doing the Erasmus+ internship for the Museum of Natural History Vienna.

Additionally, I would like to say thank you to Dimitrios Marnezos for the grammatical and editorial check of the thesis.

Finally, I would like to be grateful to my family for their unconditional support, understanding, and sympathy during the thesis.

## Κατάλογος Εικόνων

Εικόνες Κειμένου	
Εικόνα 1	Γεωμετρικά Σχήματα Διαγράμματος Οντοτήτων Συσχετίσεων
Εικόνα 2	Βήματα Κανονικοποίησης
Εικόνα 3	Διάγραμμα Οντοτήτων Συσχετίσεων Βάσης
Εικόνες Παραρτήματος	
Εικόνα 4	Ο χάρτης της χερσονήσου της Μάνης, Ελλάδα, και τα λατομεία δειγματοληψίας, με κόκκινα σημάδια σημειώνονται τα λατομεία λευκού μαρμάρου, με μπλε σημάδια σημειώνονται τα λατομεία ψαμμίτη και τα έγχρωμα μάρμαρα.
Εικόνα 5	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα SAMPLE
Εικόνα 6	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα ANALYSIS
Εικόνα 7	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα NUMBER
Εικόνα 8	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα QUARRY
Εικόνα 9	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα QUARRY_GROUP
Εικόνα 10	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα GEOGRAPHY
Εικόνα 11	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα INSTITUTION
Εικόνα 12	Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα ARTIFACT
Εικόνα 13	Αρχική σελίδα web application

## **Εισαγωγή: Μοντελοποίηση Δεδομένων στην Αρχαιολογία – Αρχαιομετρία**

### *Η επιστήμη της Αρχαιολογίας*

Η επιστήμη της Αρχαιολογίας έχει ως σκοπό την κατανόηση, ανασύνθεση και εξερεύνηση καταλοίπων του παρελθόντος (Renfrew and Bahn 2008). Αυτό επιτυγχάνεται μέσω τη μελέτη και επεξεργασία υλικών καταλοίπων ανθρώπινης δραστηριότητας, τα οποία είτε βρίσκονται μέσω των αρχαιολογικών ανασκαφών, είτε έχουν διασωθεί κατά το πέρασμα των χρόνων (Renfrew and Bahn 2008). Η επιστήμη της Αρχαιολογίας αποτελείται από διαφορετικές κατηγορίες, όπως για παράδειγμα η αιγυπτιακή, η ενάλια αρχαιολογία, η προϊστορική αρχαιολογία κ.ά. Όλοι οι κλάδοι της Αρχαιολογίας έχουν ένα κοινό παράγοντα, την εύρεση, διάσωση και μελέτη αντικειμένων (Renfrew and Bahn 2008). Κατά το παρελθόν τα αποτελέσματα των ανασκαφών και οι μελέτες, όπως τα αντικείμενα, οι πρακτικές κ.ά. καταγράφονταν σε χειρόγραφα αρχεία ή ημερολόγια (Kadar 2002). Τα τελευταία χρόνια, η καταγραφή των αντικειμένων πραγματοποιείται με τη βοήθεια των Βάσεων Δεδομένων, με στόχο την καλύτερη οργάνωση των πληροφοριών (Schiader 2002).

Παράδειγμα μίας τέτοιας Βάσης αποτελεί η αρχαιολογική Βάση της Αμερικανικής Σχολής Κλασικών Σπουδών της Αθήνας (American School of Classical Studies at Athens, ASCSA)<sup>1</sup>, η οποία παρέχει πρόσβαση στις αρχαιολογικές συλλογές, στις βιβλιοθήκες, τις ανασκαφές και τα αρχεία της Αμερικανικής Σχολής. Περιλαμβάνει δημοσιεύσεις, βιβλία, αρχιτεκτονικά σχέδια, ημερολόγια, φωτογραφίες αντικειμένων, βιβλιογραφικές πηγές κ.α.

Ακόμη, ένα παράδειγμα αποτελεί το λογισμικό GIS (Geographic Information System). Το GIS έχει ενισχύσει, τα τελευταία χρόνια, την οργάνωση των χωρικών δεδομένων και βοηθάει τη μεταφορά τους από παλαιότερες μορφές καταχώρισης και καταγραφής (όπως το Microsoft Excel), σε σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές (Mafredas and Malaperdas 2021). Το πρόγραμμα είναι σχεδιασμένο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η αποθήκευση, ανάκτηση, διαχείριση, προβολή και ανάλυση όλων των τύπων γεωγραφικών και χωρικών δεδομένων (Mafredas and Malaperdas 2021).

Παρά τη συνεχώς αυξανόμενη χρήση των Βάσεων Δεδομένων από αρχαιολογικούς φορείς υπάρχουν και αρκετά προβλήματα, όπως η έλλειψη κατάλληλων γνώσεων δημιουργίας Βάσεων Δεδομένων από αρχαιολόγους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελλιπών Βάσεων, είτε από τους ίδιους τους αρχαιολόγους είτε από εξειδικευμένους τεχνικούς (χωρίς όμως τον κατάλληλο κώδικα επικοινωνίας). Ακόμη, μία δυσκολία αποτελεί το γεγονός ότι μία Βάση σχεδιάζεται για την κάλυψη βραχυπρόθεσμων αναγκών και δεδομένων χωρίς τον προβλεπόμενο μελλοντικό σχεδιασμό για την αποθήκευση διαφορετικών τύπων αρχείων.

### *Η επιστήμη της Αρχαιομετρίας*

Η Αρχαιομετρία (αποτελεί τμήμα της Αρχαιολογικής επιστήμης) είναι ένας τομέας μελέτης στον οποίο εφαρμόζονται τεχνικές και προσεγγίσεις από τις φυσικές, χημικές, βιολογικές και γεωλογικές επιστήμες με σκοπό την αντιμετώπιση αρχαιολογικών ερωτημάτων και προβλημάτων (Liritzis et al. 2020).

<sup>1</sup> <https://ascsa.net/research?v=default>

Ο συνδυασμός των επιστημών αυτών παρέχουν συστηματικούς τρόπους συλλογής, ανάλυσης, σύνθεσης και ερμηνείας των δεδομένων τα οποία σχετίζονται με την ανόργανη και οργανική υλική καταγραφή της ανθρώπινης ιστορίας (Price and Burton 2010). Οι έρευνες περιλαμβάνουν τόσο ενόργανες όσο και μη ενόργανες προσεγγίσεις και στοχεύουν στην έρευνα των υλικών (π.χ. ιδιότητες των ουσιών και των συστατικών τους) καθώς και των χημικών, βιολογικών ουσιών και καταλοίπων (Pollard and Heron 2015). Οι εφαρμογές της αρχαιομετρίας λαμβάνουν χώρα στο πεδίο, στο εργαστήριο και στο μουσείο και περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων διάφορων υλικών όπως ξύλο, κεραμικά, χρυσό κ.α. (Liritzis et al. 2020). Μερικές από τις μεγαλύτερες αρχαιομετρικές Βάσεις είναι η *ceraDAT* του Εθνικού Κέντρου Επιστημονικών Ερευνών "Δημόκριτος", η οποία σχετίζεται με προϊστορικά κεραμικά<sup>2</sup>, η πετρογραφική Βάση Δεδομένων κεραμικών και γεωλογικών δειγμάτων από ευρήματα της Κίνας<sup>3</sup>. Ακόμη, η Βάση Δεδομένων *The Levantine Ceramics Project (LCP)*<sup>4</sup>, σχετίζεται με κεραμικά νεολιθικής εποχής. Γίνεται αντιληπτό ότι μεγάλες αρχαιομετρικές Βάσεις Δεδομένων δίνουν έμφαση στην Κεραμική λόγω του μεγάλου όγκου ευρημάτων. Επιπλέον, μία αρχαιομετρική Βάση Δεδομένων αποτελεί η Βάση *GlobalID* του πανεπιστημίου της Οξφόρδης (Klein et al.)<sup>5</sup>. Η Βάση αυτή σχετίζεται με μελέτες προέλευσης ισοτόπων μόλυβδου.

Η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία εξετάζει τη χρήση και την προσαρμογή μίας Βάσης δεδομένων στο ζήτημα της προέλευσης του Αρχαίου Μαρμάρου, η οποία δημιουργήθηκε και προετοιμάζεται από το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο, της Βιέννης.

Στον τομέα προέλευσης του Αρχαίου μαρμάρου υπάρχουν κάποιες μικρότερες βελγνεκούς Βάσεις Δεδομένων, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί είτε ατομικά, είτε από μικρότερες ομάδες. Ακόμη, οι Βάσεις αυτές σχετίζονται σε συγκεκριμένες περιοχές, είτε αποτελούν Βάσεις μόνο για εξειδικευμένες τεχνικές ανάλυσης μαρμάρου (Gale et al. 1997). Ένα τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η Βάση Δεδομένων *Interdisciplinary Data Base of Marble for Archaeometric, Art Historian and Restoration Use*<sup>6</sup>. Η Βάση αυτή έχει ως στόχο τη συλλογή όσο το δυνατόν περισσότερων δημοσιευμένων δεδομένων και αναλύσεων με σκοπό τη δημιουργία μίας ολοκληρωμένης και επεκτάσιμης Βάσης Δεδομένων Αρχαίου μαρμάρου η οποία θα είναι διαθέσιμη προς το κοινό (Zoeldfoeldi, Hegedüs, and Székely 2008). Το περιεχόμενο της Βάσης περιλαμβάνει πληροφορίες, όπως τη γεωγραφική θέση, περιγραφή αντικειμένου, χρώμα, υφή, τις φυσικές ιδιότητες και τα αποτελέσματα των αναλύσεων, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν στα δείγματα (Zoeldfoeldi et al. 2008). Υπεύθυνη της Βάσης είναι η Judit Zöldföldi.

Οι περισσότερες από αυτές τις Βάσεις δεν είναι διαθέσιμες προς στο κοινό και τα αποτελέσματα δίνονται μέσω δημοσιεύσεων. Το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο με αυτή τη Βάση Δεδομένων επιδιώκει τη συλλογή ολοένα και περισσότερων δεδομένων σχετικά με την προέλευση μαρμάρου (διαφορετικές τεχνικές, τοποθεσίες κ.α.) και τη διάθεση της Βάσης με ανοιχτή πρόσβαση προς το κοινό με τη μορφή διαδικτυακής εφαρμογής. Περισσότερες λεπτομέρειες αναλύονται σε επόμενο κεφάλαιο.

---

<sup>2</sup> <https://ceradat.net/>

<sup>3</sup> <https://opencontext.org/projects/2c5addea-41d5-4941-b2bd-672bc1e60448>

<sup>4</sup> <https://www.levantineceramics.org/>

<sup>5</sup> [https://globalid.dmt-lb.de/?fbclid=IwAR16BvNGMVLLoR6QY0LQKukxe3Ff41J6pPMjfnrjzXTxgnJE\\_c-zd5-lf2E#](https://globalid.dmt-lb.de/?fbclid=IwAR16BvNGMVLLoR6QY0LQKukxe3Ff41J6pPMjfnrjzXTxgnJE_c-zd5-lf2E#)

<sup>6</sup> <http://missmarble.de/system.html>

## **Κεφάλαιο 1 Περιγραφή – Σκοπός της Διπλωματικής**

### **1.1. Περιγραφή – Σκοπός της Διπλωματικής**

Η διπλωματική αυτή εστιάζει στις Βάσεις Δεδομένων και στις πληροφορίες, οι οποίες σχετίζονται με αυτές, καθώς και η χρήση τους στην επιστήμη της Αρχαιολογίας – Αρχαιομετρίας. Το πρώτο μέρος της εργασίας ερευνά την θεωρητική προσέγγιση των Βάσεων Δεδομένων, ενώ το δεύτερο εξετάζει την πρακτική εφαρμογή μίας Βάσης σε συνεργασία με το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο.

Βασικότερος στόχος της διπλωματικής είναι η ενασχόληση με τη μοντελοποίηση - ψηφιοποίηση δεδομένων μέσω των Βάσεων δεδομένων, ο τρόπος με τον οποίο πραγματοποιείται η μετάβαση καταγραφής δεδομένων από τους παραδοσιακούς τρόπους (χειρόγραφα αρχεία, αρχεία αναλύσεων, κ.ά.) σε νέες τεχνολογίες όπως είναι οι Βάσεις Δεδομένων, καθώς επίσης, και η διαδικασία Καταχώρισης αρχαιολογικών και αρχαιομετρικών δεδομένων στη Βάση. Σημαντικό γεγονός και πρόκληση αποτέλεσε η επικοινωνία και συνεργασία με ομάδα ατόμων από φορείς όπως το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο και η Ακαδημία Επιστημών Αυστρίας, και της διεπιστημονικής ομάδας με μέλη από τομείς της αρχαιολογίας, πληροφορικής, γεωλογίας, χημείας, αρχαιομετρίας, κ.ά.

Ακόμη, μία πρόκληση αποτέλεσαν οι πολύπλευρες πληροφορίες σχετικά με έννοιες της αρχαιολογίας και της αρχαιομετρίας, καθώς και πληροφορίες για το αρχαίο μάρμαρο και την προέλευση του. Για την πραγματοποίηση της διπλωματικής εργασίας δόθηκαν δύο ομάδες δειγμάτων με όλες τις σχετικές για τη Βάση πληροφορίες. Η πρώτη ομάδα σχετίζεται με δείγματα από αρχαιολογικά αντικείμενα της Αρχαίας Κορίνθου και η δεύτερη ομάδα αφορά δείγματα από λατομεία μαρμάρου στην περιοχή της Μάνης. Αυτές οι δύο ομάδες, λόγω της διαφορετικής φύσης του (αρχαιολογικά και γεωλογικά δείγματα), έχουν διαφορές στον τρόπο Καταχώρισης των δεδομένων τους.

Η διπλωματική αυτή δεν εστιάζει στη δημιουργία της Βάσης αλλά στον τρόπο οργάνωσής της, στην περιγραφή της, στις οντότητες και χαρακτηριστικά, τα οποία περιλαμβάνει στα δεδομένα που καταχωρούνται. Σκοπός της πρακτικής εφαρμογής αποτέλεσε η Καταχώριση των ομάδων δειγμάτων και των πληροφοριών τους (υλικό, τεχνικές αναλύσεις, φωτογραφίες, τοποθεσίες, κ.ά.).

Τα αποτελέσματα της διπλωματικής εργασίας αποτέλεσαν η απόκτηση γνώσεων προς τις Βάσεις Δεδομένων και αρχαιολογικών εννοιών, η ανάδειξη και υπογράμμιση σημασίας Βάσεων Δεδομένων στην αρχαιομετρία. Ενώ, η Καταχώριση των συγκεκριμένων δεδομένων αποτέλεσε μοντέλο – παράδειγμα σωστής εφαρμογής των στοιχείων και αποφυγής μελλοντικών λαθών στις επόμενες ομάδες Καταχώρισης.

### **1.2. Μεθοδολογία**

Για τη διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας δόθηκαν 2 διαφορετικές ομάδες δειγμάτων. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από 82 δείγματα όπου η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε στην Αρχαία Κόρινθο. Τα αντικείμενα από τη λίστα αποτελούν αρχαιολογικά ευρήματα. Πιο συγκεκριμένα συμπεριλαμβάνονται γλυπτά, επιγραφές, αρχιτεκτονικά μέρη, σαρκοφάγους και χρηστικά αντικείμενα. Τα αντικείμενα αυτά βρίσκονται στο αρχαιολογικό μουσείο της Αρχαίας Κορίνθου, στις αποθήκες του μουσείου καθώς και στον αρχαιολογικό χώρο. Η δεύτερη ομάδα αφορά δείγματα από αρχαία και σύγχρονα λατομεία στην περιοχή της Μάνης. Ο συνολικός αριθμός των

δειγμάτων είναι 102. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε 9 διαφορετικές θέσεις. Οι λίστες των δειγμάτων περιελάμβαναν φωτογραφικό υλικό, βιβλιογραφικές πηγές, γεωγραφικές θέσεις καθώς επίσης και η περιγραφή των αντικειμένων.

Το υλικό δόθηκε έπειτα από επικοινωνία από την ομάδα μελετητών μαρμάρου και το Τμήμα Ψηφιακής Αρχαιολογίας και Κλασικών Σπουδών του Αυστριακού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου.

Μετά την ανάθεση του υλικού, ορίστηκαν οι θεματικές που θα περιλαμβάνονται, οι στόχοι και σκοποί, τα ερωτήματα, κ.ά. Στη συνέχεια, ακολούθησε η αναζήτηση βιβλιογραφικών πηγών, βιβλίων, επιστημονικών άρθρων και πρακτικά συνεδρίων, καθώς και αναζήτηση ηλεκτρονικών πληροφοριών και πηγών. Η πρακτική ενασχόληση με τη Βάση Δεδομένων διήρκεσε ένα μήνα. Πρώτα έγινε η οργάνωση των δεδομένων, στη συνέχεια ακολούθησε η εξερεύνηση και μελέτη της Βάσης με σκοπό την εξοικείωση με τη χρήση της. Τέλος, το πρακτικό μέρος ολοκληρώθηκε με την Καταχώριση των δεδομένων. Η διαδικασία της Καταχώρισης των δεδομένων περιγράφεται αναλυτικά σε παρακάτω κεφάλαιο. Κατά τη διάρκεια της συγκεκριμένης μελέτης, ο φοιτητής παραβρέθηκε στη Βιέννη ως επισκέπτης ερευνητής στο Ινστιτούτο με διάρκεια 9 μηνών, έχοντας πρόσβαση στις εγκαταστάσεις και εφαρμογές του Ινστιτούτου. Τα καταχωρημένα δείγματα θα γίνουν προσβάσιμα στο κοινό μόλις ολοκληρωθούν οι αντίστοιχες δημοσιεύσεις. Η διπλωματική αυτή θα μεταφραστεί στα αγγλικά και θα κατατεθεί αντίτυπο στο Ινστιτούτο.

### **1.3 Δομή**

Η δομή της διπλωματικής εργασίας διαρθρώνεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος αφορά το θεωρητικό πλαίσιο των Βάσεων Δεδομένων. Το δεύτερο μέρος αφορά την ενασχόληση της πρακτικής εφαρμογής της Βάσης Δεδομένων μαρμάρου του Αυστριακού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου. Πιο συγκεκριμένα, το πρώτο μέρος περιλαμβάνει τέσσερα κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο περιλαμβάνει πληροφορίες για τις Βάσεις Δεδομένων και τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων, μία ιστορική αναδρομή στα διαφορετικά μοντέλα Βάσεων καθώς και τα στάδια που χρειάζεται για να σχεδιαστεί μία Βάση. Το δεύτερο κεφάλαιο αφορά το Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων και αναλύονται οι βασικότεροι αναφερόμενοι όροι. Το τρίτο κεφάλαιο επικεντρώνεται στο Σχεσιακό Μοντέλο, περιγράφοντας αναλυτικά το φάσμα του καθώς και άλλες συνδεδεμένες έννοιες όπως οι Συναρτησιακές εξαρτήσεις, ο Λογικός σχεδιασμός, η Κανονικοποίηση, η Σχεσιακή Άλγεβρα, οι μορφές Κανονικοποίησης και η Γλώσσα SQL.

Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει τρία κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο του δεύτερου μέρους καταγράφονται πληροφορίες για το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο και την Ακαδημία Επιστημών Αυστρίας. Περιγράφεται το πρόγραμμα στο οποίο υπάγεται αυτή η Βάση επίσης, παρουσιάζοντας πληροφορίες για το μάρμαρο, τις αναλύσεις, τις τεχνικές προέλευσης και τη σημαντικότητα αυτών των ενεργειών. Τέλος, συμπεριλαμβάνονται αναλυτικά τα βήματα Καταχώρισης δεδομένων και τα συμπεράσματα της διπλωματικής εργασίας.

## Κεφάλαιο 2 Βάσεις Δεδομένων

Στο κεφάλαιο καταγράφονται οι βασικές αρχές και πληροφορίες των Βάσεων Δεδομένων. Δίνεται ο ορισμός και ο ρόλος των Βάσεων Δεδομένων, καθώς και τα χαρακτηριστικά ενός Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων. Παρουσιάζεται το περιβάλλον μίας Βάσης, τα χαρακτηριστικά καλής σχεδίασης, η ιστορική εξέλιξη των διαφορετικών μοντέλων και τα στάδια δημιουργίας μίας Βάσης.

### 2.1. Πληροφορία - Δεδομένα

Μέσω της αποστολής και λήψης μηνυμάτων μεταξύ ενός πομπού και δέκτη, πραγματοποιείται η επικοινωνία και η ανταλλαγή πληροφοριών. Οι πληροφορίες μεταφέρουν κάποιο περιεχόμενο. Τα δεδομένα αποτελούν διόδους αναπαράστασης νοημάτων και γεγονότων, ενώ μπορούν επίσης να επεξεργαστούν. Οι τρόποι αναπαράστασης διαφέρουν ανάλογα με το είδος της πληροφορίας (Κολοκοτρώνης 2005).

Πληροφορία είναι η σημασία, η οποία δίνει ο άνθρωπος σε ένα σύνολο δεδομένων. Τα δεδομένα αυτά έχουν τη δυνατότητα επεξεργασίας μέσω προκαθορισμένων συμφωνιών. Η οργάνωση των δεδομένων αποτελεί σημαντικό κομμάτι ώστε η πληροφορία να είναι ευκολά προσβάσιμη και να μεταδίδεται χωρίς προβλήματα (Patni et al. 2022). Μερικές από τις προγενέστερες μορφές οργάνωσης δεδομένων αποτελούν οι χειρόγραφοι κατάλογοι, καρτέλες, αρχεία και πρωτόκολλα (Silberschatz, Korth, and Sudarshan 2011). Οι ενέργειες, οι οποίες μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα σύνολο δεδομένων, είναι η εισαγωγή, ή διαγραφή, η ανάκληση και η ενημέρωση. Λόγω του μεγάλου όγκου δεδομένων επιβάλλεται η χρήση αποτελεσματικών τρόπων αποθήκευσης, με στόχο την εύκολη πρόσβαση στην αναζήτηση και στην ενημέρωση τους (Ταμπακάς 2017). Ακατέργαστα δεδομένα (raw data) αποτελούν τα δεδομένα, τα οποία συλλέγονται χωρίς να υποστούν επεξεργασία, ή αλλιώς πρωτεύοντα δεδομένα (Stephens and Plew 2003). Μετά τη συλλογή των raw data ακολουθεί η επεξεργασία ώστε να αποτελέσουν ομοιόμορφα δεδομένα με σκοπό τη συλλογή της πληροφορίας χωρίς σφάλματα (Thuraisingham 2001). Τα δεδομένα μπορούν να οριστούν ως τρόποι αναπαράστασης εννοιών και γεγονότων, τα οποία μπορούν να υποστούν διαχείριση και επεξεργασία από τον άνθρωπο, ή από ένα αυτοματοποιημένο υπολογιστικό σύστημα (Ayyanaraiyah and Gopi 2017). Τα δεδομένα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν για διάφορες ποικίλες δραστηριότητες της καθημερινότητας, όπως για παράδειγμα για έναν υπολογισμό, σε μία συζήτηση κ.ά. (Zaniolo et al. 1997).

Τα δεδομένα μπορούν να χαρακτηριστούν από διάφορους τύπους. Οι τύποι αυτοί αποτελούν μία διαδικασία ταξινόμησης και καθορίζουν τις τιμές των δεδομένων, τον τρόπο αποθήκευσης, την έννοια κ.ά., και αποτελεί μία περιγραφή των χαρακτηριστικών των δεδομένων (Stephens and Plew 2003).

#### *Συστήματα αρχείων, η αρχική προσέγγιση*

Αρχείο ονομάζεται ένα σύνολο εγγράφων, τα οποία είναι λογικά συνδεδεμένα μεταξύ τους και είναι καταχωρημένα σε κάποιο μέσω αποθήκευσης (O'Neil and O'Neil 2000). Πριν τη χρήση των Βάσεων Δεδομένων, η διαχείριση αυτών ήταν υπό την ευθύνη των προγραμμάτων εφαρμογής και η αποθήκευση τους πραγματοποιούνταν σε αρχεία του λειτουργικού συστήματος (Stephens and Plew 2003). Ο προγραμματιστής της εφαρμογής ήταν υπεύθυνος για την Καταχώριση, αποθήκευση, κλπ. των δεδομένων (Zaniolo et al. 1997).

Η διαχείριση των δεδομένων μέσω προγραμμάτων εφαρμογής είχε αρκετές δυσκολίες. Για παράδειγμα, κατά την αναζήτηση στοιχείων έπρεπε σε αρχικό στάδιο να γίνει ο προσδιορισμός των απαιτούμενων αρχείων και έπειτα να γίνει εμπειριστατωμένη ανάγνωση, συνδυάζοντας πληροφορίες από πολλά διαφορετικά αρχεία (Κολοκοτρώνης 2005). Αυτή η διαδικασία δυσκολεύει περισσότερο όσο μεγαλώνει ο όγκος των δεδομένων και η πολυπλοκότητα των ερωτημάτων (Ταμπακάς 2017). Επίσης, η δομή των αρχείων καθορίζεται από τις εφαρμογές προγραμμάτων με αποτέλεσμα η προσπάθεια αλλαγής δομής αρχείου να γίνεται δύσκολη (Ayyavaraiah and Gopi 2017). Ενώ, υπάρχουν περιπτώσεις στις οποίες είναι απαραίτητη η προσθήκη ενός νέου χαρακτηριστικού στα δεδομένα, με αποτέλεσμα τη μεταβολή της δομής του αρχείου. Προστίθεται ένα νέο πεδίο και μεταβάλλεται η λογική της εφαρμογής και με αυτό το τρόπο το νέο πεδίο εντάσσεται στις ενέργειες της εφαρμογής (διαγραφή, εισαγωγή, αναζήτηση) (Stephens and Plew 2003). Αυτή η διαδικασία είναι χρονοβόρα, ενώ υπάρχει πιθανότητα να προκύψουν λάθη στα υπάρχοντα δεδομένα (Stephens and Plew 2003). Οι παραπάνω προβληματισμοί οδήγησαν σε νέα, διαφορετική προσέγγιση των δεδομένων μέσω της χρήσης των Βάσεων.

## 2.2. Βάσεις Δεδομένων

Βάση Δεδομένων είναι ένα αντικείμενο ή μηχανισμός, ο οποίος χρησιμοποιείται για την αποθήκευση πληροφοριών και δεδομένων. Αποτελεί ένα σύνολο δεδομένων, το οποίο χαρακτηρίζεται από μία λογική οργάνωση, ομαδοποίηση και βοηθάει στην εύκολη και σωστή διαχείρισή του (Patni et al. 2022). Τα τελευταία χρόνια, οι Βάσεις Δεδομένων αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της επιστήμης της Πληροφορικής, καθώς ενισχύουν τον καταμερισμό και τη διαχείριση μεγάλου όγκου δεδομένων και πληροφορίας σε διαφορετικούς τομείς της κοινωνίας, όπως για παράδειγμα στις επιχειρήσεις, σε δημόσιες υπηρεσίες κ.ά. (Stephens and Plew 2003).

## 2.3. Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων (ΣΔΒΔ) Database Management Systems (DBMS)

Τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων αποτελούν προγράμματα - λογισμικά τα οποία βοηθούν στη διαχείριση μίας Βάσης (Elmasri and Navathe 2016). Ένα τέτοιο πρόγραμμα χρησιμοποιείται για τη δημιουργία, επεξεργασία, συντήρηση και ολοκληρωτική διαχείριση μίας Βάσης Δεδομένων (Gunjal and Koganurmath 2003). Παραδείγματα τέτοιων λογισμικών είναι η Microsoft Access, η οποία είναι ευρέως γνωστή και απευθύνεται κυρίως σε μικρού μεγέθους Βάσεις (O'Neil and O'Neil 2000). Επίσης, το MS SQL Server και το MySQL αποτελούν λογισμικά, τα οποία απευθύνονται για μεγαλύτερες Βάσεις Δεδομένων παγκόσμιας κλίμακας (Stephens and Plew 2003).

Τα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων παρέχουν προστασία και αποτελεσματική πρόσβαση στα αποθηκευμένα δεδομένα. Ακόμη, προστατεύουν τα δεδομένα και εξασφαλίζουν την ακεραιότητα, την αξιοπιστία, την αποτελεσματική αναζήτηση και ταχύτητα σε μικρό χρονικό διάστημα, καθώς και την ασφάλεια αυτών των δεδομένων (Hadzilacos 1988). Για τους παραπάνω λόγους, οι Βάσεις Δεδομένων γίνονται ολοένα και πιο δημοφιλείς στο ευρύ κοινό (Ταμπακάς 2017).

Ένα Σύστημα Βάσης Δεδομένων (ΣΒΔ) ή DBS (Data Base System) αποτελείται από το υλικό, το λογισμικό, τη Βάση Δεδομένων και τους χρήστες. Το υλικό (hardware) συνίσταται από τους ηλεκτρονικούς υπολογιστές, τα περιφερειακά, τους σκληρούς



δίσκους, τις μαγνητικές ταινίες κ.ά., δηλαδή τους τρόπους με τους οποίους είναι αποθηκευμένα τα αρχεία καθώς και το λογισμικό (software) και τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία τους. (Stephens and Plew 2003). Οι χρήστες (users) χωρίζονται σε κατηγορίες, με την πρώτη κατηγορία, η οποία αφορά τους τελικούς χρήστες (end users). Οι τελικοί χρήστες χρησιμοποιούν εφαρμογές για να ανακτούν στοιχεία από μια Βάση, με τις λιγότερες δυνατότητες επέμβασης στα δεδομένα και έχοντας πρόσβαση σε συγκεκριμένα τμήματα της Βάσης (Silberschatz et al. 2011). Η επόμενη κατηγορία, οι προγραμματιστές εφαρμογών (application programmers), αναπτύσσουν τις εφαρμογές του ΣΔΒΔ σε κάποια από τις γνωστές γλώσσες προγραμματισμού. Μία επόμενη κατηγορία αποτελούν οι Διαχειριστές δεδομένων (data administrator – DA) οι οποίοι καθορίζουν τα δικαιώματα πρόσβασης μίας Βάσης σχετικά με τους χρήστες, έχοντας επίσης την ευθύνη για την οργάνωση της Βάσης Δεδομένων. Ο Διαχειριστής Βάσης Δεδομένων (database administrator – DBA) εξασφαλίζει τη σωστή λειτουργία και απόδοση του ΣΔΒΔ (Zaniolo et al. 1997).

Στα ΣΔΒΔ έχει επικρατήσει η κατασκευαστική αρχιτεκτονική των εξής **τριών επιπέδων** (Silberschatz et al., 2011):

- **Εσωτερικό επίπεδο** (internal level), σχετίζεται με την αποθήκευση αρχείων στο σκληρό δίσκο, δηλ. την πραγματική ή φυσική κατάστασή τους.
- **Εξωτερικό επίπεδο** (external level), σχετίζεται με τους χρήστες, είτε αυτοί είναι απλοί χειριστές, είτε προγραμματιστές ή και οι διαχειριστές της Βάσης Δεδομένων.
- **Εννοιολογικό επίπεδο** (conceptual level), αποτελεί το ενδιάμεσο επίπεδο συνδέοντας τα δύο άλλα επίπεδα και αφορά τη λογική σχεδίαση των αρχείων της Βάσης Δεδομένων.

## 2.4. Περιβάλλον Βάσης Δεδομένων.

Ένα περιβάλλον Βάσης Δεδομένων είναι ο συνδυασμός υλικού, δικτύου και λογισμικού, στο οποίο βρίσκεται η Βάση Δεδομένων. Αποτελεί μία συλλογή πραγμάτων και ερωτημάτων που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση διαφορετικών ενεργειών στα δεδομένα της Βάσης (Stephens and Plew 2003). Οι ενέργειες αυτές ποικίλουν καθώς οι χρήστες μπορούν να αναζητήσουν, να τροποποιήσουν, να δημιουργήσουν ή και να διαγράψουν δεδομένα (Silberschatz et al. 2011).

Ακολουθεί η περιγραφή των περιβάλλοντων.

- Περιβάλλον client-server

Τη δεκαετία του 1980, ξεκίνησε η ανταλλαγή δεδομένων λόγω σχεδιασμού και υλοποίησης μεγαλύτερων εφαρμογών μέσω του διαδικτύου. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας σχέσης Πελάτη/Εξυπηρετητή (Client/Server). Ο εξυπηρετητής (Server) αποτελεί τη βασική, κεντρική εφαρμογή με την οποία είναι συνδεδεμένες και άλλες εφαρμογές σε υπολογιστές διαφορετικών χρηστών, οι οποίοι χαρακτηρίζονται ως Πελάτες (Clients) και δίνεται η δυνατότητα ανταλλαγής δεδομένων και πληροφοριών. Η ανταλλαγή δεδομένων και πληροφορίας γίνεται μέσω ορισμένων αιτημάτων (requests) και αποκρίσεων (responses) (Ταμπακάς 2017). Υπάρχουν διαφορετικές κατηγορίες σχέσης μεταξύ (Client/Server), όπως για παράδειγμα σχέση Αδύνατου Πελάτη (Thin Client) – Παχύ Εξυπηρετητή (Fat Server), Παχύ Πελάτη (Fat Client) – Αδύνατο Εξυπηρετητή (Thin Server) και Υπέρ-Παχύ Εξυπηρετητή (Super-Fat Server). Σχέση Αδύνατου Πελάτη (Thin Client) – Παχύ Εξυπηρετητή (Fat Server) ονομάζεται η περίπτωση στην οποία ο Πελάτης αναλαμβάνει την κυριότητα της παρουσίασης των αποτελεσμάτων, ενώ η σχεδίαση και η επεξεργασία γίνεται στον Εξυπηρετητή. Σχέση Παχύ Πελάτη (Fat Client) – Αδύνατο Εξυπηρετητή (Thin Server) ονομάζεται η

περίπτωση όταν ο πελάτης πραγματοποιεί μεγάλο ποσοστό της επεξεργασίας. Τέλος, στην περίπτωση σχέσης Υπέρ-Παχύ Εξυπηρετητή (Super-Fat Server), η παρουσίαση πραγματοποιείται σε ένα browser, και η επεξεργασία συμβαίνει στον Εξυπηρετητή (Stephens and Plew 2003).

- Περιβάλλον πολλαπλών επιπέδων

#### *Αρχιτεκτονική 1-tier*

Στην Αρχιτεκτονική 1-tier, η τοποθεσία στην οποία βρίσκεται η εφαρμογή καθώς και η επικοινωνία από το χρήστη προς αυτή, πραγματοποιείται από τον ίδιο υπολογιστή (Patni et al. 2022). Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η βασική δημιουργία μίας Βάσης στο ΣΔΒΔ της Microsoft Access (Stephens and Plew 2003). Σε άλλη περίπτωση, υπάρχει το ενδεχόμενο της ύπαρξης ενός file server, στο οποίο μπορεί να βρίσκονται οι αποθηκευμένες πληροφορίες και να διαμοιράζονται σε άλλους υπολογιστές μέσω της εφαρμογής ενός τοπικού δικτύου (Patni et al. 2022). Με τη συγκεκριμένη εφαρμογή, η διάθεση των δεδομένων σε διαφορετικούς χρήστες πραγματοποιείται με ευκολία, αλλά υπάρχουν αρκετοί περιορισμοί, όπως η ταυτόχρονη χρήση της εφαρμογής. Το κόστος αποθήκευσης και λειτουργίας είναι μικρό (Stephens and Plew 2003).

#### *Αρχιτεκτονική 2-tier*

Στην αρχιτεκτονική αυτή υπάρχει το κεντρικό σύστημα, ο server, ο οποίος διαθέτει τη λειτουργικότητα προς τους άλλους χρήστες (clients). Δηλαδή, το ΣΔΒΔ είναι στον εξυπηρετητή, με τον οποίο επικοινωνούν οι εφαρμογές – πελάτες (Patni et al. 2022). Σε αυτή την περίπτωση υπάρχει ασφάλεια και γίνεται σωστή χρήση των υπολογιστικών πόρων. Ωστόσο, το κόστος συντήρησης του συστήματος ανεβαίνει σημαντικά, λόγω του μεγάλου αριθμού εγκατάστασης σε διαφορετικούς χρήστες (Zaniolo et al. 1997).

#### *Αρχιτεκτονική N-tier*

Η εφαρμογή και η λειτουργικότητα του συστήματος χωρίζονται σε διαφορετικά μέρη, τα οποία ονομάζονται επίπεδα. Η συνηθέστερη διάταξη αποτελείται από τρία διαφορετικά επίπεδα, τα οποία συνδέονται μεταξύ τους, ώστε να μοιραστεί η πληροφορία (Silberschatz et al. 2011). Κάθε επίπεδο αποτελεί ένα μοντέλο client/server n-επιπέδων ή πολλαπλών επιπέδων, καθώς επίσης ένας τρίτος υπολογιστής ενεργεί ως ενδιάμεσος ανάμεσα στον client και στο server. Σε ένα τέτοιο περιβάλλον υπάρχει αυξημένη ασφάλεια, διότι ο χρήστης δεν αλληλοεπιδρά σε μεγάλο βαθμό με τη Βάση (Castano et al. 1995). Επιπροσθέτως, πραγματοποιείται ευκολότερος έλεγχος των ενδιάμεσων επιπέδων για τυχόν δυσλειτουργίες. Το κόστος, καθώς και η σχεδίαση της εφαρμογής αυξάνεται (Stephens and Plew 2003).

- Περιβάλλον Web

Το Internet δίνει τη δυνατότητα σύνδεσης μεταξύ υπολογιστών και διαμοιρασμό πληροφοριών, εικόνων κλπ., αλλά βοηθάει και στην πρόσβαση σε μία Βάση Δεδομένων σε όλο τον κόσμο (Patni et al. 2022). Για να συμβεί αυτό χρειάζονται κάποιες απαιτήσεις, όπως η ύπαρξη ενός προγράμματος περιήγησης, παροχή internet, ένα firewall (προστασία από κακόβουλα λογισμικά), ένα web server (λογισμικό το οποίο εξυπηρετεί ιστοσελίδες και δεδομένα στο διαδίκτυο) και μία εφαρμογή server (λογισμικό το οποίο μεταφράζει πληροφορίες από τη Βάση Δεδομένων και παρουσιάζει τις πληροφορίες σε ένα χρήστη) (Stephens and Plew 2003). Με το περιβάλλον Web εξασφαλίζεται η αυξημένη ασφάλεια σχετικά με τη σωστή λειτουργία της Βάσης, αφού ο χρήστης δεν έρχεται σε επαφή άμεσα με τη Βάση Δεδομένων. Η αυξημένη ευελιξία και έλεγχος οδηγεί στην καλύτερη απόδοση της Βάσης (Pfleeger and Pfleeger 2012). Από την άλλη πλευρά υπάρχουν αυξημένοι κίνδυνοι λόγω του Internet και αντιμετωπίζονται μέσω ισχυρών πολιτικών ασφάλειας (firewalls, λογισμικό ανίχνευσης εισβολών, κ.ά.) (Stephens and Plew 2003).

- Παραδοσιακό περιβάλλον Mainframe

Το Mainframe αποτελεί έναν υπολογιστή, ο οποίος έχει ως σκοπό την ταυτόχρονη εκτέλεση πολλαπλών διαφορετικών εφαρμογών. Χρησιμοποιείται κυρίως από μεγάλες επιχειρήσεις και κυβερνητικούς οργανισμούς (Patni et al. 2022). Κατασκευαστικά έχει μεγάλο εσωτερικό χώρο, καθώς υπάρχει και η επιλογή χρήσης εξωτερικών αποθηκευτικών μέσων (Ayyanaraiah and Gopi 2017).

#### *Μοντέλα Δεδομένων*

Η περιγραφή των δεδομένων μιας Βάσης πραγματοποιείται από το μοντέλο δεδομένων (data models), το οποίο αποτελεί ένα σύνολο εργαλείων που βοηθούν στην περιγραφή των σχέσεων των δεδομένων και τη σημασία τους. Μία Βάση για να είναι ολοκληρωμένη και λειτουργική θα πρέπει να μπορεί να ανακαλεί τα δεδομένα τα οποία είναι καταχωρημένα (Ayyanaraiah and Gopi 2017). Οι προγραμματιστές χρησιμοποιούν διάφορες πολύπλοκες δομές, για τις οποίες ένας χρήστης μίας Βάσης δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζει (Ταμπακάς 2017). Οι δομές αυτές χωρίζονται σε επίπεδα αφαιρετικότητας, τα οποία χωρίζονται σε τρία σχήματα, το εννοιολογικό σχήμα, το λογικό και το φυσικό. Στη βιβλιογραφία το εννοιολογικό και το λογικό σχήμα αναφέρονται πολλές φορές ως ένα σχήμα, ως λογικό (εννοιολογικό) σχήμα (Stephens and Plew 2003).

Στο φυσικό σχήμα περιγράφονται οι τρόποι αποθήκευσης των δεδομένων. Περιγράφονται με λεπτομέρεια οι πολύπλοκες δομές, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση και την ανάκτηση των δεδομένων (Stephens and Plew 2003). Στο λογικό (εννοιολογικό) περιγράφονται ποια δεδομένα αποθηκεύονται και ποιες είναι οι σχέσεις μεταξύ τους. Στην ουσία, το λογικό σχήμα περιγράφει τη Βάση δεδομένων με απλές δομές. Το εννοιολογικό σχήμα περιγράφει μόνο ένα κομμάτι της Βάσης (Stephens and Plew 2003).

## **2.5. Χαρακτηριστικά σχεδίασης-δημιουργίας Βάσεων Δεδομένων**

Η Βάση Δεδομένων δεν θα πρέπει να περιέχει περιττά δεδομένα (redundancy). Αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια της Καταχώρισης δεδομένων θα πρέπει να αποφευχθεί η καταχώριση ίδιων δεδομένων πάνω από μία φορά (Silberschatz et al. 2011). Στην περίπτωση που πραγματοποιείται Καταχώριση δεδομένων πάνω από μία φορές, υπάρχει το ενδεχόμενο δημιουργίας ασυνεπών δεδομένων (inconsistency), καθώς επίσης κατάχρηση αποθηκευτικού χώρου (Gunjal and Koganurmath 2003). Μετά την ολοκλήρωση του σχεδιασμού της Βάσης, πραγματοποιείται ο έλεγχος παρουσίας επαναλαμβανόμενων πεδίων, και η απομάκρυνσή τους σε περίπτωση ύπαρξής τους. Μία Βάση οφείλει να είναι σχεδιασμένη εύχρηστη και λειτουργική, ώστε η ανεύρεση των δεδομένων να γίνεται εύκολα και γρήγορα, με αποτελεσματική και εύκολη πλοήγηση (Silberschatz et al. 2011). Το ΣΔΒΔ θα πρέπει να περιλαμβάνει ένα σύστημα ασφαλείας (security system), το οποίο θα αποτρέπει στην πρόσβαση των δεδομένων σε μη επιτρεπόμενα άτομα. Για αυτό το λόγο, προτείνεται η οριοθέτηση ομάδων χρηστών (user groups) με διαφορετικές άδειες πρόσβασης στα δεδομένα (Castano et al. 1995). Με αυτό τον τρόπο, ο κάθε χρήσης παραλαμβάνει ένα κωδικό πρόσβασης (password) με τον οποίο επιτρέπεται η πρόσβαση σε συγκεκριμένα τμήματα της Βάσης, καθορισμένα από πριν (Pfleeger and Pfleeger 2012). Θα πρέπει να επιτρέπεται και να διαχειρίζεται, στο ΣΔΒΔ, ταυτόχρονες προσπελάσεις στα ίδια δεδομένα (concurrency control), ώστε το σύστημα να αποτρέψει την Καταχώριση πληροφοριών στην ίδια θέση αποθήκευσης. Δηλαδή, κατά τη διάρκεια μίας νέας εγγραφής ή αλλαγής θα πρέπει να «κλειδώνεται» αμέσως το αποτέλεσμα μετά από κάθε ολοκληρωμένη

Καταχώριση (Ayyavaraiah and Gori 2017). Σε ένα ΣΔΒΔ επιβάλλεται η ύπαρξη ενός συστήματος δημιουργίας αντιγράφων ασφαλείας (backups) των δεδομένων, τα οποία είναι ήδη καταχωρημένα, έτσι ώστε η ανάκτηση των δεδομένων να είναι εύκολη, σε περίπτωση δυσλειτουργίας της Βάσης (Pfleeger and Pfleeger 2012).

### *Μοντελοποίηση Δεδομένων*

Μοντελοποίηση Δεδομένων ονομάζεται επιλογή του ιδανικού τρόπου παρουσίασης και αναπαράστασης των δεδομένων για την καλύτερη αποθήκευση και αξιοποίηση τους, η οποία πραγματοποιείται κατά τη διάρκεια εφαρμογής του λογικού επιπέδου (Elmasri and Navathe 2016). Υπάρχουν διαφορετικά μοντέλα ΣΔΒΔ, τα οποία εκτός από τον τρόπο οργάνωσης των δεδομένων, αφορούν τις πράξεις και ενέργειες οι οποίες πραγματοποιούνται στα δεδομένα (Stephens and Plew 2003).

Η ιστορική εξέλιξη των μοντέλων είναι:

- το ιεραρχικό μοντέλο (hierarchical model),
- το δικτυωτό μοντέλο (network model),
- το σχεσιακό μοντέλο (relational model) και
- το αντικειμενοστραφές μοντέλο (object-oriented model).

### *Ιεραρχικό μοντέλο*

Το μοντέλο αυτό πρωτοεμφανίστηκε στα τέλη της δεκαετίας του 60 (Stephens and Plew 2003). Στο μοντέλο αυτό η οργάνωση των δεδομένων γίνεται με τη μορφή του ανεστραμμένου δένδρου με τη μορφή πινάκων. Οι πίνακες αυτοί ονομάζονται πίνακες καταχωρήσεων - record tables, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από δείκτες – pointers. Η ιεραρχική Βάση Δεδομένων περιέχει ένα επίπεδο βάσης ή ρίζας των εγγραφών με επόμενες σχετικές εγγραφές. Ο πρώτος πίνακας-πρόγονος ονομάζεται ρίζα-root, και έχει έναν ή περισσότερους πίνακες – απογόνους. Κάθε πίνακας, μπορεί να έχει έναν ή περισσότερους απογόνους, αλλά μόνο έναν πρόγονο. Οι σχέσεις μεταξύ των πινάκων είναι του τύπου πρόγονος/απόγονος. Δημιουργούνται έτσι σχέσεις «ένα προς πολλά». Ένα μειονέκτημα σε αυτό το μοντέλο αποτελεί η αναζήτηση, η οποία πραγματοποιείται στα «κλαδιά» που δημιουργήθηκαν (Ταμπακάς 2017). Η αρχή του μοντέλου ξεκινάει από τον πρώτο πίνακα, τη ρίζα. Ένας ακόμη περιορισμός αποτελεί η δυσκολία αλλαγής της δομής του «δέντρου» που δημιουργήθηκε, λόγω της φύσης του μοντέλου. Δηλαδή, όταν διαγράφεται ένας πρόγονος, επηρεάζονται και οι απόγονοί του, οι οποίοι πρέπει να διαγραφούν (Stephens and Plew 2003).

### *Δικτυακό μοντέλο*

Το δικτυακό μοντέλο θεωρείται η εξέλιξη του Ιεραρχικού και εμφανίστηκε το 1971 (Patni et al. 2022). Υπάρχει η δυνατότητα σχέσεων «πολλά προς πολλά». Η πλοήγηση στη Βάση μπορεί να ξεκινήσει από οποιοδήποτε πίνακα και όχι αποκλειστικά από την αρχή της ρίζας. Δημιουργείται ένα δίκτυο συνδέσεων μεταξύ των πινάκων, στο οποίο οι ξεχωριστές ιεραρχικές Βάσεις συνδέονται σε μία μεγαλύτερη (Patni et al. 2022).

### *Σχεσιακό Μοντέλο*

Οι σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων εμφανίστηκαν για πρώτη φορά το 1970 από το μαθηματικό Edward Frank Codd του IMB Research Laboratory (Silberschatz et al. 2011). Ο Codd πρότεινε ότι η αποθήκευση των δεδομένων μπορεί να πραγματοποιείται με τη μορφή πινάκων. Το μοντέλο στηρίζεται στις σχέσεις που δημιουργούνται μεταξύ των πινάκων (Sumathi and Esakkirajan 2007). Τα δεδομένα συστηματοποιούνται σε πίνακες ονομαζόμενοι οντότητες (entities). Οι συσχετίσεις (relations) μεταξύ των οντοτήτων αποδίδονται επίσης σε πίνακες. Η αναζήτηση στις σχεσιακές Βάσεις Δεδομένων γίνεται απευθείας στον πίνακα δεδομένων που

ενδιαφέρει το χρήστη (Stephens and Plew 2003). Το σχεσιακό μοντέλο θα αναλυθεί περαιτέρω σε επόμενο κεφάλαιο.

### *Αντικειμενοστραφές μοντέλο*

Το αντικειμενοστραφές μοντέλο εξειδικεύεται περισσότερο στην εύρεση ενός μοναδικού στοιχείου, όπως ο ήχος ή η εικόνα, τα οποία αποτελούν νέους τύπους δεδομένων (Patni et al. 2022). Στις αντικειμενοστραφές Βάσεις Δεδομένων γίνεται χρήση διαφόρων γλωσσών προγραμματισμού π.χ. Java. Με αυτό τον τρόπο, οι Βάσεις γίνονται γρηγορότερες σε σχέση με τις Σχεσιακές (Patni et al. 2022).

Οι λειτουργίες, οι οποίες εφαρμόζονται σε μία Βάση, χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: σ' αυτές που τροποποιούν τη δομή της Βάσης, και σ' εκείνες που τροποποιούν το περιεχόμενο της Βάσης, δηλαδή τα δεδομένα που αποθηκεύονται σε αυτή.

- Λειτουργίες που τροποποιούν τη δομή :γλώσσα ορισμού δεδομένων (Data Definition Language, DDL),
- Λειτουργίες που τροποποιούν το περιεχόμενο: γλώσσα διαχείρισης δεδομένων (Data Manipulation Language, DML)

## **2.6. Στάδια δημιουργίας Βάσης Δεδομένων**

### *Στάδιο 1: Σχεδιασμός και υλοποίηση*

Το στάδιο αυτό εκτελείται από τον προγραμματιστή, ο οποίος έχει αναλάβει τη δημιουργία της Βάσης (Sumathi and Esakkirajan 2007). Ο προγραμματιστής ακολουθώντας τις απαιτήσεις και τις προδιαγραφές, σχεδιάζει και δημιουργεί τη Βάση. Το στάδιο αυτό εκτελείται με μεγάλη ευκρίνεια, διότι σε περίπτωση ύπαρξης λάθους σχεδίασης θα οδηγήσει στη μη σωστή επεξεργασία των δεδομένων (Connolly and Begg 2003). Πιο συγκεκριμένα, η σχεδίαση μίας Βάσης περιλαμβάνει των καθορισμό των προδιαγραφών και απαιτήσεων, όπως την οριοθέτηση της δομής της Βάσης, των τύπων δεδομένων, του πλήθους και του είδους των διαδικασιών, οι οποίες θα εφαρμόζονται στα δεδομένα της Βάσης. Υπάρχουν συγκεκριμένα επίπεδα τα οποία ακολουθούνται για το σχεδιασμό μίας Βάσης. Τα επίπεδα αυτά είναι ο Φυσικός σχεδιασμός, ο Εννοιολογικός σχεδιασμός, ο Λογικός σχεδιασμός και το Επίπεδο όψης (view level) (Stephens and Plew 2003).

Στον Εννοιολογικό σχεδιασμό καθορίζονται τα δεδομένα, τα οποία θα αποθηκευτούν αλλά και οι μεταξύ τους σχέσεις. Για το σωστό εννοιολογικό σχεδιασμό έχουν αναπτυχθεί διαγράμματα, όπως τα Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων. Ο εννοιολογικός σχεδιασμός δεν επηρεάζεται από το φυσικό επίπεδο και τα δεδομένα δεν εξαρτώνται από κάποιο συγκεκριμένο τρόπο αποθήκευσης (Silberschatz et al. 2011).

Στο Λογικό σχεδιασμό πραγματοποιείται ο σχεδιασμός του Σχεσιακού Μοντέλου το οποίο προκύπτει από τη μεταφορά του Μοντέλου οντοτήτων Συσχετίσεων, το οποίο έχει κατασκευαστεί κατά τη διάρκεια του εννοιολογικό σχεδιασμό (Silberschatz et al. 2011). Για τη σωστή σχεδίαση του Σχεσιακού Μοντέλου εφαρμόζονται μέθοδοι κανονικοποίησης, ενώ γίνεται έλεγχος πλεονασμού και ακεραιότητας δεδομένων. Ο σχεδιασμός ολοκληρώνεται με την ανασκόπηση όλης της διαδικασίας και τη πρόβλεψη μελλοντικών αναγκών (Silberschatz et al. 2011). Η μέθοδος της κανονικοποίησης θα αναπτυχθεί παρακάτω.

Στο Φυσικό σχεδιασμό σχεδιάζεται και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο τα δεδομένα θα αποθηκεύονται στο ΣΔΒΔ, καθώς επιπλέον προσδιορίζονται οι τύποι δεδομένων, οι οποίοι θα ενταχθούν στη Βάση (Connolly and Begg 2003).

Στο Επίπεδο όψης προσδιορίζεται ο τρόπος παρουσίασης των δεδομένων σε σχέση με τα κριτήρια τα οποία ο χρήστης της Βάσης θέτει με άμεσο ή έμμεσο τρόπο. Δηλαδή, ανάλογα με την αναζήτηση που κάνει ο χρήστης, γίνεται να εμφάνιση μονό συγκεκριμένων δεδομένων και να μην υπάρχει ελεύθερη πρόσβαση σε όλα τα δεδομένα της Βάσης. Αυτό συμβαίνει κυρίως σε Βάσεις μεγαλύτερης κλίμακας (Patni et al. 2022).

#### *Στάδιο 2: Καταχώριση δεδομένων*

Μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης και δημιουργίας της Βάσης, ακολουθεί η Καταχώριση των δεδομένων μέσω ειδικών φορμών (O'Neil and O'Neil 2000). Η Καταχώριση αποτελεί ένα εύκολο βήμα, το οποίο δεν χρειάζεται απαραίτητες εξειδικευμένες γνώσεις πληροφορικής. Οι φόρμες Καταχώρισης δεδομένων πρέπει να είναι σχεδιασμένες με ξεκάθαρο τρόπο για σωστή τελική Καταχώριση. Ο σχεδιασμός της αλληλεπίδρασης του προγράμματος με τους χρήστες (User Interface, UI) αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο κάθε εφαρμογής (Stephens and Plew 2003).

#### *Στάδιο 3: Διαχείριση και επεξεργασία της Βάσης και των Δεδομένων.*

Σε αυτό το στάδιο πραγματοποιούνται διάφορες δραστηριότητες, όπως η αναζήτηση με συγκεκριμένα κριτήρια ή συγκεκριμένες τιμές. Με τη χρήση των Βάσεων Δεδομένων, η διαδικασία αναζήτησης είναι χρονικά ελάχιστη. Ο βασικότερος λόγος ανάπτυξης των Βάσεων Δεδομένων είναι η ύπαρξη δυνατότητας ανάκτησης πληροφοριών μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα. Ακόμη, μέσω της διαχείρισης υπάρχει η δυνατότητα προσθήκης νέων δεδομένων, η επεξεργασία, η ταξινόμηση με συγκεκριμένο κριτήριο καθώς και η διαγραφή (Patni et al., 2022). Οι δραστηριότητες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες. Η πρώτη κατηγορία αφορά τις δραστηριότητες που σχετίζονται μόνο με την προβολή των δεδομένων, αλλά όχι τη δυνατότητα επεξεργασίας. Ενώ, η δεύτερη αφορά δραστηριότητες οι οποίες μπορούν να επεξεργαστούν και να τροποποιήσουν τα δεδομένα (Stephens and Plew 2003).

## Κεφάλαιο 3 Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται το Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων αναλύοντας τα βασικά του χαρακτηριστικά (οντότητα, στιγμιότυπο, κλειδιά). Αναλύεται ο όρος της συσχέτιση, ενώ δίνονται πληροφορίες σχετικά με το Διάγραμμα Οντοτήτων Συσχετίσεων.

### 3.1. Βασικοί Όροι

Το Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων (Entity Relationship Model) αποτελεί μία εννοιολογική αναπαράσταση δεδομένων. Εφαρμόστηκε πρώτη φορά το 1976 (Ullman and Widom 2007). Χρησιμοποιείται κατά τη διάρκεια του εννοιολογικού σχεδιασμού και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας διαγραμματικής παρουσίασης του σχήματος της Βάσης. Δηλαδή, η λειτουργία του Μοντέλου Οντοτήτων Συσχετίσεων δεν βοηθάει στον προσδιορισμό του τρόπου αποθήκευσης των δεδομένων, αλλά στην παρουσίαση του τρόπου με τον οποίο συνδέονται τα δεδομένα (Arenyo 1999). Το Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων βασίζεται στο πως αντιλαμβάνεται κάποιος το φυσικό κόσμο και αποτελείται από ένα σύνολο αντικειμένων του φυσικού κόσμου (οντότητες και σχέσεις οντοτήτων) (Silberschatz et al. 2011).

#### *Οντότητες (Entity)*

Ένας από τους βασικούς πυλώνες που εμφανίζεται πάντα σε ένα μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων είναι οι οντότητες. Μία οντότητα (entity) είναι ένα σύνολο από στιγμιότυπα του ίδιου τύπου που έχουν κοινές ιδιότητες ή γνωρίσματα. Μία οντότητα μπορεί να οριστεί ως μια αυτόνομη μονάδα του φυσικού κόσμου, η οποία μπορεί να θεωρηθεί είτε πομπός είτε δέκτης πληροφοριών. Οι οντότητες αποδίδονται ως ουσιαστικά και παρουσιάζονται ως πίνακες, ενώ μπορούν να αποτελέσουν κάθε αντικείμενο, πρόσωπο, γεγονός, ή κατάσταση, καθώς παράλληλα γίνεται συλλογή πληροφοριών για αυτές (Ullman and Widom 2007). Κάθε οντότητα χαρακτηρίζεται από κάποιες ιδιότητες, οι οποίες ονομάζονται χαρακτηριστικά ή γνωρίσματα ή πεδία (attributes) (Patni et al., 2022). Υπάρχουν δύο περιπτώσεις πεδίων, τα απλά ή ατομικά (π.χ. ηλικία) και τα σύνθετα. Σύνθετο ονομάζεται το πεδίο το οποίο χωρίζεται σε περισσότερες μονάδες (π.χ. διεύθυνση, όνομα δρόμου, αριθμός κλπ.). Η τιμή ενός σύνθετου πεδίου προκύπτει από τη συνένωση (concatenation) τιμών των απλών πεδίων (Sumathi and Esakkirajan 2007). Ένας ακόμη διαχωρισμός, ο οποίος σχετίζεται με τον αριθμό των τιμών που καταχωρούνται, σχετίζεται με τα πεδία απλής τιμής (single-valued attribute), στα οποία καταχωρούνται μοναδικές τιμές (π.χ. ηλικία) και τα πεδία πολλαπλής τιμής (multivalued attribute), στα οποία μπορούν να καταχωρηθούν παραπάνω από μία τιμές (π.χ. αριθμός τηλεφώνου σπιτιού, κινητού κλπ.) (Patni et al. 2022). Επιπλέον, στην περίπτωση που δύο ή παραπάνω πεδία επιτρέπουν τον υπολογισμό της τιμής του άλλου πεδίου, τότε συσχετίζονται μεταξύ τους και ονομάζονται συσχετιζόμενα πεδία (related attributes). Υπάρχει και η περίπτωση που η τιμή δεν εμφανίζεται σε ένα πεδίο μίας οντότητας, η οποία είναι άγνωστη και ονομάζεται Κενή ή Άκυρη τιμή Null (Patni et al. 2022).

#### *Τύποι οντοτήτων*

Τύπος οντότητας (entity type) ονομάζεται οι ομαδοποιημένες οντότητες που περιέχουν κοινά χαρακτηριστικά. Κάθε ένας από τους τύπους περιγράφεται από ένα όνομα και από το σύνολο των πεδίων που περιέχει. Το σύνολο αυτής της πληροφορίας ορίζει το σχήμα (schema) (Biskup and Convent 1986). Στιγμιότυπά (instance) ονομάζονται τα καταχωρημένα δεδομένα των χαρακτηριστικών μίας οντότητας. Το

στιγμιότυπο αποτελεί ένα «αντικείμενο» του πραγματικού κόσμου, το οποίο ξεχωρίζει από τα άλλα αντικείμενα. Κάθε ένα διαφορετικό στιγμιότυπο απαρτίζεται από ένα σύνολο ιδιοτήτων, όπως όνομα, επίθετο, διεύθυνση και αριθμός μητρώου ή ταυτότητας. Δίνεται η δυνατότητα στην κάθε τιμή να έχει διαφορετικές ιδιότητες για κάθε στιγμιότυπο (Silberschatz et al. 2011).

#### *Κλειδιά*

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, γίνεται αντιληπτό ότι για κάθε τύπο οντότητας υπάρχει η δυνατότητα Καταχώρισης πολλών διαφορετικών στιγμιότυπων σε σχέση με την ίδια. Τα στιγμιότυπα θα πρέπει να διακριθούν μεταξύ τους με τη χρήση ενός πεδίου από κάθε οντότητα, το οποίο ονομάζεται πεδίο – κλειδί ή πρωτεύον κλειδί (key attribute) και περιέχει μοναδική τιμή για κάθε στιγμιότυπο. Πιο συγκεκριμένα, δεν υφίσταται η χρήση ενός πεδίου-κλειδιού σε δύο διαφορετικά στιγμιότυπα. Το πεδίο-κλειδί πρέπει να εξυπηρετεί τη συνθήκη της μοναδικότητας (uniqueness constraint) όσον αφορά την τιμή του, όπως για παράδειγμα ο αριθμός της αστυνομικής ταυτότητας (Stephens and Plew 2003). Μία οντότητα μπορεί να έχει περισσότερα από ένα πρωτεύοντα κλειδιά αλλά ένα μόνο μπορεί να επιλεγεί. Υποψήφια κλειδιά (candidate keys) ονομάζονται τα χαρακτηριστικά που μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πεδία κλειδιά μιας σχέσης. Σε πολλές περιπτώσεις δεν υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό της οντότητας για να αποτελέσει κλειδί. Εναλλακτικά, γίνεται η χρήση δύο ή περισσότερων χαρακτηριστικών (εάν υπάρχουν), τα οποία στο σύνολό τους προσδιορίζουν μοναδικά μία οντότητα (Sumathi and Esakkirajan 2007). Στην περίπτωση αυτή, το κλειδί ονομάζεται σύνθετο κλειδί. Όταν δεν υπάρχει κάποιο χαρακτηριστικό, το οποίο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κλειδί, τότε ορίζεται κάποιο τεχνητό χαρακτηριστικό που να προσδιορίζει μοναδικά κάθε οντότητα. Ξένο κλειδί αποκαλείται μια ιδιότητα (πεδίο) που είναι πρωτεύον σε μια οντότητα (πίνακας), αλλά υπάρχει και σε μια άλλη οντότητα (πίνακας) σαν απλή ιδιότητα. Τα ξένα κλειδιά είναι απαραίτητα για τη δημιουργία συσχετίσεων (συνδέσεις, επικοινωνίες) ανάμεσα στις οντότητες (πίνακες) (Silberschatz et al. 2011).

### **3.2 Συσχέτιση**

Ο δεύτερος πυλώνας, ο οποίος συμβάλει στη δημιουργία ενός Μοντέλου Οντοτήτων Συσχετίσεων, είναι η συσχέτιση (relationship). Μία συσχέτιση μεταξύ δύο ή περισσότερων οντοτήτων προσδιορίζει ένα σύνολο συνδέσεων/αντιστοιχιών μεταξύ των στιγμιότυπων των οντοτήτων (Patni et al. 2022). Οι συνδέσεις αυτές ονομάζονται στιγμιότυπα συσχετίσεων. Βαθμός μίας συσχέτισης αποτελεί ο αριθμός των οντοτήτων που συμμετέχουν σε μία συσχέτιση. Όταν για παράδειγμα, ο βαθμός είναι δύο, τότε δημιουργείται μία δυαδική συσχέτιση και όταν ο βαθμός είναι τρία υπάρχει τριαδική συσχέτιση (Ταμπακάς 2017).

#### *Τύπος συσχέτισης R*

Ένας τύπος συσχέτισης R μεταξύ η οντοτήτων είναι μία ομάδα συνδέσεων μεταξύ οντοτήτων αυτών των τύπων. Κάθε δείγμα συσχέτισης  $r_i$  του τύπου R είναι ένας δεσμός μεταξύ δύο οντοτήτων, μία από κάθε τύπο (Κολοκοτρώνης 2005).

#### *Χαρακτηρίστηκα συσχέτισης*

Σε κάθε τύπο συσχέτισης ανάμεσα σε δύο οντότητες υπάρχουν δύο ιδιότητες, οι οποίες προσδιορίζουν το πλήθος και το είδος της συμμετοχής τους στα στιγμιότυπα αυτού του τύπου συσχέτισης (Ullman and Widom 2007). Η πρώτη ιδιότητα ονομάζεται πολλαπλότητα (cardinality). Η πολλαπλότητα ενός τύπου συσχέτισης καθορίζει το πλήθος των στιγμιότυπων, με το οποίο μία οντότητα μπορεί να συμμετάσχει.



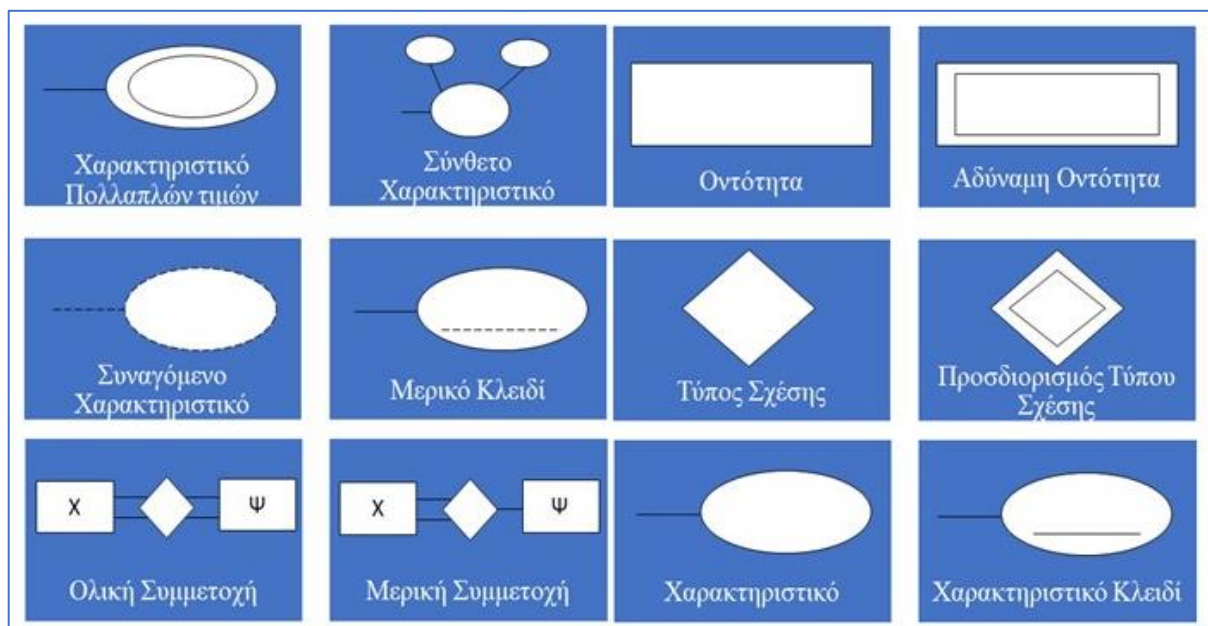
Υπάρχουν τρεις περιπτώσεις πολλαπλότητας, η 1:N (ένα προς πολλά), η 1:1 (ένα προς ένα) και η M:N (πολλά προς πολλά) (Stephens and Plew 2003). Η συσχέτιση 1:1 (ένα προς ένα) συνδέει ένα ζεύγος δύο οντοτήτων, δηλαδή ένα στιγμιότυπο μίας οντότητας μπορεί να συσχετισθεί μόνο με ένα στιγμιότυπο μίας άλλης οντότητας. Η συσχέτιση 1:N (ένα προς πολλά) συνδέει μία οντότητα με μία ομάδα από άλλες οντότητες, δηλαδή, ένα στιγμιότυπο της X οντότητας μπορεί να συσχετισθεί με πολλά στιγμιότυπα της Ψ οντότητας, αλλά ένα στιγμιότυπο της Ψ οντότητας μπορεί να συσχετισθεί μόνο με ένα στιγμιότυπο της X οντότητας (Ullman and Widom 2007). Η συσχέτιση N:M (πολλά προς πολλά) συνδέει μία οντότητα με πολλές άλλες, καθώς μία οντότητα μπορεί να συνδέεται με άλλες οντότητες μέσω της ίδια συσχέτισης (Κολοκοτρώνης 2005).

Η δεύτερη ιδιότητα σχετίζεται με τη συμμετοχή δύο τύπων οντότητας σε μία συσχέτιση. Υπάρχουν δύο είδη συμμετοχής, η ολική και η μερική. Ένας τύπος οντότητας χαρακτηρίζεται από ολική συμμετοχή (total participation) όταν κάθε ένα από τα στιγμιότυπα της οντότητας συμμετέχουν σε τουλάχιστον ένα στιγμιότυπο της συσχέτισης. Ενώ, μερική συμμετοχή (partial participation) υφίσταται, όταν υπάρχει η δυνατότητα, κάποια στιγμιότυπα της οντότητας να μην συμμετέχουν στη συσχέτιση (Ταμπακάς 2017).

Σε ορισμένες περιπτώσεις, υπάρχουν τύποι οντότητας, οι οποίοι δεν έχουν κάποιο πεδίο-κλειδί για διαχωρισμό από τα διάφορα στιγμιότυπα τους. Η διάκριση θα πραγματοποιηθεί μέσω της συσχέτισης τους με κάποιον από τους υπόλοιπους τύπους οντότητας (Ullman and Widom 2007). Αυτοί οι τύποι ονομάζονται αδύναμοι τύποι οντότητας (weak entity types) και ορίζονται μόνο από ένα συνδυασμό κάποιων πεδίων καθώς και από τη συσχέτισή τους (identifying relationship) με κάποιον τύπο οντότητας (identifying owner). Εάν δύο ή περισσότεροι αδύναμοι τύποι οντότητας έχουν τον ίδιο κάτοχο (owner entity) υπάρχει ένας συνδυασμός πεδίων, ο οποίος βοηθάει το διαχωρισμό των στιγμιότυπων αυτού του τύπου οντότητας μεταξύ τους και ονομάζεται μερικό κλειδί (partial key) (Garcia-Molina, Ullman, and Widom 2013).

### 3.3. Διάγραμμα Οντοτήτων Συσχετίσεων

Το διάγραμμα Οντοτήτων Συσχετίσεων (ERD) αποτελεί την απεικόνιση, τη γραφική αναπαράσταση του Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων. Κατά την εφαρμογή του Διαγράμματος ΟΣ χρησιμοποιούνται γεωμετρικά σχήματα: για τις οντότητες γίνεται η χρήση ορθογωνίου, για το κάθε πεδίο χρησιμοποιείται η έλλειψη, για τη συσχέτιση χρησιμοποιείται ρόμβος και μία ευθεία γραμμή, η οποία δηλώνει το σύνολο των πεδίων και τη συμμετοχή ενός συνόλου οντοτήτων σε ένα σύνολο συσχετίσεων (Stephens and Plew 2003).



Εικόνα 1: Γεωμετρικά Σχήματα Διαγράμματος Οντοτήτων Συσχετίσεων.

## Κεφάλαιο 4 Σχεσιακό Μοντέλο

Το κεφάλαιο αυτό αφορά το πιο ευρέως γνωστό και διαδεδομένο μοντέλο μίας Βάσης Δεδομένων, το Σχεσιακό Μοντέλο και τους βασικούς παράγοντες που συμβάλλουν στη δημιουργία μίας Σχεσιακής Βάσης Δεδομένων. Παρουσιάζονται πληροφορίες για την απεικόνιση των δεδομένων, για το Λογικό σχεδιασμό, την Κανονικοποίηση και γενικές πληροφορίες για τη Σχεσιακή Άλγεβρα. Τέλος, γίνεται αναφορά στη βασικότερη γλώσσα διαχείρισης λειτουργίας μίας Σχεσιακής Βάσης, τη γλώσσα SQL.

### 4.1. Θεωρητικό υπόβαθρο

Το σχεσιακό μοντέλο αναπαράστασης (relational data model) εφαρμόστηκε από τον Codd το 1970 (Stephens and Plew 2003). Βασικοί στόχοι του Σχεσιακού μοντέλου είναι η ύπαρξη ανεξαρτησίας δεδομένων, ώστε αλλαγές στη φυσική δομή και οργάνωση της Βάσης να μην χρειάζονται μελλοντικές μετατροπές και αλλαγές στα προγράμματα εφαρμογής (Silberschatz et al. 2011). Επιπλέον, στόχος είναι η αποφυγή πλεονασμού δεδομένων (Codd 1990). Ο πλεονασμός εμφανίζεται όταν πραγματοποιείται αποθήκευση των ίδιων δεδομένων σε διαφορετικά σημεία μίας Βάσης. Με το Σχεσιακό μοντέλο διατηρείται η ακεραιότητα και η συνέπεια των δεδομένων (Stephens and Plew 2003). Το μοντέλο υποστηρίζει τις γλώσσες ανάπτυξης DDL – DML που διευκολύνουν στη διατύπωση ερωτημάτων προς το ΣΔΒΔ, οι οποίες αναφέρθηκαν παραπάνω.

Τα δεδομένα ενός Σχεσιακού μοντέλου αναπαρίστανται ως ένα σύνολο από σχέσεις, οι οποίες παρουσιάζονται ως πίνακες. Οι πίνακες περιέχουν γραμμές (rows) και στήλες (columns). Οι γραμμές ονομάζονται εγγραφές records ή πλειάδες (tuples). Η κάθε εγγραφή αποτελείται από ένα σύνολο απλών πεδίων, τα οποία έχουν σχέσεις μεταξύ τους. Οι πίνακες χρησιμοποιούνται για την αναπαράσταση των τύπων οντοτήτων, καθώς και των τύπων συσχετίσεων που υφίστανται ανάμεσά τους (O'Neil and O'Neil 2000). Κάθε στήλη αποτελεί ένα χαρακτηριστικό (attribute) της εγγραφής. Το πλήθος των χαρακτηριστικών ονομάζεται βαθμός (degree), ενώ των γραμμών ονομάζεται πλήθος, και ο ολόκληρος πίνακας ονομάζεται σχέση. Με τη χρήση των πινάκων γίνεται αναπαράσταση των τύπων οντοτήτων και των τύπων συσχετίσεων μεταξύ τους. Η κάθε γραμμή αποτελεί ένα στιγμιότυπο οντότητας ή συσχέτισης ανάλογα την κάθε περίπτωση (Connolly and Begg 2003). Η συλλογή των τιμών μίας γραμμής περιγράφει ένα στιγμιότυπο οντότητας ή συσχέτισης του Μοντέλου Οντοτήτων Συσχετίσεων. Σε κάθε πεδίο ενός πίνακα εγγράφεται ένα σύνολο τιμών (domain), οι οποίες είναι προκαθορισμένες. Το είδος των τιμών προσδιορίζεται από τον τύπο δεδομένων, ο οποίος έχει καθοριστεί στο λογικό στάδιο σχεδίασης. Εκτός από το πεδίο ορισμού, κάθε πεδίο χαρακτηρίζεται από ένα τύπο δεδομένων (O'Neil and O'Neil 2000). Η διάταξη (ordering) των πλειάδων σε μια σχέση δεν επηρεάζει τη λειτουργία, διότι μια σχέση ορίζεται ως ένα σύνολο από πλειάδες, άρα τα στοιχεία μπορούν να υφίστανται χωρίς διάταξη. Αντίθετα, μια πλειάδα αποτελείται από ένα πλήθος διατεταγμένων πεδίων, και επομένως η σειρά με την οποία αναγράφονται οι τιμές μιας πλειάδας είναι σημαντική (Sumathi and Esakkirajan 2007). Ατομικές τιμές ονομάζονται οι τιμές, οι οποίες καταχωρούνται σε μια πλειάδα (atomic) και δεν υποδιαιρούνται σε μικρότερες μονάδες πληροφορίας. Σύνθετες τιμές δεδομένων δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν, αλλά θα πρέπει να συμπεριληφθούν με διαφορετικό τρόπο χωρίς να παραβιάζεται η παραπάνω αρχή (Sumathi and Esakkirajan 2007). Σχήμα σχέσης ονομάζεται το σύνολο των ονομάτων των γνωρισμάτων, το οποίο χαρακτηρίζει τη σχέση (Lukoníć et al. 2006). Το σύνολο των σχημάτων σχέσεων μίας Βάσης αποτελούν το σχεσιακό σήμα της Βάσης Δεδομένων.

## 4.2. Κανόνες ακεραιότητας

Οι κανόνες ακεραιότητας (integrity constraints), ενός Σχεσιακού σχήματος μιας Βάσης Δεδομένων, εφαρμόζονται για όλα τα στιγμιότυπα και βοηθούν στη διατήρηση της συνέπειας και της αξιοπιστίας της Βάσης. Οι κανόνες είναι οι ακόλουθοι:

- Ο πρώτος από τους κανόνες (key constraint) επιβάλλει την εφαρμογή μοναδικών τιμών στα πεδία του πίνακα, τα οποία έχουν ορισθεί ως υποψήφια κλειδιά (candidate keys). Πιο συγκεκριμένα, απαγορεύεται δύο εγγραφές, οι οποίες έχουν χαρακτηριστεί υποψήφια κλειδιά, να έχουν ίδια τιμή (Silberschatz et al. 2011).
- Ο δεύτερος κανόνας (entity integrity constraint) αφορά το πρωτεύον κλειδί της κάθε εγγραφής πίνακα, ο οποίος απαγορεύει τη χρήση της τιμής NULL. Το πρωτεύον κλειδί βοηθάει στο διαχωρισμό των εγγραφών από το πίνακα, άρα αν δύο εγγραφές έχουν τιμή NULL, δεν θα μπορεί να πραγματοποιηθεί διάκριση μεταξύ των πινάκων (Sumathi and Esakkirajan 2007).
- Ο τρίτος κανόνας (referential integrity constraint) αναφέρεται στις συσχετίσεις, οι οποίες υπάρχουν ανάμεσα στους πίνακες της Βάσης. Δηλαδή, εάν η τιμή κάποιου από τα πεδία μιας εγγραφής ενός πίνακα αναφέρεται σε εγγραφή κάποιου άλλου πίνακα, αυτή θα πρέπει να είναι μια υπάρχουσα εγγραφή (Garcia-Molina et al. 2013).

Το επόμενο βήμα στο σχεδιασμό των Βάσεων Δεδομένων αποτελεί ο μετασχηματισμός του μοντέλου οντοτήτων συσχετίσεων σε σχεσιακό μοντέλο. Αυτό σημαίνει ότι οι οντότητες, τα γνωρίσματα, οι συσχετίσεις και τα μοναδικά αναγνωριστικά του Διαγράμματος Οντοτήτων Συσχετίσεων θα μετατραπούν στα αντίστοιχα «αντικείμενα» του Σχεσιακού μοντέλου (Silberschatz et al. 2011).

## 4.3. Απεικόνιση mapping

Απεικόνιση (mapping) ονομάζεται η διαδικασία δημιουργίας του Σχεσιακού μοντέλου μιας Βάσης από το Μοντέλο Οντοτήτων Συσχετίσεων (Stephens and Plew 2003). Για την ολοκληρωμένη απεικόνιση ενός μοντέλου εφαρμόζονται 6 βήματα.

- Βήμα 1  
Για κάθε ισχυρή οντότητα δημιουργείται ένας πίνακας με όλα τα απλά χαρακτηριστικά της οντότητας. Επιλέγεται το πρωτεύον κλειδί του πίνακα, το οποίο μπορεί να είναι σύνθετο και να αποτελείται από περισσότερα από ένα πεδία. Τα χαρακτηριστικά πολλαπλών τιμών (multivalued attributes) δεν χρησιμοποιούνται ακόμη (Elmasri and Navathe 2016).
- Βήμα 2  
Για κάθε τύπο συσχέτισης 1:1 γίνεται επιλογή του πίνακα με ολική συμμετοχή και πραγματοποιείται η εισαγωγή του ξένου κλειδιού, το οποίο αποτελεί το πρωτεύον κλειδί του άλλου πίνακα. Στον πίνακα που θα εισαχθεί το ξένο κλειδί, προθέτονται και τα γνωρίσματα της συσχέτισης, εάν υπάρχουν (Elmasri and Navathe 2016).
- Βήμα 3  
Για κάθε τύπο συσχέτισης 1:N επιλέγεται ο πίνακας με τη συμμετοχή N και το πρωτεύον κλειδί του πίνακα με συμμετοχή 1 εισάγεται ως ξένο κλειδί. Στη συνέχεια, προστίθενται στο πίνακα με συμμετοχή N τα γνωρίσματα της συσχέτισης, εάν υπάρχουν.
- Βήμα 4  
Για κάθε τύπο συσχέτισης N:M δημιουργείται ένας νέος πίνακας και εισάγονται τα πρωτεύοντα κλειδιά των πινάκων ως ξένα. Το πρωτεύον κλειδί του νέου πίνακα θα αποτελείται από ένα συνδυασμό ξένων κλειδιών. Επίσης, πραγματοποιείται η

εισαγωγή στο νέο πίνακα τα γνωρίσματα των δύο προηγούμενων πινάκων, εάν υπάρχουν (Elmasri and Navathe 2016).

- Βήμα 5

Για κάθε ασθενή τύπο οντότητας δημιουργείται ένας νέος πίνακας ο οποίος περιλαμβάνει όλα τα πεδία του. Σε αυτόν προστίθεται ως νέο πεδίο (ξένο κλειδί) το πρωτεύον κλειδί του πίνακα ιδιοκτήτη της ασθενής οντότητας. Αυτό το πρωτεύον κλειδί του νέου πίνακα αποτελεί συνδυασμός του πρωτεύοντος κλειδιού του πίνακα ιδιοκτήτη και του μερικού κλειδιού (Silberschatz et al. 2011).

- Βήμα 6

Για κάθε πλειότιμο γνώρισμα δημιουργείται νέος πίνακας, στον οποίο προστίθεται το πρωτεύον κλειδί και τα γνωρίσματα του τύπου οντότητας, το οποίο περιέχει το πλειότιμο γνώρισμα (Silberschatz et al. 2011).

#### 4.4. Λογικός Σχεδιασμός

Στο λογικό σχεδιασμό δημιουργείται το λογικό σχήμα (σχεσιακό) με Βάση το μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων, το οποίο δημιουργήθηκε στον εννοιολογικό σχεδιασμό. Η βασική αρχή σχεδίασης αυτού του μοντέλου είναι η ομαδοποίηση των πεδίων των τύπων οντότητας, και η δημιουργία πινάκων για τους τύπους οντότητας και συσχέτισης, όπως αυτοί έχουν ορισθεί στο μοντέλο οντοτήτων συσχετίσεων (Silberschatz et al. 2011). Ωστόσο, κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας προκύπτουν κάποια ερωτήματα, τα οποία σχετίζονται με την επιλογή των πεδίων που θα ομαδοποιηθούν και θα σχηματίσουν ένα πίνακα. Ένα από τα πρώτα βήματα που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της σχεδίασης των πινάκων είναι η ταυτοποίηση των πεδίων που περιέχουν, τα οποία ομαδοποιούνται και ολοκληρώνονται οι πίνακες (Ταμπακάς 2017). Τα πεδία θα πρέπει να ομαδοποιούνται μεταξύ τους, ώστε η τελική δομή του πίνακα να εμφανίζεται με λογική συνάφεια. Όσο πιο ξεκάθαρη είναι αυτή η λογική δομή, τόσο πιο εύκολη γίνεται η σχεδίαση του σχήματος ολόκληρης της Βάσης. Στην πραγματικότητα, οι πίνακες θα πρέπει να είναι οργανωμένοι, ώστε με μια απλή ανάγνωση να γίνεται σαφές στο χρήστη τι είδος πληροφορίας θα καταχωρηθεί σε κάθε πίνακα, ενώ δεν θα πρέπει να γίνεται συνδυασμός πεδίων διαφορετικών τύπων οντοτήτων στον ίδιο πίνακα (πιθανότητα δημιουργίας προβλημάτων) (Connolly and Begg 2003). Το μεγαλύτερο πρόβλημα σε αυτή την περίπτωση αποτελεί η κατάχρηση αποθηκευτικού χώρου, καθώς οι πληροφορίες και δεδομένα θα έχουν καταχωρηθεί παραπάνω από μία φορά. Επιπλέον, πρόβλημα θα δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια τροποποίησης των περιεχομένων της Βάσης και συγκεκριμένα κατά τη χρήση των ενεργειών (εισαγωγή, επεξεργασία, διαγραφή) καθώς υπάρχει ενδεχόμενο να χαθούν πληροφορίες σε κάποιες από τις εγγραφές. Για να λυθούν αυτά τα προβλήματα υπάρχει η διαδικασία της κανονικοποίησης (Stephens and Plew 2003).

#### 4.5. Κανονικοποίηση

Η διαδικασία της κανονικοποίησης (normalization process) εφαρμόστηκε πρώτη φορά από τον Codd το 1970 (Stephens and Plew 2003). Ο ρόλος της κανονικοποίησης είναι να εφαρμόζει μία σειρά ελέγχους προκειμένου να εξακριβωθεί αν ανήκει ή όχι, η σχέση, σε κάποια κανονική μορφή. Μια κανονική μορφή ορίζεται η «κατάσταση» στην οποία βρίσκεται μια σχέση όσον αφορά τους τύπους των εξαρτήσεων που υφίστανται ανάμεσα στα πεδία της (Ταμπακάς 2017). Η κανονικοποίηση προσφέρει ένα σύνολο κανόνων με τους οποίους μπορούν να ελεγχθούν η ορθότητα και η ποιότητα του λογικού και εννοιολογικού σχεδιασμού, εφαρμόζεται στο Σχεσιακό σχήμα και

διασφαλίζει ότι τα χαρακτηριστικά των πινάκων είναι τοποθετημένα στους σωστούς πίνακες και ότι έχει καθοριστεί το κατάλληλο πρωτεύον κλειδί (Silberschatz et al. 2011). Η κανονικοποίηση προσπαθεί να εξαλείψει τα πλεονάζοντα δεδομένα, δηλαδή να μετασχηματίσει τους πίνακες σε μια νέα μορφή, η οποία να είναι απαλλαγμένη από τις διάφορες ανωμαλίες εισαγωγής, διαγραφής και τροποποίησης εγγραφών (Silberschatz et al. 2011). Η μεθοδολογία αυτή ερευνά τους πίνακες και τα πρωτεύοντα κλειδιά τους, σε σχέση με τις συναρτησιακές εξαρτήσεις που υπάρχουν ανάμεσα τους. Στη συνέχεια, οι δομές αυτές ελέγχονται προκειμένου να διαπιστωθεί εάν ικανοποιούν κάποιες συνθήκες. Η λογική της κανονικοποίησης σχετίζεται με την έννοια των κανονικών μορφών. Μία σχέση (ένας πίνακας) ανήκει σε μία κανονική μορφή αν ικανοποιεί ένα σύνολο από περιορισμούς. Στην αρχή, ο Codd παρουσίασε τρεις κανονικές μορφές (1NF, 2NF, 3NF) οι οποίες σχετίζονται με τις συναρτησιακές εξαρτήσεις στα πεδία των πινάκων μίας Βάσης. Στη συνέχεια, ο Codd σε συνεργασία με τον Boyce εφάρμοσαν μία βελτιωμένη εκδοχή της τρίτης μορφής, γνωστή ως κανονική μορφή των Boyce/Codd (BCNF) (Elmasri and Navathe 2016). Αργότερα, εμφανίστηκαν δύο ακόμη μορφές οι οποίες στηρίζονται σε διαφορετικά είδη εξαρτήσεων (multivalued dependencies και join dependencies) (Ταμπακάς 2017). Πριν πραγματοποιηθεί η ανάλυση των κανονικών μορφών πρέπει να αναλυθεί ο όρος των σχεσιακών συναρτήσεων.

#### 4.6. Συναρτησιακές εξαρτήσεις

Σε μία σχέση  $\Sigma$ , το πεδίο (κατηγορημα)  $P_2$  της σχέσης είναι συναρτησιακό εξαρτώμενο από το πεδίο  $P_1$  της σχέσης αν και μόνο αν κάθε τιμή του  $P_1$  σχετίζεται με ακριβώς μία τιμή του  $P_2$ . Στον ορισμό αυτό δεν απαιτείται η ύπαρξη της τιμής του  $P_1$  μόνο σε μία πλειάδα της σχέσης (Garcia-Molina et al. 2013).

Σε άλλη περίπτωση, σε μία σχέση  $\Sigma$ , το πεδίο  $P_2$  της σχέσης είναι συναρτησιακά εξαρτώμενο από το  $P_1$  όταν και μόνο όταν δύο πλειάδες της σχέσης έχουν την ίδια τιμή για το πεδίο  $P_1$ , τότε επίσης θα έχουν την ίδια τιμή για το πεδίο  $P_2$  (O'Neil and O'Neil 2000).

Υπάρχει επίσης ο ορισμός της πλήρους συναρτησιακής εξάρτησης κατά την οποία σε μία σχέση  $\Sigma$ , το πεδίο  $P_2$  της σχέσης είναι πλήρως συναρτησιακά εξαρτώμενο από το πεδίο  $P_1$  της σχέσης, αν είναι συναρτησιακά εξαρτώμενο από το  $P_1$  και δεν είναι συναρτησιακά εξαρτώμενο από οποιοδήποτε υποσύνολο του  $P_1$ . Δηλαδή, ο ορισμός αναφέρει ότι δεν υπάρχει κατάλληλο υποσύνολο  $P_1$  των πεδίων που συνθέτουν το  $P_1$ , τέτοιο ώστε το  $P_2$  να είναι συναρτησιακά εξαρτημένο από τα  $P_1$  (Silberschatz et al. 2011).

#### 4.7. Κανονικές Μορφές Κανονικοποίησης

Πρώτη Κανονική Μορφή (1st Normal Form, 1NF):

Για να μεταβληθεί ένας Σχεσιακός πίνακας στην πρώτη μορφή θα πρέπει να απομακρυνθούν οι επαναλαμβανόμενες ομάδες πεδίων. Έτσι, μια απλή τιμή θα αντιστοιχεί πάντα στη τομή μίας γραμμής και στήλης ενός πίνακα (Patni et al. 2022).

Δεύτερη Κανονική Μορφή (2nd Normal Form, 2NF):

Αφού ολοκληρωθεί η πρώτη μορφή, πραγματοποιείται η απομάκρυνση όλων των μερικών συναρτησιακών εξαρτήσεων (partial dependencies) ανάμεσα στα πεδία. Θα

βρίσκεται στη δεύτερη μορφή αν κάθε πεδίο της σχέσης, που δεν συμμετέχει σε κλειδί, είναι πλήρως συναρτησιακά εξαρτημένο από κάθε υποψήφιο κλειδί της σχέσης (Elmasri and Navathe 2016).

Τρίτη Κανονική Μορφή (3rd Normal Form, 3NF):

Εκτελείται η δεύτερη μορφή και ακολουθεί η απομάκρυνση των μεταβατικών συναρτησιακών εξαρτήσεων. Η τρίτη κανονική μορφή προκύπτει από τη δεύτερη κανονική μορφή εάν μετασχηματιστεί ο πίνακας με τέτοιο τρόπο ώστε να απομακρυνθούν όλες οι μεταβατικές συναρτησιακές εξαρτήσεις (transitive dependencies) οι οποίες υφίστανται ανάμεσα στα πεδία του (Sumathi and Esakkirajan 2007).

Κανονική μορφή των Boyce – Codd (Boyce Codd Normal Form, BCNF)

Η κανονική μορφή των Boyce και Codd, χρησιμοποιείται για να την απομάκρυνση ανωμαλιών που ενδέχεται να προκύψουν σε περιπτώσεις κατά τις οποίες ένας πίνακας έχει περισσότερα από ένα υποψήφια κλειδιά, συνήθως σύνθετα, τα οποία δηλαδή αποτελούνται από πολλά πεδία (Elmasri and Navathe 2016).

Τέταρτη Κανονική Μορφή (4th Normal Form, 4NF):

Εφαρμόζεται η τρίτη μορφή και αφαίρεση των συναρτησιακών εξαρτήσεων που περιλαμβάνουν πεδία πολλαπλών τιμών (multivalued dependencies).

Πέμπτη Κανονική Μορφή (5th Normal Form, 5NF) :

Εκτελείται η τέταρτη μορφή και απομακρύνεται οποιασδήποτε άλλη εξάρτηση που τυχόν να έχει παραμείνει στη δομή του πίνακα (Ταμπακάς 2017).

Στην εικόνα καταγράφονται τα βήματα εκτέλεσης μετασχηματισμού μιας μη κανονικοποιημένης σχέσης από την πρώτη έως και την πέμπτη κανονική μορφή.



Εικόνα 2: Βήματα Κανονικοποίησης

## 4.8. Σχεσιακή Άλγεβρα

Η Σχεσιακή άλγεβρα (relational algebra) ορίζεται ως ένα σύνολο πράξεων, με τις οποίες δίνεται η δυνατότητα διαχείρισης των πινάκων μιας Σχεσιακής Βάσης Δεδομένων. Επιλέγονται γραμμές και στήλες οι οποίες πληρούν κάποια συγκεκριμένα κριτήρια σε ένα ή περισσότερους πίνακες (Mitschang 1989). Με την εφαρμογή αυτών των πράξεων δημιουργείται ένας νέος πίνακας, στον οποίο μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες πράξεις (Garcia-Molina et al. 2013). Με τον τρόπο αυτό είναι τελικά δυνατή η πραγματοποίηση οποιασδήποτε ενέργειας, όσο πολύπλοκη και αν είναι. Η σημαντικότερη γλώσσα διαχείρισης των Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων είναι η γλώσσα SQL (Κεφ.4.9) (Patni et al. 2022).

Πράξεις Σχεσιακής άλγεβρας.

Οι σημαντικότερες πράξεις της Σχεσιακής Άλγεβρας είναι οι πράξεις της ένωσης (union), της τομής (intersection), της διαφοράς (difference), του καρτεσιανού γινομένου (Cartesian product), της επιλογής (select), της προβολής (project), της σύζευξης (join) και της διαίρεσης (division) (Elmasri and Navathe 2016).

Επιλογή

Η πράξη της επιλογής χρησιμοποιείται για την επιλογή ενός συνόλου εγγραφών ενός πίνακα, και ικανοποιεί μια συγκεκριμένη συνθήκη (selection condition). Προσδιορίζεται ως  $E(A)$ , όπου  $A$  είναι ο πίνακας στον οποίο γίνεται η επιλογή και  $E$  αποτελεί τη συνθήκη της επιλογής. Για να εφαρμοστεί η πράξη της επιλογής, απαιτείται ο καθορισμός του ονόματος του πίνακα στον οποίο θα εφαρμοσθεί –σημειώνεται πως η πράξη αυτή εφαρμόζεται μόνο σε ένα πίνακα (unary operation)– αλλά και η συνθήκη επιλογής που καθορίζει τις εγγραφές οι οποίες θα εμφανιστούν στο τελικό αποτέλεσμα (Elmasri and Navathe 2016).

Προβολή

Η πράξη αυτή εφαρμόζεται στις στήλες ενός πίνακα με στόχο την προβολή. Προσδιορίζεται ως  $P\Sigma 1, \Sigma 2 \dots (A)$  όπου  $\Sigma 1, \Sigma 2$  είναι οι στήλες οι οποίες επιλέγονται από τον πίνακα  $A$ , στον οποίο πραγματοποιείται η πράξη της προβολής (Patni et al. 2022).

Ένωση

Η πράξη της ένωσης εφαρμόζεται σε δύο πίνακες και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός τρίτου, ο οποίος αποτελείται από τις εγγραφές των δύο αρχικών πινάκων. Οι εγγραφές που υπάρχουν και στον ένα και στον άλλο πίνακα απαλείφονται. Η ένωση προσδιορίζεται ως  $A \cup B$  (Patni et al. 2022).

Τομή

Η πράξη της τομής εφαρμόζεται σε δύο πίνακες και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός τρίτου πίνακα, ο οποίος αποτελείται μόνο από τις κοινές εγγραφές των δύο πινάκων. Η τομή προσδιορίζεται ως  $A \cap B$  (Ταμπακάς 2017).

Διαφορά

Η πράξη της διαφοράς εφαρμόζεται σε δύο πίνακες και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός τρίτου πίνακα, ο οποίος αποτελείται από τις εγγραφές του πίνακα  $A$  που δεν υπάρχουν στο πίνακα  $B$ . Η πράξη της διαφοράς προσδιορίζεται ως  $A - B$  (Elmasri and Navathe 2016).

Καρτεσιανό Γινόμενο



Το καρτεσιανό γινόμενο εφαρμόζεται ανάμεσα σε δύο πίνακες A και B και δημιουργεί έναν τρίτο πίνακα ο οποίος αποτελείται από τους συνδυασμούς όλων των στηλών του ενός, και του άλλου. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατόν να εντοπιστούν πλειάδες στους δύο πίνακες, οι οποίοι συσχετίζονται μεταξύ τους. Το καρτεσιανό γινόμενο προσδιορίζεται ως  $A \times B$  (Connolly and Begg 2003).

Η πράξη της σύζευξης (join operation)

Η πράξη της σύζευξης προσδιορίζεται ως  $A|X|EB$  όπου E είναι μία συνθήκη στην οποία τίθεται ως δείκτης στο σύμβολο σύνδεσης. Η πράξη της σύζευξης μπορεί να ορισθεί ως η εφαρμογή της πράξης του καρτεσιανού γινομένου ανάμεσα σε δύο πίνακες A και B, συνοδευόμενη από την πράξη της επιλογής (select) όπου εμφανίζονται μόνο οι στήλες που ικανοποιούν συγκεκριμένες συνθήκες επιλογής. Για την πράξη της σύζευξης χρειάζονται δύο πίνακες και μία συνθήκη (Ταμπκάς 2017).

#### 4.9. Η γλώσσα SQL

Μία βασική λειτουργία ενός Σχεσιακού Συστήματος Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων αποτελεί η διαχείριση του περιεχομένου, το οποίο είναι αποθηκευμένο στη Βάση και οργανωμένο σε πίνακες σχετιζόμενοι μεταξύ τους. Οι πιο σημαντικές μορφές διαχείρισης είναι η εισαγωγή, η μεταβολή και η διαγραφή των εγγραφών των πινάκων αλλά και η επιλογή και η εμφάνιση των εγγραφών των πινάκων σύμφωνα με κάποια κριτήρια αναζήτησης (Date and Darwen 1997).

Πριν πραγματοποιηθούν οι παραπάνω ενέργειες θα πρέπει πρώτα να έχουν δημιουργηθεί οι πίνακες της Βάσης και οι συσχετίσεις τους. Αυτές οι δύο βασικές ομάδες λειτουργιών, η δημιουργία του Σχεσιακού σχήματος και η διαχείριση του περιεχομένου που περιέχεται σε αυτό, εκτελούνται από κατάλληλα εργαλεία τα οποία είναι ειδικά σχεδιασμένα για αυτό το σκοπό. Η διαχείριση των πινάκων της Βάσης, πραγματοποιείται με τη γλώσσα ορισμού δεδομένων (Data Definition Language, DDL) (Donahoo and Speegle 2005). Σχετικά με τη διαχείριση των δεδομένων της εφαρμογής, χρησιμοποιείται η γλώσσα χειρισμού δεδομένων (Data Manipulation Language, DML). Οι γλώσσες αυτές υπάρχουν σε όλα τα μοντέρνα Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων και αποτελούν τμήμα μίας πιο γενικευμένης γλώσσας, η οποία ονομάζεται δομημένη γλώσσα ερωτοαποκρίσεων (Structured Query Language, SQL). Η SQL έχει καθιερωθεί ως το διεθνές πρότυπο διαχείρισης των δεδομένων μιας εφαρμογής, και αποτελεί τη γλώσσα διαχείρισης Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων. Αναπτύχθηκε στην εταιρεία IBM τη δεκαετία του 1970 και αρχικά ονομαζόταν SEQUEL (Date and Darwen 1997). Θεωρείται από τις κύριες αιτίες της εμπορικής επιτυχίας των Σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων, καθώς ήταν απλή και εύκολη στη χρήση της. Η καθιέρωση της SQL ως προτύπου σημαίνει ότι όλοι μπορούν να τη χρησιμοποιούν με τον ίδιο ακριβώς τρόπο σε οποιοδήποτε σύστημα την υποστηρίζει (Donahoo and Speegle 2005). Έτσι, αν οι σχεδιαστές ή οι διαχειριστές Βάσεων Δεδομένων προγραμματίσουν σε SQL, οι εντολές, οι οποίες θα γραφτούν, θα μπορούν εύκολα να μεταφερθούν σε οποιοδήποτε σύστημα που υποστηρίζει το πρότυπο της SQL. Μπορούν, δηλαδή, να μεταφέρουν εύκολα τον κώδικά τους από το ένα σύστημα στο άλλο, π.χ. από MySQL σε Postgres ή αντίστροφα, κλπ. Επιπλέον, αν ένας προγραμματιστής εφαρμογών χρησιμοποιήσει τη γλώσσα SQL για να γράψει ερωτήσεις ανάκτησης δεδομένων, τότε θα μπορεί να κάνει τις ίδιες ακριβώς ερωτήσεις σε διαφορετικές Βάσεις Δεδομένων οι οποίες υποστηρίζουν το πρότυπο της SQL (Date and Darwen 1997).

## Κεφάλαιο 5 Μελέτη Περίπτωσης

### 5.1. Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο<sup>7</sup> – Βάσεις δεδομένων

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται αναφορά στο Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο, και συγκεκριμένα στις δράσεις του, το ρόλος του καθώς και τη συνεισφορά έρευνας σε παγκόσμιο επίπεδο. Στη συνέχεια, παρουσιάζεται η Βάση Δεδομένων στην οποία βασίζεται η συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, συμπεριλαμβάνοντας πληροφορίες για το μάρμαρο, τη μελέτη προέλευσης και τεχνικές ανάλυσης.

#### *Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο (Austrian Archaeological Institute, OeAI)*

Το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο ιδρύθηκε το 1898. Από την ίδρυσή του μέχρι και σήμερα συνεργάζεται και πραγματοποιεί δραστηριότητες με όλη την υφήλιο. Το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο μαζί με άλλα 24 Ινστιτούτα, διαφορετικών τομέων, βρίσκονται υπό την αιγίδα της Αυστριακής Ακαδημίας Επιστημών (The Austrian Academy of Sciences, OeAW<sup>8</sup>). Το OeAW ιδρύθηκε το 1847 και αποτελεί το μεγαλύτερο μη πανεπιστημιακό ερευνητικό και επιστημονικό ίδρυμα της Αυστρίας. Σκοπός του OeAW είναι η καινοτόμος έρευνα, η διεπιστημονική ανταλλαγή και διάδοση γνώσεων με στόχο τη συμβολή στην πρόοδο της επιστήμης και της κοινωνίας στο σύνολό της.

Βασική αποστολή είναι η διερεύνηση της ανθρώπινης ιστορίας από την προϊστορική περίοδο έως τη σύγχρονη εποχή, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις υλικές, αρχαιολογικές και γραπτές πηγές. Το Ινστιτούτο αποτελείται από τα τρία τμήματα, το τμήμα Προϊστορίας και Αρχαιολογίας Δυτικής Ασίας/Βόρειας Αφρικής, το τμήμα Ιστορικής Αρχαιολογίας και το τμήμα Κλασικών Σπουδών, τα οποία καλύπτουν ολόκληρο το επαγγελματικό πρόγραμμα μελετών. Η διεπιστημονικότητα και οι επαγγελματικές διασυνδέσεις διακρίνουν το Ινστιτούτο, γεγονός που εκφράζεται με τη δημιουργία κεντρικών εγκαταστάσεων για τις Αρχαιολογικές Επιστήμες, τις Ψηφιακές Επιστήμες και τις Επιστήμες Πολιτιστικής Κληρονομιάς. Η εκτεταμένη ερευνητική υποδομή του αποτελείται από εργαστήρια, ημερίδες, ποικίλο τεχνικό και κινητό εξοπλισμό, καθώς και από αρχεία, συλλογές και τη μεγαλύτερη επαγγελματική βιβλιοθήκη αρχαιολογίας στην Αυστρία. Το Ινστιτούτο εδρεύει στη Βιέννη, με παραρτήματα στην Αθήνα, την Έφεσο, το Κάιρο και το Κρεμς (πόλη της Αυστρίας).

Οι ερευνητικές ομάδες που εδρεύουν στα τμήματα ασχολούνται με τα πολιτιστικά-ιστορικά βασικά θέματα της αρχαιολογίας και των κλασικών σπουδών και χρησιμοποιούν ποικίλες μεθόδους. Σε αυτές ανήκουν η έρευνα πεδίου, οι μελέτες υλικού, οι επιστημονικές αναλυτικές μέθοδοι, η αξιολόγηση τεκμηριωμένων πηγών και οι εκδοτικές δραστηριότητες. Πρόσθετες λειτουργίες περιλαμβάνουν τις επιστήμες της ιστορικής διατήρησης και της συντήρησης, τόσο από θεωρητική όσο και από πρακτική άποψη. Οι έρευνες είναι ενταγμένες σε ένα πυκνό δίκτυο εθνικών και διεθνών συνεργασιών. Επιπλέον, η κατάρτιση και η προώθηση νέων επιστημόνων αποτελεί κρίσιμο στόχο του Ινστιτούτου και πραγματοποιείται μέσω της ακαδημαϊκής διδασκαλίας σε τοπικά και διεθνή πανεπιστήμια, καθώς και μέσω της ενσωμάτωσης νέων επιστημόνων σε ποικίλα προγράμματα.

Το OeAI εκδίδει τη δική του σειρά δημοσιεύσεων και διεθνών περιοδικών. Οι δημοσιεύσεις αντικατοπτρίζουν τους βασικούς ερευνητικούς τομείς του Ινστιτούτου.

<sup>7</sup> <https://www.oeaw.ac.at/oeai/home>

<sup>8</sup> <https://www.oeaw.ac.at/>

Μέσω διεθνών διαδικασιών αξιολόγησης και συμβουλευτικών επιτροπών, οι δημοσιεύσεις ανταποκρίνονται στα υψηλότερα επιστημονικά πρότυπα.

Το ΟeAI δημιουργήθηκε από τη συγχώνευση του Ινστιτούτου Ανατολικής και Ευρωπαϊκής Αρχαιολογίας (OREA), του Αυστριακού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου (OeAI) και του Ινστιτούτου για τη Μελέτη του Αρχαίου Πολιτισμού (IKAnt).

Το Ινστιτούτο διευρύνει περαιτέρω την τεχνογνωσία του στον τομέα της επιστημονικής αρχαιολογίας και αποτελεί τον κύριο σύνδεσμο για τη βιοαρχαιολογική, γεωαρχαιολογική και αρχαιομετρική έρευνα στη χώρα της Αυστρίας καθώς και σε άλλες περιοχές ανά τον κόσμο. Με την επέκταση των εξειδικευμένων εργαστηρίων του, αυξάνεται η ελκυστικότητά του για εθνικούς αλλά και διεθνείς νέους επιστήμονες και εμπειρογνώμονες.

Λόγω της πολιτιστικής και γεωγραφικής του ευθυγράμμισης, το Ινστιτούτο έχει γεφυρωτική λειτουργία μεταξύ των ερευνητικών τοπίων της κεντρικής και νοτιοανατολικής Ευρώπης, της περιοχής της Μεσογείου, καθώς και διαφόρων περιοχών της Βόρειας Αφρικής και της Εγγύς Ανατολής μέχρι την Κεντρική Ασία.

Μέσω της ψηφιοποίησης, της Open Science και των δημοσίων σχέσεων, η προβολή και η προσβασιμότητα της αρχαιολογίας και των κλασικών σπουδών αυξάνονται αισθητά. Με τον τρόπο αυτό, το ΟeAI συμβάλλει σημαντικά στην κατοχύρωση αυτών των επαγγελματικών τομέων ως κοινωνικά σημαντικών κλάδων.

*Τμήμα Ψηφιακής Αρχαιολογίας και Κλασικών Σπουδών (Digital Archaeology and Classics DAC)*<sup>9</sup>

Το DAC αποτελεί τμήμα του ΟeAI, το οποίο βρίσκεται μεταξύ αρχαιολογίας/κλασικών σπουδών και τεχνολογίας πληροφοριών/επιστήμης υπολογιστών. Το αντικείμενό του τμήματος κατευθύνεται τόσο εσωτερικά, δηλαδή εντός του ίδιου του Ινστιτούτου, όσο και εξωτερικά ως σύνδεσμος με εθνικούς και διεθνείς εταίρους στον τομέα της υπολογιστικής αρχαιολογίας. Αυτός ο τομέας περιλαμβάνει τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά πεδία δραστηριότητας σε ολόκληρο τον κύκλο των ερευνητικών δεδομένων. Ο τομέας της θεωρητικής θεμελιακής έρευνας περιλαμβάνει έργα που ασχολούνται με θεμελιώδη προβλήματα της δομής και της ανάλυσης δεδομένων από την αρχαιολογία και την κλασική αρχαιότητα. Προηγούμενη εστίαση του τμήματος στο θέμα αυτό περιελάμβανε εργασίες για τη δημιουργία λεξιλογίων και τη γενική δόμηση ανασκαφικών δεδομένων. Μια πρόσθετη σημαντική πρόκληση είναι η ανάπτυξη ερευνητικών υποδομών που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διάθεση αρχαιολογικών και κλασικών δεδομένων στην επιστημονική κοινότητα, για παράδειγμα μέσω ανοικτών διαδικτυακών πλατφορμών. Σημαντική σημασία για αυτό είναι, αν μη τι άλλο, οι θεμελιωμένες δεξιότητες σε εννοιολογικό επίπεδο προκειμένου να συμβάλλουν στη διαμόρφωση διεθνών προτύπων και εξελίξεων, όπως τα συνδεδεμένα ανοικτά δεδομένα, η χρήση προτύπων μεταδεδομένων και οντολογιών κ.λπ. καθώς και να είναι σε θέση να λαμβάνουν υπόψη τα πρότυπα αυτά και να τα ενσωματώνουν σε προγράμματα Ινστιτούτου.

Για την ανάπτυξη λύσεων οργάνωσης, διαχείρισης και αρχειοθέτησης για διάφορες συλλογές δεδομένων πραγματοποιείται στενή συνεργασία μεταξύ του DAC και του Αυστριακού Κέντρου για τις Ψηφιακές Ανθρωπιστικές Επιστήμες και την Πολιτιστική Κληρονομιά (Austrian Centre for Digital Humanities and Cultural Heritage, ACDH-CH)<sup>10</sup>, το οποίο υπάγεται στο ΟeAW. Το ACDH-CH επιδιώκει τη βασική έρευνα στις ανθρωπιστικές επιστήμες με μακροπρόθεσμα έργα μέσω μεθοδολογικών και θεωρητικών παραδείγματα ψηφιακής τεκμηρίωσης, επεξεργασίας, έρευνας και

<sup>9</sup> <https://www.oeaw.ac.at/en/oeai/oeaidigital/mission>

<sup>10</sup> <https://www.oeaw.ac.at/acdh>

οπτικοποίησης των ψηφιακών ανθρωπιστικών επιστημών με στόχο την ανάπτυξη και τη διατήρηση της πολιτιστικής κληρονομιάς.

*Παραδείγματα Βάσεων Δεδομένων συσχετιζόμενα με το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο*

Το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο εμπλέκεται σε διάφορες Βάσεις Δεδομένων διαφορετικών θεματικών. Ένα παράδειγμα αποτελεί η Βάση Δεδομένων Cremation Bronze Age Burials (CBAB)<sup>11</sup>. Η Βάση αυτή περιλαμβάνει δεδομένα, τα οποία αφορούν αρχαίες καύσεις ταφών την Ύστερη Εποχή του Χαλκού (14ος - 9ος αιώνας π.Χ.) από διάφορες περιοχές τις Ευρώπης. Ακόμη ένα παράδειγμα αποτελεί η Βάση Δεδομένων THANADOS (The Anthropological and Archaeological Database of Sepultures)<sup>12</sup>. Παρουσιάζει πληροφορίες πρώιμων μεσαιωνικών νεκροταφείων στην περιοχή της σημερινής Αυστρίας. Και οι δύο αυτές Βάσεις είναι ανοιχτές προς το κοινό.

Οι Βάσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν με τη συνεργασία του ACDH-CH (στην περίπτωση της Βάσης THANADOS υπήρξε συνεργασία και με το Μουσείο Φυσικής Ιστορίας της Βιέννης).

## 5.2. Βάση δεδομένων – Αρχαιομετρίας Μαρμάρου

Αφορμή για τη δημιουργία αυτής της Βάσης αποτελεί το επιχορηγούμενο Αυστριακό οικονομικό πρόγραμμα, με την ονομασία: Fingerprinting White Marbles Quarries and Cities of Roman Thrace, 1st-3rd century AD, 2022-2023. Το αντικείμενο της έρευνας του προγράμματος αφορά τα λευκά μάρμαρα στη ρωμαϊκή επαρχία της Θράκης (1ος - 3ος αι.), λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές πηγές μαρμάρου και το εμπορικό δίκτυο μαρμάρου της εποχής. Η περιοχή της Θράκης είναι κατάλληλη για το συγκεκριμένο ερευνητικό θέμα για δύο λόγους: Η ύπαρξη πολυάριθμων λατομείων τόσο στη στεριά όσο και στα νησιά (Θάσος, Προκόννησος), καθώς και για το ότι οι ποταμοί - στα βόρεια ο Δούναβης, στα νότια ο Στρυμόνας (Στρυμόνας), τα Μεστά (Νέστος), η Μαρίτσα (Έβρος), η Τούντζα (Τόντζος), ο Άρδας - προσέφεραν δρόμους μεταφοράς, και για μεγάλες αποστάσεις (Archibald 2016; Λουκοπούλου et al. 2008), ενώ και το ρωμαϊκό οδικό σύστημα ήταν καλά ανεπτυγμένο (Madzharov 2009). Το έργο ακολουθεί μια διεπιστημονική ερευνητική προσέγγιση και συνδέει τους κλάδους της αρχαιολογίας, της γεωλογίας, της αρχαιομετρίας, της οικονομικής ιστορίας και της ψηφιακής αρχαιολογίας.

Στόχοι του προγράμματος είναι οι ακόλουθοι:

- Συνολική καταγραφή και πετρογραφικός-γεωχημικός χαρακτηρισμός των λατομείων λευκού μαρμάρου της Θράκης τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στην αρχαιότητα.
- Ακριβής χαρακτηρισμός του εμπορίου μαρμάρου σε πόλεις και επαύλεις της Θράκης, λαμβάνοντας υπόψη την αρχιτεκτονική, τη γλυπτική, τις σαρκοφάγους και τις επιγραφές, σε συσχέτιση με την τοπική/περιφερειακή παραγωγή και τις εισαγωγές εμπορίου.
- Ενσωμάτωση της εικόνας η οποία προέκυψε για τη Θράκη στα ρωμαϊκά οικονομικά μοντέλα, ειδικότερα σε ζητήματα που αφορούν την παραγωγή, τις περιφερειακές αγορές, καθώς και τη σχέση μεταξύ της ποιότητας της πρώτης ύλης και του είδους του τελικού προϊόντος.

<sup>11</sup> <https://cbab.acdh.oeaw.ac.at>

<sup>12</sup> <https://thanados.net>

- Συνδυασμός των νέων δεδομένων με τα ήδη υπάρχοντα αρχεία και μελέτες, μακροχρόνια αρχειοθέτηση και ψηφιακή δημοσίευση.

Για την υλοποίηση του προγράμματος πραγματοποιούνται δειγματοληπτικές αποστολές στις εμπλεκόμενες περιοχές, αναζήτηση βιβλιογραφικών πηγών, συνεργασία με τοπικούς φορείς και άλλους επιστήμονες του χώρου, καθώς επίσης και ανάλυση αυτών των δειγμάτων. Η τεχνικές ανάλυσης των δειγμάτων θα αναπτυχθούν παρακάτω.

Όλα τα αρχαιολογικά και αρχαιομετρικά δεδομένα, τα οποία θα αποκτηθούν κατά τη διάρκεια του προγράμματος, καθώς και όλα τα αριθμητικά (λευκά) δεδομένα μαρμάρου που έχουν δημοσιευθεί μέχρι σήμερα, θα καταχωρηθούν στη Βάση Δεδομένων, η οποία δημιουργήθηκε για αυτό το σκοπό.

Στο Αυστριακό Κέντρο για τις Ψηφιακές Ανθρωπιστικές Επιστήμες (ACDH-CH) έχει αναπτυχθεί μια εφαρμογή<sup>13</sup><https://defc.acdh.oeaw.ac.at/>, η οποία θα προσαρμοστεί στις ανάγκες διαχείρισης αυτών των δεδομένων.

Αυτή η αρχαιολογική Βάση δεδομένων αρχαίου μαρμάρου θα συνεχίσει να λειτουργεί και μετά την ολοκλήρωση του συγκεκριμένου προγράμματος. Στόχος του Αρχαιολογικού Ινστιτούτου είναι να παραμείνει η αναζήτηση και Καταχώριση δεδομένων τα οποία θα αφορούν νέα ή ήδη υπάρχοντα δείγματα από αρχαιολογικά αντικείμενα και αρχαία λατομεία σε όλη την υφήλιο.

Δύο τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι δύο ομάδες δειγμάτων, οι οποίες απασχολούν τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία. Οι δύο αυτές ομάδες δειγμάτων αφορούν αντικείμενα της Αρχαίας Κορίνθου και λατομεία από τη χερσόνησο της Μάνης (οι οποίες θα αναλυθούν σε επόμενο κεφάλαιο). Οι συγκεκριμένες ομάδες δεν σχετίζονται με το παραπάνω πρόγραμμα, άλλα αποτελούν αυτόνομα παράλληλα προγράμματα του Ινστιτούτου.

### **5.3. Μελέτη Προέλευσης Αρχαιολογικού Μαρμάρου**

Το μάρμαρο αποτελεί υλικό το οποίο χρησιμοποιείται για διάφορους σκοπούς, όπως η τέχνη, η αρχιτεκτονική, θρησκεία, σε κάθε περίοδο της ανθρώπινης ιστορίας (τα πρώτα μαρμάρινα αντικείμενα χρονολογούνται στη νεολιθική περίοδο). Πολλά παραδείγματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως μαρμάρινα αριστουργήματα, από τα κυκλαδικά ειδώλια μέχρι τους ελληνικούς ναούς, προτομές Ρωμαίων ευγενών και πιο πρόσφατα παραδείγματα, μπαρόκ αριστουργήματα και σύγχρονες κατασκευές (Zoeldfoeldi et al. 2008). Το μάρμαρο αποτελεί ένα τρόπο έκφρασης και αποτύπωσης της ιστορίας, της κουλτούρας, του πολιτισμού και της λατρείας. Οι μελέτες του μαρμάρου μπορούν να δώσουν πληροφορίες για την κοινωνική και οικονομική κατάσταση κάθε κοινότητας κατά το πέρασμα των αιώνων.

Στο παρελθόν έχουν εφαρμοστεί ποικίλες προσεγγίσεις σχετικά με τη διερεύνηση και προέλευση του μαρμάρου. Το 1972 οι Craig και Craig πραγματοποίησαν τη σημαντικότερη αναλυτική προσέγγιση η οποία αφορούσε τη διερεύνηση των σταθερών ισotόπων των λευκών μαρμάρων. Από τότε μελετήθηκαν ολοένα και περισσότερα δείγματα αρχαίου μαρμάρου με αποτέλεσμα τη δημιουργία πολυάριθμου όγκου δεδομένων. Οι σημαντικότερες δημοσιεύσεις δεδομένων σταθερών ισotόπων λευκών μαρμάρων είναι από τους Herz (1987), Gorgoni et al. (2002) και Attanasio et al. (2006) (Attanasio, Brill, and Ogle 2006).

<sup>13</sup> <https://defc.acdh.oeaw.ac.at/>

Οι τελευταίοι συγγραφείς πρόσθεσαν επίσης μια Βάση Δεδομένων για το MGS (μέγιστο μέγεθος κόκκων) και για τα δεδομένα EPR (παραμαγνητικός συντονισμός ηλεκτρονίων). Μεγάλο μέρος της επιστημονικής κοινότητας, η οποία διερευνά την προέλευση του αρχαίου μαρμάρου, θεωρεί ότι η εφαρμογή μόνο μίας μεθόδου ανάλυσης δεν είναι αρκετή ώστε να εκδοθούν ασφαλή και ορθά αποτελέσματα. Για αυτό το λόγο σε ένα δείγμα μπορούν να πραγματοποιηθούν πολλαπλές μεθόδους ανάλυσης.

#### *Σημαντικότητα μελέτης προέλευσης υλικών.*

Γνωρίζοντας την κύρια πηγή του μαρμάρου, την προέλευση του υλικού ενός αντικειμένου ή ενός μνημείου, μπορούν να διευκρινιστούν διάφορες πτυχές της έρευνας σχετικά με αυτά τα αντικείμενα και συγκεκριμένα παρέχονται πληροφορίες για τη σύνδεση μεταξύ των πόλεων από άποψη, οικονομίας, σχέσεων δουλείας.

Η μελέτη των αρχαίων λατομείων και των ιχνών από εργαλεία μπορεί να βοηθήσει στην απόκτηση περαιτέρω πληροφοριών σχετικά με την τεχνολογική γνώση και την αντίστοιχη εξέλιξη σε κάθε περίοδο. Μπορεί επίσης να ερευνηθεί και το αρχαίο εμπόριο (χερσαίες και θαλάσσιες διαδρομές), ο τρόπος μεταφοράς του υλικού, η ανταλλαγή προϊόντων, τεχνικών (μαρμαροτεχνία) και τεχνών (Maniatis 2004b). Η μελέτη προέλευσης υλικών δίνει τη δυνατότητα διάδοσης γνώσεων και πληροφοριών σε τομείς όπως η συντήρηση και η αποκατάσταση των αρχαίων κτιρίων. Με την αναγνώριση τους προέλευσης του μαρμάρου των αρχιτεκτονικών μελών ενός κτιρίου σε σχέση με το λατομείο, μπορούν να εξαχθούν πληροφορίες σχετικά με τις φυσικοχημικές ιδιότητες του υλικού. Επιτρέπει επίσης στους συντηρητές να εφαρμόσουν την καλύτερη δυνατή επεξεργασία στο μνημείο (ή το αντικείμενο), καθώς και να εξαγάγουν τα προσθετικά στοιχεία από το λατομείο (Maniatis 2004b). Τέλος, ο έλεγχος της προέλευσης ενός μνημείου ή ενός αντικειμένου με γνωστή χρονολόγηση, μπορεί να οδηγήσει σε αποτελέσματα σχετικά με τη χρήση και το χρόνο λειτουργίας του λατομείου (Polikreti, Michael, and Maniatis 2002). Επιπλέον, η διερεύνηση της αυθεντικότητας των μαρμάρινων αντικειμένων, ένα κρίσιμο ζήτημα κατά τις τελευταίες δεκαετίες, μπορεί να υποστηριχθεί με τη χρήση τεχνικών προέλευσης (Anevlavi and Prochaska 2021).

Οι μελέτες του μαρμάρου θα πρέπει να συνδυάζουν διαφορετικούς τομείς και επιστήμονες, όπως αρχαιολόγους, γεωλόγους, χημικούς κ. ά. Οι αρχαίες γραπτές πηγές θα πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη, σε συνδυασμό με τις προηγούμενες μελέτες υλικού, τις δημοσιεύσεις και τις Βάσεις Δεδομένων από τις διάφορες αρμόδιες πηγές, προκειμένου να προκύψουν ολοκληρωμένα αποτελέσματα (Anevlavi and Prochaska 2021). Η μελέτη προέλευσης αρχαίου μαρμάρου πραγματοποιείται τα τελευταία 40 χρόνια.

#### *Φυσικοχημικές ιδιότητες του μαρμάρου*

Το μάρμαρο ορίζεται ως μεταμορφωμένο ανθρακικό πέτρωμα. Σχηματίζεται από την κρυστάλλωση ιζηματογενών πετρωμάτων. Μετασχηματίζεται κάτω από συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης σε μεγάλα βάθη του φλοιού της γης, όπου έλαβε χώρα η ανακρυστάλλωση. Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή ως μεταμόρφωση κατά την οποία ένα ιζηματογενές ασβεστολιθικό απόθεμα μετατρέπεται σε ένα πολυκρυσταλλικό πέτρωμα, το μάρμαρο. Στη συνέχεια και κατά τη διάρκεια των έντονων τεκτονικών συμπίεσεων και μετακινήσεων που σχημάτισαν τα βουνά (ορογένεση), τα μαρμάρινα κοιτάσματα εμφανίστηκαν στην επιφάνεια της γης στη σημερινή τους θέση (Shackley 2008).

Το χρώμα κυμαίνεται από λευκό έως γκρι της στάχτης. Ωστόσο, υπάρχουν τύποι μαρμάρων με κοκκινωπό ή κιτρινωπό χρώμα (Shackley 2008). Η πλειονότητα των μαρμάρων είναι ασβεσπιτικά μάρμαρα (CaCO<sub>3</sub>) αλλά υπάρχουν και δολομιτικά

(CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Ο ασβεστίτης είναι ένα σχετικά μαλακό ορυκτό, στην κλίμακα Mohs, το μάρμαρο κατατάσσεται στη σκληρότητα 3-4 (Μαντή 1993). Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί παράγοντες που ευθύνονται για τη διάβρωση των μαρμάρων, όπως η θερμοκρασία, η υγρασία, η ακτινοβολία, το νερό της βροχής, η χλωρίδα και η φθορά (Anevlavi and Prochaska 2021).

#### *Μέθοδοι - Τεχνικές προέλευσης ανάλυσης αρχαίου μαρμάρου*

Η **οπτική εξέταση** με στερεοσκόπιο και η μέτρηση του μέγιστου μεγέθους κόκκων (MGS) χρησιμοποιούνται τελευταία ως πρώτο βήμα για τις μελέτες προέλευσης. Με την εφαρμογή της μέτρησης του μέγιστου μεγέθους κόκκων στην επιφάνεια του δείγματος (χωρίς να ληφθεί δείγμα), προσδιορίζονται το χρώμα, οι κρύσταλλοι, η διάβρωση κ.λπ. Η εξέταση γίνεται συνήθως σε μια καθαρή σπασμένη επιφάνεια (Polikreti and Maniatis 2002). Η μέθοδος αυτή είναι μη καταστροφική, μπορεί να εφαρμοστεί σε μεγάλο αριθμό δειγμάτων, είναι φθηνή και μπορεί να γίνει επί τόπου, σε ένα μουσείο ή μια αποθήκη όπου φυλάσσονται τα δείγματα (Maniatis 2004a).

Η **πετρογραφική ανάλυση** είναι μία από τις πρώτες μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για μελέτες προέλευσης. Οι κύριοι στόχοι της μεθόδου είναι η ταυτοποίηση των κύριων και δευτερευόντων ορυκτών του μαρμάρου και ο χαρακτηρισμός του ιστού του πετρώματος, η μέτρηση του μεγέθους των κρυστάλλων και ο χαρακτηρισμός άλλων πιθανών βοηθητικών υλικών. Το δείγμα πρέπει να προετοιμαστεί σε μορφή λεπτής τομής. Παρά το γεγονός ότι πρόκειται για μια χρήσιμη και φθηνή τεχνική, ο ερευνητής πρέπει να πάρει ένα αρκετά μεγάλο δείγμα και στις περισσότερες περιπτώσεις δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε αρχαιολογικά δείγματα (Maniatis 2004a).

Υπάρχουν πολλές τεχνικές, **φυσικές και γεωχημικές**, που μπορούν να συνδυαστούν και να δώσουν επιτυχή αποτελέσματα. Για την έκδοση ορθών αποτελεσμάτων πρέπει να συνδυάζονται τουλάχιστον δύο τεχνικές. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ορισμένες από αυτές τις τεχνικές είναι καταστροφικές και ορισμένες από αυτές χρειάζονται προετοιμασία των δειγμάτων. Υπάρχουν επίσης ορισμένες μη καταστροφικές μέθοδοι, όπως η ανάλυση φθορισμού ακτινών Χ (XRF), η LIBS, η PIXE κ.λπ. που χρησιμοποιούνται επίσης ως πρόσθετες αναλυτικές μέθοδοι (Maniatis 2004b). Αφού ολοκληρωθούν η επεξεργασία των δειγμάτων, ακολουθεί η στατιστική ανάλυση (Maniatis 2004b). Τα αποτελέσματα συγκρίνονται με τις Βάσεις Δεδομένων για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την προέλευση του δείγματος.

Η **ανάλυση φθορισμού ακτινών Χ (XRF)** είναι μη καταστροφική μέθοδος. Στην περίπτωση ανομοιογενών μαρμάρων με εγκλείσματα μπορεί να απαιτηθεί η ανάλυση με περίθλαση ακτίνων Χ για τον εντοπισμό των περικλειόμενων πρόσθετων ορυκτών ή και χημική ανάλυση του δείγματος.

Μια από τις βασικές τεχνικές που έχει ήδη δώσει αξιόπιστα αποτελέσματα είναι ο **ηλεκτρονικός παραμαγνητικός συντονισμός (EPR)**. Στην Ελλάδα, το εργαστήριο Αρχαιομετρίας «ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ» χρησιμοποιεί τακτικά αυτή τη μέθοδο (Maniatis 2004a). Η ανάλυση EPR ανιχνεύει και χαρακτηρίζει τα παραμαγνητικά κέντρα σε ένα υλικό. Το δείγμα το οποίο αφαιρείται είναι ένα μικρό τσιπ με σμίλη (Maniatis and Manti 1992). Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι το φάσμα EPR περιέχει πολλές παραμέτρους που μπορούν να προσδιοριστούν (τουλάχιστον 10 παράμετροι). Κάθε ερευνητής μπορεί να χρησιμοποιήσει διαφορετικές παραμέτρους για την έρευνά του. Ο καλύτερος συνδυασμός είναι η ανάλυση EPR με την ανάλυση σταθερών ισότοπων. Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί σε πολλά έργα, αρχαιολογικά αντικείμενα και λατομεία. Άλλα πλεονεκτήματα είναι: η απλότητα της μέτρησης και ότι το δείγμα δεν καταστρέφεται. Το ίδιο δείγμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί αργότερα για άλλη ανάλυση (Polikreti 2007).



Η **Ανάλυση Σταθερών Ισοτόπων**, αφορά τα ισότοπα του οξυγόνου και του άνθρακα. Ειδικότερα, οι αναλογίες του οξυγόνου και του άνθρακα ισοτόπων ( $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  και  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) ενός μαρμάρινου σχηματισμού ανιχνεύονται (Polikreti 2007). Αυτό εξαρτάται από το μητρικό ιζηματογενές πέτρωμα και τις μεταμορφικές διεργασίες. Η μέθοδος εφαρμόστηκε για πρώτη φορά από τους Craig και Craig το 1972 (Craig and Craig 1972). Τα κύρια πλεονεκτήματα της τεχνικής είναι ότι δεν είναι δαπανηρή και το δείγμα που απαιτείται είναι πραγματικά μικρό, μόνο 0,2mg. Είναι κατάλληλη για μικρά αρχαιολογικά δείγματα- αντικείμενα (Attanasio et al. 2006). Η μέτρηση αυτή γίνεται αφού έχουν προηγηθεί οι προηγούμενες δύο μη καταστροφικές για το δείγμα τεχνικές.

Η χρήση της **ανάλυσης ιχνοστοιχείων** στη διερεύνηση μαρμάρων ξεκίνησε ήδη πριν από την εισαγωγή της ισοτοπικής ανάλυσης. Στο πλαίσιο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι τα στοιχεία αυτά, τα οποία ενσωματώνονται στο ανθρακικό πλέγμα (Mg, Fe, Mn, Sr και Zn), παρουσιάζουν μια αρκετά ομοιογενή και συνεπή κατανομή και μπορούν με πλεονεκτικό τρόπο να χρησιμοποιηθεί για τη διάκριση μεταξύ διαφορετικών τύπων λευκών μαρμάρων. Φασματομετρία ατομικών μαζών σε επαγωγικά συζευγμένο πλάσμα (ICP-MS) δίνει τη δυνατότητα ανάλυσης περισσότερων χημικών στοιχείων (Mg, Fe, Mn, Sr, Mn, Cd, Y, Yb, Ba, La, Ce, U, V, etc.). Για την τεχνική αυτή απαιτείται δείγμα μεγέθους περίπου 100 mg το οποίο λαμβάνεται από την ίδια αρχική ποσότητα δείγματος. Η συγκεκριμένη ανάλυση μπορεί να προσδιορίσει τις συγκεντρώσεις 20 περίπου χημικών στοιχείων στο δείγμα συμπεριλαμβανομένων και ιχνοστοιχείων σπάνιων γαιών. Η μέτρηση αυτή γίνεται αφού έχουν προηγηθεί οι προηγούμενες δύο μη καταστροφικές για το δείγμα τεχνικές.

Η ανάλυση των **ρευστών εγκλεισμάτων** βασίζεται στην ανάλυση "crush and leach", των εκχυλίσμων ολικών διαλυμένων στερεών -TDS- από μάρμαρα και γενικά ανθρακικά πετρώματα. Αυτές οι διαλυμένες ουσίες εμφανίζονται σε πολύ μικρές κοιλότητες γεμάτες με υγρό, τα λεγόμενα ρευστά εγκλείσματα, τα οποία μπορούν να βρεθούν σε όλα τα μάρμαρα. Τα αποτελέσματα των ερευνών για την ενσωμάτωση υγρών των ανθρακικών πετρωμάτων δείχνουν ότι η ρευστή φάση είναι συνήθως ομοιόμορφη με σχέση με τη χημική της σύνθεση. Μια σειρά από χημικές παραμέτρους (κατιόντα καθώς και ανιόντα) μπορούν να ανιχνευθούν ταυτόχρονα με ιοντική χρωματογραφία. Τα τελευταία χρόνια η μέθοδος αυτή έχει επανειλημμένα εφαρμοστεί για τη διάκριση μεταξύ διαφορετικών μαρμάρων όταν άλλες μέθοδοι απέτυχαν (Prochaska and Grillo 2010).



## Κεφάλαιο 6 Περιγραφή Βάσης

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται η αναλυτική περιγραφή των περιεχόμενων της Βάσης. Παρουσιάζονται λεπτομερώς οι οντότητες και τα χαρακτηριστικά τους, καθώς γίνεται περιγραφή των ομάδων δειγμάτων, της αναλυτικής διαδικασίας εισαγωγής και των διαφορών μεταξύ των ομάδων. Τέλος, παρουσιάζονται οι εξωτερικές Βάσεις, οι οποίες συνδέονται με τη Βάση Δεδομένων του Αυστριακού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου.

### 6.1. Περιγραφή Βάσης Δεδομένων

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, η Βάση Δεδομένων θα είναι ανοιχτή προς το κοινό. Για αυτό το λόγο κατασκευάστηκε ως ένα web application, το οποίο θα φιλοξενεί τη Βάση και θα την παρουσιάζει στους χρήστες της. Ο σχεδιασμός και η δημιουργία της Βάσης και του web application ξεκίνησε πριν 2 χρόνια. Βρίσκονται ακόμα υπό κατασκευή. Η δημιουργία τους έχει ανατεθεί στο τμήμα της Ψηφιακής Αρχαιολογίας και Κλασικών Σπουδών (DAC) του ΟeAI και Αυστριακό Κέντρο για τις Ψηφιακές Ανθρωπιστικές Επιστήμες (ACDH) του ΟeAW.

Το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό της Βάσης, είναι το σύστημα PostgreSQL<sup>14</sup>. Για τη δημιουργία του web application χρησιμοποιήθηκε το Django (web framework)<sup>15</sup>. Η ανάλυση τους πραγματοποιείται παρακάτω.

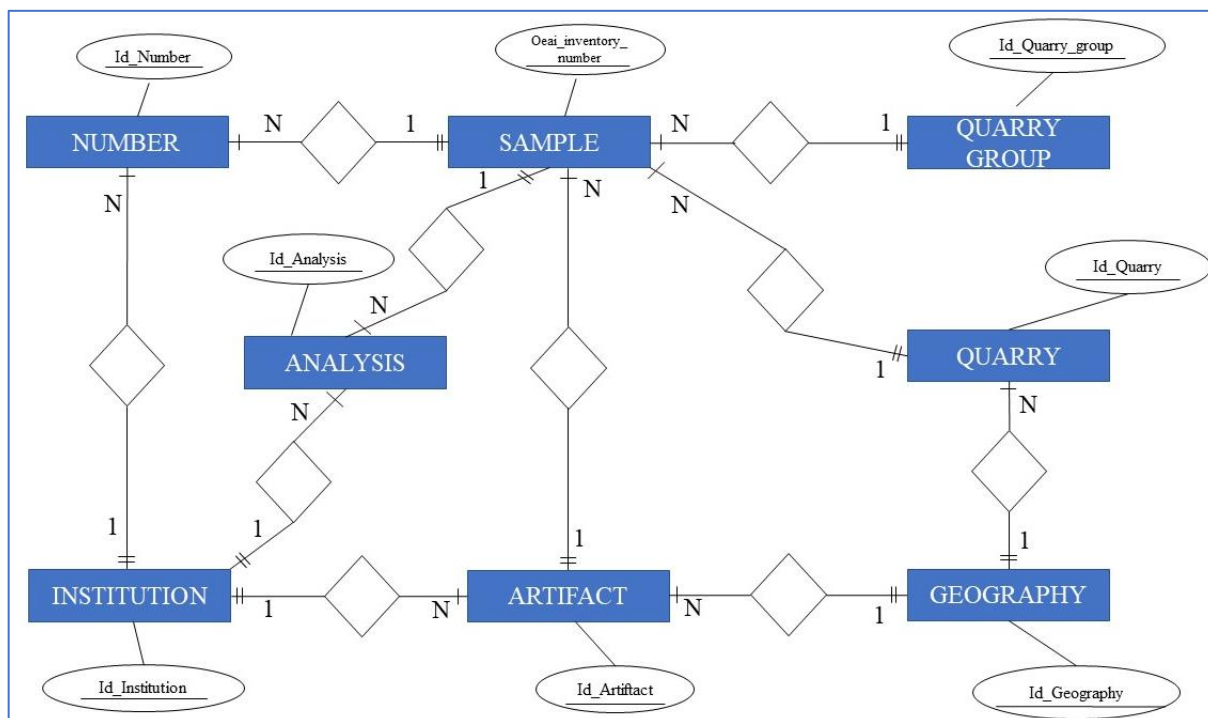
Σχετικά με το Web application *Fingerprinting White Marbles* όταν προστίθενται νέα δεδομένα στη Βάση, θα ανανεώνεται και το application. Θα υπάρχουν φωτογραφίες των δειγμάτων, καθώς και διαγράμματα από τα αποτελέσματα της έρευνας. Επιπλέον, θα υπάρχει και μία καρτέλα με ονομασία Thesaurus, η οποία θα περιλαμβάνει λέξεις κλειδιά και επεξηγήσεις συγκεκριμένης ορολογίας.

Η Βάση δεν βρίσκεται σε τελικό στάδιο, με αποτέλεσμα για την ευκολότερη πρόσβαση προς την επεξεργασία, την Καταχώριση και διαμοιρασμό των δεδομένων της Βάσης, από τα μέλη της ομάδας, δημιουργήθηκε ένα ακριβές αντίγραφο της δομής της Βάσης στο Microsoft Excel. Η επιλογή χρήσης του Excel αποφασίστηκε λόγω της εύκολης χρήσης και πρόσβασης. Πιο συγκεκριμένα, ο διαμοιρασμός των δεδομένων και η πρόσβαση στη Βάση γίνεται μέσω του Microsoft Teams. Το Ινστιτούτο διέθεσε στο φοιτητή κωδικούς πρόσβασης για τον server όπου βρίσκονται τα δεδομένα και η Βάση του Excel. Με το Teams υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας της Βάσης από πολλούς διαφορετικούς χρήστες ταυτόχρονα. Ανά χρονικά διαστήματα ο διαχειριστής της Βάσης κάνει αντιγραφή των δεδομένων από το αρχείο του Excel στη βασική Βάση Δεδομένων. Σε μελλοντική στιγμή θα προστεθούν και άλλα χαρακτηριστικά στις οντότητες, οι οποίες θα συσχετίζονται με μελλοντικά projects. Στη Βάση καταχωρούνται νέα δεδομένα κάθε φορά που ολοκληρώνεται μία μελέτη ομάδας δειγμάτων.

---

<sup>14</sup> <https://www.postgresql.org>

<sup>15</sup> <https://www.djangoproject.com>



Εικόνα 3: Διάγραμμα Οντοτήτων Συσχετίσεων Βάσης

## 6.2. Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη δημιουργία της Βάσης είναι το σύστημα PostgreSQL. Το σύστημα αυτό είναι ένα ισχυρό, ανοικτού κώδικα σύστημα σχεσιακών Βάσεων Δεδομένων το οποίο χρησιμοποιεί και επεκτείνει τη γλώσσα SQL σε συνδυασμό με πολλά χαρακτηριστικά που αποθηκεύουν και κλιμακώνουν τα δεδομένα με ασφάλεια. Το PostgreSQL δημιουργήθηκε το 1986 στην Καλιφόρνια της Αμερικής και είναι διαθέσιμο σε όλα τα μεγάλα λειτουργικά συστήματα, όπως Windows, macOS κ.α., και είναι δωρεάν. Το PostgreSQL διαθέτει χαρακτηριστικά, τα οποία στοχεύουν στη δημιουργία εφαρμογών, στην προστασία και ακεραιότητα των δεδομένων, τη δημιουργία περιβαλλόντων ανεκτικών σε σφάλματα και τη διαχείριση των δεδομένων ανεξάρτητα από το πόσο μεγάλο ή μικρό είναι το σύνολο δεδομένων.

Για τη δημιουργία του web application χρησιμοποιήθηκε η πλατφόρμα Django. Το Django υποστηρίζει τη σύνδεση με το Σύστημα Διαχείρισης Βάσης Δεδομένων PostgreSQL ώστε να δημιουργηθεί ένα web database application. Επίσης, αποτελεί ένα υψηλού επιπέδου web framework βασισμένο στη γλώσσα προγραμματισμού Python<sup>16</sup> (Η Python είναι μια γλώσσα προγραμματισμού υπολογιστών, η οποία χρησιμοποιείται συχνά για την κατασκευή ιστότοπων και λογισμικών, την αυτοματοποίηση εργασιών και την ανάλυση δεδομένων. Είναι μια γλώσσα γενικού σκοπού, δηλαδή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία διαφορετικών προγραμμάτων. Δεν είναι εξειδικευμένη για συγκεκριμένες εφαρμογές, και αυτή η ευελιξία, μαζί με τη φιλικότητά της προς τους αρχάριους, την έχει καταστήσει μία από τις πιο διαδεδομένες γλώσσες προγραμματισμού σήμερα). Το Django βοηθάει στην ταχεία ανάπτυξη και στον καθαρό, ρεαλιστικό σχεδιασμό και δημιουργία μίας ασφαλούς εφαρμογής. Είναι δωρεάν και ανοικτού κώδικα.

<sup>16</sup> <https://www.python.org>

### 6.3. Περιγραφή Οντοτήτων – Χαρακτηριστικών

Η μέχρι στιγμής μορφή της Βάσης Δεδομένων αποτελείται από 8 διαφορετικές οντότητες. Οι οντότητες είναι:

- **SAMPLE**: Καταγράφεται το κάθε ξεχωριστό δείγμα που προέρχεται είτε από λατομείο είτε από αρχαιολογικό χώρο.
- **ANALYSIS**: Τα δεδομένα των χημικών αναλύσεων
- **NUMBER**: Απαρτίζεται από το μοναδικό αριθμό ταυτότητας που δίνεται από το Ινστιτούτο και συνδέεται με όλα τα πιθανά ονόματα που έχει ένα δείγμα.
- **QUARRY**: Καταγράφονται τα λατομεία στα οποία έχει πραγματοποιηθεί δειγματοληψία
- **QUARRY\_GROUP**: Λατομεία τα οποία μπορεί να έχουν ομαδοποιηθεί έχοντας κοινά χαρακτηριστικά.
- **GEOGRAPHY**: Καθορίζεται το γεωγραφικό στίγμα των δειγμάτων.
- **INSTITUTION**: Περιλαμβάνει όλα τα Ινστιτούτα και τους οργανισμούς που συνδέονται με τη Βάση Δεδομένων (Μουσεία, αρχαιολογικοί χώροι, Ινστιτούτα, εργαστήρια αναλύσεων, πανεπιστήμια κ.α.)
- **ARTIFACT**: Προσδιορισμός των αρχαιολογικών δειγμάτων - αντικειμένων και σύντομη περιγραφή.  
Κάθε οντότητα συνοδεύεται από κάποια χαρακτηριστικά.

#### SAMPLE

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Oeai_inventory_number</u>	Ο μοναδικός ατομικός αριθμός ταυτότητας δειγμάτων του Ινστιτούτου.
Smell	Η μυρωδιά. Κάποια μάρμαρα έχουν χαρακτηριστική μυρωδιά όταν θρυμματίζονται. Σε κάποιες περιπτώσεις δημοσιεύεται ως ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά (βλέπε στήλη B) ή άλλες φορές σημειώνεται σαν υποσημείωση στο χαρακτηριστικό Notes (στήλη N).
Grain_size_min <sup>17</sup>	Μέγεθος Κόκκου. Το μικρότερο μέγεθος κόκκου που παρατηρείται σε ένα δείγμα.
Grain_size_max	Μέγεθος Κόκκου. Το μεγαλύτερο μέγεθος κόκκου που παρατηρείται σε ένα δείγμα.
Material	Υλικό (βασικές καταχωρήσεις: Δολιμιτικό μάρμαρο, Ασβεσπιτικό μάρμαρο, ασβεστόλιθος.

<sup>17</sup> Συγκεκριμένες λέξεις κλειδιά: Ultra fine, very fine, fine, medium, coarse, very coarse  
0,5-1,2 mm - fine grain; 1,2-2,5 mm - medium grain; > 2,5 mm - coarse grain

Color	Το χρώμα του κάθε δείγματος. Χρησιμοποιείται μόνο μία λέξη κλειδί.
Color_description	Καταχωρείται οποιοδήποτε άλλο χρωματικό χαρακτηριστικό.
Color_kodak <sup>18</sup>	Χαρακτηριστικό χρώματος το οποίο εμφανίζεται μόνο σε συγκεκριμένα δείγματα (Attanasio et al. 2006).
Stdcolor_kodak	Χαρακτηριστικό χρώματος το οποίο εμφανίζεται μόνο σε συγκεκριμένα δείγματα (Attanasio et al. 2006).
Weight	Το βάρος του κάθε δείγματος. Αφορά συγκεκριμένα δείγματα (Attanasio et al. 2006).
Id_Artifact	Μοναδικός αριθμός που συσχετίζεται μόνο με αρχαιολογικά δείγματα (Σύνδεση με την οντότητα <b>ARTIFACT</b> ).
Quarry	Η τοποθεσία στην οποία ανήκει κάθε δείγμα λατομείου (Σύνδεση με την οντότητα <b>QUARRY</b> ).
Quarry_group	Ένδειξη σε περίπτωση που το δείγμα ανήκει σε μεγαλύτερη ομάδα λατομείων (Σύνδεση με την οντότητα <b>QUARRY_GROUP</b> ).
Notes	Οποιαδήποτε σημείωση σχετίζεται με το κάθε δείγμα.
Sampling	Πληροφορίες σχετικά με τη διαδικασία δειγματοληψίας ή με την επεξεργασία και ανάλυση δειγμάτων στο εργαστήριο.
Literature	Η δημοσίευση η οποία συσχετίζεται με το κάθε δείγμα.
Images	Κωδικός ονομασίας των φωτογραφιών του κάθε δείγματος.
Open_access	Καταγράφεται αν το κάθε δείγμα θα είναι «ανοιχτό» προς το κοινό ή όχι.

## ANALYSIS

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Id_Analysis</u>	Μοναδικός αριθμός που συσχετίζεται με την οντότητα <b>ANALYSIS</b>
Oeai_inventarnummer	Ο μοναδικός ατομικός αριθμός ταυτότητας δειγμάτων του Ινστιτούτου. (Σύνδεση με οντότητα <b>SAMPLE</b> )

<sup>18</sup> 255-129 - white to light grey; 128-45 - light to dark grey; 44-0 dark grey to black (Johnston 2002).

Institution	Εργαστήριο. Αφορά τα εργαστήρια στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις (Σύνδεση με την οντότητα <b>INSTITUTION</b> )
Analyse_type	Το είδος των αναλύσεων
Date	Ημερομηνία των αναλύσεων (αφορά συγκεκριμένα δείγματα) (Attanasio et al. 2006).
MgCO3	Magnesium carbonate
Fe [ppm]	Iron
Mn [ppm]	Manganese
Sr [ppm]	Strontium
Li [ppb]	Lithium
Na [ppb]	Natrium
K [ppb]	Potassium
Mg [ppb]	Magnesium
Ca [ppb]	Calcium
F [ppb]	Fluorine
Cl [ppb]	Chloride
Br [ppb]	Bromine
J [ppb]	Jod
NO3 [ppb]	Nitrate
SO4 [ppb]	Sulfate
Li/Na	Lithium/Natrium
K/Na	Potassiu /Natrium
Cl/Na	Chloride/Natrium
Br/Na	Bromine/Natrium
I/Na	Jodfor/Natrium
SO4/Na	Sulfate/Natrium
F/Na	Fluorine/Natrium
NO3/Na	Nitrate/Natrium
D18O (PDB)	Stable isotope of oxygen 18
D13C (PDB)	Stable isotope of carbon 13
Mg [%]	Magnesium in %
Mn [ppm] (ICP)	Manganese
Fe [ppm]	Iron
Sr [ppm] (ICP)	Strontium
Cr [No Gas] [ppm]	Chromium

Cr [N2O] [ppm]	Chromium
V [ppm]	Vanadium
Y [ppm]	Yttrium
Cd [ppm]	Cadmium
Ba [ppm]	Bromine
La [ppm]	Lanthanum
Ce [ppm]	Cerium
Pr [ppm]	Praseodymium
Dy [ppm]	Dysprosium
Ho [ppm]	Holmium
Yb [ppm]	Ytterbium
Pb [ppm]	Lead
U [ppm]	Uranium
Notes_thinsection	Αν το δείγμα έχει λεπτή τομή για πετρογραφικό μικροσκόπιο.
Gain of the Spectrometer	Χαρακτηριστικά ανάλυσης (Attanasio et al. 2006)
Spectral height	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
DOLOM	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
TOT6	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
SPLI	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
INT	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
SPREAD	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
W	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
STDINTENS	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
STDINTEGR	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
STDW	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
STDSPLI	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
STDSPREAD	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
INTENS_Standardised	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
INTEGR_Standardised	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
SPLI_Standardised	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
W_Standardised	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR
SPREAD_Standardised	Χαρακτηριστικά ανάλυσης EPR

**NUMBER**

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Id_Number</u>	Μοναδικός ατομικός αριθμός για την οντότητα <b>NUMBER</b>
Oeai_inventory_number	Ο μοναδικός ατομικός αριθμός ταυτότητας δειγμάτων του Ινστιτούτου. (Σύνδεση με οντότητα <b>SAMPLE</b> )
Number	Όποιοδήποτε κωδικός – ονομασία που αφορά κάθε δείγμα (αριθμός μουσείο, αριθμός προγράμματος, αριθμός εργαστηρίου)
Number_type	Ένδειξη για το τι είναι κάθε κωδική ονομασία.
Institute	Υπεύθυνος ονοματολογίας δείγματος (Σύνδεση με την οντότητα <b>INSTITUTION</b> ).
Notes	Όποιαδήποτε σημείωση σχετίζεται με το κάθε δείγμα.

**QUARRY**

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Id_Quarry</u>	Μοναδικός ατομικός αριθμός για την οντότητα <b>QUARRY</b>
Name	Όνομα λατομείου
Geography	Όνομα λατομείου και τοποθεσία (Σύνδεση με την οντότητα <b>GEOGRAPHY</b> )
Images description	Κωδική ονομασία φωτογραφιών λατομείων
Description	Σύντομη περιγραφή χαρακτηριστικών λατομείου
Literature	Βιβλιογραφία (σύνδεση με εξωτερική βάση δεδομένων zoteto)
Open_access	Καταγράφεται αν οι πληροφορίες για το κάθε λατομείο θα είναι «ανοιχτό» προς το κοινό ή όχι.

**QUARRY\_GROUP**

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Id_Quarry_group</u>	Μοναδικός ατομικός αριθμός για την οντότητα <b>QUARRY_GROUP</b>
Name	Όνομα ομαδοποίησης λατομείων
Description	Περιγραφή ομάδας

**GEOGRAPHY**

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Id_Geography</u>	Μοναδικός ατομικός αριθμός για την οντότητα <b>GEOGRAPHY</b>
Continent	Ήπειρος
Land	Χώρα

Province	Περιφέρεια
Location	Τοποθεσία θέσης
Name	Όνομα θέσης
Identifier	Σύνδεση με εξωτερική Βάση Δεδομένων, (iDAI.gazetteer, GeoNames) επεξήγηση σε παρακάτω κεφάλαιο.
Coordinates	Συντεταγμένες
Notes	Οποιαδήποτε σημείωση σχετίζεται με το κάθε θέση.

### INSTITUTION

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Id_Institution</u>	Μοναδικός ατομικός αριθμός για την οντότητα <b>INSTITUTION</b>
Name	Ονομασία
Identifier	Σύνδεση με εξωτερική Βάση Δεδομένων (Virtual International Authority File) επεξήγηση σε παρακάτω κεφάλαιο

### ARTIFACT

Χαρακτηριστικά	Επεξήγηση
<u>Id_Artifact</u>	Μοναδικός ατομικός αριθμός για την οντότητα <b>ARTIFACT</b>
Artefact_type	Είδος αντικειμένου
Description	Περιγραφή αντικειμένου
Find_spot	Τοποθεσία ανεύρεσης αντικειμένου
Find_spot_extra	Λεπτομέρειες σχετικά με την τοποθεσία ανεύρεσης
Storage_place	Τοποθεσία στην οποία βρίσκεται το αντικείμενο τώρα.
Material	Υλικό
Measurement	Διαστάσεις (ύψος, πλάτος, μήκος)
Preservation	Κατάσταση διατήρησης αρχαιολογικού αντικειμένου
Dating	Χρονολογία αρχαιολογικού αντικειμένου
Images	Κωδική ονομασία φωτογραφιών αρχαιολογικών αντικειμένων
Literature	Βιβλιογραφία (σύνδεση με εξωτερική βάση δεδομένων zoteto)
Open access	Καταγράφεται αν το κάθε αρχαιολογικό αντικείμενο θα είναι «ανοιχτό» προς το κοινό ή όχι.



## 6.4 Data set (Αρχαία Κόρινθος, Μάνη)

Τα δείγματα αυτά προέρχονται από αποστολές δειγματοληψίας στις περιοχές τις οποίες μελετά το Αυστριακό Αρχαιολογικό Ινστιτούτο.

### *Λίστα Δειγμάτων Αρχαίας Κορίνθου (82 αντικείμενα)<sup>19</sup>*

Το συγκεκριμένο project δειγματοληψίας της Αρχαίας Κορίνθου πραγματοποιήθηκε με στόχο την εξερεύνηση των εμπορικών-ιστορικών διαδρομών και αρχαιολογικών μοντέλων σχετικά με το εμπόριο και την εκμετάλλευση των λευκών μαρμάρων της αρχαιότητας, ιδιαίτερα κατά τη ρωμαϊκή αυτοκρατορική περίοδο, συμπεριλαμβανομένου κάποιων αντικειμένων από προγενέστερες περιόδους. Τη ρωμαϊκή περίοδο, οι δύο από τις σημαντικότερες εμπορικές μητροπόλεις (πόλεις – λιμάνια) της ανατολικής Μεσογείου, ήταν η Έφεσος και η Κόρινθος. Στην πόλη της Εφέσου έχει πραγματοποιηθεί η δειγματοληψία υλικού, καθώς και η ανάλυση του. Με τη δειγματοληψία της αρχιτεκτονικής, των επιγραφών και της γλυπτικής της Αρχαίας Κορίνθου, προσφέρεται η μοναδική δυνατότητα να συγκριθούν οι δύο αυτές περιοχές και να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για το τότε εμπόριο. Τα ήδη ανεσκαμμένα υλικά κατάλοιπα, ιδιαίτερα η αγγειοπλαστική, δείχνει ισχυρές συνδέσεις της Κορίνθου με τη Μικρά Ασία και χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό εισαγωγών. Με τη δειγματοληψία και τον προσδιορισμό της προέλευσης αυτών των αντικειμένων θα επιτευχθούν νέες γνώσεις όχι μόνο για το εμπόριο του Αιγαίου αλλά και όσον αφορά τη σημασία της Μικρασιατικής παραγωγής μαρμάρου στον ελλαδικό χώρο και γενικότερα στην περιοχή της ανατολικής Μεσογείου. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε το 2020. Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων των δειγμάτων από την Αρχαία Κόρινθο δεν έχει ολοκληρωθεί και τα αποτελέσματα του συγκεκριμένου project θα δημοσιευθούν στο άμεσο μέλλον.

### *Λίστα Δειγμάτων της χερσονήσου της Μάνης, Πελοπόννησος (102 δείγματα)<sup>20</sup>*

Η χερσόνησος της Μάνης είναι πλούσια σε κρυσταλλικά λευκό-γκρι μάρμαρα σημαντικής ποιότητας, τα οποία χρησιμοποιούνταν κατά την αρχαιότητα. Σκοπός της δειγματοληψίας στη Μάνη ήταν η παρουσίαση των ακριβών θέσεων και η χαρτογράφηση των αρχαίων λατομείων (λευκού μαρμάρου), η λεπτομερής περιγραφή των ίδιων των λατομείων και οι φυσικοχημικές ιδιότητες κάθε θέσης με στόχο την αποτύπωση κάθε πηγής. Επιπλέον, εξετάστηκαν οι τεχνικές παράμετροι της οργάνωσης των λατομείων και οι μέθοδοι εξόρυξης.

Η επίσκεψη στη χερσόνησο της Μάνης από την ομάδα του Ινστιτούτου πραγματοποιήθηκε στο 2020. Επισκέφθηκαν και έλαβαν δείγματα από εννέα τοποθεσίες. Οι τοποθεσίες αυτές αναφέρονται σε αρχαία και σύγχρονα λατομεία. Για τις συγκεκριμένες θέσεις δεν υπάρχουν αρκετές βιβλιογραφικές αναφορές. Επίσης, δεν έχουν πραγματοποιηθεί ποτέ στο παρελθόν χημικές αναλύσεις. Αυτό έδωσε ένα παραπάνω κίνητρο για το σχεδιασμό και εκτέλεση του συγκεκριμένου προγράμματος της Μάνης.

Η δειγματοληψία και καταγραφή πραγματοποιήθηκε στις παρακάτω θέσεις (Charouda, Diros, Areopoli 1 and 2, Glystra, Marmari, Kokkala, Chrysafa, Erimos) και συλλέχτηκαν 102 δείγματα.

<sup>19</sup> Οι πληροφορίες για τις ομάδες δειγμάτων και τα προγράμματα δόθηκαν από τους μελετητές και από τα έγγραφα περιγραφής του κάθε project.

<sup>20</sup> Οι πληροφορίες για τις ομάδες δειγμάτων και τα προγράμματα δόθηκαν από τους μελετητές και από τα έγγραφα περιγραφής του κάθε project.

- Charouda: Είναι ένα αρχαίο και σύγχρονο λατομείο. Βρίσκεται ακριβώς δίπλα στην ακτή, ένα πλεονέκτημα εξαιρετικά σημαντικό για τις μεταφορές. Το μάρμαρο έχει λευκό χρώμα και είναι μεσαίου κοκκομετρικού μεγέθους, με μεγάλους επιμήκεις κρυστάλλους. Λόγω της σύγχρονης εξόρυξης μεγάλο μέρος του λατομείου έχει καταστραφεί. Το αρχαίο τμήμα έχει σημάδια από εργαλεία, αρνητικά, σμίλες και σημάδια από αξίνες.
- Diros Fourniata: Το λατομείο βρίσκεται κοντά στο σύγχρονο χωριό, κάτω από τον πύργο του Σκλαβουνάκου. Το μάρμαρο έχει λευκό χρώμα και είναι λεπτόκοκκο με επιμήκεις κρυστάλλους. Διάφορα αρχαία σημάδια εργαλείων μπορούν να παρατηρηθούν σε όλη την περιοχή. Κυρίως σημάδια από σκαλιστήρια, σφήνες κ.ά. Στο πίσω μέρος του πύργου, μπορεί να παρατηρηθεί ένας μεγάλος ορθογώνιος λάκκος με σημάδια από σκαλιστήρια. Κοντά στο λάκκο υπάρχει μια μικρή λεκάνη με τραχύ σχήμα. Τα αποτυπώματα έχουν διάφορα σχήματα, κυρίως στρογγυλά και ορθογώνια. Γύρω από τον πύργο διακρίνονται ορθογώνιοι μαρμαρίνοι όγκοι με σημάδια από αξίνες και σμίλες. Λόγω της υπερβλάστησης, ο αριθμός των αποτυπωμάτων δεν μπορεί να προσδιοριστεί.
- Aeoroli 1: Κοντά στην πόλη της Αρεόπολης παρατηρούνται εμφανίσεις μαρμάρου με σύγχρονη εξόρυξη. Η πρώτη εξόρυξη βρίσκεται κοντά στο σύγχρονο δρόμο. Πρόκειται για ένα λευκό-ανοιχτό γκριζό μάρμαρο με λεπτούς κόκκους, ενώ ορισμένα τμήματα της εμφάνισης έχουν γκριζό χρώμα και είναι επίσης λεπτόκοκκα, και ορισμένα τμήματα λευκού χρώματος με μεσαίους κόκκους.
- Aeoroli 2: Η δεύτερη εμφάνιση είναι επίσης προϊόν σύγχρονης εξόρυξης. Βρίσκεται κοντά σε έναν παράδρομο πάνω από έναν λόφο. Έχει παρόμοια χαρακτηριστικά με την Αρεόπολη 1. Είναι λευκού και γκριζού χρώματος και έχει μέγεθος κόκκων.
- Kokkala: Πρόκειται για μια σύγχρονη εξόρυξη / λατομείο. Βρίσκεται κοντά στο σύγχρονο δρόμο, δίπλα στην ακτή. Το μέγεθος της εξόρυξης είναι πολύ μικρό, περίπου 30\*50m. Δεν υπάρχουν σημάδια αρχαίας δραστηριότητας. Το μάρμαρο έχει λευκό χρώμα και είναι πολύ λεπτόκοκκο.
- Village Chrysafa: Είναι ένα σύγχρονο λατομείο / εξόρυξη. Βρίσκεται κοντά στην εκκλησία. Το μάρμαρο έχει γκριζό χρώμα και είναι λεπτόκοκκο. Η ποιότητα του υλικού είναι χαμηλής ποιότητας. Δεν μπόρεσαν να εντοπιστούν αρχαία ίχνη. Ωστόσο, μπορούν να παρατηρηθούν κάποιοι παλιοί λάκκοι και παλαιά σημάδια εργαλείων. Τα χαρακτηριστικά των πέτρινων κτισμάτων του χωριού ταιριάζουν μακροσκοπικά σε αυτή τη θέση.
- Chrysafa Γλίστρα: Πρόκειται για ένα αρχαίο λατομείο, μικρού μεγέθους. Υπάρχουν σημάδια αρχαίας εξόρυξης. Μπορούν να παρατηρηθούν διάφορα σημάδια εργαλείων, συμπεριλαμβανομένων αποτυπωμάτων και σημάδια από πέλεκεις. Λόγω της θέσης κοντά στο ποτάμι, οι επιφάνειες της εξόρυξης είναι έντονα διαβρωμένες.
- Erimos: Είναι ένα αρχαίο λατομείο με σημάδια σύγχρονης παράτυπης εξόρυξης. Ένας πρόσφατα διανοιγμένος χαλικόδρομος χωρίζει την τοποθεσία σε δύο πλευρές. Το μάρμαρο έχει εν μέρει λευκό χρώμα και εν μέρει ή γκρι χρώμα, ενώ το μέγεθος των κόκκων είναι μεσαίο και έχει επιμήκεις κρυστάλλους. Γύρω από το χαλικόδρομο υπάρχουν μαρμαρίνοι όγκοι. Μπορούν να παρατηρηθούν πολλά ίχνη, όπως αποτυπώματα, σφήνες και σημάδια από σφήνες. Το λατομείο βρίσκεται κοντά στην ακτή.
- Marmari: Είναι ένα αρχαίο λατομείο, μικρό σε μέγεθος. Το μάρμαρο έχει λευκό χρώμα και είναι μεσαίου μεγέθους, με επιμήκεις κρυστάλλους. Πρόκειται για ένα λευκό στρώμα πάχους 15-20 μέτρων, γύρω από το λευκό στρώμα υπάρχει ανοιχτό γκριζό μάρμαρο και κάποιες πιο σκούρες γκριζες περιοχές. Στο λευκό τμήμα εντοπίστηκαν αρχαία σημάδια από σφήνες σε 2 θέσεις. Δυστυχώς, τα ίχνη ήταν πολύ αποσαθρωμένα και δεν διακρίνονται άλλα στοιχεία αρχαίας εξόρυξης.

Ο συνδυασμός των συγκεκριμένων δειγμάτων επιλέχτηκε διότι κάποια από τα μαρμάρια αντικείμενα που αναλύθηκαν από την αρχαία Κόρινθο είναι κατασκευασμένα από μάρμαρο Μάνης.

## 6.5. Διαδικασία εισαγωγής δεδομένων

### *Διαμοιρασμός Δεδομένων.*

Η διαδικασία ξεκίνησε με το διαμοιρασμό κωδικών για τη σύνδεση με το Microsoft Teams και το διαμοιρασμό των δεδομένων. Τα δεδομένα αποτελούσαν 2 διαφορετικά αρχεία excel, το πρώτο αρχείο αφορούσε την αρχαία Κόρινθο με 82 καταγεγραμμένα δείγματα. Το δεύτερο αρχείο αφορούσε τη Μάνη και αποτελούνταν με 102 δείγματα.

### *Διαδικασία Εισαγωγής ομάδα δειγμάτων Αρχαίας Κορίνθου.*

Η διαδικασία εισαγωγής ξεκίνησε πρώτα με το αρχείο της Αρχαίας Κορίνθου. Η περιγραφή αυτή αφορά τις ενέργειες, οι οποίες πραγματοποιήθηκαν για τα δείγματα της Αρχαίας Κορίνθου. Η διαδικασία ξεκίνησε με την Καταχώριση των δεδομένων στην οντότητα **SAMPLE**. Αρχικά, προσδιορίζεται στην πρώτη στήλη ο μοναδικός αριθμός ταυτότητας Ινστιτούτου του δείγματος και προστίθενται τα υπόλοιπα δεδομένα στα αντίστοιχα χαρακτηριστικά.

Στην οντότητα **ANALYSIS** προστίθενται όλα τα δεδομένα από τις δύο αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν για τη συγκεκριμένη ομάδα δειγμάτων και τα εργαστήρια, στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις. Καταχωρούνται τα δεδομένα στις κατάλληλες θέσεις.

Στη συνέχεια ακολουθεί η Καταχώριση στην οντότητα **NUMBER**. Η σύνδεση μεταξύ **SAMPLE** και **NUMBER** γίνεται με το χαρακτηριστικό oeai\_inventory\_number και ακολουθεί η Καταχώριση των στοιχείων. Συμπληρώνονται όλοι οι απαραίτητοι κωδικοί – ονόματα των δειγμάτων. Στην περίπτωση των αρχαιολογικών δειγμάτων της Κορίνθου, ο αριθμός του project με τον αριθμό του εργαστηρίου είναι ίδιος. Ενώ, συμπληρώνεται, επίσης, ο αριθμός ευρετηρίου μουσείου για όποια αντικείμενα είναι διαθέσιμος. Διευκρινίζεται επίσης, ποιος φορέας είναι υπεύθυνος για την κάθε ονοματολογία.

Στην οντότητα **GEOGRAPHY** συμπληρώθηκαν οι τοποθεσίες σχετικά με την θέση που βρίσκονται τα αντικείμενα. Τα αντικείμενα βρίσκονται στο αρχαιολογικό μουσείο και τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Κορίνθου, καθώς και στην αρχαιολογική αποθήκη. Γίνεται σύνδεση με μία άλλη γεωγραφική Βάση, η οποία θα αναλυθεί σε επόμενο κεφάλαιο.

Στην οντότητα **INSTITUTION** τοποθετούνται οι τρεις τοποθεσίες, οι οποίες συσχετίζονται με την ομάδα δειγμάτων, καθώς και τα εργαστήρια, στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι αναλύσεις. Επίσης, συνδέεται με Βάση Δεδομένων την Virtual International Authority File (VIAF), η οποία θα αναλυθεί στο 6.5 κεφάλαιο.

Η οντότητα **ARTIFACT** συνδέεται με την οντότητα **SAMPLE** μέσω του χαρακτηριστικού artefakt\_id. Στη συνέχεια τοποθετήθηκαν τα δεδομένα στα κατάλληλα χαρακτηριστικά. Στην οντότητα **ARTIFACT** γίνεται η περιγραφή των αρχαιολογικών αντικειμένων.

### *Διαδικασία εισαγωγής ομάδας δειγμάτων Μάνης*

Μετά την ολοκλήρωση Καταχώρισης των δεδομένων της ομάδας δειγμάτων από την Αρχαία Κόρινθο, ακολούθησε η εισαγωγή των δειγμάτων της Μάνης. Η διαδικασία, η

οποία αναφέρθηκε παραπάνω, ακολουθήθηκε, με κάποιες διαφορές, και στην περίπτωση των δειγμάτων της Μάνης. Καταχωρούνται τα δεδομένα στις οντότητες **SAMPLE, ANALYSIS** (η ομάδα δειγμάτων της Μάνης περιλαμβάνει 3 αναλύσεις), **NUMBER, INSTITUTION, GEOGRAPHY**. Οι διαφορές είναι ότι στα δείγματα της Μάνης συμπεριλαμβάνονται δύο παραπάνω οντότητες, η οντότητα **QUARRY** και η οντότητα **QUARRY\_GROUP** και δεν καταχωρούνται δεδομένα στην οντότητα **ARTIFACT**.

#### *Φωτογραφίες Δειγμάτων*

Και στις δύο περιπτώσεις δειγμάτων, μαζί με τα δεδομένα, διαμοιράστηκαν οι φωτογραφίες από τα δείγματα. Όταν ξεκίνησε η συγκεκριμένη Βάση Δεδομένων είχε αποφασιστεί από την ομάδα να μην γίνει μετονομασία φωτογραφιών. Αυτό δημιούργησε πρόβλημα, διότι όσο μεγάλωνε ο όγκος των δειγμάτων, πλήθαινε ο όγκος των φωτογραφιών. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη πολλαπλών διαφορετικών φωτογραφιών με το ίδιο όνομα π.χ. 1005, από εντελώς διαφορετικές ομάδες δειγμάτων. Για αυτό το λόγο η ομάδα αποφάσισε να αλλάξει τη διαδικασία. Καθιερώθηκε ότι κάθε ξεχωριστή ομάδα δειγμάτων θα λαμβάνει διαφορετικό όνομα, το οποίο θα αντιπροσωπεύει την ιδιότητα και την ομάδα του κάθε δείγματος (όνομα λατομείου για τα λατομεία) και μοναδικό αριθμό ταυτοποίησης για κάθε αρχαιολογικό δείγμα π.χ. IM-PM-KOR-001A. Για παραπάνω από μία φωτογραφίες κάθε ξεχωριστού δείγματος δηλώνεται διαφορετικό γράμμα στο τέλος το ονόματος. Δηλαδή, ένα δείγμα μπορεί να του αντιστοιχούν τρεις φωτογραφίες, οι οποίες θα μετονομαστούν σε IM-PM-KOR-001A, IM-PM-KOR-001B, IM-PM-KOR-001C.

Για τις συγκεκριμένες ομάδες δειγμάτων μετονομάστηκαν 274 φωτογραφίες για τα δείγματα της Αρχαίας Κορίνθου και 273 φωτογραφίες για την ομάδα δειγμάτων της Μάνης.

## **6.6. Σύνδεση με άλλες Βάσεις Δεδομένων**

Η σύνδεση με εξωτερικές Βάσεις πραγματοποιείται για την παροχή παραπάνω εξειδικευμένων πληροφοριών σχετικά με τα δεδομένα σε συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της κάθε οντότητας.

Η οντότητα **ARTIFACT** περιλαμβάνει το χαρακτηριστικό Literature, το οποίο επεξηγήθηκε παραπάνω. Το χαρακτηριστικό Literature συνδέεται με το λογισμικό Zotero, το οποίο βοηθάει στην οργάνωση των βιβλιογραφικών πηγών. Η ομάδα του Ινστιτούτου έχει δημιουργήσει μία ομάδα με όλες τις βιβλιογραφικές αναφορές, οι οποίες σχετίζονται με τη Βάση. Η σελίδα αυτή αποτελείται από βιβλία, επιστημονικά περιοδικά κ.ά., τα οποία καταγράφουν όλες οι διαθέσιμες πληροφορίες για τα συσχετιζόμενα δεδομένα. Καταγράφονται πληροφορίες όπως το είδος της βιβλιογραφίας, τίτλος, συγγραφείς, εκδότης, ημερομηνία, ISBN κ.ά. Στην περίπτωση της ομάδας δειγμάτων από την Αρχαία Κόρινθο, η αναζήτηση της βιβλιογραφία πραγματοποιήθηκε στη Βάση Δεδομένων του American School of Classical Studies. Σχετικά με τη Βάση αυτή, πραγματοποιήθηκε αναφορά στην Εισαγωγικό κεφάλαιο.

Στην οντότητα **INSTITUTION** υπάρχει το χαρακτηριστικό Identifier, το οποίο συνδέεται με τη Βάση Δεδομένων Virtual International Authority File (VIAF)<sup>21</sup>. Η υπηρεσία VIAF παρέχει στις βιβλιοθήκες, Ινστιτούτα και στους χρήστες εύκολη πρόσβαση στα σημαντικότερα αρχεία σε παγκόσμια κλίμακα. Οι συντελεστές του VIAF

<sup>21</sup> <http://viaf.org>

παρέχουν τακτικά δεδομένα, τα οποία το VIAF αντιστοιχίζει, συνδέει και ομαδοποιεί τα δεδομένα. Όλες οι περιγραφές για μια οντότητα συγχωνεύονται σε μια ομάδα που συγκεντρώνει τα διαφορετικά ονόματα για την εν λόγω οντότητα. Η υπηρεσία αυτή επιτρέπει στους ερευνητές να εντοπίζουν ονόματα, τοποθεσίες, έργα και εκφράσεις, διατηρώντας παράλληλα τις περιφερειακές προτιμήσεις για τη γλώσσα, την ορθογραφία και τη γραφή. Στην περίπτωση της Βάσης του μαρμάρου στο VIAF έχουν ενταχθεί μουσεία και Ινστιτούτα που συμπεριλαμβάνονται στα προγράμματα μαρμάρου καθώς και τα εργαστήρια, στα οποία πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των δειγμάτων.

Στην οντότητα **GEOGRAPHY** υπάρχει το χαρακτηριστικό Identifier. Το χαρακτηριστικό Identifier συνδέεται με τις εξωτερικές Βάσεις iDAI.gazetteer<sup>22</sup> και GeoNames<sup>23</sup>.

Το iDAI.gazetteer είναι ένα εργαλείο για τη βελτιστοποίηση της δομής των γεωγραφικών δεδομένων του Γερμανικού Αρχαιολογικού Ινστιτούτου (DAI). Στόχος είναι η αύξηση των συνόλων δεδομένων, καθώς και η σύνδεση αυτών των δεδομένων με άλλα παγκόσμια πληροφοριακά συστήματα - ευρετήρια. Ως εκ τούτου, το iDAI.gazetteer είναι μεταξύ άλλων μια μηχανή πλαισίωσης, η οποία επιτρέπει τη γεωγραφική αναζήτηση μέσω διαφορετικών συστημάτων πληροφοριών, όπως το iDAI.objects και το iDAI.bibliography.

Η γεωγραφική βάση δεδομένων GeoNames περιέχει πάνω από 27 εκατομμύρια γεωγραφικά ονόματα και αποτελείται από πάνω από 12 εκατομμύρια μοναδικά χαρακτηριστικά, εκ των οποίων 4,8 εκατομμύρια κατοικημένα μέρη και 15 εκατομμύρια εναλλακτικά ονόματα. Όλα τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται σε μία από τις εννέα κατηγορίες χαρακτηριστικών και περαιτέρω υποκατηγοριοποιούνται σε έναν από τους 645 κωδικούς χαρακτηριστικών. Το GeoNames ενσωματώνει γεωγραφικά δεδομένα, όπως ονόματα τόπων σε διάφορες γλώσσες, υψόμετρο, πληθυσμό και άλλα από διάφορες πηγές. Όλες οι συντεταγμένες γεωγραφικού πλάτους και μήκους είναι σε WGS84 (Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα 1984).

---

<sup>22</sup> <https://gazetteer.dainst.org/app#!/home>

<sup>23</sup> <http://www.geonames.org>

## Κεφάλαιο 7 Συμπεράσματα – Μελλοντικές επεκτάσεις

Οι Βάσεις Δεδομένων αποτελούν όλο και περισσότερο ένα χρήσιμο εργαλείο προς τα ερευνητικά προγράμματα. Οι αρχαιολογικές - αρχαιομετρικές Βάσεις εξυπηρετούν διαφορετικές θεματικές, αναλύσεις, τοποθεσίες κ.ά. Για τη δημιουργία μιας σωστής και αξιόπιστης Βάσης συνεργάζονται άτομα από διαφορετικούς ερευνητικούς τομείς ώστε να καλύπτονται όλα τα απαραίτητα ερωτήματα και προκλήσεις που πιθανόν να δημιουργηθούν κατά της δημιουργίας.

Μια Βάση Δεδομένων αποτελεί μια ενιαία εφαρμογή λογισμικού που μπορεί να χρησιμοποιεί πολλούς πίνακες, φόρμες και αναφορές, αντί για μια πληθώρα υπολογιστικών φύλλων. Ενώ, παρέχουν πρόσβαση και αποθήκευση σε μεγάλο όγκου δεδομένων σε μία εφαρμογή και πολλοί χρήστες μπορούν να διαβάζουν και να τροποποιούν τα δεδομένα ταυτόχρονα. Μια καλή Βάση Δεδομένων φέρνει κοντά ανθρώπους και διαδικασίες, εξασφαλίζοντας ακόμη και τετριμμένες έννοιες όπως η συνέπεια της ορθογραφίας και του συντακτικού και η εξάλειψη πολλών διπλών προσπαθειών. Ενώ η ορολογία και οι έννοιες στα δεδομένα μπορεί να είναι συγκεκριμένες για την κύρια αρμοδιότητα του χρήστη, η ίδια η εμπειρία του χρήστη καθιστά δυνατή την εστίαση αποκλειστικά στα δεδομένα και όχι στις περιπλοκές των συνδέσμων και των φορμών της Βάσης Δεδομένων.

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας χρειάστηκε εκβάθυνση γνώσεων σχετικά με τις θεωρίες των Βάσεων, της αρχαιολογίας και της αρχαιομετρίας και συχνή επικοινωνία με ειδικούς ερευνητές ώστε να πραγματοποιηθεί η εξοικείωση με το Ινστιτούτο, την ομάδα τη Βάση, με τελικό στόχο την επιτυχή Καταχώριση των ζητούμενων δεδομένων.

Στη περίπτωση της Βάσης του μαρμάρου, το μεγάλο πλεονέκτημα είναι η προσέγγιση και συγκέντρωση των ανοιχτών δημοσιευμένων δεδομένων προς της επιστημονική κοινότητα και το ευρύ κοινό. Αυτό θα βοηθήσει στη διάδοση γνώσεων, αναλύσεων και δεδομένων με σκοπό τη συνεχή έρευνα και διατήρηση της ποιοτικής μελέτης της ιστορίας και της αρχαιολογίας. Η Βάση αυτή έγινε με αφορμή το πρόγραμμα Fingerprinting White Marbles Quarries and Cities of Roman Thrace, 1st-3rd century AD, αλλά θα δοθεί ανάλογη σημασία στα επόμενα προγράμματα με τις αντίστοιχες αναφορές καθώς και με τυχών άλλους επιμέρους συνεργάτες.

Θετική έκβαση της Βάσης και του web application αποτελεί το γεγονός ότι σε μια σελίδα θα είναι όλες οι πληροφορίες για το κάθε αντικείμενο (αναλύσεις, βιβλιογραφία, πληροφορίες, φωτογραφίες). Η βιβλιογραφία συνδέεται τόσο με γενικές δημοσιεύσεις των μελετητών της ομάδας όσο και δημοσιεύσεις για το ίδιο το αντικείμενο. Η Βάση έχει αρχαιομετρικό χαρακτήρα, ωστόσο, δίνεται σημασία στην αρχαιολογική πληροφορία ως σύντομη περιγραφή αλλά και τη σύνδεση της αρχαιολογικής βιβλιογραφίας με το κάθε αντικείμενο. Ακόμη, σχετικά με τις ομάδες των λατομείων δεν είναι απλά μία παράθεση αριθμητικών δεδομένων, αλλά συμπεριλαμβάνει την περιγραφή της κάθε ομάδας δειγμάτων λατομείου για παράδειγμα αν υπάρχουν αρχαία ίχνη κ.ά.

Ένα περιορισμός που δημιουργείται στην συνολική προσπάθεια είναι αν τα δείγματα θα χαρακτηριστούν open access ή όχι και αν σχετίζονται με ανοιχτές δημοσιεύσεις σε επιστημονικά περιοδικά ή όχι. Καθώς οι δημοσιεύσεις κλειστού τύπου δεν επιτρέπουν τη δημοσίευση open access των δεδομένων για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (κάποιες φορές 1-2 χρόνια). Ακόμη, ένα πρόβλημα αποτελεί το γεγονός ότι σε κάποιες περιπτώσεις τα μουσεία δεν έχουν δημοσιευμένο όλο το υλικό προς ανάλυση, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται ερωτήματα τόσο περί δημοσίευσης όσο περί καταγραφής της πληροφορίας στη Βάση. Για παράδειγμα, αν ένα αντικείμενο δεν είναι

αρχαιολογικά δημοσιευμένο μπορεί να εμφανίζεται στην αρχαιομετρική Βάση; Και αν ναι υπάρχει η δυνατότητα εμφάνισης της αρχαιολογικής πληροφορίας; Το ίδιο ερώτημα εμφανίζεται στην περίπτωση των φωτογραφιών αυτών των αδημοσίεωτων μουσειακών αντικειμένων. Τα δείγματα που δημοσιεύονται θα γίνονται open access αλλά όχι τα δεδομένα που δεν έχουν ολοκληρωθεί οι δημοσιεύσεις.

Σε πρακτικό επίπεδο, μέρος των πληροφοριών που υπάρχουν στη Βάση πρέπει να εκτυπωθούν και να συμπεριληφθούν στο σακουλάκι του κάθε δείγματος. Η φυσική παρουσία του κάθε δείγματος (σακουλάκι, κουτί, ράφι, αίθουσα, αποθήκη) θα πρέπει να συμπεριληφθεί στη Βάση<sup>24</sup>.

Ένας ακόμη προβληματισμός αποτελεί η μελλοντική εξέλιξη της Βάσης σε σχέση με το ποιος θα είναι υπεύθυνος να αποφασίζει μεταξύ των δειγμάτων τα οποία θα είναι open access στη περίπτωση των δειγμάτων που δεν θα συμπεριληφθούν σε κάποια δημοσίευση, ύστερα από συνεννόηση της ομάδας και μετά το πέρας συγκεκριμένου χρόνου<sup>25</sup>.

Επίσης, όσο η συλλογή των δεδομένων αυξάνεται, θα χρειαστούν πιο εξελιγμένες αυτόματες διαδικασίες για να βρεθεί το επίπεδο αποτελεσματικότητας εισαγωγής των δεδομένων. Καθώς θα πρέπει να συμπεριληφθεί στο μέλλον η ανάλυση της πετρογραφίας η οποία δεν συμπεριλαμβάνεται μέχρι τώρα.

Μελλοντικά σχέδια του Ινστιτούτου είναι η Καταχώριση όλων των υπάρχοντων δεδομένων, τα οποία αφορούν την προέλευση αρχαίου μαρμάρου, σχεδιάζοντας παράλληλα μελλοντικές αποστολές δειγματοληψίας και έρευνας άλλων περιοχών με στόχο την ολοκληρωμένη καταγραφή αρχαίων λατομείων και αρχαιολογικών αντικειμένων του αρχαίου κόσμου. Το αρχιτεκτονικό μοντέλο της Βάσης αυτής θα χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία Βάσεων Δεδομένων διαφορετικών υλικών.

Τέλος, μια καλά οργανωμένη Βάση Δεδομένων κάνει έναν μεγάλο θησαυρό πληροφοριών πιο εύχρηστο και δίνει στο χρήστη μόνο ό,τι χρειάζεται εκείνη τη στιγμή για να κάνει καλύτερα την έρευνα του.

---

<sup>24</sup> Η διαδικασία αυτή θα ολοκληρωθεί μετά τη μετακόμιση του Ινστιτούτου σε νέο κτήριο μέχρι το τέλος του 2022.

<sup>25</sup> Να συμφωνηθεί ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και έπειτα το πέρας αυτού τα μη δεδομένα να ανοίγουν προς το κοινό (π.χ. 5-10 χρόνια).

## Βιβλιογραφικές Πηγές

- Anevlavi, Vasiliki, and Walter Prochaska. 2021. "Naxian Marble: The Area Where the Story Begins." Pp. 329–38 in *Πρακτικά του ΣΤ' Επιστημονικού Συνεδρίου "Η Νάξος διά μέσου των αιώνων."* Vol. A. Naxos.
- Apenyo, Kofi. 1999. "Using the Entity-Relationship Model to Teach the Relational Model." *ACM SIGCSE Bulletin* 31(2):78–80.
- Archibald, Zosia H. 2016. "Moving Upcountry: Ancient Travel from Coastal Ports to Inland Harbours." Pp. 36–64 in *Ancient ports, Acta Universitatis Upsaliensis*, edited by K. Höghammar, B. Alroth, and A. Lindhagen. Uppsala: Uppsala Universitet.
- Attanasio, Donato, Mauro Brillì, and Neil Ogle. 2006. *The Isotopic Signature of Classical Marbles*. Rom: L' Erma di Bretschneider.
- Ayyavaraiah, Monelli, and Arepalli Gopi. 2017. *Database Management System*. India: Horizon Books ( A Division of Ignited Minds Edutech P Ltd).
- Biskup, Joachim, and Bernhard Convent. 1986. "A Formal View Integration Method." Pp. 398–407 in *Proceedings of the 1986 ACM SIGMOD international conference on Management of Data, SIGMOD '86*, edited by C. Zaniolo. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery.
- Castano, Silvana, Maria Grazia Fugini, Giancarlo Martella, and Pierangela Samarati. 1995. *Database Security*. USA: ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co.
- Codd, E. F. 1990. *The Relational Model for Database Management: Version 2*. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Connolly, Thomas, and Carolyn Begg. 2003. *Database Solutions: A Step by Step Guide to Building Databases*. 2nd edition. England: Pearson Education.
- Craig, H., and V. Craig. 1972. "Greek Marbles. Determination of Provenance by Isotope Analysis." *Science* 176:401–3.
- Date, C. J., and Hugh Darwen. 1997. *A Guide to the SQL Standard (4th Ed.): A User's Guide to the Standard Database Language SQL*. USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.
- Donahoo, Michael J., and Gregory D. Speegle. 2005. *SQL Practical Guide for Developers*. Burlington: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Elmasri, Ramez, and Sham Navathe. 2016. *Fundamentals of Database Systems*. Seventh edition. Hoboken: Pearson.



- Gale, N. H., Z. A. Stos-Gale, G. Maliotis, and N. Annetts. 1997. "Lead Isotope Data from the Isotracer Laboratory, Oxford: Archaeometry Database 4, Ores From Cyprus." *Archaeometry* 39(1):237–46.
- Garcia-Molina, Hector, Jeffrey Ullman, and Jennifer Widom. 2013. *Database Systems: The Complete Book*. 2nd edition. Harlow: Pearson Education.
- Gunjal, Bhojaraju, and M. M. Koganurmath. 2003. "Database System: Concepts and Design." Pp. 385–98 in *Knowledge management in special libraries in the digital environment: XXIV Conference of IASLIC*. Dehradun: Survey of India.
- Hadzilacos, Vassos. 1988. "A Theory of Reliability in Database Systems." *Journal of the ACM* 35(1):121–45.
- Johnston, Daniel L. 2002. "A Simplified Standard Method of Digital Image Tonal Capture for Archival Projects." in *PICS 2002: IS&T's PICS Conference, An International Technical Conference on Digital Image Capture and Associated System, Reproduction and Image Quality Technologies*. USA.
- Kadar, Manuella. 2002. "Data Modeling and Relational Database Design in Archaeology." *Acta Universitatis Apulensis* 3:73–80.
- Klein, Sabine, Thomas Rose, Katrin J. Westner, and Yiu-Kang Hsu. n.d. "From OXALID to GlobalID: Introducing a Modern and FAIR Lead Isotope Database with an Interactive Application." *Archaeometry*.
- Liritzis, Ioannis, N. Laskaris, A. Vafiadou, I. Karapanagiotis, P. Volonakis, C. Papageorgopoulou, and M. Bratitsi,. 2020. "Archaeometry: An Overview." *SCIENTIFIC CULTURE* 6(1):49–98. DOI: 10.5281/zenodo.3625220.
- Luković, Ivan, Sonja Ristic, Pavle Mogin, and Jelena Pavicevic. 2006. "Database Schema Integration Process – A Methodology and Aspects of Its Applying." *Novi Sad Journal of Mathematics* 36:115–50.
- Madzharov, Mitko. 2009. *Roman Roads in Bulgaria. Contribution to the Development of Roman Road System in the Provinces of Moesia and Thrace*. Sofia: Faber.
- Mafredas, Thomas, and George Malaperdas. 2021. "Archaeological Databases and GIS: Working with Databases." *European Journal of Information Technologies and Computer Science* 1:1–6.
- Maniatis, Y. 2004a. "Scientific Techniques and Methodologies for the Provenance of White Marble." Pp. 179–202 in *Physics Methods in Archaeometry. Proceedings of the International School of Physics "Enrico Fermi". Course CLIV. Varenna on Como Lake, Villa Monastero, 17-27 June 2003*, edited by M. Martini, M. Milazzo, and M. Piacentini. Amsterdam: IOS Press.

- Maniatis, Y. 2004b. “Το Μάρμαρο Για Την Λατρεία, Την Τέχνη Και Την Αρχιτεκτονική: Από Την Προϊστορική Ελλάδα Ως Την Σύγχρονη Δύση.” Pp. 232–49 in *Πρακτικά συνεδρίου: η επίδραση του ολυμπιακού πνεύματος στην ανθρώπινη πρόοδο: 5-7 Δεκεμβρίου 2003, Θεσσαλονίκη, Αίθουσα Τελετών Παλαιάς Φιλοσοφικής Σχολής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, edited by E. Y. Εξωτερικών. Thessaloniki: Εκδοτικός Οίκος “Μαθητής - Ανατολή.”
- Maniatis, Y., and V. Manti. 1992. “Electron-Paramagnetic-Resonance Signals and Effects in Marble Induced by Working.” *Journal of Applied Physics* 71(10):4859–67.
- Mitschang, Bernhard. 1989. “Extending the Relational Algebra to Capture Complex Objects.” Pp. 297–305 in *VLDB '89: Proceedings of the 15th international conference on Very large databases*, edited by P. M. G. Apers, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- O’Neil, Patrick, and Elizabeth O’Neil. 2000. *Database: Principles, Programming, and Performance*. 2nd ed. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Patni, Jagdish Chandra, Hitesh Kumar Sharma, Ravi Tomar, and Avita Katal. 2022. *Database Management System: An Evolutionary Approach*. 1st edition. Boca Raton: Chapman and Hall/CRC.
- Patni, Jagdish, Hitesh Sharma, Ravi Tomar, and Avita Katal. 2021. *Database Management System: An Evolutionary Approach*.
- Pfleeger, Charles P., and Shari Lawrence Pfleeger. 2012. *Analyzing Computer Security: A Threat/Vulnerability/Countermeasure Approach*. London: Pearson.
- Polikreti, Kyriaki. 2007. “Detections of Ancient Marble Forgery: Techniques and Limitations.” *Archaeometry* 49(4):603–19.
- Polikreti, Kyriaki, and Yannis Maniatis. 2002. “A New Methodology for the Provenance of Marble Based on EPR Spectroscopy.” *Archaeometry* 11(1):1–21.
- Polikreti, Kyriaki, C. T. Michael, and Yannis Maniatis. 2002. “Authenticating Marble Sculpture with Thermoluminescence.” *Ancient TL* 20(1):11–18.
- Pollard, A. Mark, and Carl Heron. 2015. *Archaeological Chemistry*. London: Royal Society of Chemistry.
- Price, T. Douglas, and James H. Burton. 2010. *An Introduction to Archaeological Chemistry*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Prochaska, W., and M. Grillo. 2010. “A New Method for the Determination of the Provenance of White Marbles by Chemical Analysis of Inclusion Fluids: The Marbles of the Mausoleum of Belevi/Turkey.” *Archaeometry* 52(1):59–82.

- Renfrew, Colin, and Paul Bahn. 2008. *Archaeology: Theories, Methods, and Practice*. 5th edition. London: Thames and Hudson Ltd.
- Schiader, Robert. 2002. "Archaeological Databases: What Are They and What Do They Mean?" Pp. 517–20 in *Archaeological Informatics: Pushing The Envelope. Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology. Proceedings of the 29th Conference*. Oxford: Archaeopress.
- Shackley, M. S. 2008. "Archaeological Petrology and the Archaeometry of Lithic Materials." *Archaeometry* 50:194–215.
- Silberschatz, Abraham, Henry F. Korth, and S. Sudarshan. 2011. *Database System Concepts*. 6th ed. New York: McGraw-Hill.
- Stephens, Ryan, and Ron Plew. 2003. *Sams Teach Yourself Beginning Databases in 24 Hours*. 1st edition. Indianapolis: Sams Publishing.
- Sumathi, S., and S. Esakkirajan. 2007. *Fundamentals of Relational Database Management Systems*. Berlin: Springer Science & Business Media.
- Thuraisingham, Bhavani. 2001. *Managing and Mining Multimedia Databases*. USA: CRC Press.
- Ullman, Jeffrey, and Jennifer Widom. 2007. *First Course in Database Systems*. 3rd edition. Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Zaniolo, Carlo, Stefano Ceri, Christos Faloutsos, Richard Thomas Snodgrass, V. S. Subrahmanian, and Roberto Zicari. 1997. *Advanced Database Systems*. San Francisco, CA, USA: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Zoeldfoeldi, Judit, P. Hegedüs, and Balázs Székely. 2008. "Interdisciplinary Data Base of Marble for Archaeometric, Art Historian and Restoration Use." Pp. 225–51 in.
- Κολοκοτρώνης, Δημήτριος. 2005. *Συστήματα Διαχείρισης Βάσεων Δεδομένων*. Αθήνα: Γκιουρδάς.
- Λουκοπούλου, Λουίζα, Αντιγόνη Ζουρνατζή, Μαρία-Γαβριέλλα Παρισάκη, and Σελήνη Ψωμά. 2008. *Επιγραφές της Θράκης του Αιγαίου: μεταξύ των ποταμών Νέστου και Έβρου (Νομοί Ξάνθης, Ροδόπης και Έβρου)*. Αθήνα: Εθνικόν Ίδρυμα Ερευνών. Κέντρον Ελληνικής και Ρωμαϊκής Αρχαιότητας.
- Μαντή, Βασιλική. 1993. «Προσδιορισμός Της Προέλευσης Του Μαρμάρου Αρχαίων Μνημείων Με Τις Τεχνικές Του Ηλεκτρονικού Παραμαγνητικού Συντονισμού Και Της Νετρονικής Ενεργοποίησης». Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα.
- Ταμπακάς, Βασίλειος. 2017. *Εισαγωγή στις βάσεις δεδομένων*. Πάτρα: Gotsis.

## Ιστοσελίδες

- <https://ascsa.net/research?v=default> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://ceradat.net/> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://opencontext.org/projects/2c5addea-41d5-4941-b2bd-672bc1e60448> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://www.levantineceramics.org/> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <http://missmarble.de/system.html> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://www.oeaw.ac.at/oeai/home> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://www.oeaw.ac.at/> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://www.oeaw.ac.at/en/oeai/oeaidigital/mission> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://www.oeaw.ac.at/acdh> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://cbab.acdh.oeaw.ac.at/> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://thanados.net/> (ημ. πρόσβασης: Φεβρουάριος 2022)
- <https://defc.acdh.oeaw.ac.at/> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <https://www.postgresql.org/> (ημ. πρόσβασης: Φεβρουάριος 2022)
- <https://www.djangoproject.com/> (ημ. πρόσβασης: Φεβρουάριος 2022)
- <https://www.python.org/> (ημ. πρόσβασης: Φεβρουάριος 2022)
- <http://viaf.org/> (ημ. πρόσβασης: Φεβρουάριος 2022)
- <https://gazetteer.dainst.org/app/#!/home> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)
- <http://www.geonames.org/> (ημ. πρόσβασης: Ιανουάριος 2022)

## Παράρτημα



Εικόνα 4: Ο χάρτης της χερσονήσου της Μάνης, Ελλάδα, και τα λατομεία δειγματοληψίας, με κόκκινα σημάδια σημειώνονται τα λατομεία λευκού μαρμάρου, με μπλε σημάδια σημειώνονται τα λατομεία ψαμμίτη και τα έγχρωμα μάρμαρα. OeAI - OeAW

	A	B	C	D	E	F	G
1	oeai_inventory_number	smell	grain_size_min	grain_size_max	material	color	color_description
1523	AT-OeAI-02-001998	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1524	AT-OeAI-02-001999	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1525	AT-OeAI-02-002000	2		coarse	Marble	white to light grey	white to light grey
1526	AT-OeAI-02-002001	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1527	AT-OeAI-02-002002	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1528	AT-OeAI-02-002003	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1529	AT-OeAI-02-002004	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1530	AT-OeAI-02-002005	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1531	AT-OeAI-02-002006	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1532	AT-OeAI-02-002007	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1533	AT-OeAI-02-002008	2		coarse	Marble	white to light grey	white to light grey
1534	AT-OeAI-02-002009	2		coarse	Marble	white to light grey	white to light grey
1535	AT-OeAI-02-002010	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1536	AT-OeAI-02-002011	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1537	AT-OeAI-02-002012	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1538	AT-OeAI-02-002013	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1539	AT-OeAI-02-002014	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1540	AT-OeAI-02-002015	1		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1541	AT-OeAI-02-002016	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1542	AT-OeAI-02-002017	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1543	AT-OeAI-02-002018	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1544	AT-OeAI-02-002019	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1545	AT-OeAI-02-002020	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1546	AT-OeAI-02-002021	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey
1547	AT-OeAI-02-002022	2		coarse	Marble	white to light grey	white to light grey
1548	AT-OeAI-02-002023	2		medium	Marble	white to light grey	white to light grey

Εικόνα 5: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα SAMPLE

	A	B	C	D	E	F
1	id	oeai_inventarnummer	labor	analyse_type	date	MgCO3
2	1	AT-OeAI-02-000477	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
3	2	AT-OeAI-02-000477	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
4	3	AT-OeAI-02-000477	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
5	4	AT-OeAI-02-000477		thin section		
6	5	AT-OeAI-02-000478	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
7	6	AT-OeAI-02-000478	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
8	7	AT-OeAI-02-000478	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
9	8	AT-OeAI-02-000478		thin section		
10	9	AT-OeAI-02-000479	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
11	10	AT-OeAI-02-000479	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
12	11	AT-OeAI-02-000479	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
13	12	AT-OeAI-02-000480	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
14	13	AT-OeAI-02-000480	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
15	14	AT-OeAI-02-000480	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
16	15	AT-OeAI-02-000481	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
17	16	AT-OeAI-02-000481	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
18	17	AT-OeAI-02-000481	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
19	18	AT-OeAI-02-000482	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
20	19	AT-OeAI-02-000482	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
21	20	AT-OeAI-02-000482	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
22	21	AT-OeAI-02-000483	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
23	22	AT-OeAI-02-000483	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
24	23	AT-OeAI-02-000483	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
25	24	AT-OeAI-02-000483		thin section		
26	25	AT-OeAI-02-000484	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		
27	26	AT-OeAI-02-000484	Montanuniversität Leoben	Stable isotopes		
28	27	AT-OeAI-02-000484	Montanuniversität Leoben	ICP-MS		
29	28	AT-OeAI-02-000484		thin section		
30	29	AT-OeAI-02-000485	Montanuniversität Leoben	Ion chromatography		

Εικόνα 6: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα ANALYSIS

1	id	oeai_inventory_number	number	number_type	institute
4013	4012	AT-OeAI-02-002937	FWM0001	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4014	4013	AT-OeAI-02-002938	FWM0002	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4015	4014	AT-OeAI-02-002939	FWM0003	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4016	4015	AT-OeAI-02-002940	FWM0004	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4017	4016	AT-OeAI-02-002941	FWM0005	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4018	4017	AT-OeAI-02-002942	FWM0006	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4019	4018	AT-OeAI-02-002943	FWM0007	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4020	4019	AT-OeAI-02-002944	FWM0008	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4021	4020	AT-OeAI-02-002945	FWM0009	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4022	4021	AT-OeAI-02-002946	FWM0010	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4023	4022	AT-OeAI-02-002947	FWM0011	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4024	4023	AT-OeAI-02-002948	FWM0012	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4025	4024	AT-OeAI-02-002949	FWM0013	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4026	4025	AT-OeAI-02-002950	FWM0014	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4027	4026	AT-OeAI-02-002951	FWM0015	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4028	4027	AT-OeAI-02-002952	FWM0016	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4029	4028	AT-OeAI-02-002953	FWM0017	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4030	4029	AT-OeAI-02-002954	FWM0018	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4031	4030	AT-OeAI-02-002955	FWM0019	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4032	4031	AT-OeAI-02-002956	FWM0020	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4033	4032	AT-OeAI-02-002957	FWM0021	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4034	4033	AT-OeAI-02-002958	FWM0022	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4035	4034	AT-OeAI-02-002959	FWM0023	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4036	4035	AT-OeAI-02-002960	FWM0024	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4037	4036	AT-OeAI-02-002961	FWM0025	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4038	4037	AT-OeAI-02-002962	FWM0026	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4039	4038	AT-OeAI-02-002963	FWM0027	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4040	4039	AT-OeAI-02-002964	FWM0028	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut
4041	4040	AT-OeAI-02-002965	FWM0029	Sample ID	Österreichisches Archäologisches Institut

Εικόνα 7: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα NUMBER

1	id	name	geography	images
2	1	Klokotnitsa Quarry, Kasnakovo	Klokotnitsa Quarry, Kasnakovo	IM-KLOKOTNITSA-01   IM-KLOKOTNITSA-02   IM-KLOKOTNITSA-03
3	2	Krepost Quarry, Kasnakovo	Krepost Quarry, Kasnakovo	IM-KREPOST-01   IM-KREPOST-02   IM-KREPOST-03
4	3	Kamilski Dol (abandoned) 1 Quarry	Kamilski Dol (abandoned) 1 Quarry, sampling spot 1	IM-KAMILSKIDOL1-01   IM-KAMILSKIDOL1-02   IM-KAMILSKIDOL1-03
5	4	Kamilski Dol (abandoned) 1 Quarry	Kamilski Dol (abandoned) 1 Quarry, sampling spot 2	IM-KAMILSKIDOL1-01   IM-KAMILSKIDOL1-02   IM-KAMILSKIDOL1-03
6	5	Kamilski Dol Quarry 2	Kamilski Dol Quarry 2	IM-KAMILSKIDOL2-01   IM-KAMILSKIDOL2-02   IM-KAMILSKIDOL2-03
7	6	River Armira Valley, road cut	River Armira Valley	IM-RIVERARMIRAVALLEY-01   IM-RIVERARMIRAVALLEY-02   IM-RIVERARMIRAVALLEY-03
8	7	Dyadovtsi Quarry	Dyadovtsi Quarry	IM-DYADOVTSI-01   IM-DYADOVTSI-02   IM-DYADOVTSI-03
9	8	Pordovitsa Quarry	Pordovitsa Quarry	IM-PORDOVITSA-01   IM-PORDOVITSA-02   IM-PORDOVITSA-03
10	9	Frank Quarry	Frank Quarry	IM-FRANK-01   IM-FRANK-02   IM-FRANK-03

Εικόνα 8: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα QUARRY

	A	B	C	D	E	F
1	id	continent	land	province	location	name
2	1	Europe	Bulgaria	Haskovo	Ivaylovgrad	Villa Armira
3	2	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Nymphaeum
4	3	Europe	Bulgaria	Haskovo	Lozen	Lozen
5	4	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Roman villa
6	5	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	House
7	6	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Mausoleum
8	7	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Village center
9	8	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Klokotnitsa Quarry, Kasnakovo
10	9	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Krepost Quarry, Kasnakovo
11	10	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kamilski Dol	Kamilski Dol, Trite Chuki locality
12	11	Europe	Bulgaria	Plovdiv	Kardzhali	Kardzhali
13	12	Europe			Rhodopes	Rhodopes
14	13	Europe	Bulgaria	Haskovo	Teketo	Teketo
15	14	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Building near the Nymphaeum
16	15	Europe	Bulgaria	Haskovo	Klokotnitsa	Klokotnitsa
17	16	Europe	Bulgaria	Haskovo	Dimitrovgrad	Dimitrovgrad
18	17	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kasnakovo	Kasnakovo
19	18	Europe	Bulgaria	Haskovo	Borislavtsi	Borislavtsi
20	19	Europe	Bulgaria	Dobrich	Dobrich	Dobrich
21	20	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kamilski Dol	Kamilski Dol (abandoned) 1 Quarry, sampling spot 1
22	21	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kamilski Dol	Kamilski Dol (abandoned) 1 Quarry, sampling spot 2
23	22	Europe	Bulgaria	Haskovo	Kamilski Dol	Kamilski Dol Quarry 2
24	23	Europe	Bulgaria	Haskovo	Ivaylovgrad	River Armira Valley
25	24	Europe	Bulgaria	Haskovo	Balak Dere Fortress	Early Christian Church
26	25	Europe	Bulgaria	Haskovo	Ivaylovgrad	Ivaylovgrad
27	26	Europe	Bulgaria	Kardzhali	Ardino	Dyadovtsi Quarry
28	27	Europe	Bulgaria	Kardzhali	Krumovgrad	Pordovitsa Quarry
29	28	Europe	Bulgaria	Kardzhali	Egrek	Egrek Quarry
30	29	Europe	Bulgaria	Haskovo	Lensko	Lensko Quarry
31	30	Europe	Bulgaria	Haskovo	Slaveevo	Slaveevo

Navigation: < > ≡ Sample Analysis Number Quarry **Geography** Quarry\_group Institution Laboratory Artifact Thesaurus

Εικόνα 9: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα GEOGRAPHY



	A	B	C	D	E	F
1	id	name	description			
2	1	Carrara	includes hundreds of known quarries, located in the North-west of the Apuan Alps, one of the largest and most renowned marble extraction sites of the Mediterranean basin, continuous operation since the classical period until present times, extensive excavation started towards the end of the Republican age (1st century BC), from then on became major supply source for the building and decorative needs of Rome for about two centuries, replaced by eastern marbles for architectural materials, but still used for sculptures, mostly fine to medium grained white marbles with medium EPR intensity ( $0.684 \pm 0.35$ ) and isotopic values clustering around $-1.90$ ‰ for the oxygen ratio and around $2.11$ ‰ for carbon			
3	2	Seravezza	located in the southern Apuan Alps around the valley of the river Serra, despite of closeness to Carrara very different history, evidence of systematic exploitation exists only from the beginning of the 16th century, only a few quarries active until present times, from pure white, statuary marble to veined, arabesque (Cervajole) and grey or bardiglio (Trambiserra) varieties, rather similar isotopic and spectroscopic variable values to Carrara, homogeneous materials like Carrara			
4	3	Hymettos	located to the SE of Athens, about 8 km from the Acropolis, used in Athens and other parts of Greece, no precise indications suggesting the export of large quantities to Rome/Italy, fine-grained, bluish-grey marbles emitting a penetrating sulphurous odour when scraped or ground, Isotopic discrimination between Hymettos and Carrara or Seravezza is difficult, but they have quite different EPR intensities			
	4	Pentelicon	quarries opened during Archaic age and were still active at the beginning of the 4th century AD, fine grained, brilliant white marble, occasional mica flakes and yellowish to light green veins, famous for their use in the construction of the Parthenon and several other			

Navigation: < > ≡ Sample Analysis Number Quarry Geography Quarry\_group Institution Laboratory Artifact Thesaurus

Εικόνα 10: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα QUARRY\_GROUP

	A	B	C
1	<b>name</b>	<b>identifier</b>	
2	NAIM - National Archaeological Institute with Museum, Sofia	<a href="http://viaf.org/viaf/302552544">http://viaf.org/viaf/302552544</a>	
3	Laboratory for Analyses, Conservation, and Restoration, NAIM	<a href="http://viaf.org/viaf/302552544">http://viaf.org/viaf/302552544</a>	
4	History Museum Dimitrovgrad	x	
5	History Museum Dimitrovgrad	x	
6	Regional History Museum Haskovo	<a href="http://viaf.org/viaf/131213371">http://viaf.org/viaf/131213371</a>	
7	Quarden in front of the regional museum	x	
8	Depot Villa Armira	x	
9	History Museum Ivaylovgrad	x	
10	History Museum Ivaylovgrad - Depot	x	
11	Regional Museum of History Kardzhali	<a href="http://viaf.org/viaf/309792171">http://viaf.org/viaf/309792171</a>	
12	Archaeological Museum Varna	<a href="http://viaf.org/viaf/156159200">http://viaf.org/viaf/156159200</a>	
13	Villa Armira, on the spot	x	
14	Nymphaeum, on the spot	x	
15	Center of the Kasnakovo village, on the spot	x	
16	Archaeological Museum of Ancient Corinth	<a href="https://viaf.org/viaf/137276539">https://viaf.org/viaf/137276539</a>	
17	Archaeological site of Ancient Corinth	<a href="https://viaf.org/viaf/137276539">https://viaf.org/viaf/137276539</a>	
18	Archaeological Depot of Ancient Corinth	x	
19	Museum der Stadt Villach	<a href="http://viaf.org/viaf/173354766">http://viaf.org/viaf/173354766</a>	
20	Archaeological site of Ephesos	<a href="http://viaf.org/viaf/315170023">http://viaf.org/viaf/315170023</a>	
21	Archaeological site of Ephesos, Sarcophagus garden	<a href="http://viaf.org/viaf/315170023">http://viaf.org/viaf/315170023</a>	
22	Archaeological site of Ascalon, on the spot	x	
23	Montanuniversität Leoben	<a href="http://d-nb.info/gnd/11267-7">http://d-nb.info/gnd/11267-7</a>	
24	Istituto di Struttura della Materia, Consiglio Nazionale della Ricerche (ISM-CNR), Rome, Italy	x	
25	Österreichisches Archäologisches Institut	<a href="http://viaf.org/viaf/125130162">http://viaf.org/viaf/125130162</a>	
26	Technical University of Vienna, Institute of Chemical Technologies and Analytics, Austria	<a href="https://viaf.org/viaf/145276708/#Technische">https://viaf.org/viaf/145276708/#Technische</a>	
27	University of Wyoming, Stable Isotope Facility, U.S.A	x	
28	Archaeological site of Ascalon, Basilica	x	
29	Archaeological site of Ascalon	x	
30	Offices of the NAIM - National Archaeological Institute with Museum, Sofia	<a href="http://viaf.org/viaf/302552544">http://viaf.org/viaf/302552544</a>	
31	Depot of the of the NAIM - National Archaeological Institute with Museum, Sofia	<a href="http://viaf.org/viaf/302552544">http://viaf.org/viaf/302552544</a>	
32	Museum of the NAIM - National Archaeological Institute with Museum, Sofia	<a href="http://viaf.org/viaf/302552544">http://viaf.org/viaf/302552544</a>	

< > ≡ Sample Analysis Number Quarry Geography Quarry\_group Institution Laboratory Artifact Thesaurus

Εικόνα 11: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα INSTITUTION

A	B	C	D
id	artefact_type	description	find_spot
246	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
247	Architrave Frieze		Archaeological site of Ascalon
248	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
249	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
250	Pedestal and column base		Archaeological site of Ascalon
251	Sculpture	Fragment of a sculpture	Archaeological site of Ascalon
252	Architrave	Fragment of an Architrave	Archaeological site of Ascalon
253	Base	Attic column base	Archaeological site of Ascalon
254	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
255	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
256	Sculpture	Fragment of a sculpture	Archaeological site of Ascalon
257	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
258	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
259	Pilaster	Pilaster with Nike on Atlas	Archaeological site of Ascalon
260	Architrave	Block of architrave	Archaeological site of Ascalon
261	Column	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
262	Column	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
263	Pilaster	Pilaster with Victoria	Archaeological site of Ascalon
264	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
265	Pilaster	Pilaster with Isis/Tyche	Archaeological site of Ascalon
266	Pilaster	Pilaster with Nike	Archaeological site of Ascalon
267	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon
268	Pedestal and column base		Archaeological site of Ascalon
269	Pedestal and column base	Heart-shaped Pedestal and Base	Archaeological site of Ascalon
270	Capital	Corinthian capital	Archaeological site of Ascalon

Navigation: > ≡ Sample Analysis Number Quarry Geography Quarry\_group Institution Laboratory **Artifact** Thesaurus

Εικόνα 12: Καταχώριση σε εξέλιξη: Οντότητα ARTIFACT

Fingerprinting White Marbles		
About	Data Curation	
<h2>Fingerprinting White Marbles</h2> <h3>QUARRIES AND CITIES OF ROMAN THRACE, 1ST-3RD CENTURY AD</h3> <p>lorem ipsum</p>		
Data-Count		
Analyse 6639 <a href="#">View Details</a>	Artifact 631 <a href="#">View Details</a>	Datasheet 1
archiv   Geography variable not found in subplan target list <a href="#">View Details</a>	Institution 39 <a href="#">View Details</a>	Number 4011 <a href="#">View Details</a>

Εικόνα 13: Αρχική σελίδα web application