



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ
ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ - WEBINTELLIGENCE

**Σημασιολογική Περιγραφή Πληροφοριών Πολιτιστικής
Κληρονομιάς: Η Περίπτωση του Σπηλαίου του Κιλκίς**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΧΑΪΔΩ Β. ΜΙΖΕΛΗ

Επιβλέπων : ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΑΔΑΜΙΔΗΣ
Καθηγητής, ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2022



ΔΙΕΘΝΕΣ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΥΦΥΕΙΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟΥ – WEB
INTELLIGENCE

Σημασιολογική Περιγραφή Πληροφοριών Πολιτιστικής Κληρονομιάς: Η Περίπτωση του Σπηλαίου του Κιλκίς

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΧΑΪΔΩ Β. ΜΙΖΕΛΗ

Επιβλέπων : ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ ΑΔΑΜΙΔΗΣ
Καθηγητής ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή στις Choose a date.

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

(Υπογραφή)

.....
Παναγιώτης Αδαμίδης
Καθηγητής ΔΙ.ΠΑ.Ε.

.....
Όνομα Επώνυμο
Choose an item. ΔΙ.ΠΑ.Ε.

.....
Όνομα Επώνυμο
Choose an item. ΔΙ.ΠΑ.Ε.

Θεσσαλονίκη, Σεπτέμβριος 2022

(Υπογραφή)

.....

ΧΑΪΔΩ ΜΙΖΕΛΗ

Ηλεκτρονικός Μηχανικός Α.Τ.Ε.Ι.Θ.

© 2022– All rights reserved

Περίληψη

Η Πολιτιστική Κληρονομιά (ΠΚ) περιλαμβάνει τη μελέτη, τη διατήρηση και την κοινοποίηση των στοιχείων του παρελθόντος που αποδεικνύουν κάθε είδους ανθρώπινες δραστηριότητες. Στον τομέα της ΠΚ, τα συστήματα πληροφοριών αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο, οι ψηφιακές αναπαραστάσεις φυσικών αντικειμένων παράγονται σε τεράστιο αριθμό, ενώ παράλληλα υπάρχει ισχυρή διάθεση οι ψηφιακές αυτές πληροφορίες να είναι ευρέως προσβάσιμες στο κοινό. Ένα θεμελιώδες ζήτημα που προκύπτει στην αντιμετώπιση των δεδομένων ΠΚ είναι να καταστήσει το περιεχόμενο τους αμοιβαία διαλειτουργικό, έτσι ώστε να μπορεί να αναζητηθεί, να συνδεθεί και να παρουσιαστεί με εναρμονισμένο τρόπο πέρα από τα όρια των ίδιων των συνόλων δεδομένων. Όσον αφορά τον τομέα του Σημασιολογικού Ιστού, η εργασία αυτή πραγματεύεται την εφαρμογή μεθόδων της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας, δηλαδή, διαφορετικές μορφές μεταδεδομένων να μπορούν να ερμηνεύονται διαφορετικά, τα δεδομένα να κωδικοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας, τα λεξιλόγια και τα σύνολα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του περιεχομένου να είναι διαφορετικά και ούτω καθεξής. Οι τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού και των διασυνδεδεμένων δεδομένων είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας σε ένα κατακευματισμένο περιβάλλον δημιουργίας περιεχομένου.

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία έχει στόχο την θεωρητική προσέγγιση του Σημασιολογικού Ιστού σε σχέση με τα δεδομένα ΠΚ και των τεχνολογιών αναπαράστασης γνώσης και συμπερασμού που υπόκεινται σε αυτόν, καθώς επίσης και των βασικών αρχών των διασυνδεδεμένων και των ανοιχτών διασυνδεδεμένων δεδομένων. Σκοπός της είναι εξετάσει και να παρουσιάσει ως μελέτη περίπτωσης, “το Σπήλαιο του Κιλκίς”. Με την χρήση κατάλληλων προτύπων οργάνωσης των σημασιολογικών δεδομένων οργανώνεται η βασική πληροφοριακή δομή για το σπήλαιο και η δόμηση ενός εννοιολογικού μοντέλου, που καταλήγουν στην σημασιολογική μοντελοποίηση για το σπήλαιο του Κιλκίς η οποία παρέχει περιήγηση στις πληροφορίες του σπηλαίου και στα εκθέματά του μουσείου του. Συμπεραίνεται ότι, η σημασιολογική απεικόνιση και η παρουσίαση πόρων και των λεπτομερειών τους με χρήση τεχνολογιών Σημασιολογικού Ιστού εξάγουν δεδομένα που επιστρέφονται στο χρήστη ως ενοποιημένη και διασυνδεδεμένη αναπαράσταση. Διαπιστώνεται ότι, παρέχεται περιήγηση στις πληροφορίες και επιτυγχάνεται η ανάδειξη της διασύνδεσης των πόρων με εξωτερικές πηγές μέσω των συνδέσμων που ανακαλύπτονται. Συμπερασματικά, το εν λόγω σύστημα αναπαράστασης δεδομένων μπορεί να έχει χρήση από γενικούς χρήστες αλλά και από αρχαιολόγους, σπηλαιολόγους και επιμελητές μουσείων.

Λέξεις Κλειδιά: Σημασιολογικός Ιστός, Πολιτιστική Κληρονομιά, Μεταδεδομένα, Διασυνδεδεμένα Δεδομένα, Σπήλαια, Οντολογίες, RDF, OWL, SPARQL, Web CMS, Rhizomer

Abstract

Cultural Heritage (CH) includes the study, preservation, and communication of past evidence of all kinds of human activities. In the field of CH, information systems are increasingly developed, digital representations of physical objects are produced in huge numbers, while there is a strong trend for this digital information to be widely accessible to the public. A fundamental issue that rises in dealing with CH data is to make their content mutually interoperable so that it can be searched, linked, and presented in a harmonized way beyond the boundaries of the datasets themselves. In the domain of the Semantic Web, this work addresses the implementation of semantic interoperability, i.e., different forms of metadata can be interpreted differently, data can be encoded at different levels of accuracy, vocabularies and sets used to describe the content can be different and so on. Semantic Web and linked data technologies are a promising approach to address the problems of semantic interoperability in a distributed content creating environment.

This thesis aims at a theoretical approach to the Semantic Web in relation to the CH data and knowledge representation and reasoning technologies subject to it, as well as the basic principles of linked and open linked data. This thesis also intends to examine and present a case study, “the Cave of Kilgis”. The basic information structure of the cave and the creation of a conceptual model is organized, by using appropriate standards of semantic data that finally lead to a semantic model for the cave of Kilgis, which provides a tour of the cave and the exhibits of its museum. It is concluded that Semantic representation and presentation of resources and their details using Semantic Web technologies extract data that is returned to the user as an integrated and linked representation. It is found that a tour to the information is provided while the resources can be interlinked with external sources through the discovered links. In conclusion, this data representation system can be used by general users but also by archaeologists, speleologists, and museum curators.

Keywords: Semantic Web, Cultural heritage, Metadata, Linked Data, Caves, ontologies, RDF, OWL, SPARQL, Web CMS, Rhizomer

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή.....	1
1.1	Πολιτιστική Κληρονομιά και Σημασιολογικός Ιστός.....	1
1.2	Σημασιολογική Περιγραφή- Η Περίπτωση του Σπηλαίου του Κιλκίς.....	2
1.3	Συνεισφορά.....	3
1.4	Οργάνωση Κειμένου.....	4
2	Σχετικές Εργασίες.....	5
2.1	Σημασιολογικές Πύλες “Sampo”.....	5
2.2	Europeana.....	6
2.3	Ο Συσσωρευτής SearchCulture.gr.....	8
2.3.1	<i>Semantics.gr</i>	8
2.4	“Cultural Heritage Storytelling”.....	9
2.5	“Speleothem” - Ένα Πληροφοριακό Σύστημα για Σπήλαια.....	10
3	Θεωρητική Προσέγγιση.....	12
3.1	Η Πολιτιστική Κληρονομιά.....	12
3.2	Η Πολιτιστική Κληρονομιά στον Ιστό Δεδομένων.....	13
3.3	Ο Σημασιολογικός Ιστός – The Semantic Web.....	14
3.3.1	<i>Το Όραμα</i>	16
3.3.2	<i>Οι Στόχοι</i>	16
3.3.3	<i>Η Αρχιτεκτονική</i>	17
3.4	Μεταδεδομένα.....	24
3.4.1	<i>Πρότυπα Σύνολα Μεταδεδομένων</i>	26
3.4.2	<i>Πρότυπα Έργα του Σημασιολογικού Ιστού</i>	27
3.5	Διασυνδεδεμένα και Ανοικτά διασυνδεδεμένα Δεδομένα.....	28
3.5.1	<i>Ζητήματα και Οφέλη Διασυνδεδεμένων Δεδομένων</i>	30
3.6	Εργαλεία και Εφαρμογές.....	32
3.6.1	<i>Protégé</i>	32
3.6.2	<i>Virtuoso Universal Server</i>	33

4	Η περίπτωση του Σπηλαίου του Κιλκίς	34
4.1	Το Κιλκίς	34
4.2	Το σπήλαιο του Κιλκίς.....	34
4.2.1	Σημαντικές Χρονικές Στιγμές.....	35
4.2.2	Χαρακτηριστικά του Σπηλαίου.....	38
4.2.3	Η Σπηλαιογένεση.....	39
4.3	Οι Αίθουσες του Σπηλαίου.....	43
4.3.1	Αίθουσα Φλαμίνγκο.....	43
4.3.2	Μεγάλη Αίθουσα.....	44
4.3.3	Διάδρομος Καταρρακτών.....	47
4.3.4	Αίθουσα Προφήτη.....	48
4.3.5	Διάδρομος Κοραλλιών.....	50
4.3.6	Διάδρομος Νυχτερίδων.....	53
4.4	Η Άγρια ζωή του Σπηλαίου.....	54
4.4.2	Η Άγρια Πανίδα.....	61
4.4.3	Άλλα Θηλαστικά	67
4.5	Το Μουσείο του Σπηλαίου	68
4.5.1	Παλαιοντολογικά Εκθέματα.....	70
4.5.2	Η Γεωλογική Ηλικία των Απολιθωμάτων των Ζώων.....	71
4.6	Συλλογή Πληροφοριών	71
5	Μοντελοποίηση του Σπηλαίου	74
5.1	Η Οντολογία “Speleothem”	74
5.1.1	Κλάσεις και Υποκλάσεις (Classes and Subclasses)	75
5.1.2	Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties)	77
5.1.3	Τύποι Δεδομένων - Ιδιότητες (Data Properties)	79
5.1.4	Στιγμιότυπα (Instances - Individuals).....	80
5.2	Ανάπτυξη της Οντολογίας του Σπηλαίου του Κιλκίς	80
5.2.1	Γενικά Στοιχεία	81
5.2.2	Κλάσεις και Υποκλάσεις (Classes and Subclasses)	82
5.2.3	Περιγραφή Χαρακτηριστικών και Ιδιοτήτων των Κλάσεων (Slots).....	83
5.2.4	Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties)	85

5.2.5	<i>Τύποι Δεδομένων - Ιδιότητες (Data Properties)</i>	86
5.2.6	<i>Στιγμιότυπα (Instances - Individuals)</i>	88
5.2.7	<i>Έλεγχος της Οντολογίας - Αξιολόγηση</i>	95
5.3	Ερωτήματα SPARQL	95
5.3.1	<i>Ερώτημα 1 Η Οντολογία του Σπηλαίου</i>	96
5.3.2	<i>Ερώτημα 2 Εμφάνιση Κλάσεων και Υποκλάσεων της Οντολογίας</i>	96
5.3.3	<i>Ερώτημα 3 Εμφάνιση Λεπτομερειών του Μουσείου του Σπηλαίου</i>	97
5.3.4	<i>Ερώτημα 4 Εμφάνιση Πληροφοριών για την Ύαινα του Σπηλαίου</i>	97
5.3.5	<i>Ερώτημα 5 Οι Θέσεις των Απολιθωμάτων της Ύαινας του Σπηλαίου</i>	98
5.3.6	<i>Ερώτημα 6 Εμφάνιση όλων των Απολιθωμένων Εκθεμάτων του Μουσείου</i>	98
5.3.7	<i>Ερώτημα 7 Εμφάνιση των Θέσεων των Σπηλαιοθεμάτων</i>	99
6	Η Εφαρμογή του Μοντέλου του Σπηλαίου	100
6.1	Η Αρχιτεκτονική της Πλατφόρμας Rhizomer	100
6.2	Τεχνικές Λεπτομέρειες	102
6.3	Περιήγηση στις Πληροφορίες του Σπηλαίου	103
7	Επίλογος	108
7.1	Σύνοψη και Συμπεράσματα	108
7.2	Μελλοντικές Επεκτάσεις	109
8	Βιβλιογραφία	110

1

Εισαγωγή

1.1 Πολιτιστική Κληρονομιά και Σημασιολογικός Ιστός

Η Πολιτιστική Κληρονομιά (ΠΚ) περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα εργασιών που αφορούν στη μελέτη, στη διατήρηση και στην κοινοποίηση των στοιχείων του παρελθόντος που αποδεικνύουν κάθε είδους ανθρώπινες δραστηριότητες. Έτσι, πληροφορίες ΠΚ φέρουν τα αντικείμενα εκείνα που διατηρούνται σε ιδρύματα μνήμης (π.χ. μουσεία), σε τοποθεσίες (π.χ. σπήλαια, αρχαιολογικοί χώροι κ.α.) και σε αρχαία μνημείων ή και βιβλιοθήκες. Στον τομέα της ΠΚ, τα συστήματα πληροφοριών αναπτύσσονται ολοένα και περισσότερο, οι ψηφιακές αναπαραστάσεις φυσικών αντικειμένων παράγονται σε τεράστιο αριθμό, ενώ παράλληλα υπάρχει ισχυρή διάθεση οι ψηφιακές αυτές πληροφορίες να είναι ευρέως προσβάσιμες στο κοινό.

Τα δεδομένα της ΠΚ φέρουν ταυτόχρονα πολλά διαφορετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως πολλαπλή μορφή, πολυγλωσσικότητα, πολυπολιτισμικότητα και πολυσήμαντη στόχευση. Ένα θεμελιώδες ζήτημα που προκύπτει στην αντιμετώπιση των δεδομένων της ΠΚ είναι να καταστήσει το περιεχόμενό τους αμοιβαία διαλειτουργικό, έτσι ώστε να μπορεί να αναζητηθεί, να συνδεθεί και να παρουσιαστεί με εναρμονισμένο τρόπο πέρα από τα όρια των ίδιων των συνόλων δεδομένων. Όσον αφορά το γνωστικό πεδίο του Σημασιολογικού Ιστού, η εργασία αυτή πραγματεύεται την εφαρμογή της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας, δηλαδή, διαφορετικές μορφές μεταδεδωμένων να μπορούν να ερμηνεύονται διαφορετικά, τα δεδομένα να κωδικοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας, τα λεξιλόγια και τα σύνολα που

χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του περιεχομένου να είναι διαφορετικά και ούτω καθεξής [2]. Το πρόβλημα σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται αυτό το περιεχόμενο: τα δεδομένα συλλέγονται, διατηρούνται και δημοσιεύονται από διάφορα μουσεία, βιβλιοθήκες, αρχεία και άλλους φορείς χρησιμοποιώντας τα δικά τους πρότυπα και τις βέλτιστες πρακτικές που μπορεί να μην είναι συμβατά μεταξύ τους. Οι τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού και των διασυνδεδεμένων δεδομένων είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας σε ένα καταναμημένο περιβάλλον δημιουργίας περιεχομένου [5]. Η διαδικασία τεκμηρίωσης της ΠΚ παραμένει ένα αρχικός πυλώνας στόχων ώστε να προκύψουν οι τεκμηριωμένες πληροφορίες, τα μεταδεδομένα δηλαδή και τελικά τα συνδεδεμένα δεδομένα. Τα δεδομένα αυτά, περιέχουν και τη σημασιολογία της πληροφορίας που θα παρουσιαστεί ψηφιακά. Με αρχικό άξονα τον Παγκόσμιο Ιστό αναπτύσσονται τα πρότυπα του Σημασιολογικού Ιστού ώστε η οργάνωση και η παρουσίαση της σημασιολογίας της πληροφορίας (συνδεδεμένα δεδομένα) να είναι σήμερα ένα σημαντικό πεδίο έρευνας και εφαρμογής του Σημασιολογικού Ιστού σε συστήματα παρουσίασης πολιτιστικού περιεχομένου.

1.2 Σημασιολογική Περιγραφή- Η Περίπτωση του Σπήλαιου του Κιλκίς

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών “Ευφυείς Τεχνολογίες Διαδικτύου” του τμήματος Πληροφορικής και Ηλεκτρονικών Συστημάτων του Διεθνούς Πανεπιστημίου της Ελλάδας, κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2021-2022. Πραγματεύεται μια θεωρητική προσέγγιση του Σημασιολογικού Ιστού σε σχέση με τα δεδομένα ΠΚ. Εξετάζει και παρουσιάζει μια μελέτη περίπτωσης, το Σπήλαιο του Κιλκίς. Με τη χρήση κατάλληλων προτύπων οργάνωσης των σημασιολογικών δεδομένων οργανώνεται η βασική πληροφοριακή δομή για το σπήλαιο. Με τη χρήση γνωστών λεξιλογίων, εργαλείων, κανόνων και εφαρμογών δημιουργείται η οντολογία η οποία διαχέει στο κοινό, μέσω κατάλληλης εφαρμογής, πολιτιστικές πληροφορίες σχετικές με το σπήλαιο. Τελικός στόχος η δημιουργία μιας σημασιολογικής μοντελοποίησης για το σπήλαιο του Κιλκίς, η οποία παρέχει περιήγηση στις πληροφορίες του, στα δεδομένα δηλαδή που αφορούν στο ίδιο το σπήλαιο αλλά και στα εκθέματα του μουσείου του.

1.3 Συνεισφορά

Η υλοποίηση των εφαρμογών του Σημασιολογικού Ιστού προσεγγίζει όλο και περισσότερο τις νέες απαιτήσεις της τεχνολογίας και τον τρόπο δημοσίευσης των πληροφοριών, καθώς στοχεύει στην πρόσβαση σε έναν ενιαίο ιστό δεδομένων που περιέχει κοινά μεταδεδομένα, ενώ δυνητικά παρέχει απαντήσεις σε πολύπλοκα και συχνά σύνθετα ερωτήματα χρησιμοποιώντας κανόνες λογικής. Για να είναι δυνατά τα παραπάνω, οι πληροφορίες πρέπει να είναι ευδιάκριτες στο διαδίκτυο και να μπορούν να υποστούν επεξεργασία από μηχανές. Τα δεδομένα από διαφορετικά συστήματα θα πρέπει να φέρουν μια ενιαία αναπαράσταση που οι μηχανές μπορούν να αναγνωρίσουν και να διαχειριστούν. Όσον αφορά τη λογική επεξεργασία των συνδεδεμένων δεδομένων, αυτά θα πρέπει να ερμηνεύονται μεταξύ διαφορετικών συστημάτων ώστε να διασφαλίζεται ότι αναφέρονται στις ίδιες έννοιες ή στα ίδια αντικείμενα. Ωστόσο, μέχρι σήμερα, τα λιγότερα σύνολα δεδομένων αφορούν συνδεδεμένα δεδομένα ΠΚ. Επιπλέον, οι τρέχουσες οντολογίες της ΠΚ επικεντρώνονται κυρίως στις υλικές και φυσικές πτυχές του παρελθόντος. Ωστόσο, οι επιπλέον πληροφορίες που συνοδεύουν τα γεγονότα του φυσικού κόσμου είναι απαραίτητες για την κατανόηση του συνόλου πληροφοριών της ΠΚ και τη ρητή επίσημη αναπαράσταση των γεγονότων, ένα θεμελιώδες στοιχείο για την ενοποίηση των πληροφοριών κληρονομιάς. Ως εκ τούτου, η σύγκλιση οντολογιών ΠΚ παρόμοιων μορφών που μπορούν να συνδυαστούν γίνεται σημαντική, προσδιορίζοντας έτσι ευρέως τον χαρακτήρα και την εστίασή τους. Επίσης, αξίζει να επισημανθεί ότι με τη διάδοση των ανοιχτών συνδεδεμένων δεδομένων, όλο και περισσότερα δεδομένα γίνονται διαθέσιμα, μαζί με τις δεσμεύσεις της πολιτείας για ανοιχτή διακυβέρνηση. Γίνεται σαφές ότι τα συνδεδεμένα δεδομένα προσφέρουν μια σημαντική ευκαιρία στους φορείς και στα ιδρύματα που συλλέγουν, περιγράφουν, επεξεργάζονται και δημοσιοποιούν δεδομένα ΠΚ να βελτιώσουν την ποιότητα των δεδομένων τους αλλά και να αποκτήσουν δεδομένα από την πλειονότητα των χρηστών στον Παγκόσμιο Ιστό.

Η συνεισφορά της παρούσας διπλωματικής εργασίας συνίσταται ακριβώς στην παραπάνω στόχευση. Με δεδομένη την έρευνα που πραγματοποιήθηκε για δεδομένα, λεξιλόγια και μοντελοποιήσεις Σημασιολογικού Ιστού που αφορούν στον τομέα των σπηλαίων και των γεγονότων του φυσικού κόσμου που τα συνοδεύουν από τη σπηλαιογένεση, διαφαίνεται μια έλλειψη στο πεδίο. Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι να σχεδιάσει ένα μοντέλο που θα αναπαριστά τις υλικές και άυλες πληροφορίες της ΠΚ που σχετίζεται με τα σπήλαια με βάση τη σημερινή state of the art τεχνολογία του διαδικτύου. Πρόκειται για τη δημιουργία μιας σημασιολογικής μοντελοποίησης για το σπήλαιο του Κιλκίς που θα παρέχει περιήγηση στις πληροφορίες του, στα σπηλαιοθέματα και στα εκθέματα του μουσείου του. Το προτεινόμενο μοντέλο αναπαράστασης δεδομένων στοχεύει στη χρήση από γενικούς χρήστες αλλά και από

αρχαιολόγους, σπηλαιολόγους και επιμελητές μουσείων. Η προτεινόμενη προσέγγιση στοχεύει να ανοίξει νέους τρόπους μοντελοποίησης και αναπαράστασης δεδομένων ΠΚ μέσω της κοινής υιοθέτησης σημασιολογικών προτύπων και προτύπων διαδικτύου για τη δημιουργία νέων μοντέλων. Η μεθοδολογία που προτείνεται μπορεί να επεκταθεί και η οντολογία μπορεί να συνδεθεί με άλλα σύνολα δεδομένων για τη σύνδεση με το υπολογιστικό νέφος δεδομένων¹.

1.4 Οργάνωση Κειμένου

Η παρούσα εργασία χωρίζεται σε οχτώ (8) κεφάλαια. Το πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζει το σκοπό και στόχο της διπλωματικής εργασίας καθώς και μια εισαγωγή στον τομέα της σημασιολογικής περιγραφής της ΠΚ. Ακολουθεί το δεύτερο κεφάλαιο, στο οποίο γίνεται αναφορά σε εργασίες σχετικού ερευνητικού περιεχομένου. Στη συνέχεια, το τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζει τις τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού, τα λεξιλόγια και τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν για τη μοντελοποίηση της μελέτης περίπτωσης του σπηλαίου του Κιλκίς, καθώς και βασικές έννοιες για την κατανόησή τους. Ορίζονται και συγκρίνονται οι έννοιες των μεταδεδωμένων, των συνδεδεμένων και των ανοιχτών δεδομένων. Τέλος, περιγράφεται το πεδίο της ΠΚ και η διαχείριση των πληροφοριών της στον Ιστό. Ακολούθως στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το σπήλαιο του Κιλκίς ως μνημείο ΠΚ, τα χαρακτηριστικά του, τα σπηλαιοθέματα, η ιστορία του και ορισμένες περιγραφές της άγριας πανίδας του. Επιπλέον, υπάρχει μια περιγραφή για το μουσείο που λειτουργεί πλησίον του σπηλαίου. Οι περιγραφές του τέταρτου κεφαλαίου αφορούν τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν και δημιουργούν το μοντέλο του έβδομου κεφαλαίου. Στο ίδιο κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε, για τη συλλογή και επεξεργασία των πληροφοριών της μελέτης περίπτωσης. Στο πέμπτο κεφάλαιο περιγράφεται η ανάπτυξη και η παρουσίαση της οντολογίας του σπηλαίου του Κιλκίς και η αξιολόγησή της μέσα από παραδείγματα SPARQL ερωτημάτων και στο έκτο κεφάλαιο οι τεχνικές λεπτομέρειες της δημιουργίας της εφαρμογής της μοντελοποίησης περιήγησης στις πληροφορίες του σπηλαίου. Τέλος, στο έβδομο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν και τα οφέλη της εργασίας καθώς και οι στόχοι για μελλοντική έρευνα στο πεδίο και το όγδοο η βιβλιογραφία της εργασίας.

¹ <https://lod-cloud.net/>

2

Σχετικές Εργασίες

Τα έργα που αναφέρονται παρακάτω περιέχουν ένα μικρό αλλά σημαντικό δείγμα ευρύτερων εφαρμογών και σχετικών δημοσιεύσεων και αφορούν στις πρόσφατες εξελίξεις στον σημασιολογικό εμπλουτισμό, τη σύνδεση και τη διαλειτουργικότητα των δεδομένων της ΠΚ.

2.1 Σημασιολογικές Πύλες “Sampo”

Ο Eero Hyvonen το 2020 [5], δημοσιεύει το όραμα και ένα μακροχρόνιο έργο στη Φινλανδία για τη δημιουργία μιας εθνικής οντολογικής υποδομής ΠΚ και σημασιολογικών πυλών με βάση τα συνδεδεμένα δεδομένα στον Σημασιολογικό Ιστό (εικόνα 1). Πρόκειται για μια σειρά σημασιολογικών πυλών με το όνομα “Sampo”, συμπεριλαμβανομένων των CultureSampo (2009), TravelSampo (2011), BookSampo (2011), WarSampo (2015), BiographySampo (2018), Name-Sampo (2019), WarVictimSampo (2019), FindSampo (2019), MMM (2020), Law Sampo (2020), AcademySampo (2020) και ParliamentSampo (2022), που παρουσιάζουν δεδομένα που αφορούν το πεδίο που φέρει το όνομά τους.

Όλοι οι φορείς μοιράζονται το ίδιο μοντέλο, με όνομα “Sampo model”, ώστε να δημοσιεύσουν περιεχόμενο της ΠΚ με κανόνες Σημασιολογικού Ιστού. Περιλαμβάνει, α) ένα μοντέλο για την εναρμόνιση, τη συγκέντρωση και τη δημοσίευση ετερογενών, κατανεμημένων περιεχομένων με βάση μια κοινή οντολογική υποδομή, β) μια προσέγγιση στο σχεδιασμό μιας διεπαφής, όπου τα δεδομένα μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν και να προσπελαστούν ανεξάρτητα από πολλαπλές οπτικές γωνίες εφαρμογών, ενώ τα δεδομένα βρίσκονται σε ένα ενιαίο τελικό σημείο SPARQL και τέλος γ) ένα μοντέλο δύο βημάτων για την πρόσβαση και την ανάλυση των δεδομένων όπου η εστίαση του ενδιαφέροντος, πρώτα φιλτράρεται με τη χρήση σημασιολογικής αναζήτησης και στη συνέχεια απεικονίζεται ή αναλύεται από έτοιμα προς χρήση εργαλεία Ψηφιακών Ανθρωπιστικών Επιστημών της πύλης. [5].



HOME PAGE	CultureSampo - Finnish Culture on the Semantic Web 2.0
MISSION	What is CultureSampo?
NEWS	CultureSampo (Kulttuurisampo in Finnish) is a semantic web 2.0 portal and a publication channel for Finnish cultural heritage based on semantic web and Web 2.0 technologies. The system consists of three components:
PROJECTS	
EVENTS	1. The FinnONTO National Semantic Web Content Infrastructure and the National Ontology Library Service ONKI based on W3C Semantic Web recommendations and best practices. See the paper describing the FinnONTO approach presented at the ESWC-2008 conference for more details.
PEOPLE	2. A content creation process based on a variety of metadata schemas, tools such as ONKI , SAHA , POKA and VERA , and existing Web 2.0 services, such as Wikipedia and Panoramio.
PARTNERS	3. The semantic web 2.0 portal CultureSampo itself.
CAREERS	
TEACHING	Cross-domain contents from over 20 Memory Organizations and Web 2.0 Sources
CONTACT	The contents of the portal first public version come from over 20 different Finnish museums, libraries, archives and other source, as well as from the Getty Foundation, Wikipedia, Geonames, and Panoramio. The system aggregates cross-domain content of various kinds including artifacts, paintings, sculpture, drawings, abstract art, novels, comics, web pages, folklore and runes of different kinds, fictive persons and places, folk music, photos, aerial photos, persons, organizations, biographies, historical events, cultural processes, handicraft skills, videos, buildings, and cultural sites.
PUBLICATIONS	Cultural Heritage on the Semantic Web 2.0
APPLICATIONS	Research and development of CultureSampo started in 2003 and is continuation of our work on the semantic portal MuseumFinland - Finnish Museums on the Semantic Web available since March 2004 at http://www.museosuomi.fi/ .
ONTOLOGIES	CultureSampo generalizes MuseumFinland in many ways:
LINKED DATA	
INFRA FOR DH	1. <i>Dealing with cross-domain heterogeneous contents.</i> The portal contains not only artifacts, as MuseumFinland, but cultural heritage contents of virtually any forms.
SERVICES	2. <i>Event-based knowledge representation.</i> From the knowledge representation viewpoint, the major new idea in CultureSampo is to use event-based modeling for representing implicit knowledge embedded in the various metadata schemas of the content types, for more detailed annotations of e.g. images, narrative stories, and historical events, and for making all this metadata mutually interoperable on the semantic level.
TOOLS	3. <i>New forms of semantic search.</i> For content accessing, two semantic search paradigms have been developed: Faceted search paradigm is being extended e.g. to dealing with heterogeneous metadata formats and for "automatic exhibition generation" for viewing search results in two orthogonal dimensions. In addition, "relational search" where associations between search objects are being searched is being developed to answer questions such as "How is Picasso related to Paris".
SOFTWARE	4. <i>New forms of semantic browsing.</i> New methods for creating automatically semantic recommendation links are being developed in CultureSampo. These methods utilize the rich event-based knowledge representation scheme in use in the portal.
DOWNLOAD	5. <i>Visualization and mash-ups.</i> The results are visualised using mash-ups and graphics. CultureSampo uses e.g. Google maps that may be layered dynamically with old historical maps. Timelines are used for projecting contents along the time dimension, and graphs for visualizing semantic relations between e.g. different artists.
Wikipedia: Semantic web in Finnish	6. <i>Web 2.0 Content Creation.</i> Content can be created in a collaborative Web 2.0 fashion.
Go to this site	
<input type="text"/>	
<input type="button" value="Search!"/>	

A description of the CultureSampo system, including the portal, the underlying national FinnONTO semantic web infrastructure, and the content creation process, is presented in the report [CultureSampo - Finnish culture on the Semantic Web. A national collaborative Semantic Web 2.0 portal for memory organizations and citizens](#) (in Finnish). Other descriptions of the system in English can be found in the papers available online below in the Publications section.

Εικόνα 1. CultureSampo: Μια σημασιολογική διαδικτυακή πύλη και ένα κανάλι δημοσίευσης της φινλανδικής ΠΚ με βάση τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού και Web 2.0².

Οι πύλες αυτές έχουν προσελκύσει πολλούς χρήστες από δεκάδες χιλιάδες έως εκατομμύρια, ανάλογα με την κατηγορία ενδιαφέροντος που εξετάζεται κάθε φορά. Δεκάδες άτομα εργάστηκαν για την ανάπτυξη της σειράς εφαρμογών "Sampo", η οποία χρηματοδοτήθηκε από περίπου 50 οργανισμούς κατά την περίοδο 2003-2020 στη Φινλανδία.

Οι ιστότοποι του έργου περιέχουν πλήρη σύνολα δημοσιεύσεων στο διαδίκτυο, σχετικά με τα συστήματα τα οποία συντάχθηκαν από τα μέλη του έργου, καθώς και συνδέσμους προς δεδομένα, υπηρεσίες δεδομένων και λογισμικό [5].

2.2 Europeana

Η Europeana³ είναι ένας οργανισμός που ορίστηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή με σκοπό τη δημιουργία μίας ψηφιακής πλατφόρμας για την ΠΚ της Ευρώπης. Η Europeana παρέχει σε επαγγελματίες, εκπαιδευτικούς και ερευνητές, αλλά και στο ευρύτερο κοινό ψηφιακή πρόσβαση σε υλικό ευρωπαϊκής ΠΚ καθώς επίσης και μέσα και τεχνογνωσία για τη συνεχή εξάπλωση της ΠΚ [15].

² <https://seco.cs.aalto.fi/applications/>

³ <https://www.europeana.eu/el>

Resultados en Europeana

Ver todos los resultados en Europeana (8)

Via llibre
2011
TV3 Catalan Television
EUscreen



The mornings: The lunch of writers, the Empar Moliner and interview with Carlos Ruiz Zafón
2012
TV3 Catalan Television
EUscreen



Εικόνα 2. Ενσωμάτωση του API της Europeana στον ψηφιακό συσσωρευτή Hispana και εμφάνιση αποτελεσμάτων για αναζήτηση για τον συγγραφέα “Carlos Ruiz Zafón”.

Η Europeana ιδρύθηκε το 2008 και έχει σκοπό να καταστήσει όλη την ψηφιοποιημένη ΠΚ της Ευρώπης να μπορεί να αναζητηθεί διαδικτυακά. Το 2014 περισσότερα από 2.200 μουσεία, βιβλιοθήκες και αρχεία από όλη την Ευρώπη διέθεταν διαδικτυακά πάνω από 30.000.000 μεταδεδομένα ψηφιοποιημένων τεκμηρίων μέσω αυτής. Το 2012, η Europeana πρωτοστάτησε σε μια καμπάνια για την ανοικτή διάθεση των μεταδεδομένων με στόχο να καταστούν ελεύθερα για περαιτέρω χρήση από οποιονδήποτε. Ο οργανισμός πραγματοποίησε έναν εκτεταμένο αριθμό συναντήσεων με φορείς περιεχομένου με στόχο να διερευνηθούν τα ενδεχόμενα ζητήματα των φορέων στη διαδικασία ανοίγματος των μεταδεδομένων τους καθώς και τις ευκαιρίες που προκύπτουν. Το αποτέλεσμα ήταν μία σημαντική μεταστροφή στη νοοτροπία των πολιτιστικών φορέων αναδεικνύοντας ότι σε βάθος χρόνου τα οφέλη για τους πολιτιστικούς φορείς από το άνοιγμα των μεταδεδομένων τους είναι πολλαπλάσια. Σήμερα η νέα πολιτική της Europeana υιοθετεί την άδεια CC0 για τη διάθεση των μεταδεδομένων. Μια ανοικτή άδεια για τα μεταδεδομένα, η οποία απελευθερώνει πλήρως την πληροφορία, αποσκοπεί στην ευρύτατη διάχυσή της και στην ενίσχυση της δημιουργίας υπηρεσιών που αξιοποιούν τα δεδομένα και επιφέρουν πολλαπλά οφέλη για τους φορείς [27].

Μια από τις πολλές εφαρμογές αξιοποίησης των ανοικτών διασυνδεδεμένων πολιτιστικών δεδομένων που χρησιμοποιούν τους κανόνες της Europeana παρουσιάζεται στην εικόνα 2. Το API της Europeana ενσωματώθηκε στον ψηφιακό συσσωρευτή HISPANA⁴, μια ισπανική πύλη αναζήτησης πολιτιστικού περιεχομένου. Η διαφοροποίηση έγκειται στο ότι οποιαδήποτε

⁴ <https://hispana.mcu.es/es/inicio/inicio.do>

αναζήτηση στην HISPANA επιστρέφει σχετικά αποτελέσματα και από τον ευρωπαϊκό συσσωρευτή περιεχομένου (συλλογές δηλαδή εκτός Ισπανίας που μπορεί να διαθέτουν συναφές περιεχόμενο).

2.3 Ο Συσσωρευτής SearchCulture.gr

Στην Ελλάδα, το Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης⁵ (ΕΚΤ) έχει δημιουργήσει τον Εθνικό Συσσωρευτή Ψηφιακού Περιεχομένου ΠΚ - SearchCulture.gr⁶. Είναι ένας συσσωρευτής περιεχομένου συνοδευόμενος από μία ανοικτή διαδικτυακή πύλη που προσφέρει ενιαία αναζήτηση και πρόσβαση σε ελληνικό ψηφιακό πολιτιστικό περιεχόμενο παραγόμενο από έγκριτους φορείς.

Η διαδικασία συσσώρευσης περιλαμβάνει τον έλεγχο του περιεχομένου, τη συλλογή ή τη δημιουργία αρχείων προεπισκόπησης, τη μετάπτωση των μεταδεδομένων στο σχήμα που χρησιμοποιείται εσωτερικά, τον εμπλουτισμό των μεταδεδομένων με σημασιολογικές παραπομπές ή με επιπρόσθετη πληροφορία και τη διάθεσή τους ως ανοικτά διασυνδεδεμένα δεδομένα.

Το ΕΚΤ εμπλουτίζει το περιεχόμενο που συσσωρεύεται στο SearchCulture.gr με συνδέσμους σε καθιερωμένα λεξιλόγια και το ομογενοποιεί, μέσω του Συστήματος Λεξιλογίων και Σημασιολογικού Εμπλουτισμού semantics.gr.

2.3.1 Semantics.gr

Το Semantics.gr⁷ είναι ένα πληροφοριακό σύστημα όπου εξουσιοδοτημένοι φορείς καταχωρούν, καθιερώνουν και διασυνδέουν λεξιλόγια και θησαυρούς όρων. Παράλληλα, διαθέτει ένα πρωτότυπο εργαλείο για μαζικό ημιαυτόματο σημασιολογικό εμπλουτισμό και ομογενοποίηση περιεχομένου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο από αποθετήρια όσο και από συσσωρευτές (εικόνα 3) [6]. Το Semantics.gr επιτρέπει στο ΕΚΤ και σε συνεργαζόμενους φορείς να καταχωρούν και να καθιερώνουν τα δικά τους λεξιλόγια και θησαυρούς σημασιολογικών όρων. Ο εγγεγραμμένος στο σύστημα φορέας διαθέτει δικούς του λογαριασμούς χρήστη και αποκτά έτσι τον δικό του χώρο για να δημιουργήσει, να διαχειριστεί, να διασυνδέσει και να δημοσιοποιήσει λεξιλόγια και θησαυρούς [27].

⁵ <https://www.ekt.gr/>

⁶ <https://www.searchculture.gr/aggregator/portal/>

⁷ <https://www.semantics.gr/authorities/>

Αναζήτηση βάσει EKT τύπου (επιλογή από λίστα τιμών)

The screenshot displays the EKT search interface. On the left, there is a sidebar with the text 'Σελίδα ιεραρχικής πλοήγησης στους EKT τύπους'. The main area shows a search results page with a filter panel on the right titled 'Επιλέξτε EKT τύπους'. The filter panel includes a list of categories: 'Κείμενο', 'Ανακοίνωση', 'Απόκομμα', and 'Άρθρο'. Below this, there is a section for 'ΕΚΤ τύπος τεκμηρίου' with a list of sub-categories: 'Δισδιάστατα γραφικά (2098)', 'Έργο θρησκευτικής τέχνης (1)', 'Ζωγραφική (20)', 'Σήμα (σύμβολο) (7)', 'Σχέδιο/Σκίσο (12)', 'Φωτογραφία (2068)', and 'Φωτογραφική διαφάνεια (2066)'. In the center, a word cloud is displayed, with 'Φωτογραφία' being the most prominent word. Other visible words include 'Αγγείο', 'Αρχαιολογικό αντικείμενο', 'Αγία', 'Χαρακτικό έργο', 'Αλληλογραφία', 'Ειδώλιο', 'Γλυπτό', 'Ζωγραφική', 'Οικειακός εξοπλισμός', 'Εργαλεία και εξοπλισμός', 'Επιγραφή', 'Πρωτότυπο Βιβλίο', 'Ανάγλυφο', 'Αρχιτεκτονικό μέλος', 'Απόκομμα', 'Αντίγραφο', 'Αποκόμμα', 'Αυτοκόλλητη ετικέτα', 'Αφίσα', 'Θεατρικό πρόγραμμα', 'Φυλλάδιο', 'Χαρτονόμισμα', 'Έργο θρησκευτικής τέχνης', 'Αθλητικός εξοπλισμός', 'Μηχάνημα', 'Μουσικό όργανο', 'Οικειακός εξοπλισμός', 'Επίπλωση', and 'Εργόχειρο (Κεντρικό)'. On the right side, there is a section for 'Φιλτράρισμα αποτελεσμάτων βάσει EKT τύπων'.

Πλοήγηση μέσα από νέφος δημοφιλών EKT τύπων

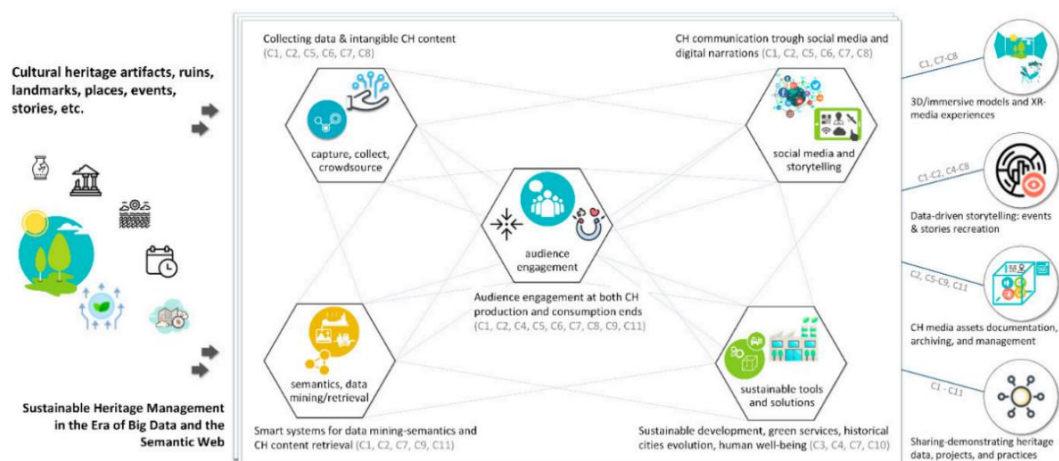
Εικόνα 3. Δίγλωσση αναζήτηση, φιλτράρισμα και πλοήγηση βάσει τύπων [6].

Το παραπάνω αποθετήριο έχει συλλέξει τεκμήρια από τουλάχιστον 59 πολιτιστικούς φορείς και διαχειρίζεται τη συλλογή των μεταδεδομένων, τις διαδικασίες μετασηματισμού τους, το σημασιολογικό τους εμπλουτισμό, τη διάθεσή τους ως διασυνδεδεμένα δεδομένα μέσω ανοικτού API σύμφωνα με τα πρότυπα της Europeana. Από το 2019 το EKT έχει το ρόλο του διαπιστευμένου εθνικού συσσωρευτή πολιτιστικού περιεχομένου για τη Europeana [6].

2.4 “Cultural Heritage Storytelling”

Ο Χ. Δημουλάς (2022) [14], δημοσιεύει ένα ειδικό τεύχος που δρομολογήθηκε με στόχο την περαιτέρω αποσαφήνιση των ερευνητικών έργων ΠΚ, καλώντας τους ερευνητές να υποβάλουν πρωτότυπα/μετουσιωμένα πολυεπιστημονικά ερευνητικά έργα σχετικά με την κληρονομιά, την τεκμηρίωση, τη διαχείριση, τη συγγραφή, την αφήγηση και τη διάδοση της ΠΚ. Η συμμετοχή των ερευνητών (Ελληνες οι περισσότεροι) θεωρήθηκε πολύ σημαντική τόσο στον τομέα της παραγωγής και κατανάλωσης της ΠΚ (π.χ. ώθηση και προσέλκυση), όσο και στους παράγοντες βιωσιμότητας που τίθενται στο επίκεντρο αυτής της ανάλυσης. Δημοσιεύθηκαν συνολικά έντεκα συνεισφορές που παρατίθενται στην έκδοση, διαφωτίζοντας διάφορες πτυχές των σύγχρονων στρατηγικών ΠΚ. Μεταξύ αυτών, η έρευνα για εργαλεία πολυμέσων ανοιχτού κώδικα για την αφήγηση θεμάτων ΠΚ, η αειφορία, η κληρονομιά, η διαχείριση και η

επικοινωνία από την προοπτική της UNESCO για τη θαλάσσια παγκόσμια κληρονομιά (MWH), μια μελέτη για τη σημασιολογική ευρητηρίαση της ελληνικής λογοτεχνίας του 19ου αιώνα, η εξέλιξη των ιστορικών πόλεων που υποστηρίζουν την ενεργειακή μετάβαση με σεβασμό στην ΠΚ αλλά και η λογοτεχνία ως ζωτικό μέρος της ΠΚ της ανθρωπότητας [14].



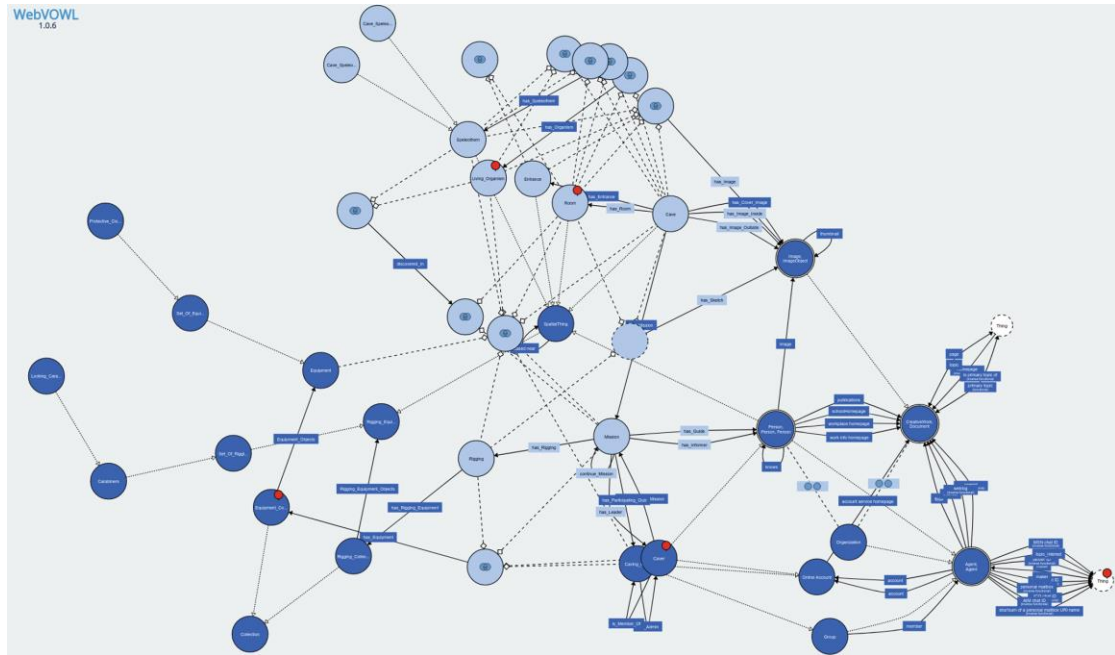
Εικόνα 4. Ένα ολιστικό διατεματικό μοντέλο για τη συμμετοχή του κοινού στη συλλογή, τη διατήρηση, την ανάκτηση, τη σύνταξη, την ανταλλαγή, την τεκμηρίωση, την αντιμετώπιση και τη διαχείριση της ψηφιακής κληρονομιάς [14].

Με βάση τις παρεχόμενες πληροφορίες, στο γράφημα της εικόνας 4 εξετάζεται μια ολιστική προσέγγιση της ΠΚ που βασίζεται στα δεδομένα, η οποία απεικονίζει μια γενική στρατηγική για τη συμμετοχή του κοινού στη συλλογή, τη διατήρηση, την ανταλλαγή και τη διαχείριση της ψηφιακής κληρονομιάς σε σχέση με τις παραπάνω επιστημονικές συνεισφορές.

2.5 “Speleothem” - Ένα Πληροφοριακό Σύστημα για Σπήλαια

Οι Ν. Φανουράκης και Γ. Παπαδάκος. (2018) παρουσιάζει το σύστημα Speleothem⁸, ένα διαδικτυακό σύστημα ανοιχτού κώδικα για την αποθήκευση και την ανάκτηση πληροφοριών σχετικά με σπήλαια και τις δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτά. Το σύστημα βασίζεται σε τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού και εισάγει το λεξιλόγιο των σπηλαιοθεμάτων, ειδικά σχεδιασμένο για μοντελοποίηση πληροφοριών σχετικά με τα σπήλαια. Στον κώδικα του συστήματος υπάρχουν ένα SPARQL endpoint και ένα REST API για εύκολη πρόσβαση στα δεδομένα. Το σύστημα Speleothem δημιουργήθηκε σε συνεργασία με τον Σπηλαιολογικό Όμιλο Κρήτης. Στόχος του συστήματος είναι η προσφορά ενός συστήματος πληροφοριών αναφοράς σπηλαίων, μια ειδική βάση γνώσεων που αποθηκεύει πληροφορίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και να συνδεθούν από άλλους εξωτερικούς πόρους, για το ευρύ κοινό, σπηλαιολόγους, σπηλαιολογικούς συλλόγους και οργανισμούς [7].

⁸ <https://bitbucket.org/speleothem/speleothem/src/master/>



Εικόνα 5. Το λεξιλόγιο *spleiothem* όπως απεικονίζεται από την WebOWL [7].

Η συγκεκριμένη έρευνα επιλέγεται αφενός γιατί είναι μια από τις λίγες δημοσιευμένες έρευνες που αναφέρονται σε σπηλαιολογικά δεδομένα πολιτιστικού ενδιαφέροντος και αφετέρου γιατί η μελέτη περίπτωσης της παρούσας διπλωματικής αφορά στη μοντελοποίηση σπηλαίου και συγκεκριμένα στο σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου Κιλκίς. Όπως αναφέρεται παραπάνω, η έρευνα βασίζεται σε τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού και εισάγει ένα λεξιλόγιο για σπηλαιοθέματα, ειδικά σχεδιασμένο για μοντελοποίηση πληροφοριών σχετικές με τα σπήλαια. Το συγκεκριμένο λεξιλόγιο πέρα από τα χαρακτηριστικά του σπηλαίου, δίνει έμφαση σε δεδομένα που αφορούν τους σπηλαιολόγους και το προφίλ του καθενός, τον εξοπλισμό τους, τις αποστολές και πιθανές ομάδες στις οποίες μπορούν να συμμετέχουν.

Όσον αφορά στη μελέτη περίπτωσης του σπηλαίου της παρούσας διπλωματικής, εξετάζεται το σπήλαιο σε σχέση με τα χαρακτηριστικά του, τα σπηλαιοθέματα, την άγρια πανίδα και το μουσείο που λειτουργεί πλησίον του. Από την παραπάνω εργασία αντλείται το λεξιλόγιο (οντολογία), κατόπιν άδειας του δημιουργού [N. Φανουράκης και Γ. Παπαδάκος (2018)], το οποίο και αξιοποιείται σε ένα μεγάλο βαθμό, επεξεργάζεται και συμπληρώνεται κατάλληλα για τη δημιουργία του νέου μοντέλου (εικόνα 5). Περισσότερες πληροφορίες αναφέρονται στο Κεφάλαιο 5, στη μελέτη περίπτωσης του σπηλαίου του Κιλκίς.

3

Θεωρητική Προσέγγιση

3.1 Η Πολιτιστική Κληρονομιά

Η Πολιτιστική Κληρονομιά (ΠΚ) περιγράφει την κληρονομιά φυσικών αντικειμένων, περιβάλλοντος, παραδόσεων και γνώσεων μιας κοινωνίας που κληρονομούνται από το παρελθόν, διατηρούνται και αναπτύσσονται περαιτέρω στο παρόν και διατηρούνται (συντηρούνται) προς όφελος των μελλοντικών γενεών [1]. Η ΠΚ αναφέρεται σε ένα εξαιρετικά διεπιστημονικό πεδίο έρευνας και εφαρμογής, το οποίο αποσκοπεί στη συλλογή, στην αρχειοθέτηση και στη διάδοση των παραδόσεων, μνημείων/καλλιτεχνικών έργων, καθώς και των κληροδοτημάτων του ευρύτερου πολιτισμού που έχουν διατηρηθεί καθ' όλη τη διάρκεια της ανθρωπότητας. Η προσπάθεια αυτή θεωρείται πολύ σημαντική για ιστορικούς και εκπαιδευτικούς σκοπούς, η οποία μπορεί να αναπτυχθεί σε μαθήματα σχολικής εκπαίδευσης και κατάρτισης, σε επιστημονικές και κοινωνικές/ανθρωπιστικές σπουδές, στην καλλιτεχνική έκφραση και στο ψυχαγωγικό περιβάλλον [14]. Η διατήρηση της ΠΚ γίνεται από οργανισμούς που περιλαμβάνουν βιβλιοθήκες, αρχεία και μουσεία διαφορετικών ειδών (τέχνης, επιστήμης, αρχαιολογικά, βοτανικά μουσεία και κήποι, πολιτιστικής ιστορίας, ιατρικών συλλογών, γεωλογικά και ορυκτολογικά μουσεία, μουσεία ζωολογίας κ.α.). Υπάρχουν, επίσης, πολλά υλικά ΠΚ που διατηρούνται από διάφορων ειδών πολιτιστικούς συλλόγους αλλά και μεμονωμένα άτομα.

Η ΠΚ μπορεί να χωριστεί σε υποπεριοχές σε σχέση με το είδος που διατηρείται. Έτσι η υλική ΠΚ αποτελείται από συγκεκριμένα πολιτιστικά αγαθά, όπως αντικείμενα, έργα τέχνης, κτίρια και βιβλία, η άυλη ΠΚ περιλαμβάνει φαινόμενα όπως οι παραδόσεις, η γλώσσα, οι δεξιότητες χειροτεχνίας, η λαογραφία και η γνώση, ενώ η φυσική ΠΚ αποτελείται από πολιτιστικά σημαντικά τοπία που αφορούν στη βιοποικιλότητα και γεωποικιλότητα [2]. Η παρούσα διπλωματική εργασία όπως θα παρουσιαστεί στη μελέτη περίπτωσης του σπηλαίου του Κιλκίς συμπεριλαμβάνει και τους τρεις τομείς και θα αναπτυχθεί σε επόμενα κεφάλαια.

3.2 Η Πολιτιστική Κληρονομιά στον Ιστό Δεδομένων

Ενώ ο τομέας της Πολιτιστικής Κληρονομιάς (ΠΚ) φαίνεται να ασχολείται παραδοσιακά με την ανταλλαγή πόρων και την προώθηση της ανθρώπινης γνώσης, παρουσιάζει ένα ιδιαίτερο ενδιαφέρον στα ζητήματα που σχετίζονται με τα μεταδεδομένα και τη διαλειτουργικότητά τους, ειδικά όταν πρόκειται να γίνει χρήση της τεχνολογίας [1]. Κύρια αποστολή των φορέων ΠΚ είναι η συλλογή, συντήρηση, διαχείριση, η τεκμηρίωση και η προβολή στο κοινό, των ντοκουμέντων και των επιτευγμάτων του ανθρώπινου πνεύματος. Ως κεντρική λειτουργία για τη διεκπεραίωση των παραπάνω στόχων αναδείχθηκε η διαδικασία της τεκμηρίωσης, της καταγραφής, δηλαδή της πληροφορίας σχετικά με την προέλευση, τη φύση, την κατάσταση και την ερμηνεία των αντικειμένων με συστηματικό τρόπο, συχνά με βάση κάποιους κανόνες και διεθνή πρότυπα. Οι πληροφορίες τεκμηρίωσης, που είναι γνωστές και ως μεταδεδομένα είναι χρήσιμες διότι εξυπηρετούν στον εντοπισμό, στη διαχείριση των αντικειμένων και στην παροχή πρόσβασης σε αυτά. Ταυτόχρονα, τα πολιτιστικά μεταδεδομένα αντιπροσωπεύουν έναν τεράστιο όγκο συσσωρευμένης έγκριτης επιστημονικής γνώσης αναφορικά με την προέλευση και την ερμηνεία των τεκμηρίων [27].

Το σημερινό τοπίο των ψηφιακών μέσων προσφέρει πολυάριθμους τρόπους για την επιτάχυνση των ανωτέρω διαδικασιών και στα δύο άκρα, δηλαδή την παραγωγή περιεχομένου ΠΚ και την “κατανάλωση”, αξιοποιώντας τις σύγχρονες υπηρεσίες δικτύωσης με τις σχετικές αυξημένες δυνατότητες αλληλεπίδρασης [14]. Στη σημασιολογική εκδοχή του Παγκόσμιου Ιστού τα δεδομένα αναδεικνύονται ως αυτόνομες έννοιες που συνδέονται με βάση κάποιες σημασιολογικές σχέσεις και ο χρήστης μπορεί να πλοηγηθεί από έννοια σε έννοια ακολουθώντας αυτές τις σχέσεις. Οι σχέσεις και οι συνδέσεις αυτές μπορεί να είναι άπειρες και η αξία του διαδικτύου, όπως υποστηρίζει και ο ιδρυτής του Παγκόσμιου Ιστού Tim Berners Lee, έγκειται στο γεγονός της ανάδειξης νέων σχέσεων που δε γνωρίζαμε πριν [27]. Απτά αντικείμενα ΠΚ αποθηκεύονται με συνημμένα μεταδεδομένα, η άυλη κληρονομιά τεκμηριώνεται χρησιμοποιώντας περιγραφές κειμένου, φωτογραφίες, συνεντεύξεις και βίντεο, ενώ υπάρχει η φυσική ιστορία και μουσεία που ειδικεύονται στην αποθήκευση ιχνών και γνώσεων της φυσικής ιστορίας, της γεωλογίας και του περιβάλλοντος. Χαρακτηριστικό παράδειγμα προς την κατεύθυνση αυτή είναι το έργο Europeana (αναφέρθηκε και παραπάνω), το οποίο δημιούργησε ειδικούς κανόνες για την αρχειοθέτηση των μέσων ενημέρωσης και την τυποποίηση των μεταδεδομένων για τα ιδρύματα ΠΚ και τους μοναδικούς χρήστες.

Η μετάβαση στη σημασιολογική εκδοχή του Παγκόσμιου Ιστού αξιώνει μία νέα αντίληψη από τους πολιτιστικούς φορείς αναφορικά με τις συλλογές που διαθέτουν. Οι συλλογές ψηφιακής πληροφορίας είναι νησίδες αλληλοσυνδεδεμένες στον παγκόσμιο ιστό, τόσο μεταξύ τους, όσο και με άλλες νησίδες που προσθέτουν αξία στο περιεχόμενό τους. Αξιώνει, επίσης, την

κατανόηση ότι τα δεδομένα που βρίσκονται κατανεμημένα σε διαφορετικά σημεία, συντηρούνται και να ενημερώνονται από τρίτες πηγές, ή μπορεί να συνεισφέρουν και κοινοί χρήστες, οι επιμέρους συλλογές, προσθέτουν αξία συνολικά σε ένα οικοσύστημα διασυνδεδεμένης πληροφορίας από το οποίο μπορούν να προκύψουν απρόσμενες γνώσεις και χρήσεις. Η μετάβαση στη σημασιολογική εκδοχή του διαδικτύου δημιουργεί μία αλλαγή στάσης γύρω από την επιμέλεια της πληροφορίας τεκμηρίωσης και επιβάλει οι πολιτιστικοί φορείς να σκεφτούν πέρα από τα στενά όρια του καταλόγου τους, οραματίζοντάς τον ως ένα σημαντικό μέρος ενός ευρύτερου συνόλου γνώσης [27].

Σήμερα, οι τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού και των big data⁹ υπόσχονται να διευκολύνουν την απλούστερη ανάλυση δεδομένων, την ταξινόμηση πληροφοριών, τη σημασιολογική αντίληψη και την αυτοματοποίηση της διαχείρισης αυτού του ιδιαίτερου περιχομένου, η οποία θα μπορούσε επίσης να εφαρμοστεί προς όφελος των ευαίσθητων τομέων της ΠΚ. Ειδικότερα, αυτά τα επίπεδα αυτοματοποίησης θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως μηχανισμοί διαμεσολάβησης, επικοινωνίας και συνεργασίας μεταξύ εταιρειών και ατόμων για την επιτάχυνση της ορθής έναρξης, συντήρησης και βιωσιμότητας κατάλληλων αποθετηρίων ΠΚ, προς όφελος όλων των συμμετεχόντων. Για παράδειγμα, πολλές σημαντικές προσωπικές συλλογές δεν έχουν ακόμη εντοπιστεί, συλληφθεί, αποκατασταθεί πλήρως και τεκμηριωθεί (π.χ. φωτογραφίες, ταινίες/κινηματογραφικές ταινίες, άλλα ιδιωτικά αντικείμενα κ.λπ.) [14].

Τέλος, η διαλειτουργικότητα μεταξύ των επιμέρους συνόλων δεδομένων επιτυγχάνεται σαφώς και με την υιοθέτηση διεθνώς αναγνωρισμένων προτύπων τεκμηρίωσης οργάνωσης της πληροφορίας και με την υιοθέτηση ανοικτών αδειών που επιτρέπουν τη διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συνόλων δεδομένων. Στο νέο αυτό περιβάλλον, αναδεικνύεται η σπουδαιότητα της συμβολής των πολιτιστικών φορέων στον εμπλουτισμό του διαδικτύου [27].

3.3 Ο Σημασιολογικός Ιστός – *The Semantic Web*

Η παγκοσμιοποίηση και η χρήση των συνεργασιών έχουν αλλάξει ουσιαστικά τον κόσμο του λογισμικού και έχουν συμβάλει στην ανάδειξη της νοοτροπίας ανταλλαγής γνώσεων σε ανοιχτά και μεγάλα περιβάλλοντα. Στην πραγματικότητα ένας μεμονωμένος άνθρωπος δεν μπορεί να παράγει γνώσεις και ικανότητες, αλλά σε συνεργασία με άλλους χρήστες και ίσως εταιρείες, καθίσταται δυνατό να δημιουργηθεί μια πλούσια πηγή γνώσεων και ικανοτήτων. Ως εκ τούτου, η εκπροσώπηση της γνώσης γίνεται ένα κεντρικό ζήτημα. Οι γνώσεις θα πρέπει να

⁹ https://dbpedia.org/page/Big_data

χρησιμοποιούνται, να μοιράζονται, να ανακαλύπτονται και να ανταλλάσσονται από οποιονδήποτε χρήστη σε ετερογενή και μεγάλα περιβάλλοντα, είτε πρόκειται για ανθρώπους, είτε για έξυπνες βιομηχανικές συσκευές, ρομπότ ή πράκτορες, λογισμικά, κ.α. Για την επίλυση του παραπάνω ζητήματος χρησιμοποιείται μια κοινή μορφή και ένα συγκεκριμένο νόημα που αναπαριστά τη χρησιμοποιούμενη γνώση. Η χρήση του Παγκόσμιου Ιστού (www – World Wide Web¹⁰) άλλαξε τον τρόπο επικοινωνίας των ανθρώπων, τον τρόπο διάδοσης και ανάκτησης των πληροφοριών, καθώς και τον τρόπο διεξαγωγής των επιχειρηματικών δραστηριοτήτων [8,26]. Την τρέχουσα περίοδο το διαδίκτυο βρίσκεται στην καρδιά των εξελίξεων προς μία κοινωνία που χαρακτηρίζεται από την πληροφορία. Έτσι, από την πρώτη χρήση των υπολογιστών για αριθμητικούς υπολογισμούς, έπειτα την επεξεργασία πληροφοριών (κειμένου, εφαρμογών βάσεων δεδομένων ή και παιχνιδιών), ορίζονται πλέον οι υπολογιστές ως σημεία εισόδου προς τις λεωφόρους της πληροφορίας.

Το σημερινό περιεχόμενο του Παγκόσμιου Ιστού είναι προσανατολισμένο για την κατανόησή του από τον άνθρωπο (Human Consumption). Ο χρήστης μπορεί να ψάξει και να ανακαλέσει πληροφορίες, να έρθει σε επικοινωνία με άλλους χρήστες, να περιηγηθεί σε ηλεκτρονικά καταστήματα, να παραγγείλει προϊόντα κ.α. Η χρήση των μηχανών αναζήτησης επίσης, (κλασική αναζήτηση βασισμένη σε λέξεις-κλειδιά), πρόσφερε αναμφίβολα μεγάλη ώθηση στον παγκόσμιο ιστό και παρόλη την ταχεία και μεγάλη εξέλιξή τους και την ευρεία χρήση τους, παραμένουν κάποια σοβαρά ζητήματα (ανταπόκριση, ακρίβεια, αναπαράσταση αποτελεσμάτων) που πρέπει να ξεπεραστούν. Ακόμη και σε περιπτώσεις που κάποια αναζήτηση είναι σημαντικά επιτυχημένη και αποδίδει αρκετά αποτελέσματα, ο ίδιος ο χρήστης είναι υπεύθυνος για την ανάκληση των πληροφοριών από αυτά, διαδικασία αρκετά χρονοβόρα. Ο κυριότερος όμως περιορισμός είναι το γεγονός ότι το περιεχόμενο του παγκόσμιου ιστού δεν μπορεί να επεξεργαστεί αυτοματοποιημένα από κάποια μηχανή. Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η αναπαράσταση του περιεχομένου του Ιστού με τέτοιο τρόπο που θα είναι ευκολότερα επεξεργάσιμος από τις μηχανές (machine understandable). Αυτή η προσέγγιση οδήγησε στην ανάπτυξη του Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web¹¹) [8,26].

Συχνά, ο όρος Τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού χρησιμοποιείται για να περιγράψει το σύνολο των μεθόδων και των εργαλείων που προκύπτουν από το χώρο, σε μια προσπάθεια να αποφευχθεί η ορολογική σύγχυση. Ο Σημασιολογικός Ιστός παρουσιάζεται ως μια βελτίωση του τρέχοντος Παγκόσμιου Ιστού με πληροφορίες κατανοητές από μηχανές (σε αντίθεση με το μεγαλύτερο μέρος του τρέχοντος Ιστού, που στοχεύει κυρίως στην ανθρώπινη κατανάλωση), μαζί με υπηρεσίες – ευφυείς πράκτορες – που χρησιμοποιούν αυτές τις πληροφορίες [3,4]. Η

¹⁰ https://dbpedia.org/page/World_Wide_Web

¹¹ https://dbpedia.org/page/Semantic_Web

παροχή μηχανικά κατανοητών πληροφοριών στην περίπτωση αυτή γίνεται με την παροχή δεδομένων με εκφραστικά μεταδεδομένα. Στο Σημασιολογικό Ιστό, αυτά τα μεταδεδομένα παρουσιάζονται γενικά με τη μορφή οντολογιών, ή τουλάχιστον μια επίσημης γλώσσας με μια λογική βασισμένη στη σημασιολογία που παραδέχεται τη συλλογιστική πάνω από το νόημα των δεδομένων [3]. Ο Σημασιολογικός Ιστός δηλαδή παρέχει την αναγκαία υποδομή για τη δημοσίευση και την επεξεργασία οντολογικών περιγραφών όρων και εννοιών. Επιπλέον, παρέχει τις απαραίτητες τεχνικές για την αιτιολόγηση αυτών των εννοιών, καθώς και για την επίλυση και τη χαρτογράφηση μεταξύ οντολογιών, καθιστώντας έτσι δυνατή τη σημασιολογική διαλειτουργικότητα των υπηρεσιών μέσω του εντοπισμού και της χαρτογράφησης σημασιολογικά παρόμοιων εννοιών[10].

3.3.1 Το Όραμα

Ο εμπνευστής της πρωτοβουλίας για τον όρο “Σημασιολογικός Ιστός” (Semantic Web) είναι ο Tim Berners – Lee, ο ίδιος άνθρωπος που επινόησε τον παγκόσμιο ιστό στα τέλη της δεκαετίας του 1980. Ο ίδιος προσδοκούσε από αυτή την πρωτοβουλία, την πραγματοποίηση του αρχικού οράματός του για τον παγκόσμιο ιστό, ενός οράματος όπου η έννοια της πληροφορίας έπαιζε πολύ πιο σημαντικό ρόλο από αυτόν που διαδραματίζει στο σημερινό ιστό [9,25]. Ο Σημασιολογικός Ιστός σύμφωνα με τον Tim Berners – Lee αφορά ένα σχέδιο για την επίτευξη ενός συνόλου συνδεδεμένων εφαρμογών δεδομένων στον Ιστό με τέτοιο τρόπο ώστε να σχηματίζουν ένα συνεπή λογικό ιστό δεδομένων. Μια επέκταση του υπάρχοντος ιστού στην οποία η πληροφορία αποκτά σαφώς ορισμένο νόημα, επιτρέποντας τη συνεργασία ανθρώπων και υπολογιστών.

Σύμφωνα με την κοινοπραξία W3C¹² ο Σημασιολογικός Ιστός είναι ένα όραμα: η ιδέα της ύπαρξης δεδομένων στον παγκόσμιο ιστό, ορισμένων και συνδεδεμένων με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να μπορούν χρησιμοποιηθούν από μηχανές όχι μόνο για εμφάνιση στην οθόνη αλλά και για αυτοματισμούς, ολοκλήρωση και επαναχρησιμοποίηση των ίδιων δεδομένων από διαφορετικές εφαρμογές.

3.3.2 Οι Στόχοι

Στόχος του Σημασιολογικού Ιστού αποτελεί ο εμπλουτισμός του Παγκόσμιου Ιστού με “στοιχεία ευφυΐας”, όπως για παράδειγμα η αναζήτηση δε θα στηρίζεται πλέον στην περιορισμένης αξίας συντακτική ανάλυση των λέξεων, αλλά στην σημασιολογία τους και τα αποτελέσματα θα βρίσκονται πιο κοντά σε αυτό που πραγματικά επιθυμεί ο χρήστης. Πιο

¹² <https://www.w3.org/>

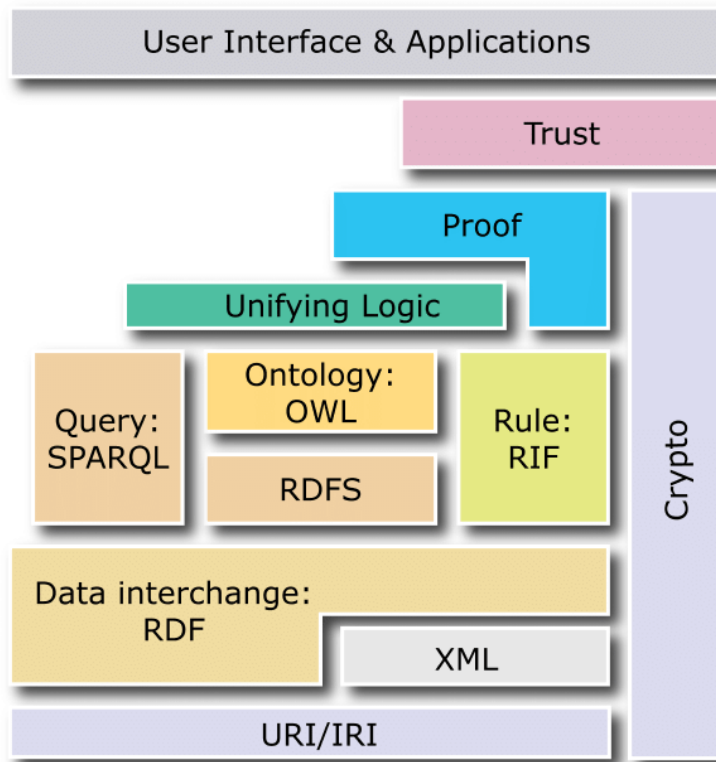
αναλυτικά, ο στόχος του Σημασιολογικού Ιστού είναι να παρέχει τη δυνατότητα για υπηρεσίες και πολύ πιο εξελιγμένα συστήματα διαχείρισης γνώσης. Έτσι:

- Η γνώση είναι οργανωμένη σε εννοιολογικές περιοχές ανάλογα με τη σημασία της
- Αυτοματοποιημένα εργαλεία θα υποστηρίζουν τη συντήρηση της γνώσης, ελέγχοντας για ασυνέπειες και εξάγοντας νέα γνώση
- Η αναζήτηση με λέξεις κλειδιά θα αντικατασταθεί από απαντήσεις ερωτημάτων: η αιτηθείσα γνώση ανακτάται, εξάγεται και παρουσιάζεται με τρόπο φιλικό στον άνθρωπο
- Θα υποστηρίζεται η απάντηση ερωτημάτων σε περισσότερα από ένα έγγραφα
- Θα είναι δυνατός ο καθορισμός της πρόσβασης σε συγκεκριμένα τμήματα πληροφοριών (ακόμη και τμήματα εγγράφων)

Ο Σημασιολογικός Ιστός είναι μια πρωτοβουλία που στοχεύει στη βελτίωση της τρέχουσας κατάστασης του παγκόσμιου ιστού. Οι βασικές τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού περιλαμβάνουν τα ρητά μεταδεδομένα, τις οντολογίες, τη λογική εξαγωγή συμπερασμάτων και τους ευφυείς πράκτορες. Ο Σημασιολογικός Ιστός θα επιτρέψει την ανάπτυξη πρακτόρων λογισμικού που θα μπορούν να ερμηνεύσουν τις πληροφορίες των προϊόντων και τους όρους παροχής υπηρεσιών [9]. Με διαφορετικά λόγια, ο Σημασιολογικός Ιστός είναι ένα όραμα ενός ιστού περιεχομένων και υπηρεσιών με συγκεκριμένο νόημα, που μπορούν να ερμηνευθούν από προγράμματα ηλεκτρονικού υπολογιστή. Μπορεί, επίσης, να θεωρηθεί ως μια τεράστια πηγή πληροφοριών, η οποία μπορεί να μοντελοποιηθεί με σκοπό την ανταλλαγή και την επαναχρησιμοποίηση της γνώσης. Οι χρήστες του σημασιολογικού ιστού θα είναι σε θέση να πραγματοποιούν ακριβέστερες αναζητήσεις των πληροφοριών και των υπηρεσιών.

3.3.3 Η Αρχιτεκτονική

Διάφοροι μορφότυποι και γλώσσες αποτελούν τα δομικά στοιχεία του Σημασιολογικού Ιστού. Ορισμένα από αυτά περιλαμβάνουν το Αναγνωριστικό / Identifier (URI), Έγγραφα / Documents: Επεκτάσιμη Γλώσσα Σήμανσης (Extensible Markup Language - XML), Δηλώσεις / Statements: Πλαίσιο Περιγραφής Πόρων (Resource Description Framework - RDF), ποικιλία μορφοτύπων ανταλλαγής δεδομένων (π.χ. RDF/XML, N3) και συμβολισμοί όπως RDF Schemas (RDFS) και Web Ontology Language (OWL), που έχουν ως στόχο να παράσχουν επίσημη περιγραφή των εννοιών, των όρων και των σχέσεων εντός ενός δεδομένου τομέα γνώσης, λογικού, αποδεικτικού και εμπιστοσύνης (εικόνα 6) [16].



Εικόνα 6. Η Αρχιτεκτονική του Σημασιολογικού Ιστού [<https://www.researchgate.net/publication/256091259>].

3.3.3.1 Αναγνωριστικά: *Uniform Resources Locator (URI)*

Για τον εντοπισμό στοιχείων στο διαδίκτυο, χρησιμοποιούνται τα αναγνωριστικά. Επειδή χρησιμοποιείται ένα ενιαίο σύστημα αναγνωριστικών στοιχείων και επειδή κάθε προσδιοριζόμενο στοιχείο θεωρείται “πόρος”, τα εν λόγω αναγνωριστικά καλούνται “Uniform Resource Identifiers” ή URI για συντομία. Το URI αποτελεί το θεμέλιο του Ιστού. Ενώ σχεδόν κάθε άλλο μέρος του Ιστού μπορεί να αντικατασταθεί, το URI δεν μπορεί, εξυπηρετεί την ανάγκη για μονοσήμαντη αναγνώριση πόρων [16,25].

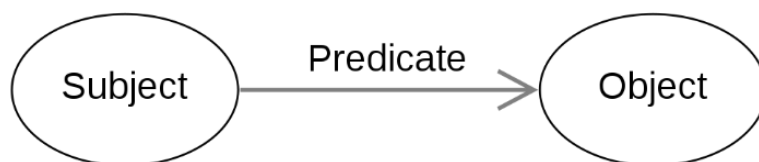
3.3.3.2 Σύνταξη: *Extensible Markup Language (XML)*

Για να είναι εφικτή η αυτοματοποιημένη προσπέλαση και ανάλυση του περιεχομένου από τους υπολογιστές, στον σημασιολογικό ιστό απαιτείται χρήση σύνταξης με αυστηρά ορισμένη γραμματική. Η XML σχεδιάστηκε έτσι ώστε να είναι ένας απλός τρόπος αποστολής εγγράφων σε όλο το διαδίκτυο. Επιτρέπει σε οποιονδήποτε να σχεδιάσει το δικό του μορφότυπο εγγράφου και στη συνέχεια να γράψει ένα έγγραφο σε αυτόν το μορφότυπο. Αυτοί οι μορφότυποι εγγράφων μπορούν να περιλαμβάνουν σήμανση για την ενίσχυση της έννοιας του περιεχομένου των εγγράφων. Η σήμανση αυτή είναι “μηχαναγνώσιμη”, δηλαδή τα προγράμματα (μηχανές) μπορούν να τη διαβάσουν και να την κατανοήσουν [16,25].

3.3.3.3 Μοντέλα Δεδομένων: Resource Description Framework (RDF)

Το πιο θεμελιώδες δομικό στοιχείο Σημασιολογικού Ιστού είναι το Resource Description Framework (RDF), ένας μορφότυπος για τον καθορισμό των πληροφοριών στο διαδίκτυο. Η RDF είναι μια γλώσσα σήμανσης για την περιγραφή πληροφοριών και πόρων στο διαδίκτυο. Η εισαγωγή πληροφοριών και αρχείων RDF επιτρέπει στα προγράμματα ηλεκτρονικών υπολογιστών να αναζητούν, να ανακαλύπτουν, να παραλαμβάνουν, να συλλέγουν, να αναλύουν και να επεξεργάζονται πληροφορίες από το διαδίκτυο. Ο σημασιολογικός δικτυακός τύπος χρησιμοποιεί την RDF για να περιγράψει τους διαδικτυακούς πόρους, η RDF παρέχει ένα υπόδειγμα για τα δεδομένα και μια σύνταξη ώστε τα ανεξάρτητα μέρη να μπορούν να τα ανταλλάσσουν και να τα χρησιμοποιούν. Έχει σχεδιαστεί για ανάγνωση και κατανόηση από υπολογιστές και όχι από ανθρώπους [16,26].

Οι τριάδες ή τριπλέτες RDF (RDF triples) μπορούν να γραφούν με ετικέτες XML και απεικονίζονται γραφικά με δύο κόμβους και έναν σύνδεσμο στην εικόνα 7.



Εικόνα 7. Το βασικό σημασιολογικό μοντέλο τριάδας¹³.

Οι τριπλέτες είναι τριμερείς δηλώσεις για την ίδια την πηγή (υποκείμενο: subject), τις ιδιότητες της (κατηγορημα: predicate) και τις τιμές τους (αντικείμενα: objects). Και τα τρία αυτά μέρη προσδιορίζονται από ξεχωριστά URIs όπου το κατηγορημα συνδέει το υποκείμενο με το αντικείμενο. Στη θέση του αντικειμένου μπορεί να υπάρχει ένα URI (παραπέμπει σε ένα άλλο υποκείμενο) ή μια πραγματική τιμή. Ένα αντικείμενό του μπορεί, επίσης, να είναι υποκείμενο σε άλλη τριμερή σχέση. Έτσι, είναι δυνατή η διασύνδεση διαφορετικών τριπλετών δημιουργώντας ένα σημασιολογικό δίκτυο. Ο RDF μορφότυπος καθορίζει τους κανόνες περιγραφής των τριπλετών. Ένα σύνολο από συσχετιζόμενες RDF δηλώσεις δημιουργούν έναν συνδεδεμένο γράφο.

3.3.3.4 Σχήματα και Οντολογίες

Ένα “Schema” είναι ένα έγγραφο ή ένα τμήμα κώδικα που ελέγχει ένα σύνολο όρων σε άλλο έγγραφο ή τμήμα κώδικα. Είναι σαν ένας γενικός κατάλογος ελέγχου ή ένας γραμματικός ορισμός. Αυστηρά ορισμένες γλώσσες δηλαδή, που παρέχουν καλά ορισμένες έννοιες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με RDF μοντέλο για να δημιουργήσουν σχήματα

¹³ https://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_triple#/media/File:Basic_RDF_Graph.svg

και οντολογίες. Τα κοινά πρότυπα στον παγκόσμιο ιστό είναι σήμερα το RDF Schema (RDFS) και η οντολογία Web Ontology Language (OWL). Έτσι, RDF Schema: Οι τρεις πρώτες σημαντικότερες έννοιες που δίνουν οι RDF και RDF Schema είναι η “Πόρος” (“RDFs:Resource”), η “Κλάση” (“RDFs:Class”) και η “Ιδιότητα” (“rdf:Property”). Η DAML+OIL: Η DAML είναι γλώσσα που έχει δημιουργηθεί από την DARPA ως γλώσσα οντολογίας και συμπερασμάτων με βάση την RDF. Η DAML ενισχύει την RDF Schema με ένα ακόμη επίπεδο, παρέχοντας πιο εμπειριστωμένες ιδιότητες και τάξεις. Inference (Συμπέρασμα που συνάγονται): Οι αρχές της συναγωγής συμπερασμάτων είναι αρκετά απλές: ικανότητα άντλησης νέων δεδομένων από δεδομένα που ήδη είναι γνωστά [16,25,26].

3.3.3.4.1 Οντολογία Σημασιολογικού Ιστού – Web Ontology

Ο όρος οντολογία είναι δανεισμένος από τη φιλοσοφία και αναφέρεται στην επιστήμη νέας περιγραφής των οντοτήτων του κόσμου και πώς αυτές σχετίζονται μεταξύ νέας. Αφορά συλλογές δομημένων πληροφοριών, στην ουσία έγγραφα ή αρχεία που καθορίζουν νέες σχέσεις μεταξύ των όρων. Η οντολογία σημαίνει «η γνώση του τι πρέπει να είναι στο εσωτερικό». Η οντολογία είναι εννοιολογική έννοια μιας νέας εφαρμογής στον τομέα σε μορφή κατανοητή από τον άνθρωπο και αναγνώσιμη από μηχάνημα και περιλαμβάνει κατά κανόνα νέες κατηγορίες οντοτήτων, νέες σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων και νέους άξονες που ισχύουν για νέες οντότητες που υπάρχουν στον εν λόγω τομέα. Νέες πράξεις είναι δυνατές βάσει οντολογίας, νέα χαρτογράφηση, αντιστοίχιση, ευθυγράμμιση, μετασχηματισμός, συγχώνευση και ολοκλήρωση. Το περιεχόμενο των οντολογιών, περιγράφεται με τη γλώσσα OWL (Web Ontology Language) [18].

Επεκτείνει το μοντέλο RDF και το RDFS παρέχοντας δυνατότητα ορισμού κλάσεων από την ένωση, την τομή ή την άρνηση μιας ή και περισσότερων άλλων κλάσεων. Βασίζεται στην περιγραφική λογική και έχει σχεδιαστεί για την αναπαράσταση σύνθετης γνώσης σχετικά με πράγματα ή ομάδες πραγμάτων και της σχέσης μεταξύ τους. Η γλώσσα OWL προσδιορίζει το περιεχόμενο των οντολογιών και παρέχει μεγαλύτερη μηχανική ερμηνείας από νέες XML, RDF, RDF-S, παρέχοντας πρόσθετο λεξιλόγιο. Μια χαρακτηριστική οντολογία περιλαμβάνει περιγραφές κλάσεων, ιδιοτήτων και στιγμιότυπων. Η σημασιολογία OWL καθορίζει τον τρόπο εξαγωγής συμπερασμάτων (λογικών αλληλουχιών) [11]. Συνεπώς, οι οντολογίες αναπτύσσονται για τη μοντελοποίηση νέας γνώσης προκειμένου να διευκολυνθεί η ανταλλαγή και η επαναχρησιμοποίηση νέας γνώσης. Παρέχουν μεγαλύτερη σαφήνεια και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κοινοποίηση αυτών των γνώσεων μεταξύ των ανθρώπων και των ετερογενών και καταναμημένων συστημάτων εφαρμογών [10], [13].

3.3.3.4.2 Γλώσσες Οντολογιών

Η ερευνητική προσπάθεια για την δημιουργία καταλλήλων γλωσσών για μοντελοποίηση και περιγραφή οντολογιών άρχισε σχεδόν ταυτόχρονα (~1990) με την εισαγωγή του όρου οντολογία. Από τότε προτάθηκαν διάφορες γλώσσες οι οποίες είχαν σύντομη ιστορία ή που εξελίχθηκαν και υπάρχουν έως σήμερα με κάποια μορφή. Από όλες αυτές τις γλώσσες, οι SHOE, XOL, RDF, RDFS, DAML, OIL, DAML+OIL, OWL έχουν τρόπο σύνταξης βασισμένο στο συντακτικό της XML, ενώ οι γλώσσες RDF, RDFS, και OWL έχουν ιδιαίτερη σημασία, δεδομένου ότι έχουν αποτελέσει και σχετικές οδηγίες του W3C, σε ό,τι αφορά την πορεία προς την υλοποίηση του Σημασιολογικού Ιστού [24].

3.3.3.4.3 OWL / OWL2: *Ontology Web Language*

Η OWL είναι μία γλώσσα οντολογιών που είναι βασισμένη στις γνωστές μας RDF και RDFS, τα αρχικά της σημαίνουν Web Ontology Language και δημιουργήθηκε, όπως και η RDF για να μπορεί να ερμηνεύεται από τους υπολογιστές. Η διαφορά της με την RDF είναι ότι πρόκειται για μία πολύ πιο πλούσια γλώσσα με πολύ μεγαλύτερο λεξιλόγιο και με πολύ καλύτερη δυνατότητα ερμηνείας από τους υπολογιστές. Υπάρχουν τρεις εκδόσεις της OWL η OWL Lite, η OWL DL (περιέχει την Lite) και η OWL Full (περιέχει την DL) [24,25].

Τα βασικά χαρακτηριστικά της σύνταξης μια OWL οντολογίας είναι:

1. *Η κεφαλίδα.* Η ρίζα της οντολογίας και ορίζεται ως ένα στοιχείο “rdf:RDF” το οποίο καθορίζει έναν αριθμό από χώρους ονομάτων. Οι χώροι ονομάτων που χρησιμοποιούνται στα “rdf:RDF” tags υπάρχουν για να προσδιορίσουν το λεξιλόγιο άλλων tags που θα χρησιμοποιηθούν αργότερα μέσα στην οντολογία.
2. *Στοιχεία κλάσεων.* Μια OWL κλάση εκφράζεται σε RDF/XML μέσω ενός στοιχείου “owl:Class”. Υπάρχουν δύο προκαθορισμένες κλάσεις, οι “owl:Thing” και “owl:Nothing”. Η πρώτη είναι η πιο γενική κλάση, περιέχει τα πάντα και ονομάζεται υπερκλάση. Αντιθέτως η τελευταία ονομάζεται κενή κλάση και είναι υποκλάση της πρώτης. Η “owl:Class” ετικέτα περιέχει την δήλωση ενός “rdf:ID” ή “rdf:about” στοιχείου το οποίο προσδιορίζει τοπικά το όνομα της κλάσης σε αυτό το αρχείο – οντολογία.
3. *Στοιχεία ιδιοτήτων.* Μια ουσιαστική οντολογία δε δημιουργείται απλά συσχετίζοντας κλάσεις. Έτσι χρησιμοποιώντας τις ιδιότητες των οντολογιών προβάλλονται στοιχεία και συγκεκριμένα γεγονότα σχετικά με τα μέλη των κλάσεων. Πρόκειται για μία δυαδική σχέση και εκφράζεται με δύο τύπους ιδιοτήτων: τις ιδιότητες τύπου δεδομένων (datatype properties) και τις ιδιότητες αντικειμένου (object properties).
 - Ένα “owl:DatatypeProperty” στοιχείο εκφράζει τη σχέση μεταξύ ενός στιγμιότυπου και μιας τιμής δεδομένου.

- Ένα στοιχείο “owl:ObjectProperty” εκφράζει τη σχέση μεταξύ δυο στιγμιότυπων.

Οι σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων εμπεριέχουν και πολλούς άλλους ισχυρισμούς, μεταξύ των οποίων είναι περιορισμοί ιδιοτήτων, ειδικές ιδιότητες, λογικοί συνδυασμοί και απαριθμήσεις. Οι ιδιότητες μπορούν να συνδέονται και με τύπους δεδομένων της XML Schema στους οποίους περιλαμβάνονται και οι γνωστοί Integer, String, Boolean, Time και Date [24,25].

4. *Τα στιγμιότυπα των κλάσεων.* Τα στιγμιότυπα των κλάσεων καθορίζονται από τον προσδιορισμό της κλάσης στην οποία ανήκουν. Πρόκειται για ενθυλάκωση συγκεκριμένων οντοτήτων στην οντολογία.

3.3.3.4.4 *Ορθότητα Οντολογίας*

Η αυτοματοποιημένη συλλογιστική (Reasoner) είναι ένα εργαλείο που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο ορθότητας και την εξαγωγή επιπρόσθετης πληροφορίας από την οντολογία. Ουσιαστικά χρησιμοποιεί τη γνώση που έχει οριστεί από το χρήστη και μέσω αυτής σε συνδυασμό με τα αξιώματα, εξάγει νέα γνώση που βασίζεται στα αξιώματα που έχουν δοθεί. Η αυτοματοποιημένη συλλογιστική Pellet χρησιμοποιείται για οντολογίες OWL-DL και θεωρείται ένας από τους πιο αξιόπιστους [24].

3.3.3.5 *Ερωτήματα και Κανόνες: SPARQL*

Το πρωτόκολλο SPARQL και η RDF Query Language (SPARQL)¹⁴ είναι η τυποποιημένη γλώσσα αναζήτησης για τα RDF δεδομένα. Παρουσιάζει ορισμένες ομοιότητες με τη γλώσσα SQL¹⁵ για τις σχεσιακές βάσεις δεδομένων. Η χρήση της αποτελεί πρότυπο και έχει χαρακτηριστεί ως ένα από τα βασικά στοιχεία του Σημασιολογικού Ιστού. Με τη χρήση της SPARQL είναι εφικτή η δημιουργία ερωτημάτων σε διαφορετικές πηγές δεδομένων και μπορούν να οριστούν απαραίτητα και προαιρετικά κριτήρια στα ερωτήματα. Οι επιστρεφόμενες τιμές σε SPARQL ερωτήματα μπορεί να είναι είτε σύνολα αποτελεσμάτων σε μορφή πίνακα είτε RDF γράφοι [2]. Τυποποιήθηκε από την Ομάδα Εργασίας για την Πρόσβαση RDF Δεδομένων (RDF Data Access Working Group) της W3C και το 2008 έγινε επίσημη σύσταση της W3C σχετικά με τη SPARQL 1.0.

Τα SPARQL ερωτήματα βασίζονται σε μοτίβα τριάδων / τριπλετών (triple patterns). Ένα μοτίβο τριάδας είναι το ίδιο με μία RDF τριάδα, με τη μόνη διαφορά ότι ένας ή περισσότεροι από τους πόρους-συνιστώσες του είναι μεταβλητές. Μία μεταβλητή συμβολίζεται ?name ή

¹⁴ <https://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>

¹⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/SQL>

\$name, όπου name είναι το όνομά της. Για τις μεταβλητές το πρόθεμα ? ή \$ είναι το ίδιο. Ένα ερώτημα σε SPARQL μπορεί να περιέχει συζεύξεις, διαζεύξεις, προαιρετικούς περιορισμούς, περιορισμούς ως προς το πλήθος των αποτελεσμάτων και γενικά σχεδόν όλα τα βασικά δομικά στοιχεία που έχει και η SQL [24,25].

Διαφορετικές φόρμες ερωτήσεων είναι διαθέσιμες:

- **SELECT**: επιστρέφει σε μορφή πίνακα τα αναγνωριστικά που επιλύουν τις δοσμένες προτάσεις
- **CONSTRUCT**: εξαγωγή πληροφοριών και μετατροπή των αποτελεσμάτων σε έγκυρα RDF
- **ASK**: ελέγχει αν ένα δεδομένο μοτίβο γραφήματος ταιριάζει με το υποκείμενο γράφημα RDF και επιστρέφει αληθές ή ψευδές ως αποτέλεσμα
- **DESCRIBE**: ανάγνωση της περιγραφής RDF ενός URI. Θέτοντας ένα ερώτημα DESCRIBE αναμένεται να επιστραφούν τα αναγνωριστικά των πόρων που επαληθεύουν τις προτάσεις, αλλά και να περιγραφούν από όλες οι σχέσεις – προτάσεις που σχετίζονται με τους πόρους αυτούς. Επιστρέφεται δηλαδή ένα κομμάτι του γράφου.
- **WHERE**: Όρος που υποδηλώνει τις συνθήκες οι οποίες πρέπει να ισχύουν.

3.3.3.5.1 Πύλη Διενέργειας Ερωτημάτων – SPARQL Endpoint

Πρόκειται για μια υπηρεσία που έχει σκοπό την παροχή πληροφοριών σε κάθε επερώτηση που δέχεται από τον χρήστη ή λογισμικό στη γλώσσα ερωτημάτων SPARQL. Οι πύλες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με τη βασική ιδέα του Σημασιολογικού Ιστού. Ένα SPARQL Endpoint παρέχει στους εξωτερικούς χρήστες μια δυναμική υπηρεσία για ανάκτηση πληροφοριών μέσω του πρωτοκόλλου HTTP χωρίς την ανάγκη αντιγραφής και μεταφοράς του συνόλου δεδομένων. Υπάρχει ποικιλία πακέτων λογισμικού SPARQL, συμπεριλαμβανομένων τόσο ανοιχτού κώδικα όσο και εμπορικών συστημάτων, όπως τα παρακάτω: 4Store, AllegroGraph, Jena, Sesame και Virtuoso. Τέλος, μια λίστα που ενημερώνεται διατηρείται στις σελίδες του W3C wiki pages¹⁶. Υπάρχει πληθώρα SPARQL Endpoints παγκοσμίως και η διαθεσιμότητα αυτών είναι πολύ σημαντική. Το SPARQL Endpoint που εκτελεί ένα ερώτημα αναζητά από όλους τους πόρους, εκείνους που επαληθεύουν τα μοτίβα τριάδων του ερωτήματος, σύμφωνα με τις RDF προτάσεις που υπάρχουν στη βάση γνώσης με την οποία η SPARQL μηχανή είναι συνδεδεμένη [24,26].

¹⁶ https://www.w3.org/wiki/Main_Page

3.3.3.6 Λογική, Τεκμηρίωση και Εμπιστοσύνη (*Logic, Proof, Trust*)

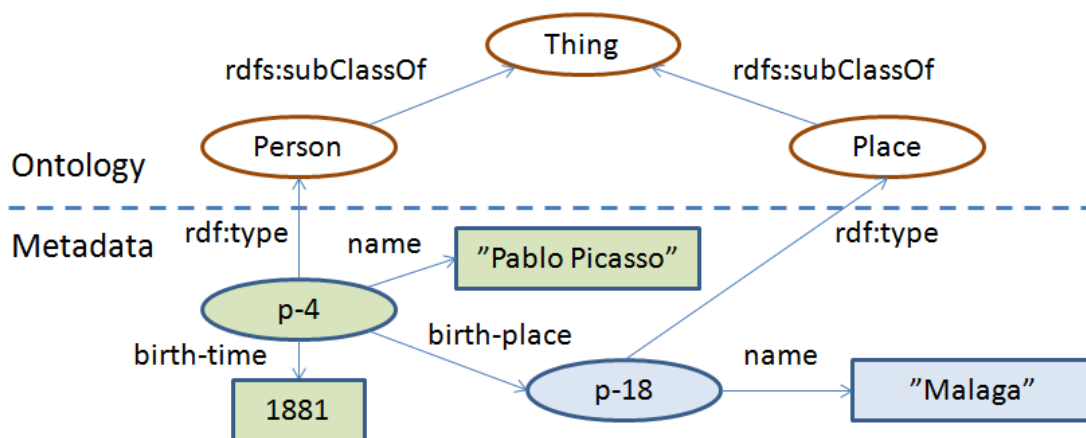
Προκειμένου ο Σημασιολογικός Ιστός να εκφρασθεί αρκετά ώστε να συνεισφέρει σε ένα ευρύ φάσμα καταστάσεων, είναι αναγκαία η δημιουργία μιας ισχυρής λογικής γλώσσας για τη συναγωγή συμπερασμάτων. Τα συστήματα που ακολουθούν τη λογική, χρησιμοποιούνται για την απόδειξη πραγμάτων. Δεδομένου του ότι ο Σημασιολογικός Ιστός επιτρέπει σε πράκτορες λογισμικού την εκτέλεση αυτοματοποιημένων εργασιών σε διάφορες πηγές δομημένων δεδομένων, είναι απαραίτητο να παρέχονται τεκμήρια ώστε να μπορεί να αξιολογηθεί διαδικασία ή ο σκοπός χρήσης των δεδομένων. Οι άνθρωποι συντάσσουν λογικές δηλώσεις και στη συνέχεια, η μηχανή ακολουθεί αυτούς τους σημασιολογικούς “συνδέσμους” για την κατασκευή αποδεικτικών στοιχείων. Το επίπεδο της εμπιστοσύνης απαιτείται για την εξακρίβωση της αξιοπιστίας των πηγών δεδομένων αλλά και σε συστήματα πελατών – διακοσμητών ως μηχανισμός παροχής πρόσβασης και τέλος απαιτούνται τεχνικές κρυπτογράφησης και ψηφιακής υπογραφής για την επαλήθευση ταυτότητας και την παροχή πρόσβασης σε μηχανισμούς [16,26].

3.4 Μεταδεδομένα

Ο Σημασιολογικός Ιστός μπορεί να θεωρηθεί ως ένα νέο επίπεδο μεταδεδομένων που δημιουργείται μέσα στον Παγκόσμιο Ιστό. Σύμφωνα με τον παραδοσιακό ορισμό τους, τα μεταδεδομένα είναι δεδομένα για δεδομένα ή αλλιώς δεδομένα που περιγράφουν άλλα δεδομένα. Τα μεταδεδομένα είναι δομημένη πληροφορία η οποία προκύπτει από τη διαδικασία της τεκμηρίωσης και η οποία χρησιμοποιείται για την περιγραφή, την επεξήγηση, τον εντοπισμό, τη χρήση και τη διαχείριση μίας πληροφοριακής πηγής [27]. Για παράδειγμα, μια εγγραφή μεταδεδομένων ενός βιβλίου (δεδομένο) μπορεί να αναφέρει τον τίτλο, τον συγγραφέα, το θέμα και το έτος έκδοσής του. Ωστόσο, ο όρος μεταδεδομένα χρησιμοποιείται ευρύτερα στο πλαίσιο του Σημασιολογικού Ιστού ως συνώνυμο των μηχανικά επεξεργασίμων ή ερμηνεύσιμων δεδομένων. Η βασική ιδέα είναι ότι οι συντακτικές δομές μεταδεδομένων καθιστούν το περιεχόμενο του ιστού “κατανοητό” για τις μηχανές, βάσει κοινών σημασιολογικών προδιαγραφών που βασίζονται σε τυπική λογική. Αυτό καθιστά δυνατή τη δημιουργία πιο διαλειτουργικών και ευφών διαδικτυακών υπηρεσιών. Ένας υπολογιστής που δεν μπορεί να ερμηνεύσει τα δεδομένα με τα οποία ασχολείται είναι σαν τηλέφωνο που απλώς διαβιβάζει πληροφορίες και δεν μπορεί να είναι πολύ χρήσιμο σε πιο περίπλοκες εργασίες επεξεργασίας πληροφοριών που αφορούν την έννοια του περιεχομένου [2].

Η μεθοδολογία για την παρουσίαση μεταδεδομένων και οντολογικών εννοιών στον Ιστό βασίζεται σε ένα απλό μοντέλο δεδομένων: ένα κατευθυνόμενο γράφημα. Η εικόνα 8

απεικονίζει μια γραφική παράσταση RDF που δείχνει σε επίπεδο μεταδεδομένων ότι το p-4 (identity) είναι ένα άτομο (individual) της κλάσης (class) πρόσωπο (Person) -αναφέρεται από το τόξο “rdf:type” με το όνομα “Pablo Picasso” που γεννήθηκε το 1881 σε ένα παράδειγμα (instance) p-18 της κλάσης (class) “Τόπος” (“Place”) του οποίου το όνομα (name) είναι “Malaga”. Στο γράφημα RDF, κλάσεις όπως τόποι και πρόσωπα απεικονίζονται ως υποκλάσεις (“arc rdfs:subClassOf”) της κατηγορίας “Thing” σε οντολογικό επίπεδο, ενώ τα άτομα των κλάσεων θεωρούνται μεταδεδομένα [2].



Εικόνα 8. Το RDF μοντέλο δεδομένων ως ένα κατευθυνόμενο γράφημα με ετικέτα [2].

Τόσο τα μεταδεδομένα όσο και οι οντολογίες απεικονίζονται ομοιόμορφα στο ίδιο γράφημα. Στο σχήμα, οι ταυτότητες (identities) που ενδέχεται να έχουν ιδιότητες, δηλαδή έχουν εξερχόμενα τόξα, απεικονίζονται σε σχήματα οβάλ, ενώ οι καταληκτικές ατομικές τιμές χωρίς περαιτέρω ιδιότητες (εδώ κείμενα και αριθμοί) ως ορθογώνια.

Το σχήμα 8 αποδεικνύει ότι στην πραγματικότητα υπάρχουν αρκετά επίπεδα περιγραφών που απαιτούνται στο Σημασιολογικό Ιστό. Έτσι:

1. *Ο πραγματικός κόσμος.* Στο κάτω μέρος, υπάρχει ο πραγματικός κόσμος, δηλαδή ο τομέας του λόγου, όπως τα πρόσωπα, τα αντικείμενα και οι τόποι.
2. *Επίπεδο δεδομένων.* Στη συνέχεια, υπάρχει το επίπεδο δεδομένων, δεδομένου ότι τα στοιχεία του πραγματικού κόσμου πρέπει να απεικονίζονται ως κάποιου είδους δεδομένα σε έναν υπολογιστή (εικόνες και έγγραφα μια αναφορά URI σε ένα άτομο κ.α.).
3. *Επίπεδο μεταδεδομένων.* Μετά τα δεδομένα, υπάρχουν μεταδεδομένα σχετικά με τα δεδομένα, (εγγραφές σε μια βάση δεδομένων, πρόσωπα ή αντικείμενα).
4. *Επίπεδο οντολογίας.* Στη συνέχεια, το επίπεδο οντολογίας ορίζει τις γενικές κλάσεις και τις ιδιότητες που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή ενός τομέα, δηλαδή των λεξιλογίων με την έννοια των μεταδεδομένων. Το σχήμα μεταδεδομένων που χρησιμοποιείται στην καταλογογράφηση και τα ελεγχόμενα λεξιλόγια των θεματικών επικεφαλίδων είναι μέρος αυτού του επιπέδου. Για παράδειγμα, στην εικόνα 8, τα άτομα περιγράφονται με βάση το όνομα, το χρόνο και τον τόπο γέννησής τους, και βασίζονται στις κλάσεις που ορίζονται

σε επίπεδο οντολογίας. Οι ίδιες οντολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρουσίαση μεταδεδομένων συλλογής παρεμφερούς τομέα σε διαφορετικούς οργανισμούς μνήμης (π.χ. βιβλία σε βιβλιοθήκες).

5. *Επίπεδο μετα-οντολογίας.* Τέλος, υπάρχουν οι γενικές αρχές cross-domain μοντελοποίησης των οντολογιών που είναι ανεξάρτητες από τον τομέα (domain). Για παράδειγμα, οι έννοιες της υποκλάσης της σχέσης και της κλάσης είναι γενικές και δεν περιορίζονται σε έναν συγκεκριμένο τομέα. Αυτές οι γενικές αρχές καθορίζονται από τα πρότυπα του Σημαιολογικού Ιστού, όπως η RDF(S) και η OWL, και διευκολύνουν τη cross-domain διαλειτουργικότητα των περιεχομένων [2].

3.4.1 Πρότυπα Σύνολα Μεταδεδομένων

Τα πρότυπα τεκμηρίωσης αφορούν χρησιμοποιούμενα πρότυπα σύνολα μεταδεδομένων τα οποία εφαρμόζονται με συνέπεια και είναι αναγνωρισμένα. Τα πρότυπα μεταδεδομένων περιλαμβάνουν ομαδοποιήσεις στοιχείων μεταδεδομένων που ανταποκρίνονται στις ανάγκες τεκμηρίωσης ειδικότερων ή και ευρύτερων πληροφοριακών πηγών. Το πρότυπο καθορίζει για κάθε πεδίο το όνομα και τη σημασιολογία ή την έννοια του πεδίου [27]. Τα πρότυπα αυτά μπορεί να είναι αναγνωρισμένα από κάποιο επίσημο διεθνή φορέα τυποποίησης ή και να χρησιμοποιούνται ως αναγνωρισμένα λόγω ευρείας χρήσης τους σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο. Σε κάθε περίπτωση όμως ακολουθούνται αναγνωρισμένες και ελεγχόμενες διαδικασίες για την υποβολή, αποδοχή και δημοσίευση νέων προτύπων. Η υιοθέτηση αναγνωρισμένων διεθνών προτύπων στην τεκμηρίωση της πολιτιστικής πληροφορίας εξυπηρετεί τη σημασιολογική και τη συντακτική διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συνόλων μεταδεδομένων (ανταλλαγή και ενσωμάτωση πληροφορίας μεταξύ διαφορετικών συστημάτων, εμπλουτισμός μίας βάσης δεδομένων από τρίτες πηγές μετάπτωση της πληροφορίας τεκμηρίωσης κ.α.) [27].

Για θέματα τεκμηρίωσης ΠΚ υπάρχει το πρότυπο CIDOC-CRM¹⁷, που ενσωματώνει σημασιολογικές αναφορές σε εξωτερικές πηγές. Είναι ένα εννοιολογικό μοντέλο αναφοράς που αναπτύχθηκε από την Επιτροπή για την Τεκμηρίωση του Διεθνούς Συμβουλίου των Μουσείων το 1996. Το CIDOC CRM, εκτός από εννοιολογικό μοντέλο αναφοράς, αφορά και μία οντολογία απεικόνισης της πολιτιστικής πληροφορίας, προσφέροντας ένα καθολικό, μοντέλο που μπορεί να αποτυπωθεί σε μηχαναγνώσιμη μορφή και επιτρέπει την ενοποίηση διαφορετικών πηγών πολιτιστικής πληροφορίας.

¹⁷ <https://cidoc-crm.org/>

3.4.2 Πρότυπα Έργα του Σημασιολογικού Ιστού

3.4.2.1 FOAF

Μια δημοφιλής εφαρμογή, ένα λεξιλόγιο του Σημασιολογικού Ιστού είναι η “Friend of a Friend” (ή FOAF), η οποία περιγράφει τις σχέσεις μεταξύ ανθρώπων και άλλων παραγόντων όσον αφορά την RDF. Το έργο FOAF αφορά τη δημιουργία ενός Ιστού αναγνώσιμης από μηχανήματα αρχικής σελίδας που θα περιγράφει τους ανθρώπους, τους δεσμούς τους και τα πράγματα που δημιουργούν και κάνουν [16].

3.4.2.2 Schema.org

Το λεξιλόγιο Schema.org ιδρύθηκε από τις εταιρίες Google, Microsoft, Yahoo και Yandex το 2011. Σκοπός του είναι να δημιουργήσει, να διατηρεί και να προωθεί σχήματα (schemas) για δομημένα δεδομένα στο Διαδίκτυο. Παρέχει μια μεγάλη συλλογή ιδιοτήτων και κλάσεων που καλύπτει πολλές έννοιες, οντότητες και σχέσεις μεταξύ των οντοτήτων. Είναι ένα λεξιλόγιο που χρησιμοποιείται ευρέως από πολλές εφαρμογές όπως τη Microsoft, τη Google, το Pinterest κα. [17]

3.4.2.3 SIOC

Το έργο SIOC — Σημασιολογικά διασυνδεδεμένες κοινότητες που παρέχουν ένα λεξιλόγιο όρων και σχέσεων που μοντελοποιούν τους χώρους διαδικτυακών δεδομένων. Παραδείγματα τέτοιων χώρων δεδομένων περιλαμβάνουν μεταξύ άλλων: φόρουμ συζητήσεων, ιστολόγια τροφοδοτικές συνδρομές, κατάλογοι διευθύνσεων κ.α. [16]

3.4.2.4 SIMILE

Σημασιολογική διαλειτουργικότητα μεταδεδομένων και πληροφοριών σε ανόμοια περιβάλλοντα του Ινστιτούτου Τεχνολογιών της Μασαχουσέτης. Το SIMILE είναι ένα κοινό έργο που υλοποιείται από τις βιβλιοθήκες MIT και το MIT CSAIL, το οποίο αποσκοπεί στην ενίσχυση της διαλειτουργικότητας μεταξύ ψηφιακών περιουσιακών στοιχείων, σχημάτων / γλωσσάρων / οντολογιών, μεταδεδομένων και υπηρεσιών [16].

3.4.2.5 Linking Open Data

Το έργο της σύνδεσης των ανοικτών δεδομένων (Linking Open Data Project) είναι μια πρωτοβουλία της κοινότητας για τη δημιουργία δημοσίως προσβάσιμων και διασυνδεδεμένων RDF δεδομένων στο διαδίκτυο. Τα εν λόγω δεδομένα λαμβάνουν τη μορφή συνόλων RDF δεδομένων που προέρχονται από ευρεία συλλογή πηγών δεδομένων (αναφέρονται περισσότερα στην ενότητα 3.3).

3.5 Διασυνδεδεμένα και Ανοικτά διασυνδεδεμένα Δεδομένα

Τα συνδεδεμένα δεδομένα και η χρήση των τεχνολογιών του Σημασιολογικού Ιστού έχουν γίνει αντικείμενο πολλών συζητήσεων στον τομέα της ΠΚ τα τελευταία χρόνια. Τα συνδεδεμένα δεδομένα αναφέρονται στη δημοσίευση δεδομένων που χρησιμοποιούν τα παραπάνω πλαίσια, ώστε να είναι δυνατή η πρόσβαση σε αυτά μέσω σημασιολογικών ερωτημάτων, με σκοπό αυτά να συνδεθούν, να διαμοιραστούν και να επαναχρησιμοποιηθούν μεταξύ των διαφόρων συστημάτων [1]. Τα διασυνδεδεμένα δεδομένα δημοσιεύονται ως σύνολα, με ταυτόχρονη δημιουργία σημασιολογικών συνδέσεων μεταξύ διαφορετικών συνόλων δεδομένων και με τέτοιο τρόπο ώστε οι συνδέσεις τους να είναι αντιληπτές τόσο από τους ανθρώπινους χρήστες όσο και από τις μηχανές. Τα διασυνδεδεμένα δεδομένα ακολουθούν τις αρχές του Σημασιολογικού Ιστού και υπόσχονται την επόμενη επανάσταση στον Παγκόσμιο Ιστό, καθώς προσθέτουν ένα επίπεδο “αντίληψης” και “κατανόησης” πάνω σε αυτόν.

Τα συνδεδεμένα δεδομένα συνδέονται στενά με τις αρχές των ανοιχτών δεδομένων (LOD), τα οποία συνιστούν την ανοιχτή δημοσίευση συνδεδεμένων συνόλων δεδομένων ως το υψηλότερο επίπεδο ανοιχτών δεδομένων. Ανοικτά δεδομένα¹⁸ είναι τα δεδομένα στα οποία μπορεί οποιοσδήποτε να έχει πρόσβαση, να τα χρησιμοποιεί, να τα τροποποιεί και να τα διαμοιράζεται, με περιορισμό τη διατήρηση της προέλευσης και της ανοιχτής διαθεσιμότητάς τους. Επιπλέον, τα ανοικτά δεδομένα πρέπει να είναι προσβάσιμα μέσω διαδικτύου, να μην υφίστανται τεχνολογικοί, νομικοί ή άλλοι περιορισμοί στην πρόσβαση και χρήση τους και προφανώς, να υποστηρίζουν τις αρχές της διαλειτουργικότητας [27].

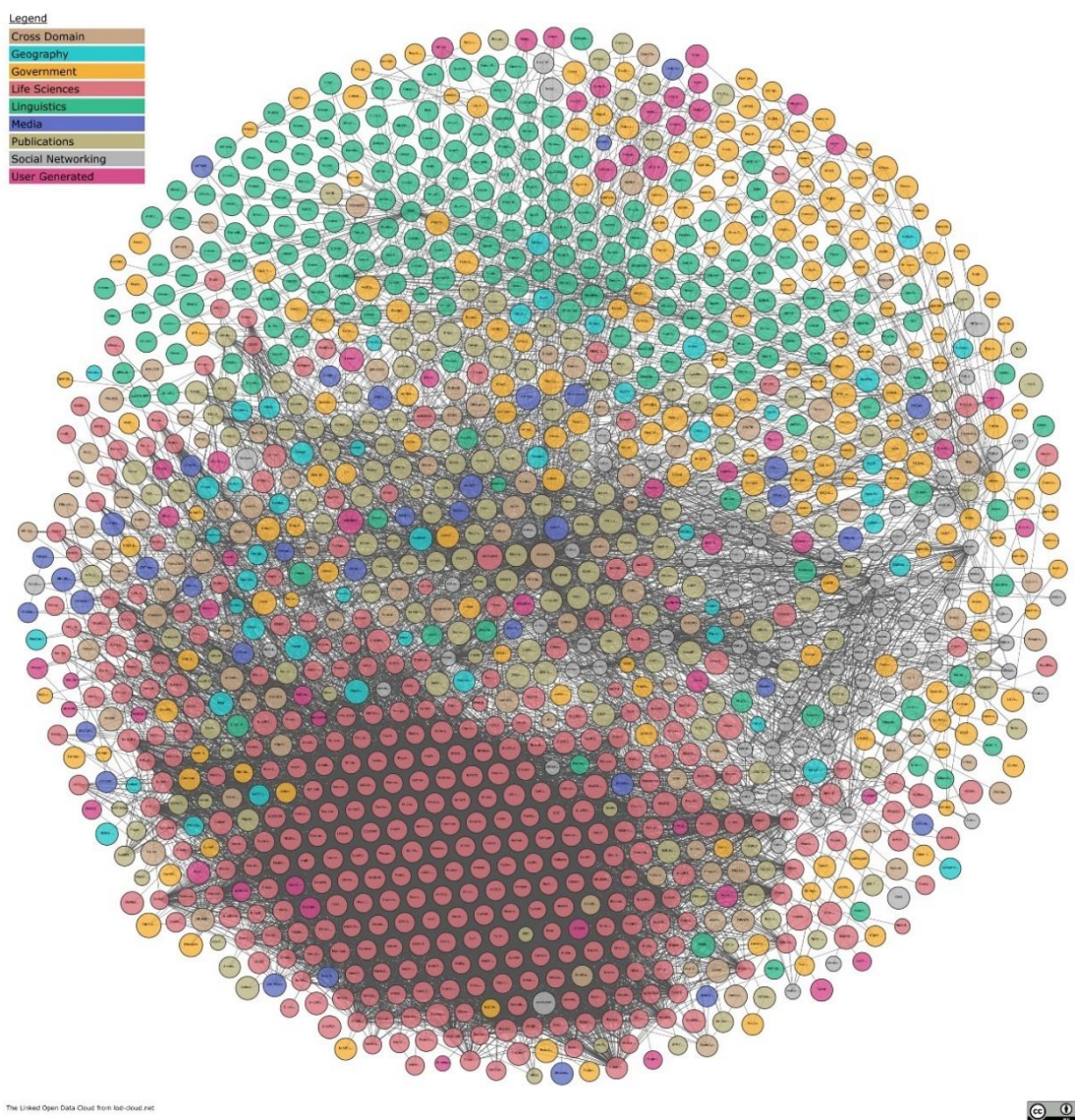
Σύμφωνα με τον Tim Berners-Lee υπάρχουν 5 διαφορετικά επίπεδα (αστέρια) που μπορεί να διαβαθμιστεί η πληροφορία ως LOD. Μια πληροφορία γίνεται ισχυρότερη, όσο περισσότερα επίπεδα ακολουθεί.

1. Διάθεση των δεδομένων στο Web, σε οποιαδήποτε μορφή με ανοικτή άδεια
2. Διάθεση των δεδομένων σε δομημένη μορφή/μηχαναγνώσιμη, έστω και με κλειστό πρότυπο
3. Χρησιμοποίηση ανοικτών μορφοτύπων (π.χ. CSV)
4. Χρησιμοποίηση HTTP URIs (Uniform Resource Identifiers), για να μπορούν οι άλλοι να αναφερθούν στα δεδομένα
5. Σημασιολογική διασύνδεση των δεδομένων με άλλα σύνολα ανοικτών δεδομένων μέσω της γλώσσας RDF

Η εξάπλωση των διασυνδεδεμένων ανοιχτών δεδομένων υποστηρίχθηκε αρχικά από το δημόσιο τομέα, τις κυβερνητικές οργανώσεις και κατόπιν από τις επιχειρήσεις. Για το δημόσιο τομέα

¹⁸ <https://opendefinition.org/od/2.1/en/>

είναι ένα άλμα και προωθεί τη διαφάνεια, την ηλεκτρονική διακυβέρνηση, την παιδεία, την οικονομία και τον πολιτισμό. Στον Ελλαδικό χώρο, το δημόσιο συμμετέχει ενεργά στα διασυνδεδεμένα ανοιχτά δεδομένα LOD. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η Δι@ύγεια και η ΥπερΔι@ύγεια. Οι επιχειρήσεις, υποστηρίζουν τα ανοικτά δεδομένα για καλύτερα αποτελέσματα Search Engine Optimization (SEO)¹⁹, για εταιρική τους προβολή κ.α. [24].



Εικόνα 9. The Linked Open Data Cloud²⁰ - Μάιος 2020.

Το μέγεθος των διασυνδεδεμένων ανοιχτών δεδομένων φαίνεται στην εικόνα 9 και δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του LDSpider Project²¹ (web crawling framework for the Linked Data web) από τους Richard Cyganiak και Anja Jentzsch, μπορεί να ανακαλύπτει οντολογίες

¹⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Search_engine_optimization

²⁰ <https://lod-cloud.net/>

²¹ <https://github.com/ldspider/ldspider>

στο παγκόσμιο ιστό. Στο “Νέφος” των διασυνδεδεμένων δεδομένων απεικονίζονται τα σύνολα δεδομένων που δημοσιεύθηκαν ως διασυνδεδεμένα δεδομένα και οι μεταξύ τους διασυνδέσεις. Περιλαμβάνει οντολογίες και σύνολα δεδομένων από διάφορες πηγές. Ένα μικρό υποσύνολο από πολιτιστικά δεδομένα ήταν αρχικά διαθέσιμο. Σχεδόν όλα τα δεδομένα διασυνδέονται με τη DBpedia. Το σύνολο δεδομένων περιέχει 1.255 σύνολα δεδομένων με 16.174 συνδέσμους (Μάιος 2020).

Ο συνδυασμός ανοικτών δεδομένων και ευφύων πρακτόρων στο Σημασιολογικό Ιστό μπορεί να συμμετέχει στην έγκυρη πληροφόρηση και διαμόρφωση της κουλτούρας μιας χώρας, καθώς και στην ενίσχυση της δημοκρατίας εντός της χώρας [24].

Τα ανοιχτά δημόσια δεδομένα υποστηρίζονται από εθνικές και διεθνείς πολιτικές. Η προώθηση των ανοικτών δημόσιων δεδομένων είναι βασικός πυλώνας του Ψηφιακού Θεματολογίου της Ευρώπης για το 2020 και η αναθεώρηση της Κοινοτικής Οδηγίας για την Περαιτέρω Χρήση της Πληροφορίας του Δημοσίου Τομέα (2003/98/EC), είναι η σχετική πρωτοβουλία της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μεταξύ άλλων, η αναθεωρημένη Οδηγία εντάσσει, για πρώτη φορά τα μουσεία, τις βιβλιοθήκες και τα αρχεία στο πεδίο εφαρμογής της, αναγνωρίζοντας τον τεράστιο πλούτο πληροφορίας που διαθέτουν οι πολιτιστικοί φορείς και μπορεί να αξιοποιηθεί και να αποτελέσει σημαντικό μοχλό ανάπτυξης των χωρών [27]. Αντίστοιχες οδηγίες προβλέπονται και στη Βίβλο του Ψηφιακού Μετασχηματισμού 2020-2025²² της Ελληνικής Πολιτείας.

3.5.1 Ζητήματα και Οφέλη Διασυνδεδεμένων Δεδομένων

Τα δεδομένα της ΠΚ φέρουν πολλά συγκεκριμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα όπως πολλαπλή μορφή, πολυγλωσσικότητα, πολυπολιτισμικότητα και πολλαπλή στόχευση. Μια θεμελιώδης προβληματική περιοχή στην αντιμετώπιση των δεδομένων της ΠΚ είναι να καταστήσει το περιεχόμενο αμοιβαία διαλειτουργικό, έτσι ώστε να μπορεί να αναζητηθεί, να συνδεθεί και να παρουσιαστεί με εναρμονισμένο τρόπο πέρα από τα όρια των συνόλων δεδομένων. Το πρόβλημα εμφανίζεται σε συντακτικό επίπεδο, όπως για παράδειγμα, κατά την εναρμόνιση διαφορετικών συνόλων χαρακτήρων, μορφοτύπων δεδομένων, σημειώσεων και εγγραφών συλλογής που χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές συλλογές. Ακόμη πιο σημαντικό είναι ότι υπάρχει το πρόβλημα της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας, διαφορετικές δηλαδή μορφές μεταδεδομένων μπορούν να ερμηνεύονται διαφορετικά, τα δεδομένα κωδικοποιούνται σε διαφορετικά επίπεδα ακρίβειας, τα λεξιλόγια και τα σύνολα που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή του περιεχομένου είναι διαφορετικά και ούτω καθεξής [2]. Σύμφωνα με την επισκόπηση του Edie Davis [1], υπάρχει σημαντική έλλειψη ποικιλομορφίας όσον αφορά τους τύπους οργανισμών που συμμετέχουν σε συνδεδεμένα έργα δεδομένων στην ΠΚ. Τα κίνητρα

²² https://digitalstrategy.gov.gr/website/static/website/assets/uploads/digital_strategy.pdf

πίσω από την υιοθέτησή τους συνδέονται στενά με τους οργανισμούς που συμμετέχουν συχνότερα σε αυτά τα έργα όπως τα πανεπιστήμια που υιοθετούν από νωρίς τις νέες τεχνολογίες, ενώ υπάρχει έλλειψη εκπροσώπησης για τους μικρότερους, οργανισμούς, όπως δημόσιες βιβλιοθήκες, μουσεία ή και γκαλερί [1].

Ένα άλλο θεμελιώδες ζήτημα στη δημοσίευση και τη χρήση των δεδομένων της ΠΚ στον Ιστό είναι πώς το ετερογενές περιεχόμενο μπορεί να γίνει σημασιολογικά διαλειτουργικό, έτσι ώστε τα δεδομένα να μπορούν να αναζητηθούν, να διασυνδεθούν και να παρουσιαστούν με εναρμονισμένο τρόπο πέρα από τα όρια των συνόλων δεδομένων. Το πρόβλημα σχετίζεται με τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται αυτό το περιεχόμενο: τα δεδομένα συλλέγονται, διατηρούνται και δημοσιεύονται από διάφορα μουσεία, βιβλιοθήκες, αρχεία και άλλους φορείς χρησιμοποιώντας τα δικά τους πρότυπα και βέλτιστες πρακτικές που μπορεί να μην είναι συμβατές μεταξύ τους [5]. Οι τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού και των διασυνδεδεμένων δεδομένων είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων της σημασιολογικής διαλειτουργικότητας σε ένα καταναλωμένο περιβάλλον δημιουργίας περιεχομένου.

Τα οφέλη των διασυνδεδεμένων ανοιχτών δεδομένων για τους πολιτιστικούς οργανισμούς συνοψίζονται παρακάτω [27]:

- Αυξάνεται η επισκεψιμότητα και η αναγνωρισιμότητα του φορέα
- Επιτυγχάνεται διαλειτουργικότητα μεταξύ διαφορετικών συνόλων δεδομένων
- Βελτιώνεται η ποιότητα της παρεχόμενης πληροφορίας στο διαδίκτυο
- Προκύπτουν νέες αξιόλογες χρήσεις της έγκριτης πληροφορίας
- Προάγεται περαιτέρω η επιστημονική γνώση
- Βελτιώνονται και εμπλουτίζονται τα δεδομένα
- Βελτιώνεται και επαυξάνεται η εμπειρία του χρήστη
- Οι συλλογές συμπληρώνονται εικονικά
- Διευκολύνεται η δημιουργία νέων υπηρεσιών
- Προάγεται η «τυχαία ανακάλυψη» της πληροφορίας
- Ενισχύεται η συνεργασία μεταξύ πολιτιστικών φορέων
- Ενισχύεται η τεχνογνωσία των φορέων αναφορικά με τις ψηφιακές τεχνολογίες
- Ενισχύεται ο δημόσιος ρόλος των μουσείων, των βιβλιοθηκών και των αρχείων

Συμπερασματικά, ο τομέας της ΠΚ ασχολείται παραδοσιακά με την ανταλλαγή πόρων και την προώθηση της ανθρώπινης γνώσης. Δεδομένου ότι οι στόχοι αυτοί φαίνεται να ευθυγραμμίζονται με τους στόχους των συνδεδεμένων δεδομένων, προκύπτει ότι οι τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού θα μπορούσαν να είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για όσους εργάζονται στον τομέα της ΠΚ [1]. Τα πρότυπα του Σημασιολογικού Ιστού και οι βέλτιστες

πρακτικές, ειδικά αυτά που υποστηρίζει ο Οργανισμός W3C, παρέχουν μια κοινή βάση στην οποία τα διαλειτουργικά συστήματα Ιστού μπορούν να κατασκευαστούν με σαφώς καθορισμένο τρόπο. Οι νέες τεχνολογίες δεν είναι πανάκεια για όλα τα προβλήματα, αλλά ένα εργαλείο με το οποίο τα δύσκολα ζητήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν πιο αποτελεσματικά από πριν [2].

3.6 Εργαλεία και Εφαρμογές

3.6.1 *Protégé*

Όπως αναφέρθηκε στις προηγούμενες ενότητες, μια οντολογία είναι η εννοιολογική προσέγγιση ενός τομέα σε μηχανικά αναγνώσιμη μορφή. Οι οντολογίες γίνονται όλο και πιο δημοφιλή σχήματα μοντελοποίησης για υπηρεσίες και εφαρμογές διαχείρισης γνώσεων. Η ανάπτυξη εργαλείων για τη γραφική απεικόνιση των οντολογιών αυξάνεται ώστε να διευκολύνει την αξιολόγηση και την ανάλυσή τους. Η απεικόνιση των γραφημάτων βοηθά στην περιήγηση και την κατανόηση της δομής των οντολογιών.

Το Protégé²³ είναι ένα από τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα εργαλεία ανάπτυξης οντολογιών και μοντελοποίησης γνώσης [19,20]. Αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Stanford, ως ένα δωρεάν πρόγραμμα επεξεργασίας οντολογιών ανοιχτού κώδικα και ένα πλαίσιο για τη δημιουργία ευφυών συστημάτων. Το Protégé υποστηρίζεται από μια ισχυρή κοινότητα ακαδημαϊκών, κυβερνητικών και εταιρικών χρηστών, οι οποίοι το χρησιμοποιούν για την ανάπτυξη λύσεων βασισμένων στη γνώση σε διάφορους τομείς όπως η βιοϊατρική, το ηλεκτρονικό εμπόριο και η οργανωτική μοντελοποίηση [21]. Το Protégé παρέχει έναν διαισθητικό συντάκτη οντολογιών για όλα τα γνωστά μορφότυπα οντολογιών OWL και διαθέτει επεκτάσεις για την οπτικοποίηση της οντολογίας, τη διαχείριση έργων, τη μηχανική λογισμικού και άλλες εργασίες μοντελοποίησης. Οι οντολογίες μπορούν να επεξεργαστούν διαδραστικά μέσα στο Protégé και να προσπελαστούν με γραφικό περιβάλλον χρήστη και το Java API (για τη λειτουργία μοντέλων OWL και RDF). Το Protégé μπορεί να επεκταθεί με προσθήκη νέων λειτουργιών και υπηρεσιών για την επίτευξη ευελιξίας σε λειτουργίες εισαγωγών και εξαγωγών, οπτικοποίησης [20]. Διαθέτει plugins για νέες λειτουργίες όπως για την αυτοματοποιημένη συλλογιστική (reasoning), για τον έλεγχο της ορθότητας της οντολογίας που δημιουργείται. Δημοφιλείς plug-ins reasoners είναι οι FaCT++, Hermit, και Pellet.

²³ <https://protege.stanford.edu/>

3.6.2 *Virtuoso Universal Server*

Η πύλη διενέργειας ερωτημάτων, αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο της σχέσης Σημασιολογικού Ιστού και της SPARQL. Το λογισμικό διενέργειας ερωτημάτων υλοποιεί μια υπηρεσία παροχής δεδομένων. Η υπηρεσία αυτή είναι υπεύθυνη για την επεξεργασία ερωτημάτων SPARQL. Κύριος εκπρόσωπος στον τομέα είναι το λογισμικό Virtuoso Universal Server (middleware)²⁴, που αποτελεί μια υπερ-υπηρεσία αφού συνδυάζει πολλές διαφορετικές υπηρεσίες. Χαρακτηρίζεται ως ένα ολοκληρωμένο πληροφοριακό σύστημα διαφόρων συνεργαζόμενων υπηρεσιών με απώτερο σκοπό την παροχή πληροφορίας στην ψηφιακή εποχή και δη στον σημασιολογικό ιστό. Αναλυτικότερα πρόκειται για μια πλατφόρμα (middleware) υπηρεσιών ανεξαρτήτου λειτουργικού συστήματος που ονομάζεται Universal Server. Το Virtuoso Universal Server είναι ένα εμπορικό προϊόν και το Virtuoso Open-Source Edition είναι η έκδοση Ελεύθερου Λογισμικού / Λογισμικού Ανοικτού Κώδικα (ΕΛ/ΛΑΚ) του Virtuoso Universal Server, αλλά στερείται ορισμένων προηγμένων λειτουργιών. Το Virtuoso SPARQL Endpoint είναι ο κύριος εκφραστής αυτής της ικανότητας του Universal Server. [24].

²⁴ <https://virtuoso.openlinksw.com/>

4

Η περίπτωση του Σπηλαίου του Κιλκίς

4.1 Το Κιλκίς

Το Κιλκίς είναι πόλη της Μακεδονίας, έδρα του δήμου Κιλκίς (που συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης (2011) και προέκυψε από τη συνένωση των Δήμων Κιλκίς, Κρουσσών, Δοϊράνης, Χέρσου, Μουριών, Πικρολίμνης και Γαλλικού) και πρωτεύουσα της Περιφερειακής Ενότητας Κιλκίς στην Κεντρική Μακεδονία, με έκταση 1.581,21 τετραγωνικά χιλιόμετρα και μόνιμο πληθυσμό 22.740 κατοίκους (2021). Το Κιλκίς απέχει 48 χιλιόμετρα από τη Θεσσαλονίκη. Οι περισσότεροι κάτοικοι έχουν προσφυγική καταγωγή, αφού από το 1913 δέχθηκε πλήθος Μακεδόνων και Θρακών προσφύγων που εγκαταστάθηκαν σε αυτή, από τη βόρεια Μακεδονία, την Ανατολική Ρωμυλία και την Ανατολική Θράκη. Το Κιλκίς είναι χτισμένο στους πρόποδες του λόφου Αγίου Γεωργίου όπου σώζεται η μεταβυζαντινή ομώνυμη εκκλησία του 1830 και είναι το διοικητικό, οικονομικό, εμπορικό και πολιτιστικό κέντρο της περιοχής [29].

4.2 Το σπήλαιο του Κιλκίς

Στη βόρεια Ελλάδα, 45 χιλιόμετρα βόρεια της Θεσσαλονίκης, ένα από τα λίγα δημόσια σπήλαια στη Βόρεια Ελλάδα βρίσκεται στο λόφο του Αγίου Γεωργίου, κοντά στο Κιλκίς. Το σπήλαιο φημίζεται για της σταλακτίτες και της σταλαγμίτες, το περιβάλλον του σπηλαίου και τα χιλιάδες απολιθωμένα οστά. Από το 1986, περίπου 80.000 άνθρωποι έχουν επισκεφθεί αυτό το σπήλαιο και ξεναγήσεις παρέχονται από το Δήμο Κιλκίς. Κατά τη διάρκεια της Ύστερης Πλειστόκαινου Περιόδου, περίπου 30.000 χρόνια πριν, το σπήλαιο ήταν φωλιά ύαινας καθώς απομεινάρια άγριας πανίδας της περιόδου έχουν ανακτηθεί στα ιζήματα του σπηλαίου. Τα

απολιθώματα που βρέθηκαν αφηγούνται μια συναρπαστική ιστορία για το τοπίο και την άγρια ζωή του [23].

Θεωρείται πως οι κλιματικές συνθήκες εντός του σπηλαιίου και το περιβάλλον του ενδείκνυται για σπηλαιοθεραπεία και συγκεκριμένα για την αντιμετώπιση του άσθματος και διαφόρων δερματικών παθήσεων. Στο παρελθόν έχουν γίνει σχετικές μελέτες ενώ σχετικά δημοσιεύματα υπάρχουν στον Τύπο της εποχής εκείνης (εικόνα 10).



Εικόνα 10. Δημοσίευμα του έτους 1992 για υπηρεσίες σπηλαιοθεραπείας στο σπήλαιο του Κιλκίς (εκτίθεται στο μουσείο).

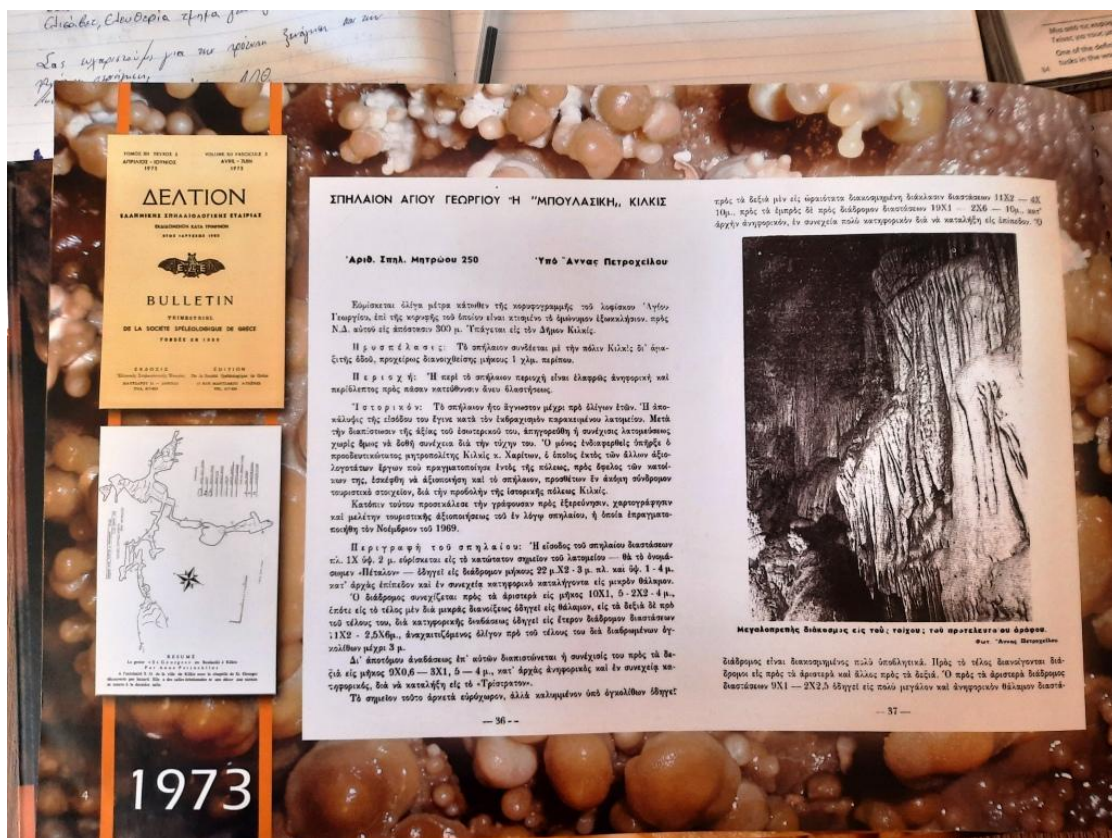
4.2.1 Σημαντικές Χρονικές Στιγμές

Εν συντομία, το σπήλαιο ανακαλύφθηκε το 1925 από τον Γ. Παυλίδη, το 1960 έγινε η πρώτη χαρτογράφηση του από την Άννα Πετροχείλου και την Ελληνική Σπηλαιολογική Εταιρεία (Ε.Σ.Ε.)²⁵ (εικόνες 11, 12, 13 & 14) και το 1986 το σπήλαιο άνοιξε για το κοινό.

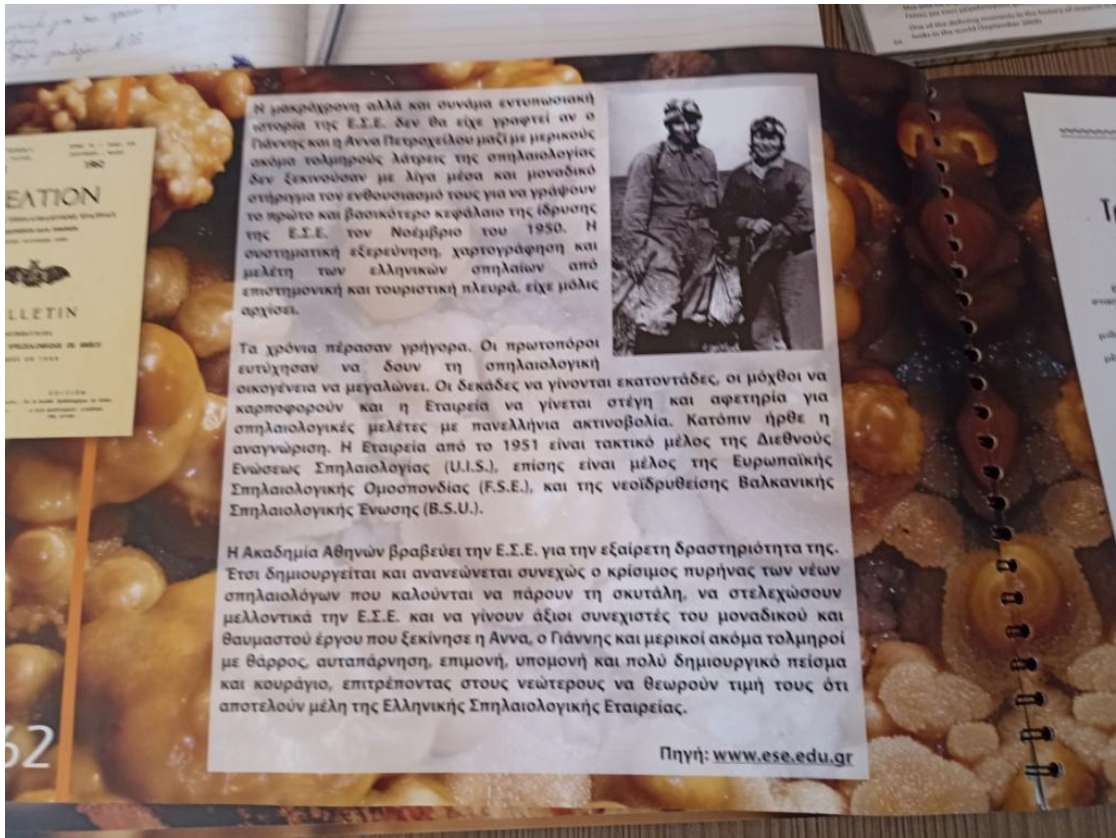
Σύμφωνα με την αφήγηση του Βασίλη Μακρίδη, ο Γιώργος Παυλίδης το 1925 εργαζόταν στα λατομεία της περιοχής (την δεκαετία του '60 υπήρχαν περί τα 11 λατομεία, κάποια από τα οποία εγκαταλείφθηκαν λόγω των κραδασμών που προκαλούσαν στο σπήλαιο και σε παρακείμενη μονή) του λόφου του Αγίου Γεωργίου. Σε μια ανατίναξη ρουτίνας σε ένα σημείο του λατομείου εμφανίστηκε μια είσοδος του σπηλαιίου. Το σπήλαιο που παρέμενε κλειστό για

²⁵ <https://ese.edu.gr/>

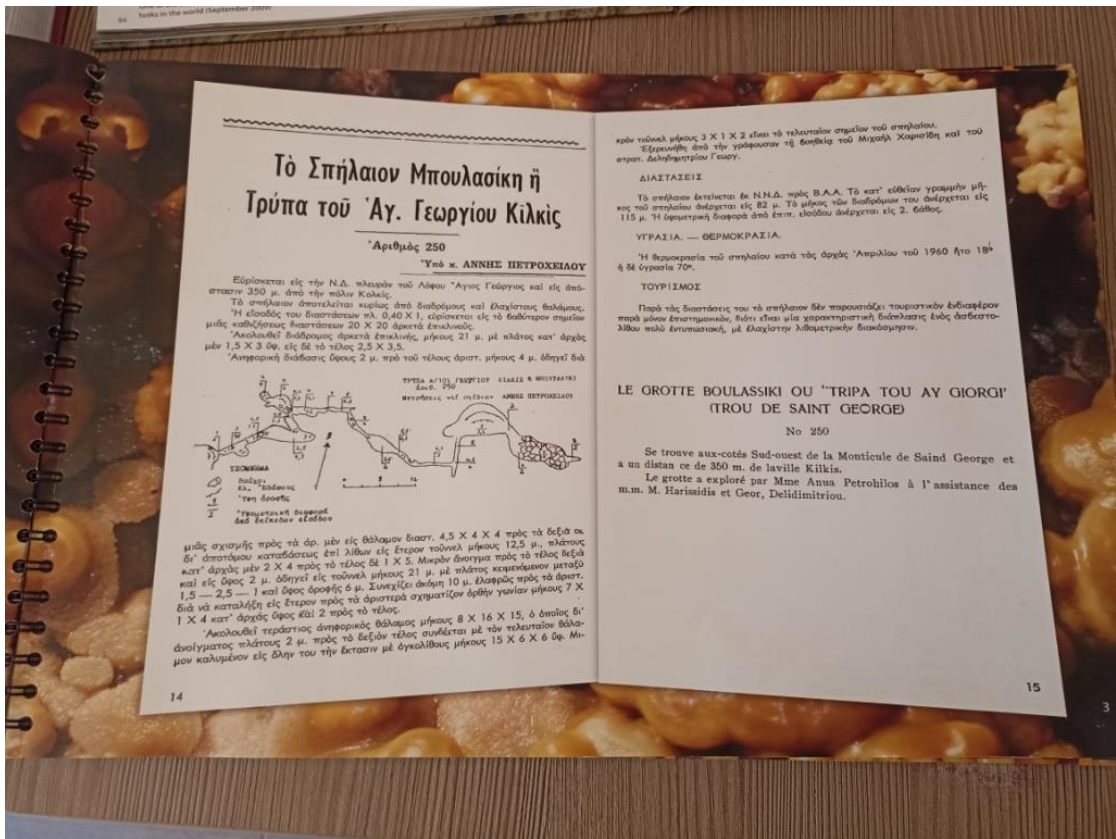
12.500 χρόνια (30.000 από τη σπηλαιογένεση) φανερώθηκε στους ανθρώπους. Τα πρώτα χρόνια το σπήλαιο δεχόταν επισκέπτες τοπικούς κατοίκους της περιοχής με διάθεση εξερεύνησης, ψυχαγωγίας ή και περιέργειας. Τοπικοί θρύλοι και μύθοι για νεράιδες, δράκοντες και δαίμονες δημιουργήθηκαν και φανταστικά περάσματα την πόλη του Κυλικής ή τη μονή του Αγίου Γεωργίου, μαζί με κρυμμένους θησαυρούς. Μέχρι το 1962 ήταν τοπικής φύσης εξερευνητικός προορισμός κατοίκων νεαρής ηλικίας μεταξύ των οποίων και του κ. Βασιλή Μακρίδη ο οποίος σε μια του εξερεύνηση ανακάλυψε οστά ζώων χωρίς περαιτέρω αξιοποίηση. Το 1962 (και το 1969), το σπήλαιο εξερευνήθηκε και χαρτογραφήθηκε από την σπηλαιολόγο Άννα Πετροχείλου. Το 1986, όταν το σπήλαιο άνοιξε τις πύλες του στο κοινό, ο Β. Μακρίδης ξεκίνησε να εργάζεται στο σπήλαιο ως φύλακας και άρχισε να συλλέγει τα απολιθωμένα οστά ψάχνοντας τρόπο αυτά να αξιολογηθούν από κάποιον επιστήμονα σχετικό με παλαιοντολογία ή γεωλογία. Η Ελένη Ιακωβίδου πρωτοετής φοιτήτρια και επισκέπτρια του σπηλαίου, μετέφερε το αίτημα του στους καθηγητές Ι. Μελέτη και Ε. Τσουκαλά, οι οποίοι όρισαν ερευνητικές ομάδες και ξεκίνησε η αξιολόγηση των απολιθωμάτων της σπηλιάς.



Εικόνα 11. Δημοσίευση της εποχής με πληροφορίες για το σπήλαιο (εκτίθεται στο μουσείο).



Εικόνα 12. Απόκομμα Δημοσίευσης της Ε.Σ.Ε. για την προσφορά των σπηλαιολόγων μεταξύ και η κ. Πετροχειλού (εκτίθεται στο μουσείο).



Εικόνα 13. Δημοσίευση της εποχής με πληροφορίες για το σπήλαιο (εκτίθεται στο μουσείο).

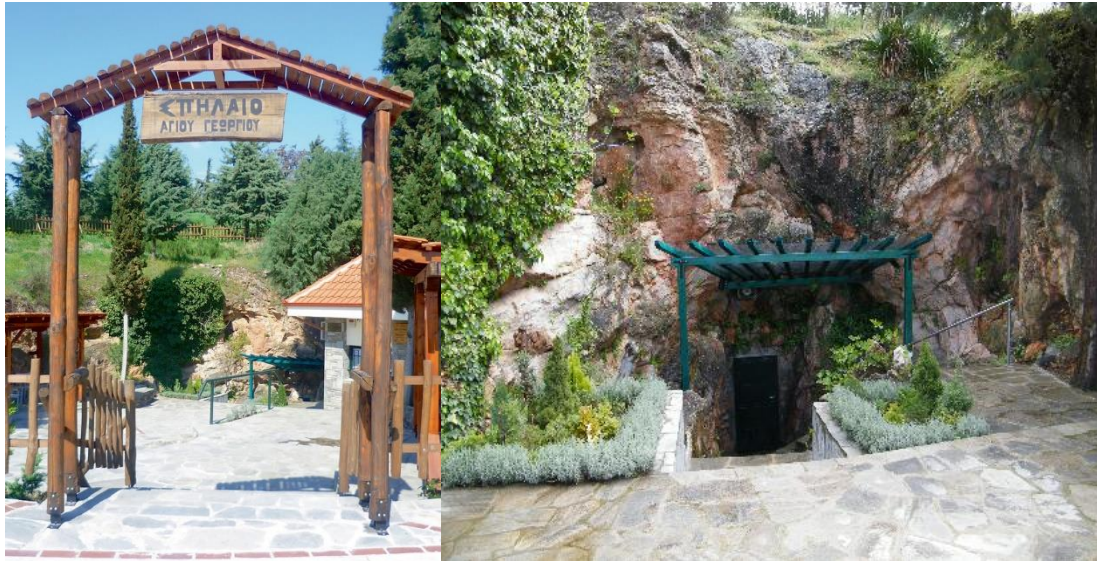


Εικόνα 14. Δημοσίευση της εποχής με πληροφορίες για το σπήλαιο (εκτίθεται στο μουσείο).

4.2.2 Χαρακτηριστικά του Σπηλαίου

Το σπήλαιο έχει μήκος διαδρόμων 300 μέτρων, ενώ η επιφάνεια του φτάνει τα 1000 τετραγωνικά μέτρα και βρίσκεται σε υψόμετρο 313 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Έχει σταθερή ετήσια εσωτερική θερμοκρασία 15 – 17 °C και 95% σταθερή εσωτερική ετήσια σχετική υγρασία. Τέλος, στο σπήλαιο έχουν βρεθεί περισσότερα από 1.100 απολιθωμένα οστά ζώων [23].





Εικόνα 15. Η είσοδος του σπηλαίου (προσωπικό αρχείο Β. Μακρίδη)

4.2.3 Η Σπηλαιογένεση

4.2.3.1 Πλειστόκαινο²⁶

Η γεωλογική εξέλιξη της γης ξεκίνησε τουλάχιστον πριν από 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Στην πορεία της σημειώθηκαν ενδογενή (π.χ. ορογένεση, ηφαιστειότητα, σεισμοί) και εξωγενή (αποσάθρωση, διάβρωση) φαινόμενα, τα οποία καθόρισαν τη μορφή της επιφάνειάς της. Με βάση τις εναλλαγές της μορφής της, η ιστορία της γης διαιρείται σε διάφορες περιόδους. Η εξέλιξη του ζωικού κόσμου, και συνεπώς και του ανθρώπινου είδους, καταλαμβάνει μόνον 600 εκατομμύρια χρόνια μέσα στη μακρόχρονη ιστορία της γης. Το Τεταρτογενές (2 εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα) είναι η γεωλογική περίοδος κατά την οποία εξελίχθηκε το ανθρώπινο είδος. Διακρίνεται σε δύο περιόδους, στο Πλειστόκαινο και στο Ολόκαινο. Το Πλειστόκαινο ονομάζεται και Διλούβιο ή περίοδος των Παγετώνων (2.000.000-12.000 πριν από σήμερα). Το όνομα Πλειστόκαινο έχει ελληνική προέλευση, από της λέξεις Πλείστος (πιο) και καινός (καινούργιος). Χαρακτηρίζεται κλιματολογικά από εναλλαγές θερμών και ψυχρών περιόδων. Στις αρχές του 20ού αιώνα, οι γεωλόγοι διέκριναν τέσσερις παγετώδεις περιόδους, στις οποίες οι παγετώνες αύξησαν το μέγεθός τους και η θαλάσσια στάθμη έπεσε. Οι παγετώνες χαρακτηρίζονται από ψυχρά στάδια με αύξηση πάγων και ενδιάμεσα στάδια με περισσότερο ή λιγότερο εύκρατο ή και θερμό κλίμα. Το Πλειστόκαινο αντιστοιχεί χρονικά στην Παλαιολιθική εποχή, δηλαδή την πρώτη και χρονικά εκτενέστερη περίοδο της εποχής του Λίθου [30].

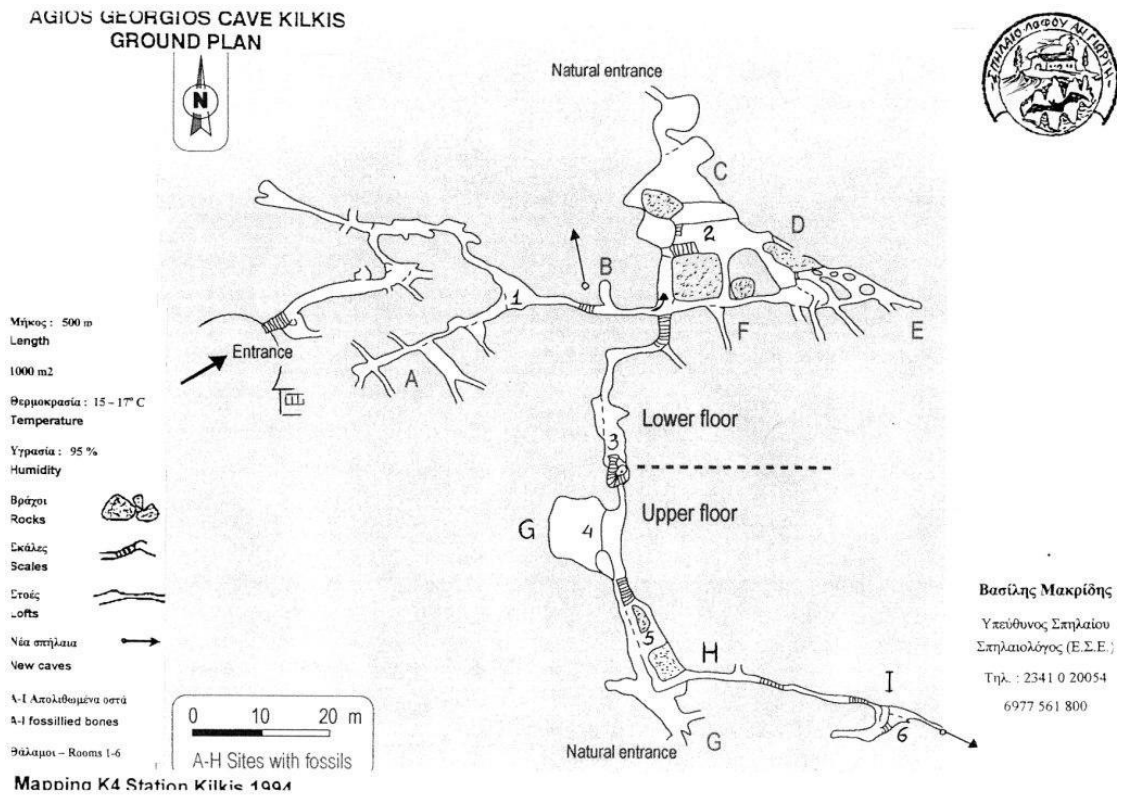
²⁶ <http://www.ime.gr/chronos/01/gr/intro/pleistokaino.html>

4.2.3.2 Η Σπηλαιογένεση

Το σπήλαιο του Κιλκίς, ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1962, και αναπτύσσεται με εξαιρετικό τρόπο, γνωστό στους σπηλαιολόγους ως “μοτίβο λαβυρίνθου”. Οι διάδρομοι και οι θαλάμοι του αναπτύσσονται ως δίκτυο και τις φορές συνδέονται μεταξύ τους [22,23]. Το σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου Κιλκίς εμφανίζει δηλαδή μία ξεχωριστή ανάπτυξη διαδρόμων και θαλάμων που περιγράφεται στη σπηλαιολογία με τον όρο «λαβύρινθος». Ο όρος αυτός αποδίδεται σε σπήλαια με πολλά περάσματα που σχηματίζουν μεταξύ τους ένα δίκτυο και διασταυρώνονται σε πολλά σημεία. Πέρα από περιγραφικός όρος, ο λαβύρινθος είναι συνδεδεμένος με έναν ξεχωριστό τρόπο δημιουργίας σπηλαίων δηλαδή σπηλαιογένεσης. Τα σπήλαια δημιουργούνται κυρίως από το νερό της βροχής που κινείται στα βάθη των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, όπου υπάρχει υπόγειο νερό. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, πιο θερμά υπόγεια νερά ανεβαίνουν στην επιφάνεια της Γης ή βρίσκονται εγκλωβισμένα μέσα στα πετρώματα και τότε μπορεί να δημιουργούνται σπήλαια με πολύ διαφορετικούς μηχανισμούς. Μία τέτοια περίπτωση είναι και το σπήλαιο του Κιλκίς, του οποίου η λαβυρινθώδης μορφολογία υποδεικνύει την προέλευσή του. Η σπηλαιογένεση του σπηλαίου του Κιλκίς πραγματοποιήθηκε πριν από τον σχηματισμό του λόφου του Αγίου Γεωργίου και όταν βαθύτερα πετρώματα ασβεστόλιθου, λειτούργησαν ως βράχος υποδοχής για το ιαματικό νερό. Ανυψωτικές κινήσεις στην περιοχή σχημάτισαν τον λόφο του Κιλκίς και ανέβασαν το σπήλαιο σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Στη συνέχεια αυτό ξεράθηκε και αρκετές είσοδοι άνοιξαν λόγω της διάβρωσης του λόφου. Έτσι, σχηματίστηκαν σπηλαιοθέματα στα περάσματα του σπηλαίου και ζώα εισήλθαν ή παγιδεύτηκαν στους θαλάμους ή τους διαδρόμους του (εικόνες 16 & 17) [22,23].



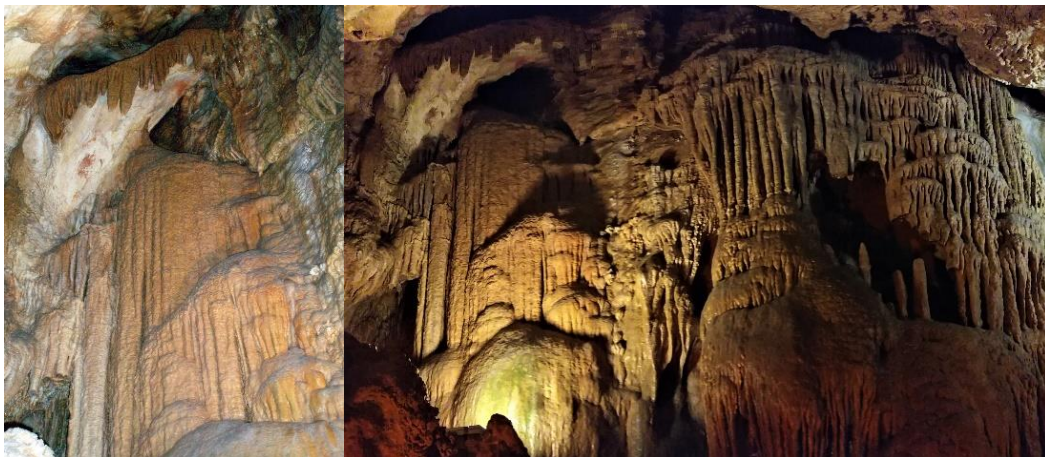
Εικόνα 16. Τρισδιάστατη Αναπαράσταση του σπηλαίου Αγίου Γεωργίου (προσωπικό αρχείο Β. Μακρίδη).



Εικόνα 17. Κάτοψη του σπηλαίου του Αγίου Γεωργίου (προσωπικό αρχείο Β. Μακρίδη).

4.2.3.2.1 Σπηλαιοθέματα

Τα σπηλαιοθέματα είναι αποθέσεις κρυστάλλων ορυκτών με διάφορες μορφές και κυρίως του ασβεστίτη. Το νερό της βροχής διαλύει, τόσο επιφανειακά όσο και υπόγεια τον ασβεστόλιθο και μεταφέρει ό,τι διέλυσε. Όταν φτάσει σε κάποιο πέρασμα σπηλαίου ή θάλαμο, αποθέτει το υλικό αυτό δημιουργώντας τα σπηλαιοθέματα. Το σπήλαιο του Κιλκίς έχει ενδιαφέροντα διάκοσμο με, σταλακτίτες που κρέμονται από την οροφή, σταλαγμίτες που δημιουργούνται και συσσωρεύονται στο δάπεδο του σπηλαίου και πολλά άλλα σπηλαιοθέματα με ποικιλία μορφών και χρωμάτων.



Εικόνα 18. Σχηματισμοί σπηλαιοθεμάτων στο σπήλαιο Αγίου Γεωργίου (προσωπικό αρχείο Β. Μακρίδη).

Με μια προσεκτική εξέταση των τοίχων του σπηλαίου, εμφανίζονται πιο εντυπωσιακές δομές σπηλαιοθεμάτων σε κάθε κατεύθυνση. Μεταξύ αυτών ξεχωρίζουν τα σπάνια κοράλλια που ονομάζονται “cave popcorn” που σε τις θέσεις μέσα στο σπήλαιο εμφανίζουν μία πλατιά μορφή. Εξαιτίας αυτού του σχήματος σε πολλά σπήλαια τα λένε και «κουμπιά» και προϋποθέτουν ειδικές συνθήκες δημιουργίας, εφόσον είναι συνδυασμός απόθεσης ασβεστιτικού υλικού με ταυτόχρονη διάλυση.



Εικόνα 19. Κοράλλια του σπηλαίου “cave popcorn” (προσωπικό αρχείο Β. Μακρίδη).

Οι έρευνες μέσα στο σπήλαιο έδειξαν ότι η διάλυση αυτή οφείλεται στην ίδια την ατμόσφαιρα της σπηλιάς. Η αυξημένη υγρασία της ατμόσφαιρας επικάθεται στα τοιχώματα και εκεί, μέσα από χημικές διαδικασίες (δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα), αποκτά όξινες ιδιότητες και διαλύει εκ νέου τα σπηλαιοθέματα. Εκτός από τα κοράλλια που υπάρχουν σε αφθονία και αποδεικνύουν αυτόν το μηχανισμό, υπάρχουν και πολλά σπηλαιοθέματα που κατά ένα μέρος έχουν αλλάξει σχήμα εξαιτίας της της διάλυσης. Ο μηχανισμός της πιστεύεται ότι έδρασε και δρα διαχρονικά κατά διαφορετικό τρόπο έως τώρα, ανάλογα με το πόσες εισόδους είχε το σπήλαιο, τις θερμοκρασιακές μεταβολές στην περιοχή και τα ρεύματα αέρα μέσα σε αυτό. Το σπήλαιο είναι διάσημο λόγω της μεγάλης ποικιλίας των κοραλλιών των σπηλαίων (εικόνα 19) και απαντώνται παντού στους τοίχους του [22, 23].

4.3 Οι Αίθουσες του Σπηλαίου

Το σπήλαιο περιλαμβάνει ένα σύνολο έξι (6) επισκέψιμων χώρων (αίθουσες ή διαδρόμους) στους δύο ορόφους του, τρεις στον πρώτο όροφο και τρεις στον δεύτερο (εικόνα 20). Οι θάλαμοι του δεύτερου ορόφου θεωρούνται πιο συναρπαστικοί λόγω της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνουν τα πέτρινα κοράλλια.

4.3.1 Αίθουσα Φλαμίνγκο



Εικόνα 20. Το πέτρινο φλαμίνγκο του σπηλαίου (προσωπικό αρχείο).

Ο πρώτος θάλαμος του σπηλαίου που συναντάται πρώτος μετά την είσοδο στο σπήλαιο. Σε αυτό το θάλαμο βρέθηκαν τα απολιθώματα των ελαφοειδών, του Μεγαλόκερου, του κόκκινου ελαφιού και του ευρωπαϊκού ημίονου. Στα σημεία που έχουν βρεθεί τα απολιθώματα υπάρχουν κατάλληλες σημάνσεις εντός του σπηλαίου. Τα ζώα αυτά είτε παγιδεύτηκαν μέσα στο σπήλαιο κατά την πτώση τους από φυσικές οπές στην οροφή του και συχνά τα απολιθώματά τους ανακαλύπτονται ψηλά στα τοιχώματά του, είτε μεταφέρθηκαν εντός από την ύαινα των σπηλαίων που κατοικούσε στην περιοχή. Η αίθουσα πήρε το όνομά της από τον πέτρινο σχηματισμό που μοιάζει με φλαμίνγκο (εικόνα 21).

4.3.2 Μεγάλη Αίθουσα

Συνεχίζοντας αριστερά και μετά τη διασταύρωση βρίσκεται ο μεγάλος θάλαμος του σπηλαίου, όπου υπήρξε και η φυσική είσοδος του (εικόνα 21) με βορινό προσανατολισμό. Στη θέση αυτή έχουν βρεθεί πολλά απολιθώματα σκελετών ζώων, αφού την είσοδο αυτή χρησιμοποιούσε η ύαινα που χρησιμοποιούσε αποκλειστικά τη σπηλιά ως καταφύγιο. Στην θέση αυτή έχουν βρεθεί απολιθωμένα οστά υαινών και νεαρών υαινών, ελαφοειδών, αλόγων, βοοειδών, πουλιών, άγριας γάτας, νυφίτσας, ένα είδος αβγού και οι κοπρολίτες της ύαινας. Τα οστά αυτά έχουν ηλικία 30.000 τα παλιότερα και 12.500 χρόνια τα νεότερα. 12.500 χρόνια πριν και μετά από κάποιο σεισμό έκλεισε αυτή η φυσική είσοδος του σπηλαίου. Το ίδιο έγινε και με την δεύτερη φυσική είσοδο του δευτέρου ορόφου. Η μεγάλη αίθουσα βρίσκεται σε βάθος είκοσι μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας.



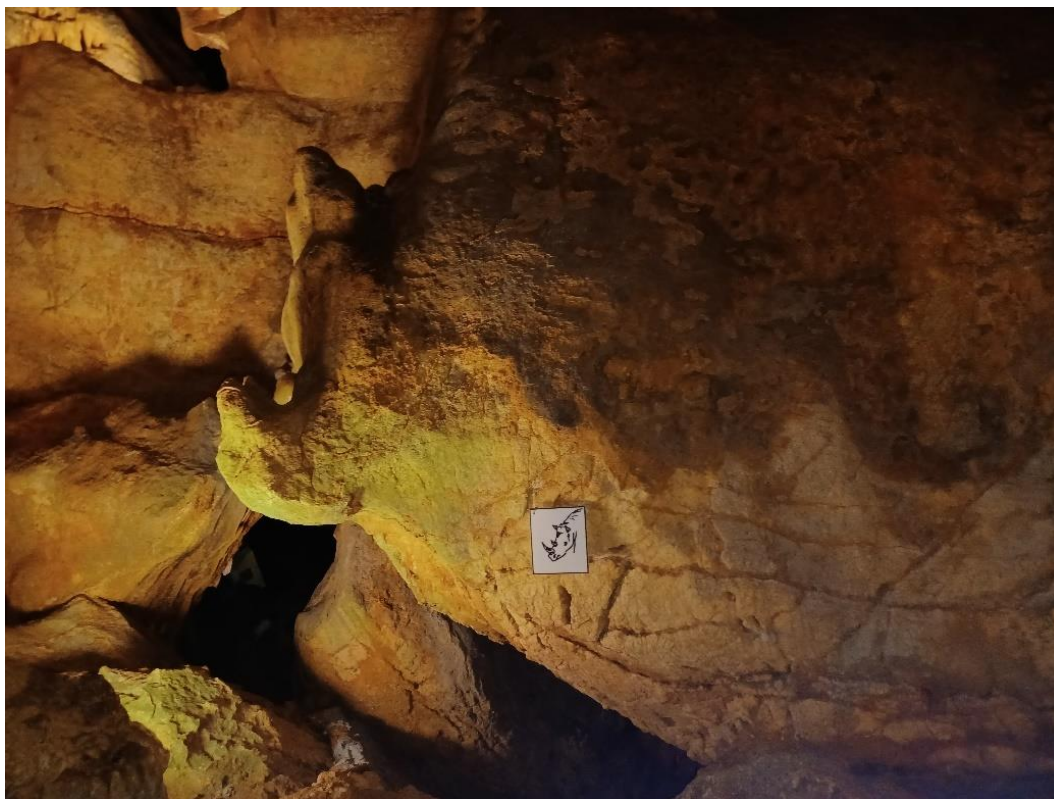
Εικόνα 21. Φυσική είσοδος του σπηλαίου στη μεγάλη αίθουσα (προσωπικό αρχείο).

Στο διάκοσμο της μεγάλης αίθουσας υπάρχει και ο σχηματισμός μιας πέτρινης κουκουβάγιας (εικόνα 22).



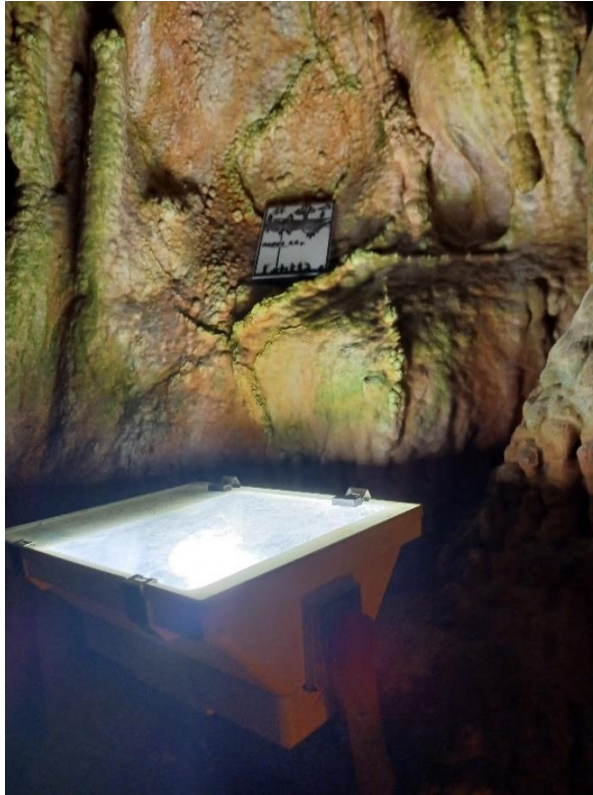
Εικόνα 22. Ο πέτρινος σχηματισμός της κουκουβάγιας στη μεγάλη αίθουσα (προσωπικό αρχείο).

Στον ίδιο όροφο μπορεί κανείς να παρατηρήσει και στους πέτρινους σχηματισμούς τον ρινόκερο της εικόνας 23.



Εικόνα 23. Ο ρινόκερος του σπηλαίου (προσωπικό αρχείο).

Σε αυτή τη διαδρομή βρίσκεται και το πιο βαθύ σημείο της σπηλιάς που είναι τα 26 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (εικόνα 24). Στην ίδια διαδρομή βρίσκονται και οι πέτρινες κουρτίνες της σπηλιάς (σπηλαιothέματα).



Εικόνα 24. Το βαθύτερο σημείο της σπηλιάς (προσωπικό αρχείο).

4.3.3 Διάδρομος Καταρρακτών



Εικόνα 25. Οι πέτρινοι καταρράκτες του σπηλαίου (προσωπικό αρχείο).

Ο διάδρομος πήρε το όνομά του από της πέτρινους καταρράκτες (εικόνα 25) που υπάρχουν σε μεγάλη έκταση στο διάκοσμο των τοίχων του. Σε θέση αυτού του διαδρόμου έχουν βρεθεί τα προηγούμενα δύο χρόνια απολιθώματα δοντιών από την κάτω αριστερή γνάθο του ευρωπαϊκού ημίονου.



Εικόνα 26. Απολιθωμένα δόντια κάτω γνάθου ευρωπαϊκού ημίονου (προσωπικό αρχείο).

Ανεβαίνοντας τη σκάλα που οδηγεί στον δεύτερο όροφο του σπηλαίου βρίσκεται ο σχηματισμός του πέτρινου φιδιού (εικόνα 27).



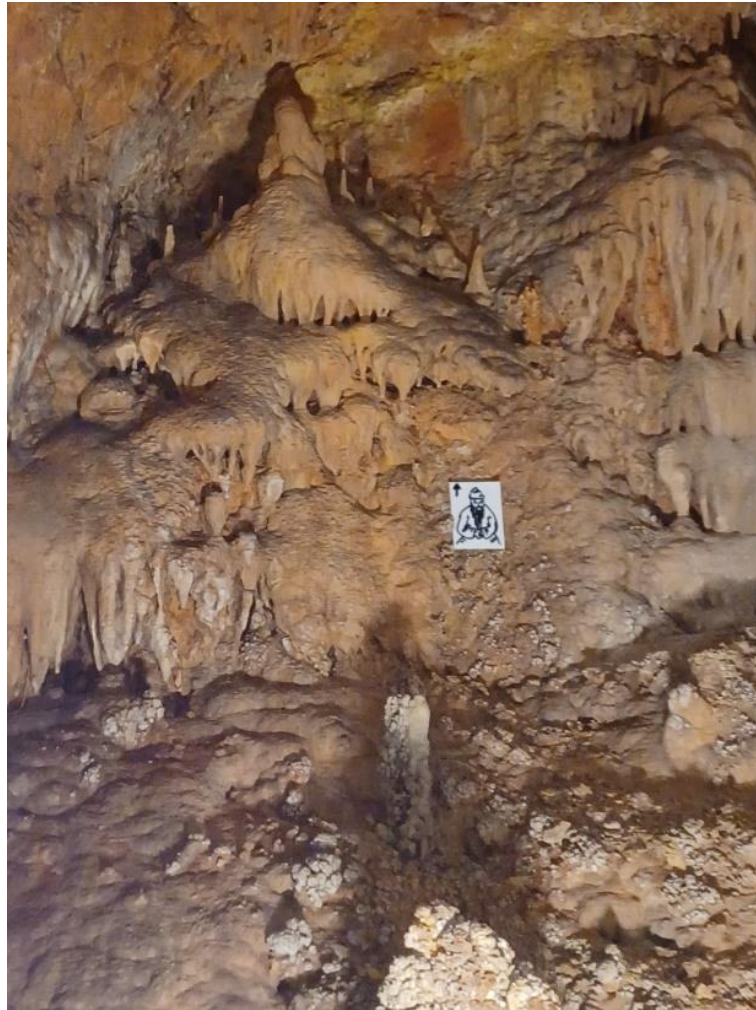
Εικόνα 27. Το πέτρινο φίδι της σπηλιάς (προσωπικό αρχείο).

Η πρώτη εικόνα που συναντά κανείς ανεβαίνοντας στον δεύτερο όροφο είναι τα διάσπαρτα παντού πέτρινα κοράλλια.

4.3.4 Αίθουσα Προφήτη

Ο πρώτος θάλαμος του δεύτερου ορόφου που είναι και ο πιο εντυπωσιακός πήρε το όνομά του από τον πέτρινο καλόγερο που βρίσκεται σε στάση προσευχής σε περίοπτη θέση μέσα στη σπηλιά (εικόνα 28). Να σημειωθεί εδώ πως φαίνεται πως οι αρχικές οροφές όλων των θαλάμων έχουν καταστραφεί από σεισμούς πριν από 12.500 χρόνια. Και έχουν ξαναδημιουργηθεί με τους σταλακτίτες. Στην αίθουσα αυτή υπάρχουν θέσεις ανακάλυψης απολιθωμάτων. Στα τοιχώματα της αίθουσας εμφανίζονται και ρίζες φυτών από την επιφάνεια πάνω στο λόφο του Αγίου Γεωργίου που διαπέρασαν το βράχο της σπηλιάς μέσα από ρωγμές και έφτασαν σε βάθος 20 μέτρων.

Στην αίθουσα αυτή εντυπωσιάζει η μεγάλη έκταση των πέτρινων κοραλλιών της σπηλιάς (εικόνα 29).



Εικόνα 28. Ο πέτρινος καλόγερος σε στάση προσευχής (προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 29. Τα πέτρινα κοράλλια της αίθουσας του Προφήτη (προσωπικό αρχείο).

4.3.5 Διάδρομος Κοραλλιών



Εικόνα 30. Ο διάκοσμος της αίθουσας κοραλλιών (προσωπικό αρχείο).

Επόμενη αίθουσα είναι ο διάδρομος των κοραλλιών διότι παντού στα τοιχώματα της σπηλιάς υπάρχουν εντυπωσιακοί και περίτεχνοι σχηματισμοί πέτρινων κοραλλιών σε διάφορα μεγέθη και σχήματα (εικόνα 30). Στην αίθουσα αυτή βρίσκεται και οι σχηματισμοί του πέτρινου ελέφαντα (εικόνα 31) και του πέτρινου κροκόδειλου (εικόνα 32).

Στον πέμπτο θάλαμο του δεύτερου ορόφου βρίσκεται και η δεύτερη φυσική είσοδος του σπηλαίου (εικόνα 33). Αυτή η είσοδος σήμερα είναι κλειστή.



Εικόνα 31. Ο πέτρινος ελέφαντας της σπηλιάς (προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 32. Ο πέτρινος κροκόδειλος της σπηλιάς (προσωπικό αρχείο).

Τα τελευταία σαράντα μέτρα της σπηλιάς ανακαλύφθηκαν από τον ίδιο τον Βασίλη Μακρίδη μέσω της στενού ανοίγματος και πολύ αργότερα από την πρώτη χαρτογράφηση του σπηλαιίου.

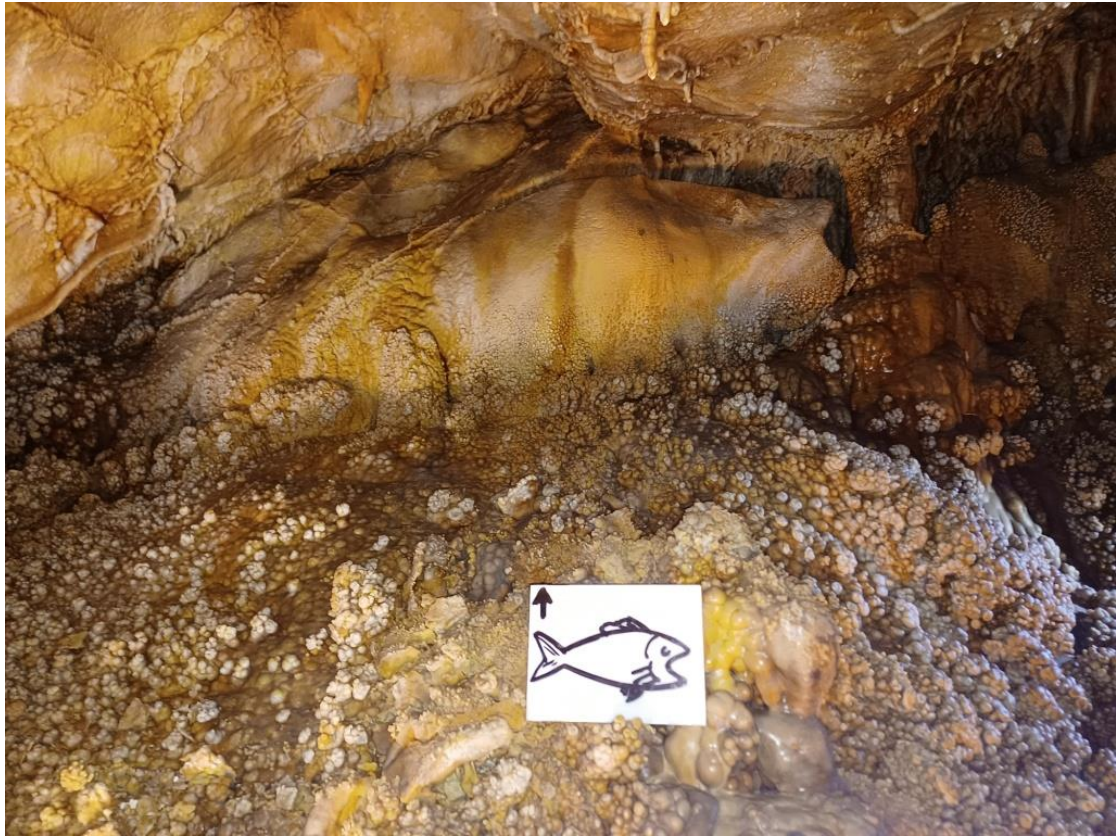
Στο διάδρομο αυτό υπάρχουν θέσεις απολιθωμάτων πάνω στα τοιχώματα της σπηλιάς (εικόνα 34). Το κομμάτι αυτό του σπηλαιίου δεν παρουσιάζει φθορές ανθρώπινου παράγοντα διότι ανακαλύφθηκε τελευταίο το έτος 1989. Ο διάκοσμος των κοραλλιών υπάρχει παντού και είναι εντυπωσιακός. Στα τελευταία μέτρα μπορεί κανείς να δει το πέτρινο ψάρι του σπηλαιίου (εικόνα 35).



Εικόνα 33. Η δεύτερη φυσική είσοδος του σπηλαιίου (προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 34. Θέσεις απολιθωμάτων στη σπηλιά (προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 35. Το πέτρινο ψάρι της σπηλιάς (προσωπικό αρχείο)

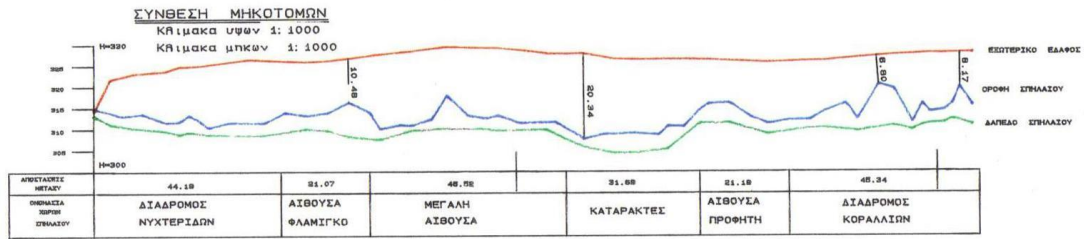
4.3.6 Διάδρομος Νυχτερίδων

Ο τελευταίος θάλαμος του σπηλαίου ο οποίος φέρει διάσπαρτους πέτρινους σχηματισμούς κοραλλιών (εικόνα 36). Ανεπίσημα ο κ. Μακρίδης αναφέρει πως τον ονομάζει θάλαμο Άννας Πετροχείλου για να τιμήσει την τελευταία για τη μεγάλη της συμβολή στην ανάδειξη του σπηλαίου.



Εικόνα 36. Ο τελευταίος θάλαμος του σπηλαίου (προσωπικό αρχείο).

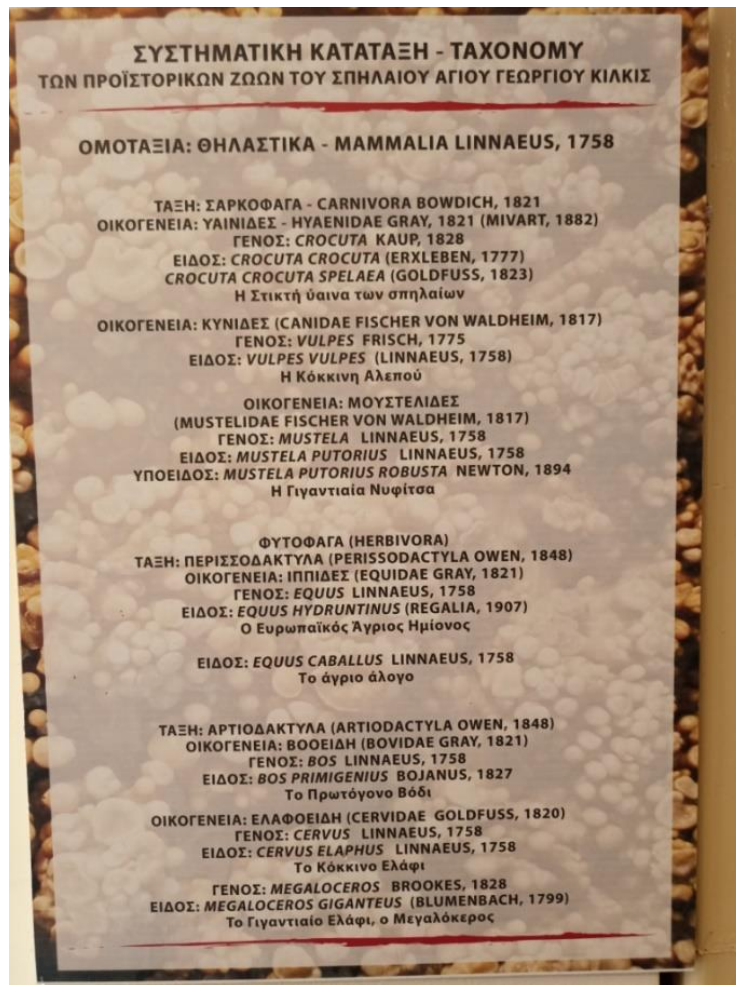
Στην παρακάτω εικόνα 37 εμφανίζεται ένα διάγραμμα των θαλάμων του σπηλαίου με τις σχετικές διατάξεις τους.



Mapping by "K4 station" Kilkis 1994

Εικόνα 37. Τομή των αιθουσών του σπηλαίου (προσωπικό αρχείο Β. Μακρίδη).

4.4 Η Άγρια Ζωή του Σπηλαίου



Εικόνα 38. Τα ζώα που έζησαν στο σπήλαιο του Κιλκίς (αφίσα στο μουσείο)

Πριν από περίπου 13.000 χρόνια, ο λόφος ήταν ένα επικίνδυνο μέρος να ζει κανείς. Το σπήλαιο αποτελούσε άντρο υαινών, οι οποίες τρέφονταν κυρίως με φυτοφάγα ζώα, σε μια περιοχή με μεγάλη ακτίνα. Ορισμένες φορές κυνηγούσαν το θύμα τους, τις περισσότερες τρέφονταν με ήδη νεκρά ζώα, τα οποία τα μετέφεραν ολόκληρα ή μόνο τμήματά τους μέσα στο σπήλαιο. Αυτό οδήγησε στη συγκέντρωση του μεγάλου αριθμού οστών, τα οποία στη συνέχεια θάφτηκαν, απολιθώθηκαν ή καλύφθηκαν με σταλαγματικό υλικό και έτσι διασώθηκαν σε πολύ καλή κατάσταση. Επιπλέον, αρκετά «άτυχα» ζώα παγιδεύτηκαν μέσα σε βαθιές σχισμές και διακλάσεις του λόφου.

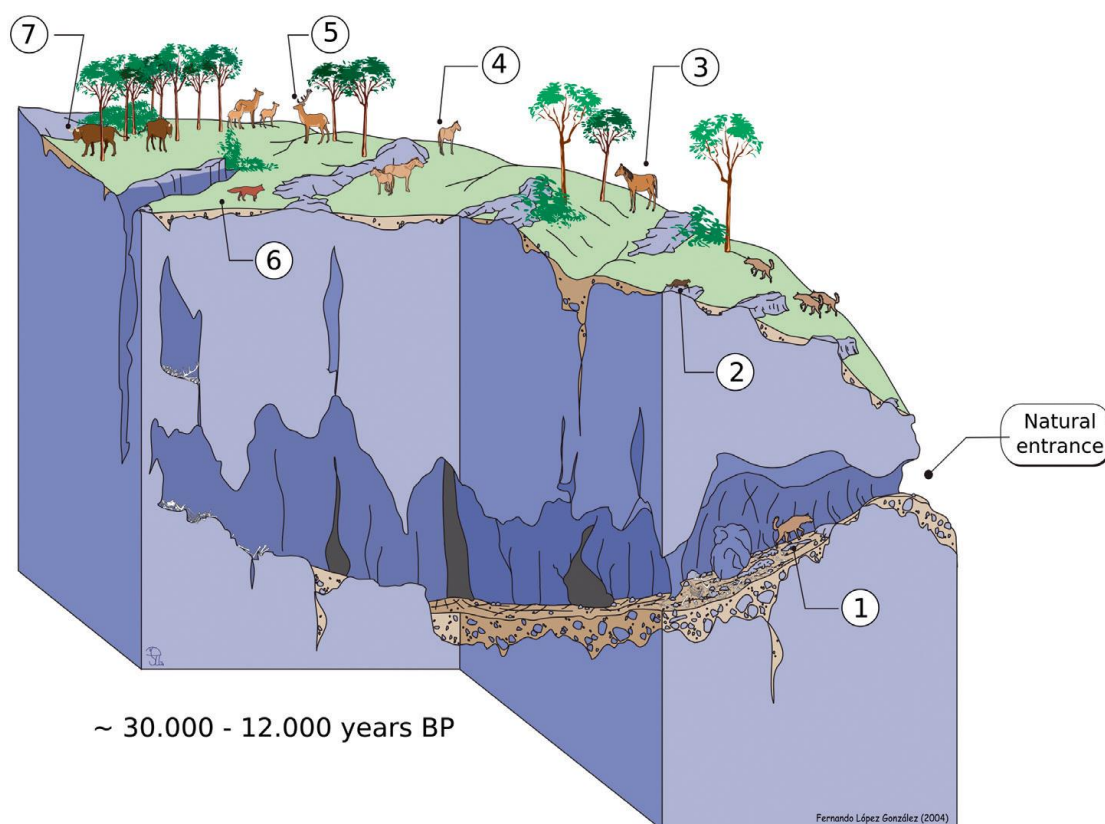
4.4.1.1 Σαρκοφάγα Ζώα

Κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου, 2,58 εκατομμύρια έως 10.000 χρόνια πριν, ο πλανήτης ήταν τελείως διαφορετικός από ό,τι είναι σήμερα. Η περιοχή του Κιλκίς ήταν ένα πολύ επικίνδυνο μέρος λόγω της άγριας πανίδας και κυρίως των μεγάλων σαρκοφάγων ζώων, τις ύαινες, που ήταν ζώα κοινά στην Ευρώπη. Το σπήλαιο του Κιλκίς χρησιμοποιήθηκε ως καταφύγιο από τις ύαινες. Εκατοντάδες οστά και δόντια των ζώων αυτών ανακαλύφθηκαν μέσα στο σπήλαιο. Αυτά τα απολιθώματα διηγούνται την ιστορία της ύαινας στην Ευρώπη, της συνοδού πανίδας και της αλλαγής του περιβάλλοντος. Οι ύαινες εξαφανίστηκαν από την Ευρώπη στο τέλος της εποχής του Πλειστόκαινου.

Οι ύαινες συνήθιζαν να μεταφέρουν στο σπήλαιο πτώματα ζώων, έχοντας τη δυνατότητα να σπάζουν ακόμη και τα πιο μεγάλα οστά, προκειμένου να αποσπάσουν το μεδούλι και τις θρεπτικές σπογγώδεις ουσίες του. Για το λόγο αυτό, τα δόντια της είχαν εξελιχθεί σε μεγάλο μέγεθος, με χαρακτηριστική κωνική δομή που αφήνει χαρακτηριστικά σημάδια πάνω στα οστά. Τα υπολείμματα της τροφής των υαινών αναγνωρίζονται εύκολα, γιατί ο ιδιαίτερος τρόπος θραυσμού των οστών είναι χαρακτηριστικός. Ένας μη ειδικός και ανυποψίαστος μελετητής μπορεί να τα διαγνώσει λανθασμένα ως οστέινα εργαλεία, σκόπιμα διαμορφωμένα από τον προϊστορικό άνθρωπο (pseudo – outils, pseudo – tools, ψευδοεργαλεία). Σε ένα καταφύγιο υαινών, ένα μεγάλο ποσοστό των οστών ανήκει συνήθως σε νεαρής μέχρι πολύ προχωρημένης ηλικίας ύαινες. Τα υπόλοιπα οστά συνήθως ανήκουν σε φυτοφάγα ζώα με τα οποία τρέφονταν οι ύαινες.

Η ύαινα είναι ένας πολύ σημαντικός συλλέκτης οστών. Παρόλο που μερικές φορές μπορεί να μασήσει τα οστά εντελώς, συνήθως αφήνει τα δόντια άθικτα, τα οποία είναι πολύ σημαντικά για τους επιστήμονες. Για το λόγο αυτό, η δράση των υαινών στα σπήλαια έχει ιδιαίτερη σημασία για τη μελέτη της πανίδας του Πλειστόκαινου. Η πληθώρα των απολιθωμάτων των υαινών έχει οδηγήσει στην πολύ καλή γνώση της εξελικτικής ιστορίας αυτών των ζώων. Πάνω από όλα οι ύαινες είναι πτωματοφάγα ζώα, τα οποία συνεισφέρουν σημαντικά στο οικοσύστημα, διατηρώντας το περιβάλλον «καθαρό» με την απομάκρυνση πτωμάτων, τα οποία

αποτελούν εστίες μόλυνσης. Η αγέλη των υαινών κατοικούσε στη στέπα γύρω από το λόφο του Κιλκίς, όπου κυνηγούσαν μεγάλα σπληφόρα ζώα ή άλλα αρπακτικά ζώα ακόμα και για να αρπάξουν τη λεία της.



Εικόνα 39. Ανακατασκευή του εσωτερικού του σπηλαίου του Αγίου Γεωργίου. Ευγενική προσφορά του Fernando López González [23]. 1) ύαινα του σπηλαίου, 2) εύρωστο κοννάβι, 3) άγριο άλογο, 4) άγριος γάιδαρος, 5) κόκκινο ελάφι, 6) κόκκινη αλεπού, και 7) Ούρος (εξαφανισμένο είδος άγριων βοοειδών).

Τα σαρκοφάγα τρέφονται με άλλα ζώα (κυρίως φυτοφάγα), χάρη στα κοφτερά τους δόντια. Το αρχείο απολιθωμάτων των μεγάλων σαρκοφάγων είναι ιδιαίτερα πλούσιο. Τα σπήλαια έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση των λειψάνων τους, επειδή υπάρχει κατάλληλο περιβάλλον με ιδανικές συνθήκες απολίθωσης. Μέσα στα σπήλαια, τα άγρια ζώα είχαν αναζητήσει καταφύγιο νωρίτερα από τον προϊστορικό άνθρωπο, για να προστατευθούν από της αντίξοες καιρικές συνθήκες, για τη χειμερινή νάρκη τους, για να γεννήσουν και να προστατεύσουν τα μικρά τους. Στα σπήλαιά τους, το ευρύτερα διαδεδομένο σαρκοφάγο ήταν η Αρκούδα των Σπηλαίων, με αφθονία απολιθωμάτων που αποτελούν άριστο αρχείο πληροφοριών. Ακολουθεί η Στικτή Ύαινα των Σπηλαίων και η οικογένεια των αιλουροειδών με το Λιοντάρι των Σπηλαίων και τη Λεοπάρδαλη.

Κατά την Ύστερη Πλειστόκαινο περίοδο, περίπου 30.000 χρόνια πριν, ο Άγιος Γεώργιος ήταν ένα από τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του τοπίου. Χρησιμοποιήθηκε από ύαινες ως καταφύγιο ή και φωλιά (άντρο) με αποτέλεσμα οι δραστηριότητες αυτών των ζώων να οδηγήσουν σε αρκετές σωρεύσεις σορών ζωικών στοιχείων της περιόδου. Έχουν ανακαλυφθεί

απολιθωμένα οστά και δόντια ύαινας που αποδίδουν ιστορία για την εξαφανισμένη ύαινα στην Ευρώπη, τη σχετική πανίδα και το περιβάλλον της.



Εικόνα 40. Οστό ζώου καλυμμένο με ιζήματα του σπηλαίου [23].

4.4.1.2 Η Στικτή Ύαινα του Σπηλαίου του Κιλκίς

Η στικτή ύαινα των σπηλαίων είναι από τα περισσότερο γνωστά ζώα της γεωλογικής εποχής του Πλειστόκαινου, γνωστής από την εναλλαγή παγετωδών και μεσοπαγετωδών εποχών. Πήρε το λατινικό της όνομα (*Crocota crocuta*) από το όνομα του φυτού κρίκος, για το χρώμα που έχει στο τρίχωμά της. Είναι ασιατικής προέλευσης, απομεινάρια της βρίσκονται σε σπήλαια σε όλη την Ευρώπη, η πιο επιθετική και η μεγαλύτερη σε μέγεθος ύαινα. Το μέγιστο βάρος των εξαφανισμένων ειδών της Ευρασίας έφθανε τα 102 κιλά και το ύψος της το ένα μέτρο. Χρησιμοποίησαν τα σπήλαια ως καταφύγια για μια περίοδο χιλιάδων ετών (εικόνα 41 & 42). Οι ειδικοί διακρίνουν διάφορα είδη υαινών.



Εικόνα 41. Μοντέλο ύαινας σε φυσικό μέγεθος (το μοντέλο εκτίθεται στο μουσείο του λόφου του Αγίου Γεωργίου) [23].



Εικόνα 42. Μοντέλο ύαινας των σπηλαίων μέσα στο σπήλαιο Αγίου Γεωργίου (προσωπικό αρχείο).

Οι ύαινες τρέφονταν με πτόματα και ήταν ικανές να σπάσουν μεγάλα οστά για να φτάσουν στον θρεπτικό μυελό και τους σπογγώδεις ιστούς του. Τα υπολείμματα από ένα γεύμα ύαινας είναι εύκολα αναγνωρίσιμα διότι οι γομφίοι της θα αφήσουν χαρακτηριστικές αυλακώσεις και σημάδια δαγκώματος στα οστά (εικόνα 43). Κατά τη διάρκεια του Ύστερου Πλειστόκαινου

στη βόρεια Ευρώπη, οι ύαινες κυνηγούσαν τα μεγάλα σπληφόρα θηλαστικά. Αν και μια ύαινα θα ακρωτηριάσει τα οστά, αφήνει πάντα ανέπαφα τα δόντια. Ως εκ τούτου, οι δραστηριότητες των υαινών στα σπήλαια έχουν μεγάλη σημασία για τη γνώση σχετικά με τις συσσωρεύσεις οστών και την πανίδα του Πλειστόκαινου.

4.4.1.3 Το Σπήλαιο Αγίου Γεωργίου Κιλκίς: Ένα Μοναδικό Άντρο Υαινών

Οι ειδικοί που μελέτησαν τα λείψανα των υαινών συμπέραναν ότι η παρουσία της στη σπηλιά δεν ήταν τυχαία και πέρα από την ύπαρξη πολλών κοπρόλιθων, έχουν βρεθεί αρκετές ενδείξεις ότι τα ζώα κατοικούσαν μέσα σ' αυτή.

Θραυσμένα οστά: Πολλά απολιθωμένα οστά που βρέθηκαν μέσα στο σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου παρουσιάζουν ίχνη δαγκώματος και ειδικό θραυσμό με μορφή σχίζας προκειμένου οι ύαινες να φάνε το μεδούλι. Πρόκειται για υπολείμματα της τροφής της, που αφορούν κατά κύριο λόγο τα φυτοφάγα ζώα που έσερναν στη σπηλιά. Οι ύαινες είναι από τις πιο εξειδικευμένους νεκροφάγους με ισχυρούς προγομφίους και τα δόντια P4/m1 με μεγάλες επιμήκεις κοπτικές ακρολοφίες, σαν λεπίδες για να κόψουν ακόμα και τα σκληρά κομμάτια του δέρματος, ενώ οι κυνόδοντες σχετικά δεν είναι ισχυροί.

Νεαρές ύαινες: Νεογιλά δόντια και οστά (π.χ. μεταπόδια) στα οποία διατηρείται η διάφυση και οι επιφύσεις αποκολλημένες, οι οποίες στα ώριμα άτομα έχουν συνοστεωθεί.



Εικόνα 43. Θραύσμα της κάτω γνάθου της ύαινας του σπηλαίου(εκτίθεται στο μουσείο του λόφου του Αγίου Γεωργίου) [23].

Μαρτυρίες για την εξωτερική εμφάνιση των υαινών των σπηλαίων αποτυπώνονται σε λίγες βραχογραφίες και βραχοανάγλυφα της Παλαιολιθικής Εποχής. Στην Ελλάδα, η παρουσία της στικτής ύαινας αναφέρεται σε παλαιοντολογικές θέσεις: Μέσο Πλειστόκαινο: Σπήλαιο Πετραλώνων (ο πρόγονός της), Άνω Πλειστόκαινο: Μεγαλόπολη (Πελοπόννησος), Αττική Θεσσαλία – κοιλάδα Πηνειού, Λεκάνη Αλιάκμονα, Σπήλαιο / Λουτρών Αλμωπίας και τις αρχαιολογικές θέσεις της Παλαιολιθικής εποχής: Στερεά Ελλάδα – Θεόπετρα, Καλαμπάκα, Αργολίδα -Σπήλαιο Φράγχθι, Άργος -Σπήλαιο Κεφαλάρι Κέρκυρα – βραχοσκεπή Γκράβα, Αττική – Σπηλιά του Κίτσου..

4.4.1.3.1 Κοπρόλιτες: Απολιθωμένα Περιττώματα

Οι ύαινες των σπηλαίων που τρέφονταν με πτώματα, δεν αφαιρούσαν απλώς τους μαλακούς ιστούς (κρέας, δέρμα και τένοντες), αλλά και τα σκληρά μέρη (οστά). Το χαρακτηριστικό που διακρίνει τα περιττώματά της είναι η χημική και ορυκτολογική σύνθεση, λόγω της πολύ υψηλής περιεκτικότητας των οστών στη διαίτα των υαινών. Οι κοπρόλιθοι σε μεγάλο βαθμό αποτελούνται από απατίτη, μια σύνθετη μορφή ορυκτού φωσφορικού ασβεστίου, που δείχνει την πέψη όλων των οργανικών συστατικών των οστών, αφήνοντας μόνο το ανόργανο κλάσμα σε μια ανασυντεθειμένη μορφή. Αυτή η υψηλή περιεκτικότητα σε ανόργανα στοιχεία κάνει τους κοπρόλιθους εξαιρετικά ανθεκτικούς και αποτελεί αναμφίβολα έναν παράγοντα στη διατήρησή της σε απολιθωμένη μορφή. Οι ύαινες τρέφονταν με βλάστηση, φυτά, σπόρους και καρπούς. Επιπλέον, είναι γνωστό ότι τρέφονταν με τα έντερα του θηράματός τους που περιείχαν τα υπολείμματα της βλάστησης. Τα σκληρά αλλά μικροσκοπικά υπολείμματα των φυτών, η γύρη, μπορούν εύκολα να αποθηκευτούν στα περιττώματά της. Ειδικά σε σπήλαια, αυτά τα περιττώματα είναι συχνά καλά διατηρημένα και πολύ χαρακτηριστικά ώστε να μπορούν εύκολα να διακριθούν από αυτά των άλλων μεγάλων σαρκοφάγων. Τα περιττώματα της ύαινας είναι πολύ χαρακτηριστικά και διακρίνονται εύκολα από αυτά των άλλων σαρκοφάγων (εικόνα 44). Η ανάλυση αυτών των απολιθωμένων περιττωμάτων παρέχει πολύτιμες πληροφορίες, που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ανασυγκρότηση του παλαιο – περιβάλλοντος μέσα στο οποίο ζούσαν κάποτε αυτά τα ζώα.



Εικόνα 44. Κοπρολίτες ύαινας των σπηλαιών (εκτίθεται στο μουσείο του λόφου του Αγίου Γεωργίου) [23].

4.4.2 Η Άγρια Πανίδα

Η περιοχή του Κιλκίς ήταν ένα τμήμα του χαρακτηριστικού περιβάλλοντος που υπήρχε κατά την τελευταία Εποχή Παγετώνων. Το περιβάλλον αυτό ήταν μια εκτεταμένη χαμηλή περιοχή από το Ηνωμένο Βασίλειο δυτικά, την Ευρώπη και την Ασία, μέχρι το βόρειο τμήμα της Αμερικής. Αυτό το ψυχρό και ξηρό περιβάλλον είχε κατοικηθεί από ζώα που έχουν σήμερα εξαφανιστεί, τα μαμούθ, οι τριχωτοί ρινόκεροι, τα μεγάλα βοοειδή, τα σαρκοφάγα λιοντάρια, αρκούδες και ύαινες και πολλά άγρια άλογα.

4.4.2.1 Άγριο Άλογο – *Equus Caballus*

Τα άλογα ανήκουν στην Τάξη των Περισοδάκτυλων, δηλαδή με μονό αριθμό (1,3 ή 5) δακτύλων σε κάθε πόδι. Χαρακτηρίζονται από το κινητό άνω χείλος και μια παρόμοια δομή των πλευρικών δοντιών. Τα περισοδάκτυλα αρχικά εμφανίστηκαν στο τέλος του Παλαιοκαίνου (~55 εκατ. Χρόνια) και ήταν εξειδικευμένα να ζουν σε τροπικά δάση. Αργότερα, τα σύγχρονα άλογα προσαρμόστηκαν σε ξηρότερο περιβάλλον και σε πολύ δυσκολότερες κλιματολογικές συνθήκες στέπας. Άλλα είδη του *Equus* έχουν προσαρμοστεί σε μια ποικιλία ενδιάμεσων συνθηκών.

Οι πρώτοι πρόγονοι του σύγχρονου αλόγου περπάτησαν με πέντε δάχτυλα στα πόδια πάνω σε μαλακό, υγρό έδαφος, λόγω των τροπικών δασών. Όταν άρχισαν να εμφανίζονται διάφορα είδη χλόης, η διατροφή των ιπποειδών άρχισε να μετατοπίζεται από το φύλλωμα στα χόρτα και έτσι

αναπτύχθηκαν μεγαλύτερα και πιο ανθεκτικά δόντια (υψοδοντία). Ταυτόχρονα, άρχισαν να εμφανίζονται οι στέπες, με αποτέλεσμα οι πρόγονοι του αλόγου να αναπτύξουν μεγαλύτερες ταχύτητες για να ξεφύγουν από τα αρπακτικά ζώα. Αυτό επιτεύχθηκε μέσα από την επιμήκυνση των άκρων και την άρση ορισμένων δάκτυλων (από 5 σε 3 δάκτυλα στα ιπάρια) από το έδαφος, με τέτοιο τρόπο ώστε το βάρος του σώματος να τοποθετείται σταδιακά στο τρίτο και μεγαλύτερο μεταπόδιο με ένα δάκτυλο (οπλή).

Στην Ελλάδα, απολιθωμένες μορφές αναφέρονται σε παλαιοντολογικές θέσεις: Θεσσαλία – κοιλάδα Πηνειού, Σπήλαιο Αγγίτη Δράμας κ.α. και τις αρχαιολογικές θέσεις Παλαιολιθικής εποχής: Αττική – Σπηλιά του Κίτσου και του Κορυδαλλού, Δράμα – Καπνόφυτο.



Εικόνα 45. Το άγριο άλογο (εκτίθεται στο μουσείο του λόφου του Αγίου Γεωργίου).

4.4.2.2 Ο Ευρωπαϊκός Άγριος Ημίονος – *Equus hydruntinus*

Ο Ευρωπαϊκός Άγριος Ημίονος (εικόνα 46) είναι ένα εξαφανισμένο περισσοδάκτυλο υποειδές, με χαρακτηριστικές ενδιάμεσους μεταξύ του πραγματικού όνου (*Equus asinus*) και του ασιατικού άγριου ημίονου (*Equus hemionus*), έχοντας στενότερη σχέση με τον τελευταίο. Τα οστά των άκρων είναι λεπτά και οι αναλογίες μοιάζουν με αυτές των ασιατικών ημίονων, ενώ τα “μικροδοντικού τύπου” δόντια έχουν ελαφριά κατασκευή και είναι του ίδιου τύπου με τις αφρικανικές μορφές. Ήταν δρομέας και οι αναλογίες του σώματος υποδηλώνουν μια προσαρμογή σε ημι-άνυδρες συνθήκες. Εξαφανίστηκε στο τέλος της βούρμιας παγετώδους περιόδου του Πλειστόκαινου, δηλαδή πριν από 10.000 χρόνια περίπου. Ήταν συνοδό μέλος της

“πανίδας του Μαμούθ” περιπλανώμενο στην ψυχρή και ξηρή στέπα της Β. Ευρώπης. Παρά τη συχνότητα με την οποία συναντάται σε απολιθωματοφόρες θέσεις, μόνο μερικά κρανιακά ευρήματα έχουν αναφερθεί μέχρι τώρα. Τα σκελετικά υπολείμματα, τα οποία είναι σπάνια, διακρίνονται εύκολα από άλλα είδη.



Εικόνα 46. 4.4.2.2 Ο ευρωπαϊκός άγριος ημίονος (αφίσα στο μουσείο).

Τα απολιθώματα του είδους αυτού από το σπήλαιο Αγίου Γεωργίου Κιλκίς θεωρούνται από τα πλουσιότερα και καλύτερα διατηρημένα στην Ευρώπη που βοηθούν στη γνώση της βιολογίας, της γεωγραφικής εξάπλωσης, καθώς και στην αναπαράσταση του ζώου. Εκατοντάδες χιλιάδες υπολείμματα άγριων αλόγων του Ύστερου Πλειστόκαινου έχουν ανασυρθεί από τον βυθό της Βόρειας Θάλασσας μεταξύ των Βρετανικών Νήσων και της Ολλανδίας. Λιγότερα από 50 δείγματα, κυρίως μετακάρπια και μετατάρσια οστά, έχουν αποδοθεί, με βάση τη λεπτή και μακριά μορφολογία τους, στον ευρωπαϊκό άγριο όνο. Σε αντίθεση με το σπήλαιο του Κιλκίς, αυτά τα ζώα δεν ήταν πολύ συνηθισμένα στη βορειοδυτική Ευρώπη. Επομένως, το Σπήλαιο παίζει ένα πολύ σημαντικό ρόλο για τους παλαιοντολόγους, οι οποίοι προσπαθούν να εξηγήσουν πως ήταν ο κόσμος πριν από περίπου 30.000 χρόνια. Το Σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου στο Κιλκίς είναι μια μοναδική παλαιοντολογική θέση, η οποία τους παρέχει τις πληροφορίες για το παρελθόν τους.

Στην Ελλάδα αναφέρεται σε παλαιοντολογικές (Θεσσαλία – κοιλάδα Πηνειού) και σε αρχαιολογικές θέσεις της Παλαιολιθικής εποχής (Στερεά Ελλάδα – βραχοσκεπή Σέιντι, Αργολίδα – Σπήλαιο Φράγγθι, Άργος – Σπήλαιο Κεφαλάρι, Αττική – Σπηλιά του Κίτσουκ.α.)

4.4.2.3 Ελαφοειδή

Κατά το Πλειστόκαινο, η περιοχή του Κιλκίς ήταν ο παράδεισος για τα ελάφια. Από το σπήλαιο έχουν ανακτηθεί δύο είδη ελαφιών. Το εξαφανισμένο γιγάντιο ελάφι (*Megaloceros giganteus*), με ύψος ώμων πάνω από δύο μέτρα, και το μικρότερο κόκκινο ελάφι (*Cervus elaphus*). Το τελευταίο υπάρχει ακόμα και είναι κοινό στην Ευρώπη. Τα σκελετικά μέρη αυτών των δύο ζώων μπορούν να διακριθούν μεταξύ τους. Το γιγάντιο ελάφι επέζησε του Πλειστόκαινου και τελικά εξαφανίστηκε πριν από περίπου 8.000 χρόνια στη Ρωσία. Υπολείμματα κόκκινων ελαφιών μπορούν να βρεθούν σε ιζήματα του Ύστερου Πλειστόκαινου σε όλη την Ευρώπη, υποδεικνύοντας ότι το ζώο ήταν ένα ζώο κοινό στην περιοχή. Απολιθώματα ερυθρού ελαφιού έχουν βρεθεί σε αρκετές περιοχές στην Ελλάδα.

4.4.2.3.1 Το Κόκκινο Ελάφι

Το Κόκκινο Ελάφι είναι πολύ κοινό στο Πλειστόκαινο και Ολόκαινο σε όλη την Ευρώπη. Έζησε στα εύκρατα δάση κυρίως πλατύφυλλων της Ευρασίας. Τρέφεται κυρίως με φλοιούς δένδρων (φλοιοφάγο) φύλλα και κλαδιά, χόρτα και φρούτα, καθώς και φλοιό ελάτης, πόες και λειχήνες το χειμώνα. Έχει σώμα επίμηκες και στενό. Το αρσενικό είναι μεγαλύτερο του θηλυκού και φέρει κέρατα που διακλαδίζονται και κάθε χρόνο ανανεώνονται. Δίνει σκληρές μάχες για την κατοχή της γαμήλιας περιοχής από άλλα αρσενικά, οι οποίες μπορεί να καταλήξουν στον θάνατό του και σπανιότερα και των δύο, όταν μπλέκονται τα κέρατά τους και πεθαίνουν από εξάντληση ή φυσικούς εχθρούς. Νάνες μορφές αυτού του είδους έχουν εξελιχθεί σε διάφορα νησιά της Μεσογείου: Σικελία, Κάπρι, Μάλτα, Ρίανσα. Στη χώρα μας, το ελάφι ήταν πολύ διαδεδομένο κυρίως στη Β. και Κ. Ελλάδα και στην Εύβοια, σήμερα μερικές φυσικές αγέλες υπάρχουν στο δάσος Τραγουδέλι της Σιθωνίας, και στην Πάρνηθα, ενώ έχει εισαχθεί στον Κόζιακα Τρικάλων, στην Χρυσοπηγή Σερρών, στον Παρνασσό και αλλού.

Σε βραχογραφίες της Παλαιολιθικής απεικονίζεται συχνά το ελάφι, όπως στη ζωφόρο του Lascaux (Γαλλία) με πέντε κόκκινα ελάφια να κολυμπούν. Διάτρητοι κυνόδοντες της άνω γνάθου των ελαφιών χρησιμοποιήθηκαν σε ιστορικούς χρόνους για τον καλλωπισμό (Καστρίτσα, Κλειδί, Γκράβα).

Στην Ελλάδα αναφέρεται σε παλαιοντολογικές θέσεις: Μέσο Πλειστόκαινο: Σπήλαιο Πετραλώνων και Απήδημα Λακωνίας. Άνω Πλειστόκαινο: Αττική Σπήλαιο Βραόνας, Θεσσαλία – κοιλάδα Πηνειού, Σπήλαιο Αγγίτη Δράμας, Σπήλαιο Λουτρών Αλμωπίας (Μακεδονία) και σε αρχαιολογικές θέσεις της Παλαιολιθικής και νεότερης εποχής: Στερεά Ελλάδα – βραχοσκεπή Σέιντι, Λακωνία – θέση Καλαμάκια, Αργολίδα -Σπήλαιο Φράγγχι, Άργος – Σπήλαιο Κεφαλάρι, Αττική – Σπηλιά του Κίτσου και του Κορδαλλού, Θεσσαλία – Άργισσα, Ήπειρο – Ασπροχάλικο, Καστρίτσα, Κλειδί, Κέρκυρα – βραχοσκεπή Γκράβα, Μακεδονία – Δράμα – Καπνόφυτο κ.α.

4.4.2.3.2 Ο Μεγαλόκερος

Ο Μεγαλόκερος ήταν ένα γιγαντιαίο ελάφι, ο πρόγονος του οποίου εμφανίστηκε στην Ευρώπη στις αρχές της περιόδου του Τεταρτογενούς. Πλήρεις σκελετοί έχουν βρεθεί συχνά σε εδάφη από τύρφη, ειδικά στην Ιρλανδία. Φαίνεται ότι έχουν αναπτυχθεί σε εύκρατα κλίματα με σημαντική υγρασία, ακόμη και αν σε ορισμένα σημεία βρίσκονται μαζί με είδη από ψυχρότερα κλίματα. Τα αρσενικά έχουν περίπου 2,1 μέτρα ύψος στους ώμους και τεράστια κέρατα με παλαμιαία πλάτυνση και άνοιγμα μερικές φορές να υπερβαίνει τα 4 μέτρα.

Ο Μεγαλόκερος είναι γνωστός από την τέχνη των σπηλαίων του προϊστορικού ανθρώπου, όπου απεικονίζεται σε βραχογραφίες και βραχοανάλυφα (Chauvet, Cougnac). Νάνες μορφές αυτού του είδους έχουν εξελιχθεί σε διάφορα νησιά της Μεσογείου. Στην Κρήτη, ο κρητικός νάνος Μεγαλόκερος *Candiacervus cretensis* (SIMONELLI, 1908), ή *Megaloceros cretensis*, είναι ένα εξαφανισμένο είδος ελαφιού, ύψους περίπου 60 εκατοστών της ώμους. Η μελέτη των ενδημικών ελαφιών ξεκίνησε στη δεκαετία του εξήντα από τον Kuss. Ως προς το μέγεθος των κεράτων τους θεωρίες έχουν προκύψει σχετικά με την εξέλιξη. Μια θεωρία ήταν ότι τα κέρατά τους, υπό τη διαρκή και έντονη σεξουαλική επιλογή, αυξάνονται σε μέγεθος, επειδή τα αρσενικά πάντα θέλουν να εντυπωσιάσουν τα θηλυκά. Προτάθηκε ότι το μέγεθος έγινε τόσο μεγάλο, με αποτέλεσμα το ζώο να είναι δυσκίνητο, κυρίως ανάμεσα στα κλαδιά των δένδρων του δάσους, ώστε να μη μπορεί να μετακινηθεί κανονικά για να διαχειριστεί τη ζωή του και έτσι εξαφανίστηκε. Όταν το κλίμα άλλαξε στο τέλος της βούρμιας παγετώδους περιόδου, στο βιότοπο του ζώου, η βλάστησή της άλλαξε τα είδη που δε μπορούσαν να δώσουν επαρκή ποσότητα από τα απαραίτητα ανόργανα στοιχεία. Το πιο πρόσφατο παράδειγμα *M. Giganteus* στη Β. Σιβηρία, περίπου 8.000 ετών, δεν παρουσιάζει κανένα σημάδι δραματικών αλλαγών, επειδή προήλθε από μια περιοχή με ηπειρωτικό κλίμα, όπου δεν είχαν ακόμη εμφανιστεί αλλαγές στη βλάστηση. Στην Ελλάδα Μεγαλόκεροι αναφέρονται σε παλαιοντολογικές θέσεις: Καλίνδοια (Καλαμωτό, ομάδα ορθογωνόκερων, Κάτω Πλειστόκαινο), Αλιάκμονα, Μεγαλόπολη (Πελοπόννησος), Σπήλαιο Πετραλώνων (Μέσο Πλειστόκαινο), Σπήλαιο Αγγίτη (Δράμα, Άνω Πλειστόκαινο) και σε αρχαιολογικές θέσεις της Παλαιολιθικής και νεότερης εποχής της στη Θεσσαλία-Αργίσα.

4.4.2.4 Ούρος – Το Άγριο Βοοειδές

Το πρωτόγονο βόδι (εικόνα 47) είναι ένα μεγάλο τυπικό μηρυκαστικό ζώο, ασιατικής προέλευσης και δεν απαντάται αρτίγονο, αν και το τελευταίο θηλυκό εξαφανίστηκε μόλις το 1627, στην Πολωνία. Το κρανίο του ζώου αυτού εκτίθεται στο μουσείο Royal Armory της Στοκχόλμης (Σουηδία). Προέρχεται από το *Bos Planitrons* και απόγονός του είναι το *Bos taurus* (αγελάδα, ταύρος, βόδι, μοσχάρι). Έζησε κατά το Πλειστόκαινο – Ολόκαινο στην Ευρώπη. Το

είδος εξαφανίστηκε ως συνέπεια του κυνηγιού και εξαιτίας της απώλειας του φυσικού του περιβάλλοντος, αφού έβρισκαν μεγαλύτερα κοπάδια εξημερωμένων βοοειδών.

Η αναπαράστασή του είναι γνωστή από τα σκελετικά του κατάλοιπα, της απεικονίσεις του σε σπήλαια της τελευταίας παγετώδους περιόδου (Lascaux Γαλλίας, Altamira Ισπανίας), της περιγραφές του 16ου αιώνα και τα κλασικά κείμενα των Τάκιτου, Ιουλίου Καίσαρα και Πλινίου. Οι απεικονίσεις του είναι συχνές σε αρχαίους πολιτισμούς Ασσυρίων, Αιγυπτίων και Ελλήνων. Οι ταύροι απεικονίζονται συχνά με μαύρο και οι αγελάδες με κόκκινο χρώμα.

Στο πρωτόγονο βόδι υπήρχε έντονος φυλετικός διμορφισμός. Το ύψος του αρσενικού στον ώμο κυμαινόταν από 1,5 – 2 μ. και είχε χοντρότερα και μακρύτερα κέρατα από τα θηλυκά, τα οποία ήταν πιο μικρόσωμα, με σκελετικά στοιχεία, κυρίως μεταπόδια, μικρότερα και πιο λεπτά από τα αρσενικά.

Όσον αφορά στο περιβάλλον στο οποίο ζούσε, πληροφορίες αντλούνται και από την παλυνολογία. Κατά τη διάρκεια του Ολοκαίνου, μεγάλα τμήματα της Ευρώπης ήταν καλυμμένα από δάση, τα οποία άρχισαν να εξαφανίζονται σταδιακά στους ιστορικούς χρόνους (στην Κεντρική και Δυτική Ευρώπη του 18ου αιώνα). Τα άγρια βόδια τρέφονταν με γρασίδι και φυτά, το χειμώνα με βελανίδια και κλαδιά από θάμνους και δέντρα. Ζούσαν σε ανοικτό περιβάλλον στέπας, αλλά περιορίστηκαν σε έλη και ελώδη δάση όπου δεν υπήρχε ανταγωνισμός από το βίσωνα, το άγριο άλογο κ.α. αλλά και λιγότερη πίεση από το κυνήγι. Τα άγρια βόδια ζούσαν σε πιο υγρά ανοικτά δάση σε ήπιο θερμό ή δροσερό κλίμα, ενώ ο ευρωπαϊκός βίσωνας σε πιο ξηρά μέρη. Πολλά απολιθωμένα οστά του άγριου βοδιού του Κιλκίς φέρουν ίχνη δαγκώματος αρπακτικού, προφανώς της στικτής ύαινας που τρέφονταν με το ζώο αυτό.

Στην Ελλάδα, το πρωτόγονο βόδι εντοπίζεται σε παλαιοντολογικές θέσεις: Σπήλαιο Πετραλώνων (Μέσο Πλειστόκαινο), κοιλάδα Πηνειού (Θεσσαλία) και Αλιάκμονα (Μακεδονία), Μεγαλόπολη (Πελοπόννησος), Σπήλαιο Λουτρών Αλμωπίας και Κατάφυτο Δράμας και σε αρχαιολογικές θέσεις της Παλαιολιθικής και νεότερης εποχής: Αργολίδα – Φράγχθι, Αττική – Σπηλιά του Κίτσου, Θεσσαλία – Άργισσα, Ήπειρο – Ασπρογάλικο, Καπνόφυτο Δράμας κ.α.



Εικόνα 47. Ούρος – το άγριο βοοειδές (αφίσα στο μουσείο).

4.4.3 Άλλα Θηλαστικά

Τέλος, στο σπήλαιο στο Κιλκίς, και άλλα σαρκοφάγα ζώα αντιπροσωπεύονται από απολιθωμένα οστά και δόντια. Μια κάτω γνάθος με οδοντοφυΐα έχει αναγνωριστεί ότι ανήκει στη Γιγαντιαία Νυφίτσα (*Mustela putorius robusta*). Αυτή η Γιγαντιαία Νυφίτσα ήταν αρκετά σπάνια και, μέχρι σήμερα, η ανακάλυψη της στο σπήλαιο είναι η μοναδική στην Ελλάδα. Για ορισμένα απολιθώματα από το σπήλαιο του Κιλκίς, δεν είναι σαφές ποια είναι η γεωλογική τους ηλικία. Αυτό ισχύει για μια μικρότερη γάτα, αλλά και για τα μη σαρκοφάγα, όπως για παράδειγμα, κουνέλια και λαγοί, μικροθηλαστικά και μερικά υπολείμματα πουλιών.

4.4.3.1 Η Γιγαντιαία Νυφίτσα του Κιλκίς

Στις αποθέσεις των σπηλαίων, καλά διατηρημένα λείψανα (δόντια και οστά) σαρκοφάγων ζώων είναι συχνά. Η κάτω γνάθος με τα δόντια ανήκει στη Γιγαντιαία Νυφίτσα, που περιγράφεται πρώτη φορά το 1894 στη Μ. Βρετανία από τον Newton και αποτελεί μεγάλωσμη, εύρωστη μορφή της κοινής Ευρωπαϊκής Νυφίτσας (*Mustela putorius*). Είναι νυκτόβιο, εξαιρετικά σπάνιο ζώο και εντοπίστηκε πρώτη φορά στην Ελλάδα. Έχει λεπτό και μακρύ σώμα όπως το κουνάβι, κοντά πόδια και ευρύ κεφάλι. Τα αρσενικά είναι πολύ μεγαλύτερα και βαρύτερα από τα θηλυκά. Στην Ελλάδα απολιθωμένες μορφές της νυφίτσας εντοπίστηκαν στην άνωπλειστοκαινική θέση της Βραόνας (Αττική) και στην Παλαιολιθική βραχοσκεπή Γκράβα (Κέρκυρα).

4.4.3.2 Η Κόκκινη Αλεπού του Κιλκίς

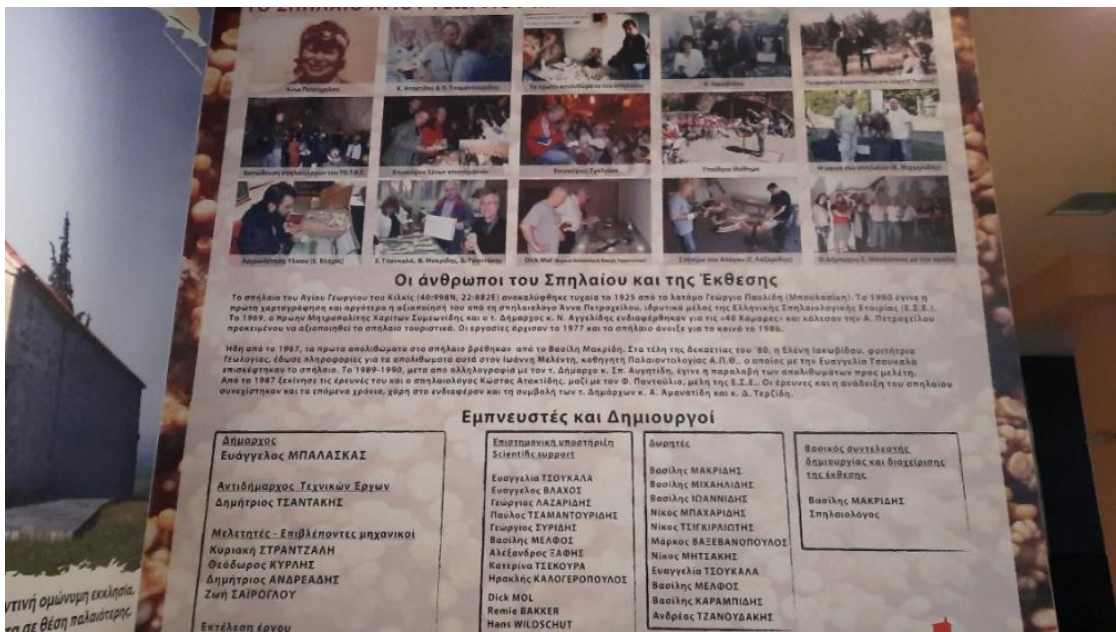
Η κόκκινη αλεπού αντιπροσωπεύεται από ένα μικρό αριθμό απολιθωμάτων, κυρίως δόντια. Είναι ζώο σαρκοφάγο με παμφαγικές τάσεις, με μεγάλη γεωγραφική και γεωλογική εξάπλωση. Οι γομφίοι δεν έχουν μειωθεί ή χαθεί, όπως στις γάτες και εκτός από το χαρακτηριστικό κόψιμο της σάρκας, παρέχουν δυνατότητα μάσησης. Οι κυνόδοντες είναι σχετικά μακρύτεροι και λεπτότεροι από εκείνους του λύκου, της της οικογένειας των κυνίδων. Ενώ στην αλεπού δεν είναι έντονος ο φυλετικός διμορφισμός της, στο λύκο, τα αρσενικά είναι συνήθως μεγαλύτερα από τα θηλυκά. Στην Ελλάδα εντοπίζεται σε παλαιοντολογικές θέσεις: Μέσο Πλειστόκαινο: Σπήλαιο Πετραλώνων και Απήδημα Λακωνίας, Άνω Πλειστόκαινο: σπήλαιο Βραώνας (Αττική), Σπήλαιο Λουτρών Αλμωπίας (Μακεδονία) και σε αρχαιολογικές θέσεις της Παλαιολιθικής και νεότερης εποχής: Αργολίδα – Φράγχθι, Άργος -σπήλαιο Κεφαλάρι, Κέρκυρα – βραχοσκεπή Γκράβα, Αττική – Σπηλιά του Κίτσου, Λακωνία -θέση Καλαμάκια κ.ά.

4.5 Το Μουσείο του Σπηλαίου

Τον Σεπτέμβριο του 2012, το μουσείο φυσικής ιστορίας, μια μόνιμη έκθεση για το σπήλαιο ανοίγει για το κοινό κοντά στο σπήλαιο με όνομα “50 χρόνια ιστορίας και 30.000 χρόνια προϊστορίας”. Με τη βοήθεια του Δήμου Κιλκίς, ο άνω όροφος του παλαιού καφέ στην κορυφή του λόφου Αγίου Γεωργίου, μετατράπηκε σε έκθεση της ιστορίας του Κιλκίς. Μια δίγλωσση έκθεση σύγχρονου σχεδιασμού, η οποία δίνει στον επισκέπτη μια εικόνα της ιστορίας του σπηλαίου και του έργου των σπηλαιολόγων και των παλαιοντολόγων, με αποτέλεσμα την ανασύσταση του παρελθόντος με ελκυστικό και εύκολα κατανοητό τρόπο. Το μουσείο είναι ανοικτό στο κοινό από τις 6 Σεπτεμβρίου 2012 [23].



Εικόνα 48. Το μουσείο του σπηλαίου του Κιλκίς (προσωπικό αρχείο).



Εικόνα 49. Από το εσωτερικό του μουσείου (προσωπικό αρχείο).

Τα εκθέματα του μουσείου χωρίζονται σε κατηγορίες οι περισσότερες από τις οποίες αφορούν στο σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου. Στην παρούσα εργασία αναφέρονται μόνο οι κατηγορίες που αφορούν στο σπήλαιο. Σπηλαιολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά του σπηλαίου, η άγρια πανίδα του σπηλαίου, εκθέματα παλαιοντολογίας και απολιθώματα του σπηλαίου και τέλος φυτά και βότανα στο λόφο του Αγίου Γεωργίου. Τέλος, η μοντελοποίηση του σπηλαίου του

επόμενου κεφαλαίου συμπεριλαμβάνει μόνο τις κατηγορίες του μουσείου που αναφέρονται στην άγρια πανίδα του σπηλαίου.



Εικόνα 50. Από το εσωτερικό του μουσείου (προσωπικό αρχείο)

4.5.1 Παλαιοντολογικά Εκθέματα

Απολιθώματα είναι λείψανα διάφορων ζωικών ή φυτικών οργανισμών που έζησαν σε παλαιότερες γεωλογικές εποχές. Μετά το θάνατό τους και κάτω από ειδικές συνθήκες, τα σκληρά μέρη τους μπορούν να διατηρηθούν μέσα στα ιζήματα με σταδιακή αντικατάσταση μόριο με μόριο, της οργανικής από ανόργανη ύλη (ανθρακικό ασβέστιο CaCO_3 , διοξείδιο του πυριτίου κ.λπ.). Τα απολιθώματα αποτελούν τα καλύτερα τεκμήρια της εξέλιξης των οργανισμών του παρελθόντος. Η Παλαιοντολογία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τα απολιθώματα. Περιγράφει τη μορφή που είχαν οι διάφοροι οργανισμοί που έζησαν κατά το παρελθόν και βγάζει συμπεράσματα για τη συστηματική τους θέση, την καταγωγή των διαφόρων ειδών, την εξέλιξη, για το χρόνο και το περιβάλλον στο οποίο ζούσαν, τις κλιματικές συνθήκες που προτιμούσαν καθώς και για τη γεωγραφική τους εξάπλωση. Τα βιοδηλωτικά ίχνη είναι φωλιές, αβγά, κοπρόλιθοι (απολιθωμένα κόπρανα ζώων), αποτυπώματα φύλλων ή ραχοκοκαλιών ψαριών. Τα ψευδοαπολιθώματα δημιουργούνται τυχαία, όπως οι δενδρίτες στην επιφάνεια της πετρώματος. Πρόκειται για οξείδια μαγγανίου και σιδήρου που αποτίθενται σε μικρορωγμές του πετρώματος με την τυχαία μορφή κλαδιών και φύλων. Συχνά ερμηνεύονται ως φυτικά απολιθώματα, ενώ στην πραγματικότητα η προέλευσή τους είναι καθαρά ανόργανη.

Σπανιότερα είναι τα διατηρημένα πτώματα ζώων, όπως τα άθικτα κατεψυγμένα σώματα μαμούθ, της εποχής των παγετώνων. Τα σπήλαια αποτελούν φυσικά αρχεία πληροφοριών του παρελθόντος, χρήσιμα σε παλαιοντολόγους, καθώς στο εσωτερικό τους επικρατούν ιδανικές συνθήκες απολίθωσης.



Εικόνα 51. Διαδικασία Απολίθωσης (από το μουσείο).

4.5.2 Η Γεωλογική Ηλικία των Απολιθωμάτων των Ζώων

Απόλυτες χρονολογήσεις, εκτός από την παλαιοντολογική προσέγγιση, μπορούν να δώσουν την απάντηση γύρω από την ηλικία των απολιθωμένων οστών και δοντιών των ζώων. Έρευνες και αναλύσεις σε δόντια της ύαινας των σπηλαίων και του άγριου ημίονου έδωσαν αποτελέσματα 12.200 και 29.349 χρόνια για την πρώτη και 28.530 χρόνια για το δεύτερο.

4.6 Συλλογή Πληροφοριών

Η συλλογή των πληροφοριών για το σπήλαιο του Κιλκίς συμπεριλαμβάνει διαφορετικές πηγές, επισκέψεις και έρευνα στο διαδίκτυο.

1. Σχετική βιβλιογραφική έρευνα η οποία αφορούσε επίσημα δημοσιευμένα στοιχεία για το σπήλαιο και τις πληροφορίες του καθώς και αναφορές σε ιστοσελίδες δημοσίων οργανισμών, κοινωνικά δίκτυα και μέσα μαζικής ενημέρωσης.
2. Επίσκεψη στην καθηγήτρια Γεωλογίας – Παλαιοντολογίας Α.Π.Θ., Ε. Τσουκαλά στο Α.Π.Θ., η οποία εκτός από τη διοχέτευση δημοσιευμένων πηγών, παρουσίασε σημαντικές πληροφορίες και γεγονότα για το σπήλαιο.
3. Επικοινωνία με τον κ. Βασίλη Μακρίδη, φύλακα του σπηλαίου και σπηλαιολόγο που μοιράστηκε το πλούσιο προσωπικό του αρχείο με πληροφορίες και φωτογραφικό υλικό. Επίσκεψη στο σπήλαιο του Κιλκίς και στο μουσείο όπου πραγματοποιήθηκε ξενάγηση από τον ίδιο τον κ. Μακρίδη, με άδεια καταγραφής οπτικοακουστικού ψηφιακού υλικού, με αξιόλογη συγκέντρωση πληροφοριών για το σπήλαιο, τις θεραπευτικές του ιδιότητες και τα ευρήματα των απολιθωμένων οστών ζώων που βρέθηκαν στο εσωτερικό. Πρέπει επίσης να σημειωθεί πως ένα σημαντικό κομμάτι των αναφερόμενων περιγραφών χρησιμοποιεί το τυπωμένο υλικό που βρίσκεται στο μουσείο του σπηλαίου.

Η συμβολή του κ. Μακρίδη ήταν περισσότερο από σημαντική διότι αξιόλογες πληροφορίες, φωτογραφικό υλικό άλλα και λεπτομέρειες που αφορούν τα χαρακτηριστικά και την πολιτιστική, αρχαιολογική, παλαιοντολογική και γεωλογική σπουδαιότητα του σπηλαίου δεν θα είχαν αξιοποιηθεί ποτέ. Ο Βασίλης Μακρίδης, είναι φύλακας του σπηλαίου για τριάντα πέντε χρόνια και σπηλαιολόγος ο ίδιος με πολλές και υψηλές διακρίσεις στη σπηλαιολογική επιστήμη, είναι μέλος της Ελληνικής Σπηλαιολογικής Εταιρίας και από το 1990 συνεργάζεται εθελοντικά με την επιστημονική ομάδα του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. σε παλαιοντολογικές ανασκαφές που πραγματοποιούνται υπό την επίβλεψη της καθηγήτριας Γεωλογίας – Παλαιοντολογίας Ευαγγελίας Τσουκαλά. Το καλοκαίρι του 2022, το δημοτικό συμβούλιο του δήμου Κιλκίς αποφάσισε την ονοματοδοσία του μουσείου του σπηλαίου σε Αίθουσα Παλαιοντολογικής Έκθεσης Δήμου Κιλκίς “Βασίλης Μακρίδης”.



Εικόνα 52. Ο Βασίλης Μακρίδης με την καθ. Ε. Τσουκαλά (από το προσωπικό αρχείου του Β. Μακρίδη).

Από δημοσιεύματα στον Τύπο επιλέχθηκε το παρακάτω χαρακτηριστικό: “Στα έγκατα του Λόφου του Αγίου Γεωργίου στο Κιλκίς βρίσκεται το σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου, “Του Πουλασούχ το τρυπίν”. Τρυπίν στα ποντιακά είναι η τρύπα. Πουλασούχ ήταν το παρατσούκλι του Γεώργιου Παυλίδη Πόντιος πρόσφυγας από της περιοχή του Κάρς που ανακάλυψε την σπηλιά το 1925. Η σπηλιά είναι τοπόσημο, είναι καμάρι του Κιλκίς. Εκτός από τις αθησαύριστες ομορφιές της, έχει και τον φύλακά της. Τον “caveman”, ελληνιστί σπηλαιάνθρωπο, όπως τον αποκαλούν οι συντοπίτες του. Είναι ο άνθρωπος που κυριολεκτικά μεγάλωσε μέσα στην σπηλιά. Ο φύλακας και ο ξεναγός της σπηλιάς, που ήταν ταυτισμένη με

θρύλους, νεράιδες, δράκους και κρυμμένους θησαυρούς. Το σπήλαιο είναι επισκέψιμο και υπόσχεται να προσφέρει σε όποιον υποκύψει στην γοητεία του πολλές ωραίες εικόνες όπως τα περίφημα πέτρινα κοράλλια και πολλή δροσιά. Συνταξιούχος πια, με τα πόδια κουρασμένα, αλλά εξακολουθώντας να έχει φτερά στην ψυχή, ο σπηλαιάνθρωπος του Κιλκίς έχει αναμνήσεις από το σπήλαιο σε κάθε ηλικία, από τότε που πρωτομπήκε στην σπηλιά σε ηλικία 8 ετών μέχρι και σήμερα που εξακολουθεί να προσφέρει τις υπηρεσίες του. Από την εποχή της ανακάλυψής της μέχρι σήμερα έχουν αλλάξει πολλά, με την καταλυτική συνδρομή του Βασίλη Μακρίδη που ταξινομούσε και φύλαγε ό,τι έβρισκε, απολιθώματα και σπουδαία παλαιοντολογικά ευρήματα” [28].

5

Μοντελοποίηση του Σπηλαίου

5.1 Η Οντολογία “Speleothem”

Οι Ν. Φανουράκης και Γ. Παπαδάκος. (2018) παρουσιάζουν την οντολογία του συστήματος “Speleothem”²⁷, (εικόνα 53) για την αποθήκευση και την ανάκτηση πληροφοριών σχετικά με σπήλαια και τις δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτά.

< > speleothem (http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#alpha)

Active ontology × Entities × Individuals by class × Individual Hierarchy Tab × DL Query × VOWL ×

Ontology header:

Ontology IRI http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/

Ontology Version IRI http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#alpha

Annotations +

rdfs:label
speleotheme

dc:title
Speleothem: an RDF vocabulary for caves and caving activities

dc:description
A vocabulary for representing information related to caves and caving activities
<http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/> for more details.

rdfs:comment
revision 1.0
date: 2017/11/? 10:53:23; author: nikos fanourakis - panagiotis papadakos; state: Alpha;
Initial vocabulary for speleothem

dc:date
\$Date: 2017/11/?? 15:00:30 \$

Εικόνα 53. Η οντολογία Speleothem.

²⁷ <https://bitbucket.org/speleothem/speleothem/src/master/>

Η παραπάνω οντολογία αποτελείται από 50 κλάσεις (classes), 25 ιδιότητες αντικειμένων (object properties) και 40 ιδιότητες δεδομένων (40 data properties). Το λεξιλόγιο αποθηκεύει και διαχειρίζεται πληροφορίες σχετικά με τις φυσικές ιδιότητες ενός σπηλαίου όπως το είδος και το μέγεθος του, τη θέση του και τις εισόδους του (σε σύστημα συντεταγμένων), τον χάρτη του, συλλογές εικόνων του ίδιου του σπηλαίου και του εξωτερικού περιβάλλοντος, πληροφορίες σχετικά με τους χώρους που περιλαμβάνει και τα φυσικά ή ανθρωπογενή σπηλαιοθέματά του, μαζί με τις φωτογραφίες τους. Επίσης, κάθε σπήλαιο μπορεί να συνδεθεί με κλιματικά δεδομένα, ζωντανούς οργανισμούς, λαϊκές ιστορίες ή και ιστορικά δεδομένα. Όσον αφορά στις σπηλαιολογικές δραστηριότητες που διαχειρίζεται η οντολογία, αυτή χρησιμοποιεί το μορφότυπο FOAF για την αποθήκευση των προφίλ των χρηστών και των σπηλαιολογικών λεσχών και συνδέει τα προφίλ με τον σπηλαιολογικό εξοπλισμό, τις ειδικές ικανότητες των σπηλαιολόγων (π.χ. εκπαίδευση διάσωσης) και τις πολιτικές πρόσβασης σε πληροφορίες. Το FOAF είναι μια μηχανικά αναγνώσιμη οντολογία που περιγράφει πρόσωπα, τις δραστηριότητες και τις σχέσεις τους με άλλους ανθρώπους και αντικείμενα. Επιπλέον, η οντολογία μπορεί να αποθηκεύει σημαντικά δεδομένα σχετικά με τις αποστολές σπηλαίων. Τέλος, παρέχονται επίσης συνδέσεις (sameAs) με άλλες κατηγορίες οντολογιών όπως η DBpedia²⁸ [7].

5.1.1 Κλάσεις και Υποκλάσεις (Classes and Subclasses)

Στην εικόνα 54 παρουσιάζονται οι κλάσεις της οντολογίας στην εφαρμογή Protégé. Ένα μεγάλο μέρος της οντολογίας αναφέρεται σε σπηλαιολογικές δραστηριότητες, σπηλαιολόγων και αποστολών και δε θα γίνει περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των κλάσεων στην παρούσα εργασία. Οι κλάσεις που αφορούν στις φυσικές ιδιότητες του σπηλαίου, οργανισμούς, χάρτες, χώρους και σπηλαιοθέματα είναι οι κλάσεις “SpatialThing”, “Living_Organism”, “Mapping”, “Climate” και “Usage”. Πιο αναλυτικά οι παραπάνω κλάσεις περιγράφουν:

1. Κλάση “SpatialThing” (Εννοια με χωρική διάσταση): Οτιδήποτε έχει χωρική διάσταση, δηλαδή μέγεθος, σχήμα ή θέση. Για παράδειγμα άνθρωποι, μέρη, καθώς και περιοχές. Περιλαμβάνει τις υποκλάσεις “Cave” (Σπήλαιο), “Entrance” (είσοδος), “Point” (σημείο), “Room” (Αίθουσα) και “Speleothem” (Σπηλαιοθέμα).
- 1.1. Υποκλάση “Cave” (Σπήλαιο): Η κύρια κατάταξη του “σπηλαίου”, συμπεριλαμβανομένων βασικών πληροφοριών για την τοποθεσία, την ονοματολογία κ.λπ. του σπηλαίου. Η κλάση “Cave” επιπλέον περιλαμβάνει τις υποκλάσεις κατάταξης του σπηλαίου (“Ice Cave”, “Karst Cave”, “Sea Cave”, “Show Cave”, “Wild Cave” ή “Other”) σχετικές με τη σπηλαιογένεση ή το είδος του σπηλαίου.

²⁸ <https://www.dbpedia.org/>

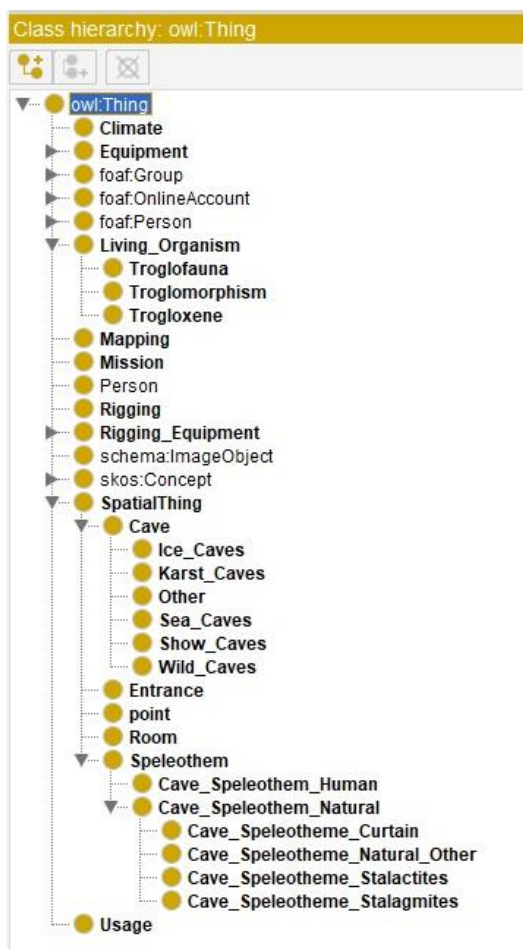
- 1.2. Υποκλάση “Entrance” (Είσοδος): Μία κλάση για τις εισόδους του σπηλαίου, κύριες ή όχι.
- 1.3. Υποκλάση “Point” (Σημείο): Κλάση που προσδιορίζει μοναδικά ένα σημείο σε σύστημα συντεταγμένων.
- 1.4. Υποκλάση “Room” (Αίθουσα): Οι αίθουσες που περιλαμβάνει το σπήλαιο.
- 1.5. Υποκλάση “Speleothem” (Σπηλαιοθέμα): Αναφέρεται στα σπηλαιοθέματα της σπηλιάς. Η Κλάση “Speleothem”, επιπλέον, περιλαμβάνει δύο υποκλάσεις, την “Cave_Speleothem_Human” και την “Cave_Speleothem_Natural”, που αναφέρονται στα ανθρωπογενή σπηλαιοθέματα και στα φυσικά σπηλαιοθέματα του σπηλαίου, αντίστοιχα. Η υποκλάση “Cave_Speleothem_Natural” περιλαμβάνει τις δικές της υποκλάσεις, “Cave_Speleothem_Curtain”, “Cave_Speleothem_Stalaktites”, “Cave_Speleothem_Stalagmites” και “Cave_Speleothem_Other”. Οι υποκλάσεις αυτές περιγράφουν τα διαφορετικά είδη των φυσικών σπηλαιοθεμάτων που μπορεί να υπάρχουν σε ένα σπήλαιο, δηλαδή τους καταρράκτες, τους σταλακτίτες, τους σταλαγμίτες ή κάποιο άλλο είδος.
2. Κλάση “Living_Organism” (Ζωντανοί Οργανισμοί): Μια κλάση για όλους τους οργανισμούς που υπάρχουν στο σπήλαιο. Η κλάση “Living_Organism” περιλαμβάνει τρεις υποκλάσεις τριών διαφορετικών ειδών οργανισμών.
 - 2.1. “Troglifauna” (τρογλοπανίδα²⁹): Μικρά ζώα που κατοικούν σε σπήλαια και έχουν προσαρμοστεί στο σκοτεινό περιβάλλον τους. Τα τρογλοπανιδικά είδη περιλαμβάνουν αράχνες, έντομα, μυριάποδα κ.α. Ορισμένες τρογλοπανίδες ζουν μόνιμα υπόγεια και δεν μπορούν να επιβιώσουν έξω από το περιβάλλον του σπηλαίου.
 - 2.2. “Troglomorphism” (Οργανισμοί με Τρογλομορφισμό)³⁰: Τρογλομορφισμός είναι η μορφολογική προσαρμογή ενός ζώου να ζει στο συνεχές σκοτάδι των σπηλαίων, που χαρακτηρίζεται από χαρακτηριστικά όπως απώλεια χρωστικής ουσίας, μειωμένη όραση ή τύφλωση και συχνά με εξασθενημένα σώματα και/ή εξαρτήματα.
 - 2.3. “Troglaxene” (τρογλοξένες)³¹: Οι τρογλοξένες ή υποτρογλόφιλοι, ονομάζονται, επίσης και φιλοξενούμενοι των σπηλαίων, είναι ζωικά είδη που ζουν περιοδικά σε υπόγειους βιότοπους όπως σπηλιές ή στην είσοδο, αλλά δεν μπορούν να ζουν αποκλειστικά σε τέτοιους οικοτόπους.
3. Κλάση “Mapping” (Χαρτογράφηση): Η αναπαράσταση ενός σπηλαίου στο χάρτη.
4. Κλάση “Climate” (Κλίμα): Οι κλιματικές συνθήκες του σπηλαίου.

²⁹ <https://dbpedia.org/page/Troglifauna>

³⁰ <https://dbpedia.org/page/Troglomorphism>

³¹ <https://dbpedia.org/page/Troglaxene>

5. Κλάση “Usage” (Χρησιμότητα): Η κλάση αυτή περιγράφει τις κύριες χρήσεις του σπηλαιού, των σπηλαιοθεμάτων κ.λπ.

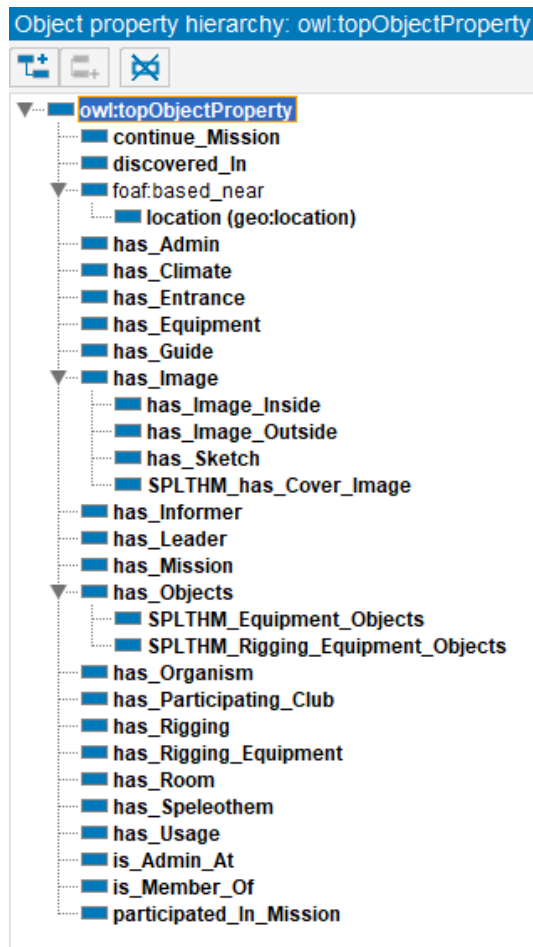


Εικόνα 54. Ιεραρχία κλάσεων οντολογίας Speleothem.

Με τη χρήση των ιδιοτήτων των οντολογιών προβάλλονται στοιχεία και συγκεκριμένα γεγονότα σχετικά με τα μέλη των κλάσεων. Πρόκειται για μία δυαδική σχέση και εκφράζεται με δύο τύπους ιδιοτήτων, τις “Ιδιότητες Αντικειμένων” (“Object Properties”) και τους “Τύπους Δεδομένων – Ιδιότητες” (“Data Properties”). Οι σχέσεις μεταξύ των ιδιοτήτων εμπεριέχουν και πολλούς άλλους ισχυρισμούς, μεταξύ των οποίων είναι περιορισμοί ιδιοτήτων, ειδικές ιδιότητες, λογικοί συνδυασμοί και απαριθμήσεις. Οι ιδιότητες μπορούν να συνδέονται και με τύπους δεδομένων της XML Schema στους οποίους περιλαμβάνονται και οι γνωστοί Integer, String, Boolean, Time και Date [24]. Πιο αναλυτικά για την οντολογία Speleothem:

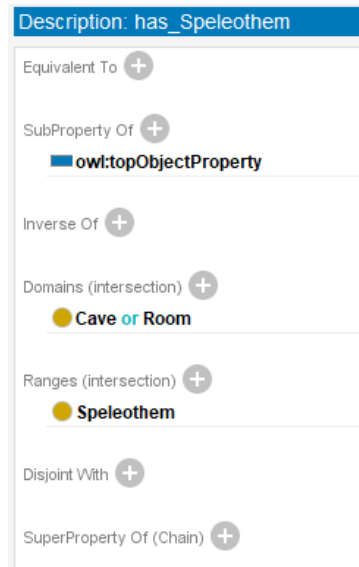
5.1.2 Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties)

Ένα στοιχείο “owl:ObjectProperty” (ιδιότητα αντικειμένου) εκφράζει τη σχέση μεταξύ δυο στιγμιότυπων. Οι ιδιότητες που συνδέουν τις κλάσεις με τα στιγμιότυπα για την καταχώριση δεδομένων στην οντολογία “Speleothem” παρουσιάζονται στην εικόνα 55.



Εικόνα 55. Ιδιότητες Αντικειμένων της οντολογίας *Speleothem*.

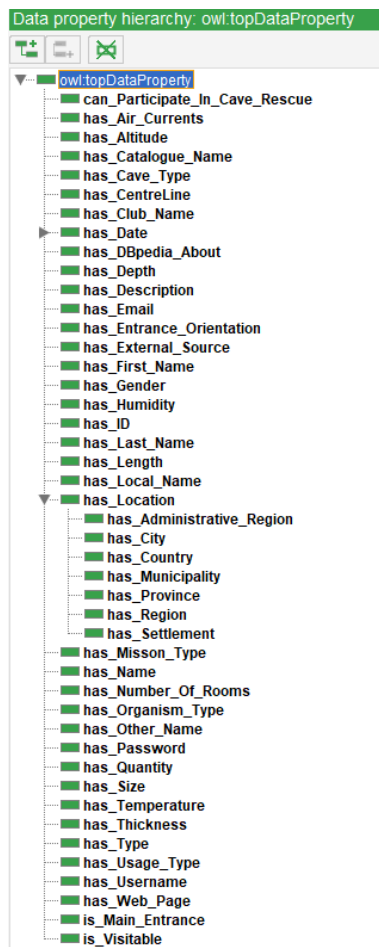
Όπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα οι ιδιότητες των αντικειμένων που αφορούν στα χαρακτηριστικά του σπηλαίου περιγράφουν μεταξύ άλλων σχέσεις σχετικές με ανακαλύψεις ή παρουσιάσεις οργανισμών, σπηλαιοθεμάτων και αιθουσών, στοιχεία κλιματικών συνθηκών και εισόδων του σπηλαίου. Ενδεικτικά στην εικόνα 56 παρουσιάζεται η ιδιότητα “has_Speleothem”. Η ιδιότητα “has_Speleothem” έχει Domain την κλάση “Cave” (σπήλαιο) ή “Room” (αίθουσα) και Range την κλάση “Speleothem” που ουσιαστικά σημαίνει πως ένα σπήλαιο ή μια αίθουσα σπηλαίου έχει κάποιο σπηλαιοθέμα. Δύο στιγμιότυπα, ένα σπήλαιο ή μια αίθουσα μπορούν να συνδεθούν με ένα σπηλαιοθέμα μέσω της ιδιότητας “has_Speleothem”.



Εικόνα 56. Ιδιότητα has_Speleothem.

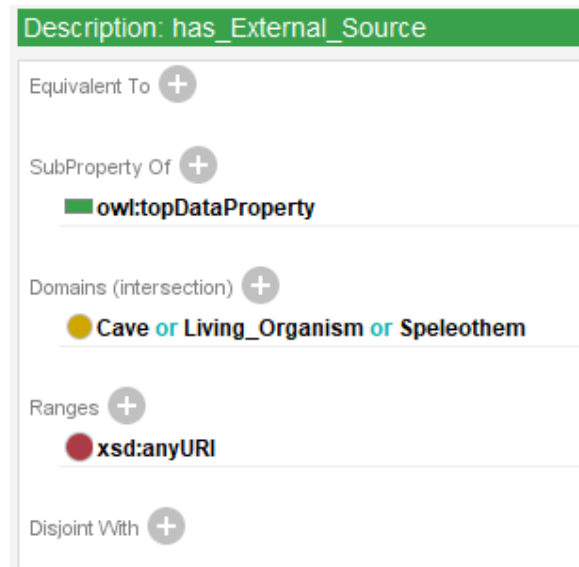
5.1.3 Τύποι Δεδομένων - Ιδιότητες (Data Properties)

Ένα “owl:DatatypeProperty” στοιχείο εκφράζει τη σχέση μεταξύ ενός στιγμιότυπου και μιας τιμής δεδομένου. Οι τύποι δεδομένων της οντολογίας “Speleothem” φαίνονται στην εικόνα 57.



Εικόνα 57. Τύποι Δεδομένων – Ιδιότητες της οντολογίας Speleothem

Λεπτομερή δεδομένα που αφορούν στο σπήλαιο, στις αίθουσές του, στις εισόδους του, ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και λεπτομέρειες του κάθε στιγμιότυπου μπορούν να συνδεθούν και να παρουσιαστούν. Τα ονόματα των δεδομένων δηλώνουν και τη χρήση του τύπου δεδομένων. Ενδεικτικά, στην εικόνα 58 παρουσιάζεται ο τύπος δεδομένων “has_External_Source” με Domain την κλάση “Cave” ή “Living_Organism” ή “Speleothem” και range “xsd:anyURI” (τύπου anyURI) που ουσιαστικά σημαίνει πως ένα στιγμιότυπο τύπου σπηλαίου ή οργανισμού ή σπηλαιοθέματος έχει σχετικές συνδεδεμένες πληροφορίες από μια εξωτερική πηγή (πόρο) που συνδέεται στο στιγμιότυπο με κάποιο URI.



Εικόνα 58. Τύπος Δεδομένων has_External_Source της οντολογίας Speleothem.

5.1.4 Στιγμιότυπα (Instances - Individuals)

Στην OWL τα στιγμιότυπα μίας τάξης ονομάζονται “Individuals”. Για κάθε κλάση δημιουργούνται τα στιγμιότυπά της. Για κάθε στιγμιότυπο δημιουργούνται σχέσεις ισχυρισμού με άλλα στιγμιότυπα άλλων κλάσεων που έχουν καταχωρηθεί στα “data properties”. Η συγκεκριμένη οντολογία προφανώς δε συμπεριλαμβάνει στιγμιότυπα. Τα στιγμιότυπα που αφορούν στη μοντελοποίηση του σπηλαίου του Κιλκίς παρουσιάζονται παρακάτω στην ενότητα 5.2.6.

5.2 Ανάπτυξη της Οντολογίας του Σπηλαίου του Κιλκίς

Για την ανάπτυξη της οντολογίας του σπηλαίου του Κιλκίς αξιοποιείται η οντολογία Speleothem που παρουσιάζεται παραπάνω. Να σημειωθεί πως για σκοπούς που αφορούν σε χρήση σχετικών νέων πληροφοριών που μπορεί να υπάρξουν για το σπήλαιο του Κιλκίς και δεν ήταν διαθέσιμες την περίοδο συγγραφής της εργασίας αυτής αλλά και για μελλοντικές

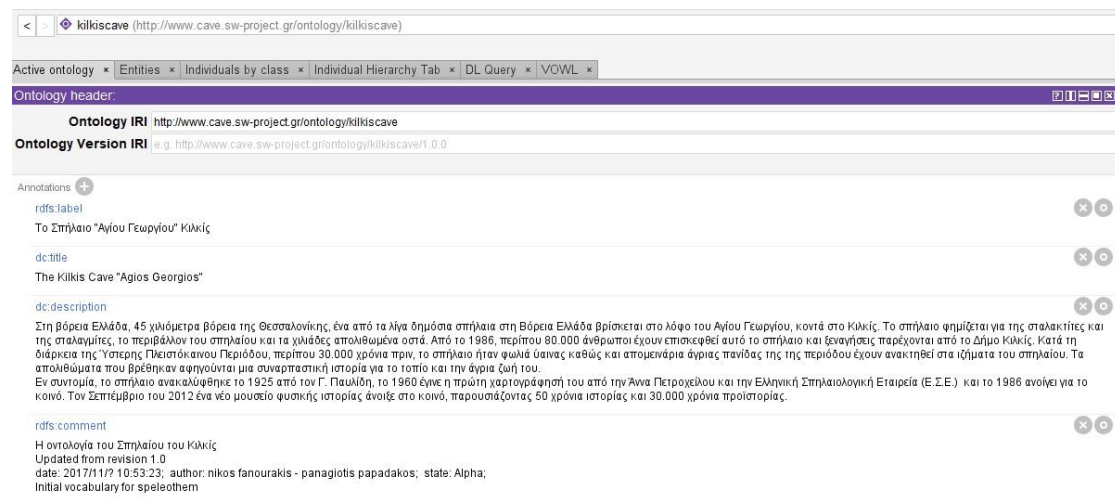
προεκτάσεις της οντολογίας, διατηρούνται όλες οι υφιστάμενες κλάσεις, οι ιδιότητες αντικειμένων και οι τύποι δεδομένων της οντολογίας “Speleothem”.

Η οντολογία συμπεριλαμβάνει νέες κλάσεις, ιδιότητες αντικειμένων και τύπους δεδομένων. Ενδεικτικά αναφέρεται η νέα κλάση που αφορά στο μουσείο του σπηλαίου, έννοια που δεν πραγματεύεται η οντολογία “Speleothem”. Ορισμένες ιδιότητες και τύποι δεδομένων διαμορφώνονται ως προς τα χαρακτηριστικά τους ώστε να μοντελοποιήσουν σαφώς την παρούσα μελέτη περίπτωσης του σπηλαίου του Κιλκίς. Όλες οι προσθήκες και διαμορφώσεις περιγράφονται στις παρακάτω ενότητες.

5.2.1 Γενικά Στοιχεία

Για την μοντελοποίηση χρησιμοποιείται η εφαρμογή Protégé και η πλατφόρμα Virtuoso SPARQL Query Editor του ΔΙ.ΠΑ.Ε.³², που υλοποιεί το SPARQL Endpoint.

Το όνομα της οντολογίας είναι “Kilkiscave” (kilkiscave.owl) και το IRI της είναι το <http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave> (εικόνα 59). Φιλοξενείται στο Domain www.cave.sw-project.gr στον φάκελο ontology και το φωτογραφικό υλικό της μοντελοποίησης βρίσκεται στο ίδιο Domain σε φάκελο με όνομα “owlphotos”.



Εικόνα 59. Η οντολογία του σπηλαίου του Κιλκίς.

Η διαμορφωμένη οντολογία αποτελείται από 73 κλάσεις (classes), 34 ιδιότητες αντικειμένων (object properties) και 53 ιδιότητες δεδομένων (data properties) και 34 στιγμιότυπα (individuals). Διαχειρίζεται επιπλέον των υφισταμένων εννοιών της οντολογίας “Speleothem”, το μουσείο του σπηλαίου με τα εκθέματά του, τα απολιθωμένα οστά των ζώων που έχουν βρεθεί στις αίθουσες του σπηλαίου και σε ποιες αίθουσες αυτά έχουν ανακαλυφθεί (τα

³² <http://virit.it.teithe.gr/sparql/>

απολιθώματα χωρίζονται σε κατηγορίες, subclasses), νέες κατηγορίες σπηλαιοθεμάτων και σχηματισμών καθώς και πληροφορίες για τη σπηλαιογένεση.

Τα prefixes της οντολογίας είναι τα παρακάτω:

PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>

PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>

PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>

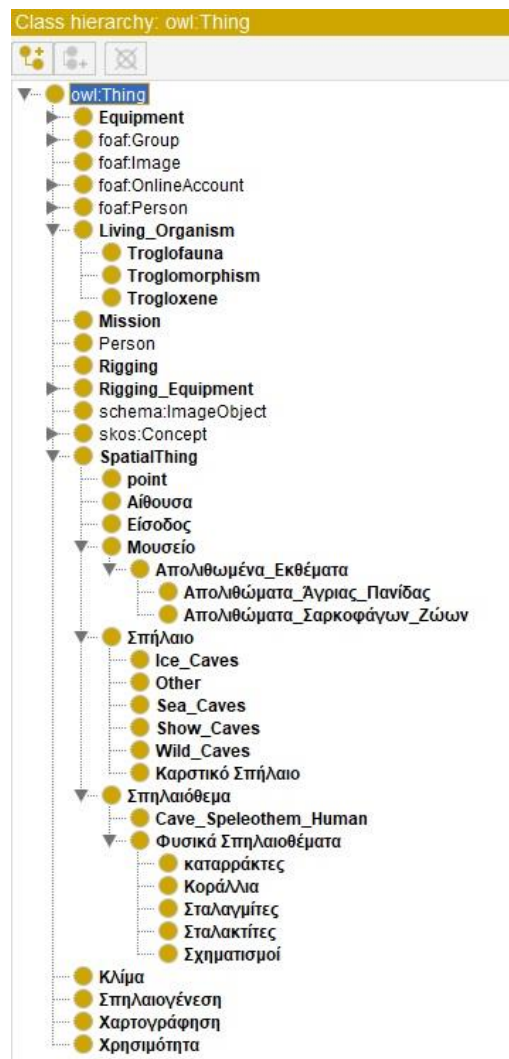
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>

PREFIX kev: <http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#>

PREFIX speleothem: <http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#>

5.2.2 Κλάσεις και Υποκλάσεις (Classes and Subclasses)

Οι κλάσεις του μοντέλου του σπηλαίου του Κιλκίς παρουσιάζονται στην εικόνα 60. Οι κλάσεις που θα αναλυθούν παρακάτω αφορούν στα χαρακτηριστικά και τις πληροφορίες του σπηλαίου.



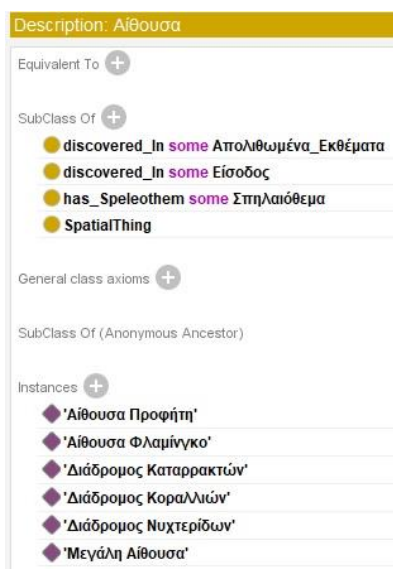
Εικόνα 60. Η οντολογία του σπηλαίου του Κιλκίς.

1. Κλάση “SpatialThing”: Περιλαμβάνει όλες τις υποκλάσεις της οντολογίας “Speleothem”, δηλαδή τις υποκλάσεις “Αίθουσα” (“Room”), “Είσοδος” (“Entrance”), “Σημείο” (“Point”), “Σπήλαιο” (“Cave”) και “Σπηλαιοθέμα” (“Speleothem”).
 - 1.1. Η υποκλάση “Αίθουσα” χρησιμοποιείται για την αποθήκευση των πληροφοριών των αιθουσών του σπηλαίου και τα αντίστοιχα στιγμιότυπα (individuals) των αιθουσών.
 - 1.2. Η υποκλάση “Είσοδος” χρησιμοποιείται για την αποτύπωση των στιγμιότυπων της κύριας και των φυσικών εισόδων της σπηλιάς.
 - 1.3. Η υποκλάση “Σπήλαιο” και συγκεκριμένα η υποκλάση της “Καρστικό Σπήλαιο” (“karst_Caves”) είναι η κλάση που αποθηκεύει το στιγμιότυπο του σπηλαίου του Κιλκίς.
 - 1.4. Η υποκλάση “Σπηλαιοθέμα” διαχειρίζεται τις πληροφορίες των σπηλαιοθεμάτων του σπηλαίου με τις αντίστοιχες κατηγορίες τους (υποκλάσεις). Οι υποκλάσεις της κλάσης “Φυσικά Σπηλαιοθέματα” είναι οι “Καταρράκτες”, “Κοράλλια”, “Σταλαγμίτες”, “Σταλακτίτες” και “Σχηματισμοί”. Οι “Σχηματισμοί” είναι μια νέα υποκλάση (“Cave_Other”), υποκλάση της κλάσης “Φυσικά Σπηλαιοθέματα”, και αποθηκεύει πληροφορίες για τους πέτρινους σχηματισμούς στις αίθουσες του σπηλαίου του Κιλκίς.
 - 1.5. Μια νέα υποκλάση “Μουσείο” (“Museum”) συμπεριλαμβάνεται με σκοπό τη διαχείριση των πληροφοριών και των εκθεμάτων του μουσείου του σπηλαίου. Η κλάση αυτή περιλαμβάνει μία υποκλάση “Απολιθωμένα Εκθέματα” (“Fossil_Exhibits”), που με τη σειρά της περιλαμβάνει δύο υποκλάσεις, τα “Απολιθώματα Άγριας πανίδας” (“WildFauna_Fossils”) και τα “Απολιθώματα Σαρκοφάγων Ζώων” (“Carnivores_Fossils”).
2. Κλάση “Κλίμα” (“Climate”): Η ίδια κλάση της οντολογίας “Speleothem” που αποθηκεύει σε ένα στιγμιότυπο τις κλιματικές συνθήκες του σπηλαίου.
3. Κλάση “Σπηλαιογένεση” (“Speleogenesis”): Μια νέα κλάση που διαχειρίζεται τις πληροφορίες της σπηλαιογένεσης του σπηλαίου του Κιλκίς.
4. Κλάση “Χαρτογράφηση” (“Mapping”): Η κλάση “Mapping” με αντίστοιχο στιγμιότυπο με χαρτογραφικές απεικονίσεις του σπηλαίου.
5. Κλάση “Χρησιμότητα” (“Usage”): Η κλάση “Usage” με πληροφορίες για τη σπηλαιοθεραπεία ως χρησιμότητα του σπηλαίου του Κιλκίς.

5.2.3 Περιγραφή Χαρακτηριστικών και Ιδιοτήτων των Κλάσεων (Slots)

Για την εύρυθμη λειτουργία της οντολογίας δημιουργούνται κάποιες περιγραφές χαρακτηριστικών και ιδιοτήτων των κλάσεων. Οι πιο σημαντικές προσθήκες αφορούν στις κλάσεις “Αίθουσα”, “Μουσείο” και “Σπήλαιο” και αναφέρονται ακολούθως.

5.2.3.1 Κλάση “Αίθουσα”



Εικόνα 61. Αξιώματα κλάσης Αίθουσα.

Σύμφωνα με την εικόνα 61 σε κάθε αίθουσα του σπηλαίου μπορούν να έχουν ανακαλυφθεί απολιθωμένα εκθέματα (που με τη σειρά τους εκτίθενται στο μουσείο), μπορεί να έχει ανακαλυφθεί και να βρίσκεται κάποια από τις εισόδους του σπηλαίου και τέλος να υπάρχει κάποιο σπηλαιοθέμα προς παρατήρηση. Στο κάτω μέρος της εικόνας εμφανίζονται τα στιγμιότυπα (individuals) της κλάσης αίθουσα, δηλαδή οι έξι αίθουσες του σπηλαίου.

5.2.3.2 Κλάση “Μουσείο”

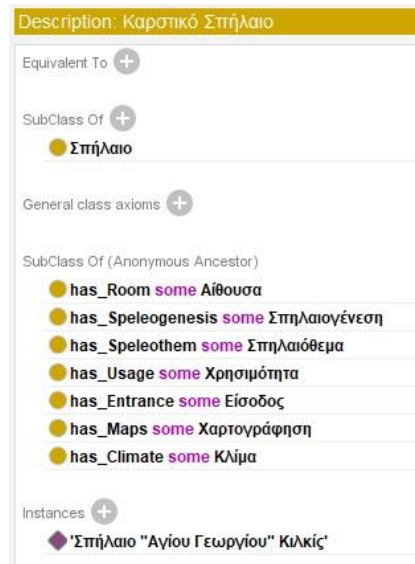


Εικόνα 62. Αξίωμα κλάσης Μουσείο.

Σύμφωνα με την εικόνα 62, στο μουσείο του σπηλαίου του Κιλκίς διατίθενται στους επισκέπτες απολιθωμένα εκθέματα, δηλαδή απολιθωμένα οστά ζώων που έχουν ανακαλυφθεί στις

αίθουσες του σπήλαιου. Στο κάτω μέρος της εικόνας εμφανίζεται το στιγμιότυπο του μουσείου της οντολογίας.

5.2.3.3 Κλάση “Σπήλαιο” (Υποκλάση: “Καρστικό Σπήλαιο”)



Εικόνα 63. Αξίωμα υποκλάσης Καρστικό Σπήλαιο.

Εδώ πρέπει να αναφερθεί πως τα αξιώματα που αφορούν στο σπήλαιο του Κιλκίς καταχωρούνται στην κλάση “Σπήλαιο” (με στόχο πιθανές μελλοντικές προεκτάσεις) τα οποία κληρονομούνται στις υποκλάσεις της. Έτσι όπως φαίνεται στην εικόνα 63 που εμφανίζει τα χαρακτηριστικά της κλάσης “Καρστικό Σπήλαιο”, κληρονομούνται τα επόμενα χαρακτηριστικά. Το σπήλαιο του Κιλκίς διαθέτει αίθουσες και εισόδους και σχετικές χαρτογραφικές απεικονίσεις, διατηρεί πληροφορίες για την σπηλαιογένεσή του, τις κλιματικές του συνθήκες και τα σπηλαιοθέματά του και τέλος, φέρει συγκεκριμένη χρησιμότητα για τους επισκέπτες του. Στο κάτω μέρος της εικόνας παρουσιάζεται το στιγμιότυπο της οντολογίας, το Σπήλαιο “Αγίου Γεωργίου Κιλκίς”.

5.2.4 Ιδιότητες Αντικειμένων (Object Properties)

Ορισμένες Ιδιότητες Αντικειμένων διαμορφώνονται ώστε να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της μοντελοποίησης και κάποιες νέες δημιουργούνται. Παρακάτω εμφανίζονται οι πιο σημαντικές από αυτές.

5.2.4.1 Object Property “Discovered_In”

Η ιδιότητα αυτή στην οντολογία “Speleothem” έχει Domain τις κλάσεις “Living_Organism” ή “Speleothem” με range τις κλάσεις “Mission” ή “Room”, ενώ στο νέο μοντέλο διαμορφώνεται με Domain την κλάση “Σπήλαιο” (“Cave”) ή “Αίθουσα” (“Room”) και Range τις κλάσεις “Απολιθωμένα Εκθέματα” ή “Είσοδος”.

Συναφής περίπτωση αποτελεί η ιδιότητα “has_Image” για την οποία προστίθενται Domains που εξυπηρετούν περισσότερες κλάσεις του μοντέλου και η ιδιότητα “has_Usage” για την οποία προστίθεται στα Domains της, η κλάση “Μουσείο”.

5.2.4.2 *Object Property “Fossil_Exhibits”*

Η ιδιότητα “Fossil_Exhibits” είναι μια νέα ιδιότητα της οντολογίας του σπηλαίου με Domain την κλάση “Μουσείο” και Range την κλάση “Απολιθωμένα Εκθέματα”. Δηλαδή, ένα Μουσείο μπορεί να διαθέτει απολιθωμένα εκθέματα.

5.2.4.3 *Object Property “has_Maps”*

Η ιδιότητα has_Maps, μια νέα, επίσης, ιδιότητα, εξυπηρετεί την κλάση Σπήλαιο (Domain) ώστε να αποθηκεύει τις χαρτογραφικές απεικονίσεις της κλάσης Χαρτογράφηση (Range) του σπηλαίου.

5.2.4.4 *Object Property “has_Speleogenesis”*

Η κλάση Σπήλαιο (Domain) διαθέτει πληροφορίες Σπηλαιογένεσης από την κλάση Σπηλαιογένεση (Range), σύμφωνα με τη νέα ιδιότητα που δημιουργήθηκε για το μοντέλο.

5.2.5 *Τύποι Δεδομένων - Ιδιότητες (Data Properties)*

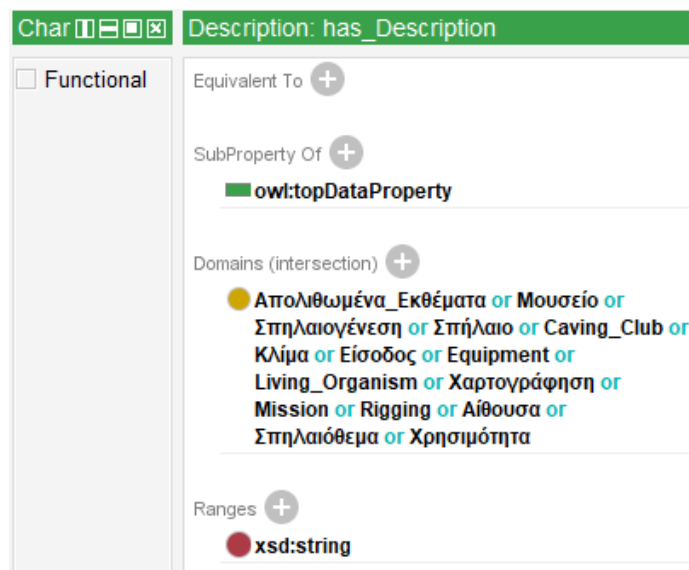
Ορισμένες Ιδιότητες Αντικειμένων διαμορφώνονται ώστε να εξυπηρετήσουν τις ανάγκες της μοντελοποίησης και κάποιες νέες δημιουργούνται. Παρακάτω εμφανίζονται οι πιο σημαντικές από αυτές.

5.2.5.1 *Data Property “has_DBpedia_About”*

Η ιδιότητα “has_DBpedia_About” τύπου AnyURI διαμορφώνεται ως προς το Domain της που πλέον είναι ολόκληρο το “thing OWL”.

5.2.5.2 *Data Property “Has_Description”*

Η ιδιότητα “Has_Description” τύπου string διαχειρίζεται και από τις κλάσεις “Απολιθωμένα Εκθέματα”, “Μουσείο”, “Σπηλαιογένεση”, “Κλίμα”, “Είσοδος”, “Χαρτογράφηση” και “Χρησιμότητα”, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 64.



Εικόνα 64. Η Ιδιότητα *has_Description* τύπου *string*.

5.2.5.3 Data Property “*has_External_Source*”

Η ιδιότητα “*has_External_Source*” τύπου *AnyURI* διαχειρίζεται επιπλέον από τις κλάσεις (Domains) “Απολιθωμένα Εκθέματα” και “Μουσείο”.

5.2.5.4 Data Property “*has_Location*”

Η ιδιότητα “*has_Location*” τύπου *anyURI* περιλαμβάνει τις υποκατηγορίες “*has_City*”, “*has_country*”, “*has_Municipality*”, “*has_Province*”, “*has_region*” και “*has_Settlement*”, οι οποίες διαχειρίζονται επιπλέον και την κλάση “Μουσείο”.

5.2.5.5 Data Property “*has_Video_About*”

Η νέα ιδιότητα “*has_Video_About*” τύπου *AnyURI* διαχειρίζεται τις κλάσεις “Σπήλαιο” και “Μουσείο”.

5.2.5.6 Property “*foaf:depiction*”

Η “*foaf:depiction*” ιδιότητα ανήκει στο μορφότυπο FOAF και αφορά μια σχέση μεταξύ ενός πράγματος και ενός “*foaf:Image*” που το απεικονίζει, δηλαδή, την απεικόνιση κάποιου πράγματος. Μια κοινή χρήση του “*foaf:depiction*” είναι να υποδεικνύει τα περιεχόμενα μιας ψηφιακής εικόνας. Η συγκεκριμένη νέα ιδιότητα της οντολογίας χρησιμοποιείται στην μοντελοποίηση για να απεικονίσει μια κεντρική φωτογραφία των στιγμιότυπων της οντολογίας.

5.2.6 Στιγμιότυπα (Instances - Individuals)

Η παρουσίαση των στιγμιότυπων της οντολογίας του μοντέλου του σπηλαίου του Κιλκίς θα γίνει ακολούθως σύμφωνα με τις κλάσεις στις οποίες αυτά ταξινομούνται.

5.2.6.1 Κλάση “SpatialThing”

5.2.6.1.1 Κλάση “Αίθουσα” (“Room”)

Έξι στιγμιότυπα αποτυπώνουν τις αίθουσες του σπηλαίου με τα διακριτικά τους ονόματα. “Αίθουσα Προφήτη” και “Αίθουσα Φλαμίνγκο”, “Μεγάλη Αίθουσα”, “Διάδρομος Καταρρακτών”, “Διάδρομος Νυχτερίδων” και “Διάδρομος Κοραλλιών”. Στην εικόνα 65 εμφανίζεται το στιγμιότυπο της αίθουσας “Διάδρομος Κοραλλιών”. Όπως φαίνεται στην ενότητα των ισχυρισμών των ιδιοτήτων αντικειμένων του στιγμιότυπου, η αίθουσα αυτή διαθέτει σπηλαιοθέματα (τα κοράλλια της σπηλιάς) και πέτρινους σχηματισμούς (ελέφαντας, κροκόδειλος και ψάρι). Επίσης, στην αίθουσα αυτή έχει ανακαλυφθεί η δεύτερη φυσική είσοδος του σπηλαίου. Στην ενότητα των ισχυρισμών των τύπων δεδομένων του στιγμιότυπου μπορεί κανείς να διακρίνει τις φωτογραφίες της αίθουσας που υπάρχουν στην οντολογία και μια περιγραφή της αίθουσας.

The screenshot shows a software interface for viewing property assertions. The title bar reads "Property assertions: Διάδρομος Κοραλλιών". There are two main sections: "Object property assertions" and "Data property assertions".

Object property assertions:

- has_Speleothem 'Σχηματισμός Ελέφαντας'
- has_Speleothem Κοράλλια
- has_Speleothem 'Σχηματισμός Κροκόδειλος'
- has_Speleothem 'Σχηματισμός Ψάρι'
- discovered_In 'Δεύτερη Φυσική Είσοδος'

Data property assertions:

- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/fossil3.jpg"^^xsd:anyURI
- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/cave_rooms_map.jpg"^^xsd:anyURI
- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/petrino_psari.jpg"^^xsd:anyURI
- has_Description "Ο διάδρομος των κοραλλιών ονομάστηκε έτσι διότι παντού στα τοιχώματα της σπηλιάς υπάρχουν εντυπωσιακοί και περίτεχνοι σχηματισμοί πέτρινων κοραλλιών σε διάφορα μεγέθη και σχήματα. Στην αίθουσα αυτή βρίσκεται και σχηματισμός πέτρινου ελέφαντα και πέτρινου κροκόδειλου. Στον πέμπτο αυτό θάλαμο του δεύτερου ορόφου βρίσκεται και η δεύτερη φυσική είσοδος του σπηλαίου. Αυτή η είσοδος σήμερα είναι κλειστή. Τα τελευταία σαράντα μέτρα της σπηλιάς ανακαλύφθηκαν από τον ίδιο τον Βασίλη Μακρίδη μέσω της στενού ανοίγματος και πολύ αργότερα από την πρώτη χαρτογράφηση του σπηλαίου. Στο διάδρομο αυτό υπάρχουν της θέσεις απολιθωμάτων πάνω στα τοιχώματα της σπηλιάς (εικόνα 34). Το κομμάτι αυτό του σπηλαίου δεν παρουσιάζει φθορές ανθρώπινου παράγοντα διότι ανακαλύφθηκε τελευταίο το έτος 1989. Ο διάκοσμος των κοραλλιών υπάρχει παντού και είναι εντυπωσιακός. Στα τελευταία μέτρα μπορεί κανείς να δει το πέτρινο ψάρι του σπηλαίου."^^xsd:string
- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/fossil2.jpg"^^xsd:anyURI
- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/fossil1.jpg"^^xsd:anyURI
- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/diadromos_korallion3.jpg"^^xsd:anyURI

Εικόνα 65. Στιγμιότυπο Διαδρόμου Κοραλλιών στο σπήλαιο του Κιλκίς.

Αντίστοιχοι ισχυρισμοί αποδίδονται και στις υπόλοιπες αίθουσες του σπηλαίου που αφορούν σε σπηλαιοθέματα, απολιθωμένα οστά, εισόδους, φωτογραφίες σημείων ενδιαφέροντος και περιγραφές τους.

5.2.6.1.2 Κλάση “Είσοδος” (“Entrance”)

Τρία στιγμιότυπα αποτυπώνουν τις εισόδους του σπηλαίου σύμφωνα με τις διαθέσιμες πληροφορίες. Δύο φυσικές εισοδοί και μία κύρια είσοδος. Στους ισχυρισμούς των στιγμιότυπων αποδίδονται πληροφορίες (description) και φωτογραφικό υλικό.

5.2.6.1.3 Κλάση “Μουσείο” (“Museum”)

Περιλαμβάνει το στιγμιότυπο του μουσείου του σπηλαίου (εικόνα 66). Το στιγμιότυπο περιλαμβάνει στους ισχυρισμούς του τα “Απολιθωμένα Εκθέματα” καθώς και μια περιγραφή του ίδιου του Μουσείου.

Property assertions: Το Μουσείο του Σπηλαίου

Object property assertions +

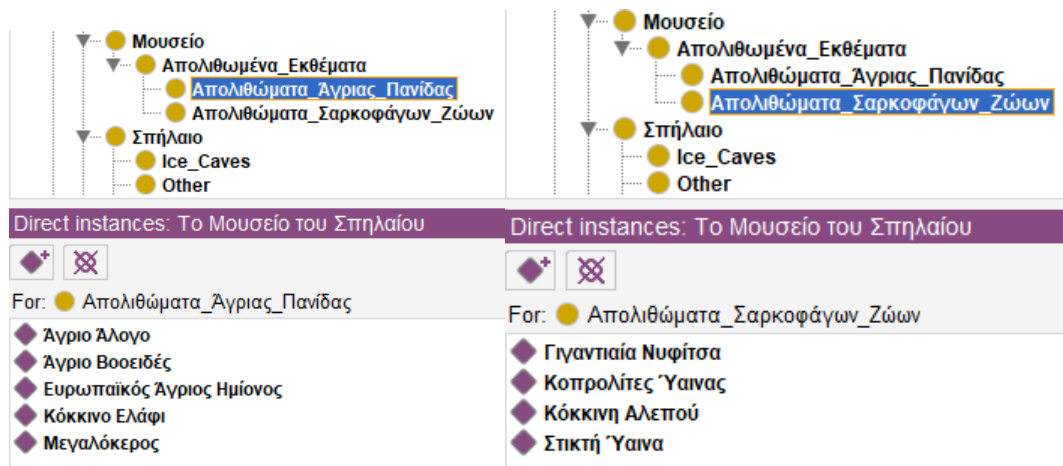
- has_Fossil_Exhibits 'Κόκκινη Αλεπού'
- has_Fossil_Exhibits 'Άγριο Βοοειδές'
- has_Fossil_Exhibits 'Κόκκινο Ελάφι'
- has_Fossil_Exhibits Μεγαλόκερος
- has_Fossil_Exhibits 'Σπικτή 'Υαινα'
- has_Fossil_Exhibits 'Κοπρολίτες 'Υαινας'
- has_Fossil_Exhibits 'Ευρωπαϊκός Άγριος Ημίονος'
- has_Fossil_Exhibits 'Άγριο Άλογο'
- has_Fossil_Exhibits 'Γιγανπαία Νυφίτσα'

Data property assertions +

- has_Description "Τον Σεπτέμβριο του 2012, το μουσείο φυσικής ιστορίας, μια μόνιμη έκθεση για το σπήλαιο άνοιξε για το κοινό κοντά στο σπήλαιο με όνομα “50 χρόνια ιστορίας και 30.000 χρόνια προϊστορίας”. Με τη βοήθεια του Δήμου Κιλκίς, ο άνω όροφος του παλαιού καφέ στην κορυφή του λόφου Αγίου Γεωργίου, μετατράπηκε σε έκθεση της ιστορίας του Κιλκίς. Μια διγλωσση έκθεση σύγχρονου σχεδιασμού, η οποία δίνει στον επισκέπτη μια εικόνα της ιστορίας του σπηλαίου και του έργου των σπηλαιολόγων και των παλαιοντολόγων, με αποτέλεσμα την ανασύσταση του παρελθόντος με ελκυστικό και εύκολα κατανοητό τρόπο. Το μουσείο είναι ανοικτό στο κοινό από της 6 Σεπτεμβρίου 2012. Τα εκθέματα του μουσείου χωρίζονται σε κατηγορίες οι περισσότερες από τις οποίες αφορούν στο σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου. Σπηλαιολογικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά του σπηλαίου, η άγρια πανίδα του σπηλαίου, εκθέματα παλαιοντολογίας και απολιθώματα του σπηλαίου και τέλος φυτά και βότανα στο λόγο του Αγίου Γεωργίου. Τα απολιθώματα είναι λείψανα διάφορων ζωικών ή φυτικών οργανισμών που έζησαν σε παλαιότερες γεωλογικές εποχές. Μετά το θάνατό της και κάτω από ειδικές συνθήκες, τα σκληρά μέρη της μπορούν να διατηρηθούν μέσα στα ιζήματα με σταδιακή αντικατάσταση"

Εικόνα 66. Το στιγμιότυπο του μουσείου του σπηλαίου.

Καθώς η κλάση Μουσείο περιλαμβάνει την υποκλάση “Απολιθωμένα Εκθέματα” με δύο υποκλάσεις (“Απολιθώματα Άγριας Πανίδας” και “Απολιθώματα Σαρκοφάγων Ζώων”) δημιουργούνται για αυτές τα αντίστοιχα στιγμιότυπα (Εικόνα 67) που κατηγοριοποιούν τα εκθέματα σύμφωνα με την κατηγορία του ζώου στην οποία ανήκουν (δηλαδή σαρκοφάγα και φυτοφάγα ζώα).



Εικόνα 67. Τα στιγμιότυπα των Απολιθωμένων οστών ζώων.

Στο μουσείο εκτίθενται και απολιθωμένοι κοπρολίτες της ύαινας που ζούσε στο σπήλαιο, που δεν αφορά στην ουσία κατηγορία απολιθωμένου οστού ζώου. Επειδή όμως είναι μια ιδιαίτερη περίπτωση, χωρίς να υπάρχουν και άλλες αντίστοιχες περιπτώσεις εκθεμάτων στο μουσείο, επιλέγεται να μη δημιουργηθεί νέα υποκλάση για αυτό το έκθεμα. Σε μια μελλοντική προσέγγιση και δεδομένου ότι θα υπάρχουν επιπλέον πληροφορίες ή νέα εκθέματα στο μουσείο θα μπορεί αυτό το στιγμιότυπο με σύμφωνα άλλα νέα να προσδιορίζει μια νέα κλάση στην οντολογία.

Ενδεικτικά παρουσιάζεται στην εικόνα 68 το στιγμιότυπο του “Μεγαλόκερου” του σπηλαίου, του γιγαντιαίου ελαφιού για το οποίο βρέθηκαν στη σπηλιά και εκτίθενται στο μουσείο απολιθωμένα οστά. Όπως παρουσιάζεται στην εικόνα 68 για το στιγμιότυπο υπάρχουν πληροφορίες (συνδεδεμένα δεδομένα) στο διαδίκτυο και συγκεκριμένα στην DBpedia (“has_DBpedia_About” και “has_External_Source”). Επίσης, διατίθεται περιγραφή (“has_Description”) για τον Μεγαλόκερο.

Property assertions: Μεγαλόκερος

Data property assertions +

- has_DBpedia_About "https://dbpedia.org/page/Megaloceros"^^xsd:anyURI
- has_External_Source "https://dbpedia.org/page/M._giganteus"^^xsd:anyURI
- has_Description "Ο Μεγαλόκερος ήταν ένα γιγαντιαίο ελάφι, ο πρόγονος του οποίου εμφανίστηκε στην Ευρώπη της αρχής της περιόδου του Τεταρτογενούς. Πλήρεις σκελετοί έχουν βρεθεί συχνά σε εδάφη από τύρφη, ειδικά στην Ιρλανδία. Φαίνεται ότι έχουν αναπτυχθεί σε εύκρατα κλίματα με σημαντική υγρασία, ακόμη και αν σε ορισμένα σημεία βρίσκεται μαζί με είδη από ψυχρότερα κλίματα. Τα αρσενικά έχουν περίπου 2,1 μέτρα ύψος της ώμους και τεράστια κέρατα με παλαμιαία πλάτυνση και άνοιγμα της φορές να υπερβαίνει τα 4 μέτρα.
Ο μεγαλόκερος είναι γνωστός από την τέχνη των σπηλαιίων του προϊστορικού ανθρώπου, όπου απεικονίζεται σε βραχογραφίες και βραχοανόγλυφα (Chauvet, Cougnac). Νάνες μορφές αυτού του είδους έχουν εξελιχθεί σε διάφορα νησιά της Μεσογείου. Στην Κρήτη ο κρητικός νάνος μεγαλόκερος *Candiacervus cretensis* (SIMONELLI, 1908), ή *Megaloceros cretensis*, είναι ένα εξαφανισμένο είδος ελαφιού, ύψους περίπου 60 εκατοστών της ώμους. Η μελέτη των ενδημικών ελαφιών ξεκίνησε στη δεκαετία του εξήντα από τον Kuss. Ως της το μέγεθος των κέρατων της θεωρίες έχουν προκύψει σχετικά με την εξέλιξη. Μια θεωρία ήταν ότι τα κέρατά της, υπό τη διαρκή και έντονη σεξουαλική επιλογή, αυξάνονται σε μέγεθος, επειδή τα αρσενικά πάντα θέλουν να εντυπωσιάσουν τα θηλυκά. Προτάθηκε ότι το μέγεθος έγινε τόσο μεγάλο, με αποτέλεσμα το ζώο να είναι δυσκίνητο, κυρίως ανάμεσα στα κλαδιά των δέντρων του δάσους, ώστε να μη μπορεί να μετακινηθεί κανονικά για να διαχειριστεί τη ζωή του και έτσι εξαφανίστηκε. Όταν το κλίμα άλλαξε στο τέλος της βούρμιας παγετώδους περιόδου, στο βιότοπο του ζώου, η βλάστηση της άλλαξε της είδη που δε μπορούσαν να δώσουν επαρκή ποσότητα από τα απαραίτητα ανόργανα στοιχεία. Το πιο πρόσφατο παράδειγμα *M. Giganteus* στη Β. Σιβηρία, περίπου 8.000 ετών, δεν παρουσιάζει κανένα σημάδι δραματικών αλλαγών, επειδή προήλθε από μια περιοχή με ηπειρωτικό κλίμα, όπου δεν είχαν ακόμη εμφανιστεί αλλαγές στη βλάστηση. Στην Ελλάδα Μεγαλόκεροι αναφέρονται της παλαιοντολογικές θέσεις: Καλίνδρια (Καλαμιτό, ομάδα ορθογωνόκερων, Κάτω Πλειστόκαινο), Αλιάκμονα, Μεγαλόπολη (Πελοπόννησος), Σπήλαιο Πετραλώνων (Μέσο Πλειστόκαινο), Σπήλαιο Αγγίτη (Δράμα, Άνω Πλειστόκαινο) και σε αρχαιολογικές θέσεις της Παλαιολιθικής και νεότερης εποχής της στη Θεσσαλία-Άργισσα."^^xsd:string

Εικόνα 68. Στο στιγμιότυπο του Μεγαλόκερου του σπηλαίου.

5.2.6.1.4 Κλάση “Σπήλαιο” (“Cave”)

Περιλαμβάνει το βασικό στιγμιότυπο της οντολογίας το σπήλαιο του Κιλκίς (εικόνα 69).

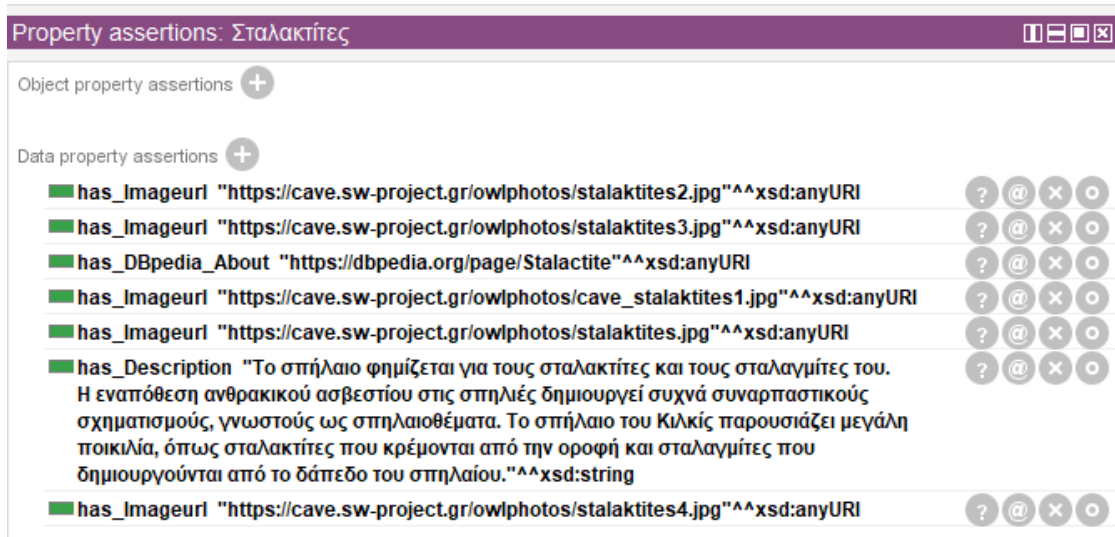
Το στιγμιότυπο περιλαμβάνει στους ισχυρισμούς του όλες τις συνδεδεμένες πληροφορίες που διαθέτει το σπήλαιο. Τις αίθουσές του (“has_Room”), τις εισόδους του (“has_Entrance”), τα σπηλαιοθέματά του (“has_Speleothem”), χαρτογραφικές απεικονίσεις (“has_Maps”), χρησιμότητα (“has_Usage”) και πληροφορίες για τις κλιματικές του συνθήκες (“has_Climate”). Επίσης, διαθέτει περιγραφή (“has_Description”), φωτογραφικό υλικό (“has_ImageURL”), διάφορα αυτοπεριγραφικά χαρακτηριστικά που αφορούν σε φυσικά στοιχεία όπως βάθος (“has_Depth”), μήκος (“has_Length”), αριθμό αιθουσών (“Number_of_Rooms”), πόλη, περιοχή, χώρα, (“has_City”, “has_Administrative_Region”, “has_Country”) τύπο σπηλιάς (“has_Cave_Type”), τοπικό όνομα (“has_Local_Name”), αν είναι επισκέψιμο (“is_Visitable”) και τέλος πολυμεσικό υλικό εξωτερικού πόρου (“has_Video_About”).

The image shows a web interface for a cave ontology. On the left, a tree structure lists cave types: Σπήλαιο (Ice_Caves, Other, Sea_Caves, Show_Caves, Wild_Caves, Καρστικό Σπήλαιο), Σπηλαιόθεμα (Κλίμα, Σπηλαιογένεση, Χαρτογράφηση, Χρησιμότητα). The main area displays 'Property assertions' for 'Σπήλαιο "Αγίου Γεωργίου" Κιλκίς', listing various attributes like 'has_Room', 'has_Entrance', 'has_Speleothem', etc. The right side shows 'Data property assertions' with detailed text for 'has_Length', 'has_Description', 'has_Depth', 'has_City', 'has_ImageURL', 'has_External_Source', 'has_Administrative_Region', 'has_Local_Name', and 'is_Visitable'.

Εικόνα 69. Το στιγμιότυπο του σπηλαίου του Κιλκίς.

5.2.6.1.5 Κλάση “Σπηλαιοθέμα” (“Speleothem”)

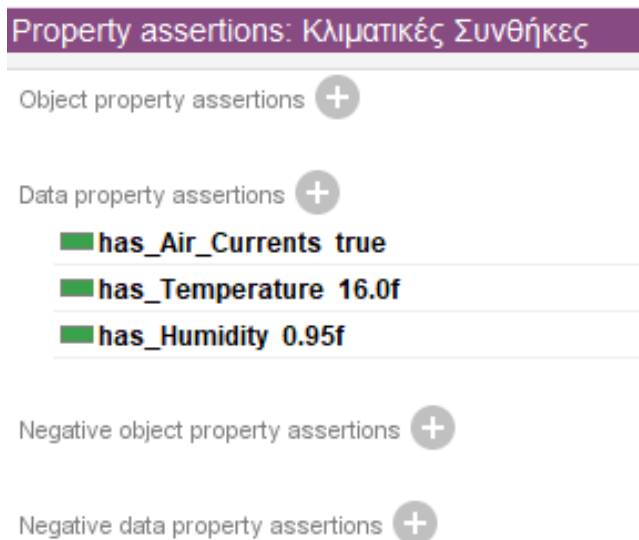
Τα στιγμιότυπα αυτής της κλάσης είναι ιεραρχικά ταξινομημένα στην υποκλάση “Φυσικά Σπηλαιοθέματα” που περιλαμβάνει πέντε υποκλάσεις. Έτσι, δημιουργούνται στιγμιότυπα για τους καταρράκτες του σπηλαίου, τους σταλακτίτες και τους σταλαγμίτες, τα κοράλλια του σπηλαίου και τέλος έξι διαφορετικά στιγμιότυπα για κάθε έναν από τους πέτρινους σχηματισμούς που υπάρχουν στις αίθουσες του σπηλαίου. Ο αριθμός των στιγμιότυπων αυτής της κλάσης είναι δέκα. Κάθε στιγμιότυπο μπορεί να αποθηκεύει περιγραφή (“has_Description”), εξωτερικά συνδεδεμένα δεδομένα (“has_DBpedia_About”) και φωτογραφικό υλικό (“has_ImageURL”).



Εικόνα 70. Οι ισχυρισμοί του στιγμιότυπου Σταλακτίτες του σπηλαίου.

5.2.6.2 Κλάση “Κλίμα” (“Climate”)

Το στιγμιότυπο με όνομα Κλιματικές Συνθήκες αποθηκεύει τις κλιματολογικές συνθήκες της σπηλιάς. Πληροφορίες δηλαδή που αφορούν στις συνθήκες αερισμού, θερμοκρασίας και υγρασίας. Οι ισχυρισμοί παρουσιάζονται στην εικόνα 71.



Εικόνα 71. Οι ισχυρισμοί του στιγμιότυπου των κλιματικών συνθηκών της σπηλιάς.

5.2.6.3 Κλάση “Σπηλαιογένεση” (“Speleogenesis”)

Το στιγμιότυπο με όνομα Η κλάση “Σπηλαιογένεση” αποθηκεύει τα δεδομένα που αφορούν στις πληροφορίες της σπηλαιογένεσης του μοντέλου. Όπως φαίνεται στην εικόνα 72 περιλαμβάνει φωτογραφικό υλικό (“has_ImageURL”), περιγραφή (“has_Description”) και συνδεδεμένες πληροφορίες εξωτερικού πόρου (“has_DBpedia_About”) που αφορούν γενικές πληροφορίες της σπηλαιογένεσης.

Property assertions: Η Σπηλαιογένεση

Data property assertions +

- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/cave_model3.jpg"^^xsd:anyURI
- has_Description "Το σπήλαιο του Κιλκίς ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά το 1962 και έχει αναπτυχθεί με εξαιρετικό τρόπο, γνωστό της σπηλαιολόγους ως "μοτίβο λαβυρίνθου". Οι διάδρομοι και οι θάλαμοι του αναπτύσσονται ως δίκτυο και της φορές συνδέονται μεταξύ της [22,23]. Το σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου Κιλκίς εμφανίζει δηλαδή μία ξεχωριστή ανάπτυξη διαδρόμων και θαλάμων που περιγράφεται στη σπηλαιολογία με τον όρο «λαβύρινθος». Ο όρος της αποδίδεται σε σπήλαια με πολλά περάσματα που σχηματίζουν μεταξύ της ένα δίκτυο και διασταυρώνονται σε πολλά σημεία. Πέρα της από περιγραφικός όρος, ο λαβύρινθος είναι συνδεδεμένος με έναν ξεχωριστό τρόπο δημιουργίας σπηλαίων δηλαδή σπηλαιογένεσης. Τα σπήλαια δημιουργούνται κυρίως από το νερό της βροχής που κινείται της τα βάθη των ασβεστολιθικών πετρωμάτων, όπου υπάρχει υπόγειο νερό. Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις, πιο θερμά υπόγεια νερά ανεβαίνουν της την επιφάνεια της Γης ή βρίσκονται εγκλωβισμένα μέσα στα πετρώματα και τότε μπορεί να δημιουργούνται σπήλαια με πολύ διαφορετικούς μηχανισμούς. Μία τέτοια περίπτωση είναι και το σπήλαιο του Κιλκίς, του οποίου η λαβυρινθώδης μορφολογία υποδεικνύει την προέλευσή του. Η σπηλαιογένεση του σπηλαίου του Κιλκίς πραγματοποιήθηκε πριν από τον σχημασμό του λόφου του Αγίου Γεωργίου και όταν βαθύτερα πετρώματα ασβεστόλιθου, λειπούργησαν ως βράχος υποδοχής για το ιαματικό νερό. Ανυψωτικές κινήσεις στην περιοχή σχημάτισαν τον λόφο του Κιλκίς και ανέβασαν το σπήλαιο σε μεγαλύτερο υψόμετρο. Στη συνέχεια αυτό ξεράθηκε και αρκετές εισοδοί άνοιξαν λόγω της διάβρωσης του λόφου. Έτσι, σχηματίστηκαν σπηλαιοθέματα στα περάσματα του σπηλαίου και ζώα εισήλθαν ή παγιδεύτηκαν της θαλάμους ή της διαδρόμους του.
Το σπήλαιο έχει δημιουργηθεί σε βάθος μέσα στα πετρώματα, όταν ο λόφος του Κιλκίς είχε τελείως διαφορετική εικόνα ή ακόμη και δεν υπήρχε, από νερά που εγκλωβίζονταν στα ασβεστολιθικά πετρώματα του σημερινού λόφου. Οι ανυψωτικές κινήσεις των πετρωμάτων έφεραν το σπήλαιο υψηλότερα, σχηματίζοντας το λόφο, στον οποίο η συνεχής διάβρωση των πετρωμάτων άνοιξε της πρώτες εισόδους, που χρησιμοποίησαν τα ζώα ή παγιδεύτηκαν σε αυτές."^^xsd:string
- has_DBpedia_About "https://dbpedia.org/page/Speleogenesis"^^xsd:anyURI
- has_Imageurl "https://cave.sw-project.gr/owlphotos/cave_model1.jpg"^^xsd:anyURI

Εικόνα 72. Οι ισχυρισμοί του στιγμιότυπου Η Σπηλαιογένεση.

5.2.6.4 Κλάση “Χαρτογράφηση” (“Mapping”)

Το στιγμιότυπο με όνομα Χάρτες περιλαμβάνει το φωτογραφικό υλικό (“has_ImageURL”) των χαρτογραφικών απεικονίσεων που συλλέχθηκε κατά τη συλλογή πληροφοριών για το σπήλαιο.

5.2.6.5 Κλάση “Χρησιμότητα” (“Usage”)

Property assertions: Η Σπηλαιοθεραπεία

Object property assertions +

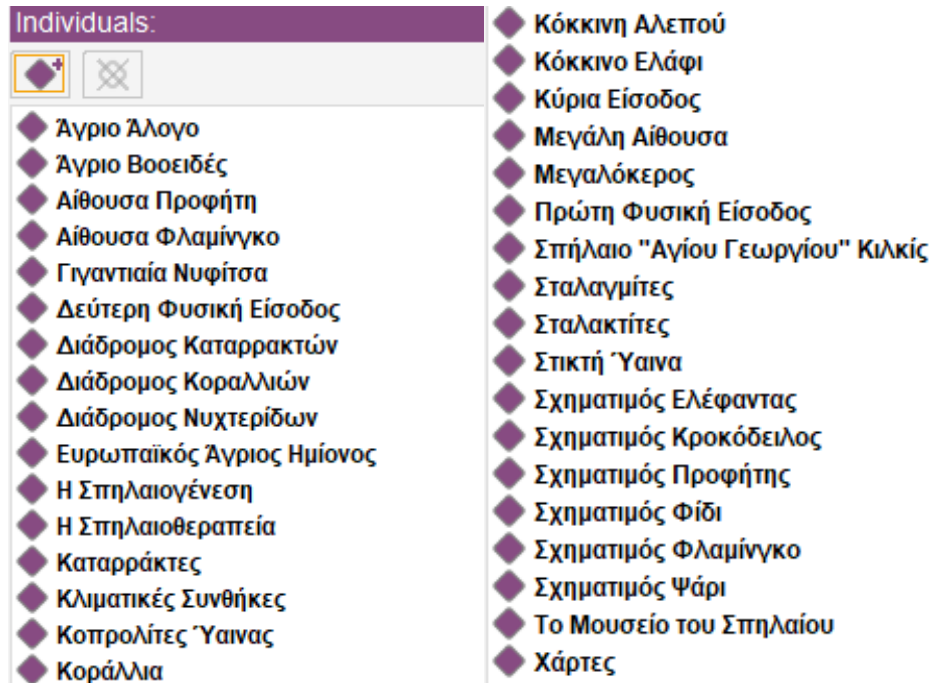
Data property assertions +

- has_Description "Το 1988 και το 2007 το σπήλαιο υπήρξε αντικείμενο έρευνας ομάδας επιστημόνων από την Τσεχία που απαρτιζόταν από γιατρούς σπηλαιολόγους και γεωλόγους. Σύμφωνα με την έρευνα οι συνθήκες του σπηλαίου που επικρατούν και χαρακτηρίζονται από την παρουσία ασβεστίου και μαγνησίου, το όξινο περιβάλλον του, τα σταγονίδια υγρασίας που είναι αρνητικά φορτισμένα, τη θερμότητα και τα ρεύματα αέρα που δημιουργεί η παρουσία ραδονίου και άλλων φυσικών παραγόντων επιδρούν θετικά στον οργανισμό. Συγκεκριμένα το σπήλαιο μπορεί να φιλοξενήσει παιδιά ηλικίας πέντε έως δεκαπέντε ετών για να κάνουν εισπνοθεραπεία για την αντιμετώπιση του παιδικού βρογχικού και αλλεργικού άσθματος. Είναι μια θεραπευτική μέθοδος που εφαρμόζεται σε πολλά σπήλαια ή ακόμη και ορυχεία ανά τον κόσμο. Επιπλέον η χρήση της λάσπης του σπηλαίου μπορεί να αντιμετωπίσει δερματικές παθήσεις όπως το έκζεμα."^^xsd:string
- has_DBpedia_About "https://dbpedia.org/page/Speleotherapy"^^xsd:anyURI

Εικόνα 73. Οι ισχυρισμοί του στιγμιότυπου Η Σπηλαιοθεραπεία.

Το στιγμιότυπο με όνομα “Η Σπηλαιοθεραπεία” (εικόνα 73) αποθηκεύει πληροφορίες για τη χρησιμότητα του σπηλαίου του Κιλκίς σχετικά με τις θεραπευτικές του ιδιότητες (“has_Description”) καθώς επίσης και εξωτερικά δεδομένα που αφορούν πληροφορίες του όρου Σπηλαιοθεραπεία (“has_DBpedia_About”).

Τέλος στην εικόνα 74 παρουσιάζονται όλα τα στιγμιότυπα του μοντέλου του σπηλαίου του Κιλκίς.



Εικόνα 74. Τα στιγμιότυπα (individuals) του μοντέλου του σπηλαίου του Κιλκίς.

5.2.7 Έλεγχος της Οντολογίας - Αξιολόγηση

Όπως αναφέρεται σε προηγούμενο κεφάλαιο, ένας σημασιολογικός συλλογιστής ή ένας μηχανισμός συλλογισμού είναι μια διαδικασία που μπορεί να συμπεράνει λογικές συνέπειες από ένα σύνολο ισχυριζόμενων γεγονότων ή αξιωμάτων σε μια οντολογία. Στην παρούσα μοντελοποίηση του σπηλαίου του Κιλκίς, έλεγχος πραγματοποιείται με τον αυτοματοποιημένο συλλογιστή (Reasoner) Pellet που διαθέτει η εφαρμογή Protégé.

5.3 Ερωτήματα SPARQL

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται ενδεικτικά ερωτήματα SPARQL για το μοντέλο του σπηλαίου. Για την εκτέλεση των ερωτημάτων χρησιμοποιείται το SPARQL End Point του τμήματος (<http://virit.it.teithe.gr/sparql/>) και εμφανίζονται τα αντίστοιχα αποτελέσματα. Τα PREFIXES που χρησιμοποιούνται, αναφέρονται εδώ.

PREFIX rdf: <<http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>>

PREFIX owl: <<http://www.w3.org/2002/07/owl#>>

PREFIX rdfs: <<http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>>

PREFIX xsd: <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>>

PREFIX kcv: <<http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#>>

PREFIX speleothem: <<http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#>>

PREFIX alpha: <<http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/>>

5.3.1 Ερώτημα 1 Η Οντολογία του Σπηλαίου

```
SELECT ?ontology
FROM <https://cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl>
WHERE {
?ontology rdf:type owl:Ontology.
}
```



Εικόνα 75. Ερώτημα 1.

5.3.2 Ερώτημα 2 Εμφάνιση Κλάσεων και Υποκλάσεων της Οντολογίας

```
SELECT ?subclass ?class
FROM <https://cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl>
WHERE {
?subclass rdfs:subClassOf ?class.
}
Group By ?class
Εμφανίζεται μέρος του αποτελέσματος.
```

subclass	class
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Speleothem_Natural	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Speleothem
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Speleothem_Curtain	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Speleothem_Natural
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Speleothem_Natural_Other	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Speleothem_Natural
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Cave_Other	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Speleothem_Natural
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Museum
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Museum	http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Museum	nodeID://b57053
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Speleogenesis	http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/Ice_Caves	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Cave
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/Karst_Caves	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Cave
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/Show_Caves	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Cave
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/Troglotauna	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Living_Organism
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Aluminum_Blanket	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Protective_Clothings
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Carabiners	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Set_Of_Rigging_Equipment
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Cave	http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#SpatialThing

Εικόνα 76. Ερώτημα 2.

5.3.3 Ερώτημα 3 Εμφάνιση Λεπτομερειών του Μουσείου του Σπηλαίου

```
SELECT ?predicate ?object
FROM <http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl>
WHERE {
kcv:KilkisMuseum ?predicate ?object
}
```

predicate	object
http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2002/07/owl#NamedIndividual
http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Museum
http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"Το Μουσείο του Σπηλαίου"
http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	"The Museum"
http://www.w3.org/2002/05/powder#describedby	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#FossilizedDug
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_BosPrimitivus
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_EquusHyuntinus
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_GiantDeer
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_Hyena
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_MusoidRobora
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_RedDeer
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_RedFox
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossil_Exhibits	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilized_WildHorse
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#Description	Τον Σεπτέμβριο του 2012, το μουσείο φυσικής ιστορίας, μια μόνιμη έκθεση για το σπήλαιο άνοιξε για το κοινό κοντά στο σπήλαιο με όνομα "50 χρόνια ιστορίας και 30.000 χρόνια προετοιμασία". Με τη βοήθεια του Δήμου Κιλκίς, ο όνομα δόθηκε στο παλαιό κατά στην κορυφή του λόφου Αγίου Γεωργίου, μετατρέποντας σε έκθεση της ιστορίας του Κιλκίς. Μια όλη σχετική έκθεση συγχρονισμού σχεδιασμού, η οποία δίνει στον επισκέπτη μια εικόνα της ιστορίας του σπηλαίου και του έργου του σπηλαίου από τον παλαιολιθικό, με αποτέλεσμα την αναστήση του παλιού μουσείου με διακοσμητικό και ειδικό κατασκευαστικό τρόπο. Το μουσείο είναι ανοικτό στο κοινό από τις 6 Σεπτεμβρίου 2012. Τα εκθέματα του μουσείου χωρίζονται σε κατηγορίες οι περισσότερες από τις οποίες αφορούν στο σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου. Επιμολογημένα και τεχνολογικά χαρακτηριστικά του σπηλαίου, η αρχαία παλαιολιθική, εκθέματα παλαιολιθικής και απολιθώματα του σπηλαίου και τέλος φυτά και βλάστη στο λόφο του Αγίου Γεωργίου. Τα απολιθώματα είναι διάφορα διάφορα (ζώα και η γενεαλογική οργανισμούς που έχουν σε καλύτερες ποιότητες εμφάνιση. Μία το θύνα της και κάτω από ελαφρύ φωτισμό, τα οστά μέρη της μπορούν να διατηρηθούν μέσα στα όργανα με σταθερή ανακατασκευή μέσω της μέθοδο της οργάνωσης από ανόργανη ύλη (ανθρακικό ασβέστιο CaCO ₃ διαλυμένο του νερού κ.λπ.). Τα απολιθώματα αποτελούν τα καλύτερα τεκμήρια της εξέλιξης των οργανισμών του παρελθόντος. Η Παλαιολιθική είναι η εποχή που ανήκουμε με τα απολιθώματα. Παράγεται τη μορφή που είχαν οι διάφοροι οργανισμοί που είχαν κατά το παρελθόν και βρέθηκαν στα σπήλαια για τη συντηρητική της φύση, την κατανάλωση των διαφόρων ειδών, την εξέλιξη, για το χρόνο και το περιβάλλον στο οποίο ζούσαν, τις κλιματικές συνθήκες που προϋπήρχαν καθώς και για τη γεωγραφική της εξέλιξη. Τα βιολογικά εργα έιναι φυλάκι, κορμάλια (απολιθώματα κέρατων ζώων), απολιθώματα οστών ή μηχανοκίνητων υφάνων. Τα νεοεισολιθώματα δημοφιλοποιούνται ταχύτατα, της οι δενθρικές στην επώδυνη της περιφοράς. Πρόκειται για οξείδια μαγγανίου και οξείδιο του σιδήρου που αποτίθενται στη μαρμαρώμας του πετρώματος με την τυχαία μέρη κλαδιών και οστών. Σηχνή αρτηριότητα ως, οστά απολιθώματα, ενώ στην πραγματικότητα ως πρόκληση της είναι καθαρά ανόργανη. Σημαντικός είναι τα διατηρημένα είδη ζώων, της τα θύνα κατασκευασμένα ούρατα μισοθή, της εποχής των τεχνιστών. Τα σπήλαια αποτελούν φυσικά αρχαία πληροφορούν του παρελθόντος, πρόγραμμα της παλαιολιθικής, καθώς στο εσωτερικό της επικρατούν ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης. Απώλειες, χρονολογικές, εκτός από την παλαιολιθική προέγηση, μπορούν να τις δώσουν την απάντηση γρήγο από την ηλικία των απολιθωμένων οστών και δοντών των ζώων. Έργους, και αναλύσεις, σε δόντια της θύνας, των σπηλαίων και του άγνωστο μόνον έδωσαν αποτελέσματα 12.200 και 29.349 χρόνια για την αρχή και τα 330 χρόνια για τα έσχατα. "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"

Εικόνα 77. Ερώτημα 3.

Αντίστοιχα μπορούν να εμφανιστούν όλες οι πληροφορίες του σπηλαίου:

```
SELECT ?predicate ?object
FROM <http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl>
WHERE {
kcv:KilkisCave ?predicate ?object
}
```

5.3.4 Ερώτημα 4 Εμφάνιση Πληροφοριών για την Ύαινα του Σπηλαίου

```
SELECT ?predicate ?object
FROM <http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl>
```

```

WHERE {
kcv:Fossilised_Hyena ?predicate ?object
}

```

predicate	object
http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.w3.org/2001/07/owl#NamedIndividual
http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#type	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Carnivores_Fossils
http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#label	Σπηλιό Υαινας
http://purl.org/dc/dimensions/1.1#id	This cave hyena
http://www.w3.org/2007/05/ontology/#describeby	http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#has_DBpedia_About	https://dbpedia.org/page/Spotted_hyena <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#has_Description	Η σπηλιό υαινας των σπηλαίων είναι από τα περισσότερο γνωστά ζώα της τεολογιικής εποχής του Πλειστόκαινου. Γνωστή από την εναλλαγή περιστερών και μεσομαρμελοειδών εποχών. Πήρε το λατινικό της όνομα (Crocuta crocuta) από το όνομα του σπηλιού κρόκου, για το χρώμα που έχει στο τελομό της. Είναι σπηλιό, προέλευσης, απομακρυσμένη της βόσκονται σε σπήλαια σε όλη την Ευρώπη, η πιο επιβιωτική και η μεγαλύτερη σε μέγεθος υαινας. Το μέγιστο βάρος των εξημερωμένων ειδών της, Ερυθράς, έφτανε τα 102 κιλά και το ύψος της το ένα μέτρο. Χαρακτηριστικά τα σπήλαια ως καταφύγιο για μια περίοδο χιλιάδων ετών. Οι είκοσι διακρίθηκαν διάφορα είδη υαινας. Οι υαινας, τρέφονταν με πτώματα, και ήταν ικανές να σπάζουν μεγάλα οστά για να σπάσουν στον θρεπτικό μασάο και της σπογγώδους σπόγγης της. Τα υπολείμματα από ένα τέτοιο υαινας είναι εύκολα αναγνωρίσιμα διότι οι γωνιές της θα αφήσουν χαρακτηριστικές αυλακώσεις και σημάδια διακρίματος στα κόκαλα. Κατά τη διάρκεια του Υστερου Πλειστόκαινου στη βόρεια Ευρώπη, οι υαινας κοινούσαν τη γηραιά σπογγώδη θηλοσπίδα. Αν και μια ικανή θα κερματιστεί τα οστά, αφήνει πάντα επίπλαρα τα δόντια. Ως εκ τούτου, οι φρεσινισμένες των υαινας στα σπήλαια έχουν μεγάλη σημασία για τη γνώση σχετικά με τη συνουσιαστική οστική και την ανάπτυξη του Πλειστόκαινου. Το σπήλαιο Αγίου Γεωργίου Κιλκίς, ένα μοναδικό άγνωστο υαινας. Οι ειδικοί που μελέτησαν τα λείψανα των υαινας συμπεραίνουν ότι η παρουσία της στη σπηλιά δεν ήταν τυχαία και παρά από την ύπαρξη πολλών κοπαδιών, έχουν βρεθεί αρκετές ενδείξεις ότι τα ζώα κοινοκούσαν μέσα ο' αυτή θρεπόμενη οστιά. Πολλά υπολείμματα οστιά που βρέθηκαν μέσα στο σπήλαιο του Αγίου Γεωργίου παρουσιάζουν ίσως διακρίματα και ειδικά φρεσινισμό με αρχική σφύξη προεπιμένου οι υαινας να είναι το μασάο. Πρόκειται για υπολείμματα της τροφής της, που είναι κατά κύριο λόγο τα υποσφύγια ζώα που έβρισκαν στη σπηλιά. Οι υαινας είναι από της πιο εξελικτικά υαινας νεκροσφύγια, με ισχυρούς, προνομίους, και τα δόντια P4 m1 με μεγάλες επιμήκεις καύκας, ακροσφύγια, που λατίζει για να κόψουν οστικά και τα οστικά κομμάτια του θάρματός, ενώ οι κνήμονται, σχετικά δεν είναι ισχυρά. Νεαρή υαινας Νεογιότα δόντια και οστιά (ε.χ. μετατοπίσι) στα οποία διακρίνεται η διάκριση και οι επιπέδους επιπέδων υαινας, οι οστιάς στα φύλλα είναι έρως σπαστοσφύγια. Μαρτυρίες για την εξελικτική μαρτυρία των υαινας των σπηλαίων απαιτούνται σε λίγες βροχονόσες και βροχονόσες της Παιλαιολιθικής Εποχής. Στην Ελλάδα, η παρουσία της σπηλιό υαινας, αναφέρεται της παλαιοντολογίας θέσης Μίσο Πλειστόκαινο Σπήλαιο Πετραλώνων (ο πρόγονός της), Άνω Πλειστόκαινο Μαγυράδων (Παλιόκρονος), Αττική Θεσσαλία – κοιλάδα Πηνειού, Ασκάνη Αιολίδα, Σπήλαιο Λαυρινών Αιολίας, και της αρμοσφύγια θέσης της Παιλαιολιθικής εποχής, Σπήλαιο Ελλάδα – Θεσσαλονίκη, Καλαμάτα, Αργολίδα – Σπήλαιο Φορβύθης, Αργολ. Σπήλαιο Κεραύρας Κίρκης – βροχονόσες Γεωργίου, Αττική – Σπήλαια του Κίρκου <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#has_External_Source	https://dbpedia.org/page/Cave_hyena <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#has_Imageurl	https://www.cave.sw-project.gr/photos/cave_hyena.jpg <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#has_Imageurl	https://www.cave.sw-project.gr/photos/cave_hyena_bones.jpg <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#has_Imageurl	https://www.cave.sw-project.gr/photos/cave_hyena_inside.jpg <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#has_Imageurl	https://www.cave.sw-project.gr/photos/Bone_covered_with_cave_sediments.jpg <<http://www.w3.org/2001/XMLSchema#anyURI>

Εικόνα 78. Ερώτημα 4.

5.3.5 Ερώτημα 5 Οι Θέσεις των Απολιθωμάτων της Υαινας του Σπηλαίου

```

SELECT *
WHERE { ?subject ?t kcv:Fossilised_Hyena. }

```

subject	t
http://virit.it/teithe.gr/about/id/entry/https://cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl	http://xmlns.com/foaf/0.1/topic
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl	http://xmlns.com/foaf/0.1/topic
http://virit.it/teithe.gr/about/id/entry/http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl	http://xmlns.com/foaf/0.1/topic
https://cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl	http://xmlns.com/foaf/0.1/topic
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisMuseum	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#has_Fossil_Exhibits
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisMuseum	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#has_Fossil_Exhibits
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomBig	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#discovered_In
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomBig	http://www.speleothem.org/vocabulary/alpha/speleothem#discovered_In

Εικόνα 79. Ερώτημα 5.

Εμφανίζονται δηλαδή, η αίθουσα του σπηλαίου (Μεγάλη Αίθουσα) που έχουν βρεθεί και το μουσείο στο οποίο εκτίθενται.

5.3.6 Ερώτημα 6 Εμφάνιση όλων των Απολιθωμένων Εκθεμάτων του Μουσείου

```

SELECT ?x
FROM <http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl>
WHERE {
?x rdf:type owl:NamedIndividual .
{?x rdf:type kcv:WildFauna_Fossils . }
UNION
{?x rdf:type kcv:Carnivores_Fossils . }
}

```

Named_Individuals
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_BosPrimigenius
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_EquusHydruntinus
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_GiantDeer
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_RedDeer
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_WildHorse
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#FossilisedDung
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_Hyena
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_MustelaRobusta
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fossilised_RedFox

Εικόνα 80. Ερώτημα 6.

5.3.7 Ερώτημα 7 Εμφάνιση των Θέσεων των Σπηλαιοθεμάτων

```

SELECT ?x ?y
FROM <http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave.owl>
WHERE {
    ?x speleothem:has_Speleothem ?y.
}

```

x	y
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisCave	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#CoralsPopcorn
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisCave	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Curtains
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisCave	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisStalactites
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisCave	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisStalagmites
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomBats	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#CoralsPopcorn
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomBig	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Curtains
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomCorals	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#CoralsPopcorn
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomCorals	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Crocodile
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomCorals	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Elephant
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomCorals	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Fish
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomCurtains	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Curtains
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomCurtains	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Snake
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomFlamingo	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#Flamingo
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomFlamingo	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisStalactites
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomFlamingo	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#KilkisStalagmites
http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#RoomProphet	http://www.cave.sw-project.gr/ontology/kilkiscave#CoralsPopcorn

Εικόνα 81. Ερώτημα 7.

Σπηλαιοθέματα υπάρχουν στο σπήλαιο και στις αίθουσές του.

6

Η Εφαρμογή του Μοντέλου του Σπηλαίου

6.1 Η Αρχιτεκτονική της Πλατφόρμας Rhizomer

Για την εφαρμογή του μοντέλου του σπηλαίου του Κιλκίς χρησιμοποιείται το Web CMS³³ Rhizomer που ενσωματώνει χαρακτηριστικά του Σημασιολογικού Ιστού στον πυρήνα του αλλά και στη συνολική λειτουργία του. Το Rhizomer αναφέρεται από τον δημιουργό του ως μια διαδικτυακή εφαρμογή για διαδραστική εξερεύνηση σημασιολογικών και συνδεδεμένων δεδομένων που διατίθενται από SPARQL Endpoints.

Η πλατφόρμα Rhizomer [31] είναι ένα σύστημα διαχείρισης περιεχομένου (CMS) που βασίζεται σε μια RESTful προσέγγιση και σε τεχνολογίες Σημασιολογικού Ιστού. Επιτυγχάνει ένα σημαντικό επίπεδο ευελιξίας και παρέχει εξελιγμένες υπηρεσίες διαχείρισης περιεχομένου. Όλο το περιεχόμενο περιγράφεται χρησιμοποιώντας σημασιολογικά μεταδεδομένα που εξάγονται ημιαυτόματα από πολυμεσικό περιεχόμενο, το οποίο εμπλουτίζει την εμπειρία περιήγησης και επιτρέπει σημασιολογικά ερωτήματα. Παρέχει ένα εύχρηστο περιβάλλον εργασίας πάνω από το CMS προκειμένου να διευκολύνει την αλληλεπίδραση με το περιεχόμενο και να το ενισχύσει με τις πληροφορίες που παρέχονται από τα σχετικά σημασιολογικά μεταδεδομένα. Η πλατφόρμα Rhizomer δημιουργεί ένα πολυμεσικό CMS συνδυάζοντας ένα πλήρως εξοπλισμένο αποθετήριο μεταδεδομένων με μηχανισμούς συλλογισμού. Και τα δύο, το CMS και το σημασιολογικό αποθετήριο, ενσωματώνονται με διαφανή τρόπο για τους τελικούς χρήστες και καθιστούν εφικτές πιο εξειδικευμένες και λειτουργικές αλληλεπιδράσεις [31].

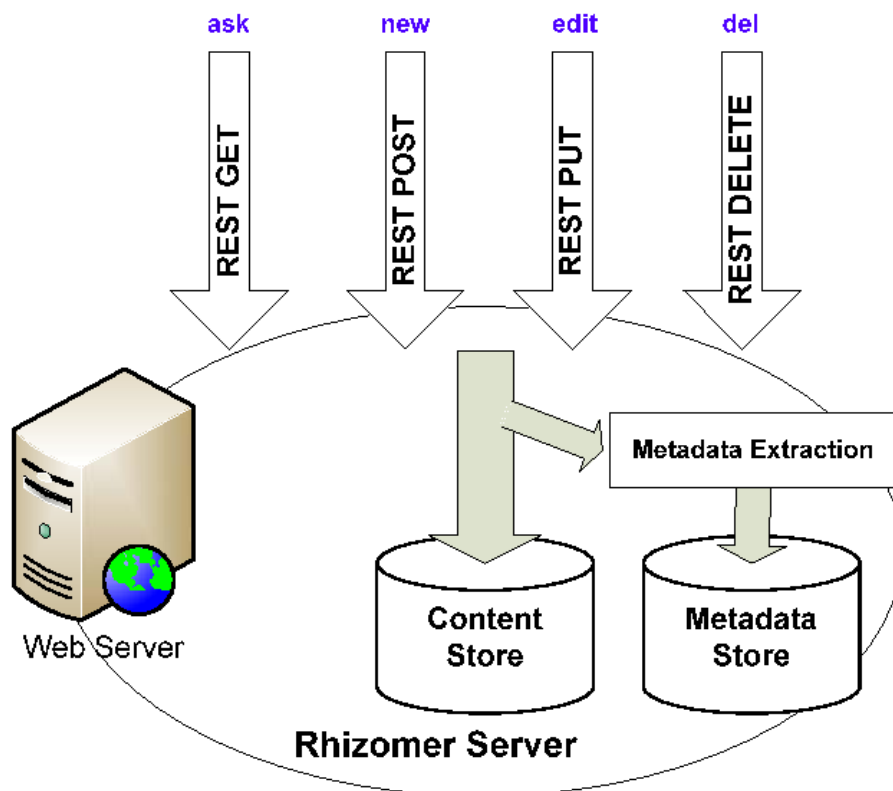
Η παραπάνω πλατφόρμα υπάγεται στην κατηγορία των Συστημάτων Διαχείρισης Σημασιολογικού Περιεχομένου (Semantic Content Management System - SemCMS) και βασίζεται σε απλές βάσεις, οι οποίες το καθιστούν ευέλικτο, κλιμακωτό και ικανό να

³³ https://en.wikipedia.org/wiki/Content_management_system

προσαρμόζεται σε διαφορετικά σενάρια ανάπτυξης και χρήσης. Ο πυρήνας του βασίζεται σε απλούς HTTP μηχανισμούς και ακολουθεί μια RESTful προσέγγιση. Ένα SemCMS είναι αρμόδιο για τη διαχείριση κάθε στοιχείου περιεχομένου καθώς κάθε στοιχείο αντιστοιχίζεται με μία URL διεύθυνση, βασίζοντας έτσι ολόκληρο το σύστημα σε μία προσέγγιση προσανατολισμένη στους πόρους (Resource Oriented Approach).

Οι βασικές HTTP εντολές (GET, PUT, POST και DELETE) επιτρέπουν τη διαχείριση κάθε πόρου. Οι ίδιες εντολές χρησιμοποιούνται και για τη διαχείριση των σημασιολογικών μεταδεδομένων των στοιχείων περιεχομένου. Η εντολή GET χρησιμεύει για τη δημιουργία σημασιολογικών ερωτημάτων. Επίσης, οι εντολές PUT, POST και DELETE χρησιμοποιούνται για την ενημέρωση των μεταδεδομένων πόρων, τη δημιουργία ή την κατάργηση μιας σήμανσης, αντίστοιχα. Η HTTP λειτουργικότητα υλοποιείται από το τμήμα του διακομιστή Rhizomer της πλατφόρμας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 82.

Υπάρχουν επιπρόσθετες ιδιότητες που κάνουν πιο λειτουργική την αλληλεπίδραση ενός χρήστη με τον διακομιστή Rhizomer, οι οποίες είναι εμφωλευμένες στον φυλλομετρητή του και υλοποιούνται με τεχνολογίες Javascript και AJAX.



Εικόνα 82. Rhizomer Web CMS [31].

Η πλατφόρμα Rhizomer, περιλαμβάνει 3 διαφορετικά στάδια απεικονίσεων που αφορούν στην ανάλυση δεδομένων.

1. Επισκόπηση: Λήψη μιας πλήρους εικόνας του συνόλου των δεδομένων. Δημιουργία μιας επισκόπησης των συσχετισμών μεταξύ των στοιχείων του συνόλου με μια επισκόπηση του δικτύου (network overview).
2. Μεγέθυνση (zoom) και φιλτράρισμα (Filter): Με τη λειτουργία του Zoom φιλτράρονται ώστε τα στοιχεία να εμφανίζονται ή όχι. Με την επιλογή μια κλάσης, ο Rhizomer δημιουργεί μια πολύπλευρη προβολή (Faceted View). Επιτρέπει το φιλτράρισμα των επιλεγμένου τύπου πόρων με βάση τις ιδιότητές τους.
3. Λεπτομερής Απεικόνιση: Εμφάνιση του επιλεγμένου πόρου με όλες τις ιδιότητες και τις τιμές του. Είναι, επίσης, δυνατή η περιήγηση σε συνδεδεμένους πόρους.

6.2 Τεχνικές Λεπτομέρειες

Ο πηγαίος κώδικας της πλατφόρμας Rhizomer είναι διαθέσιμος στο GitHub και αποτελείται από την εφαρμογή RhizomerEye (frontend developed with Angular)³⁴ και το RhizomerAPI: (backend developed using Spring)³⁵.

Η πλατφόρμα Rhizomer μπορεί να διαχειριστεί δεδομένα που είναι διαθέσιμα σε RDF γράφους μέσω της SPARQL. Το frontend και το backend της μπορούν να εγκατασταθούν μαζί, με τη χρήση Docker³⁶, για λειτουργία σε υφιστάμενα SPARQL Endpoints. Η πλατφόρμα, σε περίπτωση μη διαθεσιμότητας των παραπάνω πόρων, διαθέτει εναλλακτική προσέγγιση με εγκατάστασή της μαζί με τον Apache Jena Fuseki Server και ένα RDF Store που περιλαμβάνει SPARQL Endpoint.

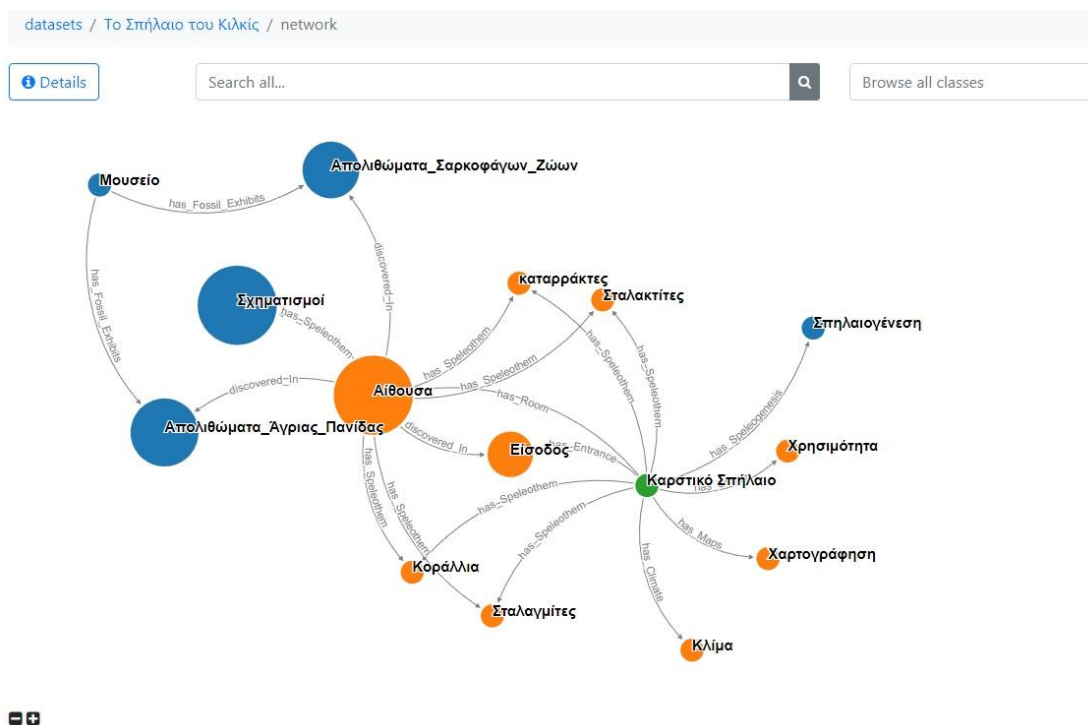
Στην παρούσα μοντελοποίηση αξιοποιείται το frontend της πλατφόρμας RhizomerEye σε συνδυασμό με τη χρήση του SPARQL Endpoint του τμήματος και δημοσίευση της οντολογίας του σπηλαίου σε Web Server παρόχου.

³⁴ <https://github.com/rhizomik/rhizomerEye>

³⁵ <https://github.com/rhizomik/rhizomerAPI>

³⁶ <https://www.docker.com/>

6.3 Περιήγηση στις Πληροφορίες του Σπηλαίου



Εικόνα 83. Ο γράφος της εφαρμογής του μοντέλου του σπηλαίου.

Στην αρχική οθόνη της εφαρμογής εμφανίζεται ο γράφος της οντολογίας του σπηλαίου με το σύνολο των δεδομένων που συμπεριλαμβάνει σε μορφή κατανοητή για τον χρήστη που πρόκειται να περιηγηθεί στις πληροφορίες του (εικόνα 83).

Κάθε κόμβος του γράφου περιέχει όλες τις πληροφορίες του ίδιου του κόμβου καθώς και τις συνδεδεμένες πληροφορίες σε αυτόν. Ο κάθε κόμβος (κλάση) στον γράφο λειτουργεί ως εσωτερικός υπερσύνδεσμος και όταν επιλέγεται από το χρήστη παρουσιάζει όλες τις πληροφορίες του (όψεις και στιγμιότυπα). Στην αρχική οθόνη υπάρχει επιλογή αναζήτησης συγκεκριμένης κλάσης ή κάποιου ονόματος γενικά με αποτέλεσμα την εμφάνιση των πληροφοριών που υπάρχουν για το λήμμα που πραγματοποιείται η αναζήτηση.

Έτσι, αν για παράδειγμα επιλεγεί ο κόμβος Αίθουσα στον χρήστη εμφανίζεται η εικόνα 84. Η σελίδα που:

1. Απεικονίζει στο χρήστη μια ξεκάθαρη ταξινομημένη λίστα τις αίθουσες του σπηλαίου (δεξιά), με μια φωτογραφία και μια λεζάντα (με υπερσύνδεσμο) το όνομα της αίθουσας, που αν επιλεγεί εμφανίζονται οι συνδεδεμένες πληροφορίες της αίθουσας (εικόνα 85).
2. Δημιουργεί μια εύχρηστη λίστα των συνδεδεμένων πληροφοριών της κλάσης των αιθουσών που εμφανίζει το σύνολο των δεδομένων που περιλαμβάνει. Για παράδειγμα στην εικόνα 85 φαίνεται η ιδιότητα αντικειμένου “discovered_In” και “Απολιθώματα

Σαρκοφάγων Ζώων”, που αναφέρεται στα απολιθωμένα οστά που έχουν ανακαλυφθεί στην αίθουσα. Στην ταξινομημένη λίστα που δημιουργείται κάτω από την ιδιότητα υπάρχουν υπερσύνδεσμοι που οδηγούν στις συνδεδεμένες πληροφορίες του κάθε απολιθωμένου οστού.

- Υπάρχει επιλογή αναζήτησης συγκεκριμένου λήμματος εντός του συγκεκριμένου πόρου.

Η κάθε σελίδα που επιλέγει ο χρήστης να περιηγηθεί, δημιουργείται δυναμικά, εμφανίζει το σύνολο των διαθέσιμων πληροφοριών με δομημένη μορφή και υπερσυνδέσμους δημιουργώντας εντέλει ένα εύχρηστο και κατανοητό γραφικό περιβάλλον.

The screenshot displays a web interface with two main sections: 'Facets' and 'Instances'. The 'Facets' section on the left contains several filterable categories, each with a search bar and a count of items. The categories include 'depiction' (6 items), 'describedby' (6 items), 'discovered_in' (26 items), 'Είσοδος' (2 items), 'Απολιθώματα_Άγριας_Πανίδας' (8 items), 'NamedIndividual' (13 items), 'has_Description' (6 items), 'has_Imageurl' (20 items), and 'has_Speleothem' (24 items). The 'discovered_in' facet is expanded to show 'Απολιθώματα Σαρκοφάγων Ζώων' (3 items) with sub-items: 'Στικτή Ύαινα' (1), 'Γιγαντιαία Νυρίτσα' (1), and 'Κοπρολίτες Ύαινας' (1). The 'Instances' section on the right shows a list of six cave instances, each with a thumbnail image, a title, and a 'Αίθουσα' button. The instances are: 'Αίθουσα Προφήτη', 'Αίθουσα Φλαμίνγκο', 'Διάδρομος Καταρακτών', 'Διάδρομος Κοραλλιών', 'Διάδρομος Νυχτεριδών', and 'Μεγάλη Αίθουσα'. A blue square with the number '1' is located at the bottom center of the instances list.

Εικόνα 84. Περιήγηση στις πληροφορίες: Οι αίθουσες του σπηλαιίου.

Στη συνέχεια, αν ο χρήστης επιλέξει, για παράδειγμα, να εμφανίσει τις πληροφορίες της Μεγάλης Αίθουσας του σπηλαιίου θα εμφανιστεί η εικόνα 85. Ο χρήστης που περιηγείται στις πληροφορίες μπορεί να διαβάσει τις πληροφορίες για την αίθουσα, να δει τι έχει ανακαλυφθεί σε αυτή, τα σπηλαιοθέματά της και φωτογραφίες από το εσωτερικό της. Να σημειωθεί εδώ πως τα σπηλαιοθέματα και οι ανακαλύψεις των απολιθωμένων οστών είναι υπερσύνδεσμοι που οδηγούν στη συνδεδεμένη πληροφορία του κάθε αντικειμένου.



Μεγάλη Αίθουσα

Αίθουσα

describedby: kilikscave.owl

discovered_In: Στικτή Ύαινα, Άγριο Βοσειδές, Κόκκινο Ελάφι, Γιγαντιαία Νυφίτσα, Μεγαλόκερος, Κοπρολίτες Ύαινας, Άγριο Άλογο, Πρώτη Φυσική Είσοδος

has_Description: Συνεχίζοντας αριστερά και μετά τη διαστροφή βρίσκουμε το μεγάλο θάλαμο του σπηλαίου, όπου υπήρξε και η φυσική είσοδος του με βορινό προσανατολισμό. Στη θέση αυτή έχουν βρεθεί πολλά απολιθώματα σκελετών ζώων, αφού την είσοδο αυτή χρησιμοποιούσε η ύαινα που χρησιμοποιούσε αποκλειστικά τη σπηλιά ως καταφύγιο. Στην θέση αυτή έχουν βρεθεί απολιθωμένα οστά ναϊνών και νεαρών υαϊνών, ελαφοειδών, αλόγων, βοσειδών, παυλιών, άγριας γάτας, νυφίτσας, ένα είδος αβγού και οι κοπρολίτες της ύαινας. Τα οστά αυτά έχουν ηλικία 30.000 τα παλιότερα και 12.500 χρόνια τα νεότερα. 12.500 χρόνια πριν και μετά από κάποιο σεισμό έκλεισε αυτή η φυσική είσοδος του σπηλαίου. Το ίδιο έγινε και με την δεύτερη φυσική είσοδο του δευτέρου ορόφου. Η μεγάλη αίθουσα βρίσκεται σε βάθος είκοσι μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας. Στο διάκοσμο της μεγάλης αίθουσας υπάρχει και της σχηματισμός μιας πέτρινης κοκκουβόγας. Στον ίδιο όροφο μπορούμε να βρούμε και της πέτρινους σχηματισμού της του πέτρινο ρινόκερο. Σε αυτή τη διαδρομή συναντάμε και το πιο βαθύ σημείο της σπηλιάς που είναι τα 26 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Στην ίδια διαδρομή βρίσκονται και οι πέτρινες κουρτίνες της σπηλιάς (σπηλαιοθέματα).

has_Imageurl: https://cave.sw-project.gr/owlphotos/fisiki_eisodos1.jpg, https://cave.sw-project.gr/owlphotos/cave_rooms_map.jpg

has_Speleothem: Καταρράκτες

title: Room Big

Facets 1

is has_Room of	1
Καρστικό Σπήλαιο	1
NamedIndividual	1

Εικόνα 85. Περιήγηση στις πληροφορίες: Η Μεγάλη Αίθουσα του σπηλαίου.

Αντίστοιχα αν ο χρήστης επιλέξει να προβάλει πληροφορίες για τους σταλακτίτες του σπηλαίου μπορεί να κατευθυνθεί σε εξωτερικό URL (“has_DBpedia_About”) και να βρει πληροφορίες για τα σπηλαιοθέματα τύπου σταλακτίτες, καθώς και να προβάλει φωτογραφικό υλικό με τους σταλακτίτες του σπηλαίου του Κιλκίς.



Σταλακτίτες

Σταλακτίτες

describedby: kilikscave.owl

has_DBpedia_About: <https://dbpedia.org/page/Stalactite>

has_Description: Το σπήλαιο φημιζεται για τους σταλακτίτες και τους σταλαγμίτες του. Η εναπόθεση ανθρακικού ασβεστίου στις σπηλιές δημιουργεί συχνά συναρπαστικούς σχηματισμούς, γνωστούς ως σπηλαιοθέματα. Το σπήλαιο του Κιλκίς παρουσιάζει μεγάλη ποικιλία, όπως σταλακτίτες που κρέμονται από την οροφή και σταλαγμίτες που δημιουργούνται από το δάπεδο του σπηλαίου.

has_Imageurl: https://cave.sw-project.gr/owlphotos/cave_stalaktites1.jpg, <https://cave.sw-project.gr/owlphotos/stalaktites2.jpg>, <https://cave.sw-project.gr/owlphotos/stalaktites.jpg>, <https://cave.sw-project.gr/owlphotos/stalaktites3.jpg>, <https://cave.sw-project.gr/owlphotos/stalaktites4.jpg>

title: Stalactites

Facets 1

is has_Speleothem of	2
Αίθουσα	1
Καρστικό Σπήλαιο	1
NamedIndividual	2

Εικόνα 86. Περιήγηση στις πληροφορίες: Οι σταλακτίτες του σπηλαίου.

Αντίστοιχα URLs εξωτερικών πόρων υπάρχουν και για το σπήλαιο του Κιλκίς με ενδεικτικό παράδειγμα σύνδεσμο βίντεο με μια δεκάλεπτη ξενάγηση στους θησαυρούς του σπηλαίου.

Επιλέγοντας, τέλος, να απεικονιστούν οι πληροφορίες του μουσείου του σπηλαίου (εικόνα 87), ο χρήστης μπορεί να δει μια πρώτη απεικόνιση του μουσείου με πληροφορίες και συνδεδεμένες πληροφορίες όλων όσων εκτίθενται σε αυτό.

Η φιλοσοφία είναι αντίστοιχη και σε αυτή την ενότητα, με πληροφορίες υπερσυνδέσμους με τις πληροφορίες για το ίδιο το μουσείο και τα εκθέματά του.

The screenshot displays a user interface for a museum's digital collection. On the left, there is a 'Facets' panel with 7 facets. The facets are: 'depiction' (1 instance), 'describedby' (1 instance), 'has_Description' (1 instance), and 'has_Fossil_Exhibits' (18 instances). The 'has_Fossil_Exhibits' facet is expanded, showing two sub-facets: 'Απολιθώματα_Σαρκοφάγων_Ζώων' (4 instances) and 'Απολιθώματα_Άγριας_Πανίδας' (5 instances). The 'Απολιθώματα_Άγριας_Πανίδας' sub-facet is further expanded, listing: 'Ευρωπαϊκός Άγριος Ημίονος' (1 instance), 'Κόκκινο Ελάφι' (1 instance), 'Άγριο Άλογο' (1 instance), 'Μεγαλόκερος' (1 instance), and 'Άγριο Βοσείδες' (1 instance). On the right, the 'Instances' panel shows 1/1 instance. It features a horizontal carousel of images from the museum, with the title 'Το Μουσείο του Σπηλαίου' and a 'Μουσείο' button. Below the carousel, it indicates 'Showing 1 out of 1 instance filtered from 1'.

Εικόνα 87. Περιήγηση στις πληροφορίες: Το μουσείο του σπηλαίου.

Τελευταίο χαρακτηριστικό παράδειγμα της εφαρμογής του μοντέλου παρουσιάζεται στην εικόνα 88 όπου φαίνεται μέρος των πληροφοριών που αφορούν στο ίδιο το σπήλαιο. Η ποικιλία του είδους των πληροφοριών που εμφανίζονται αποτυπώνει ξεκάθαρα την οργάνωση της βασικής πληροφοριακής δομής για το σπήλαιο και τη δόμηση του εννοιολογικού μοντέλου του στην προτεινόμενη SemCMS πλατφόρμα. Τα συνδεδεμένα δεδομένα εξάγονται και επιστρέφονται στο χρήστη ως ενοποιημένη και διασυνδεδεμένη αναπαράσταση. Επιπλέον, οι στόχοι της σημασιολογικής ενοποίησης, της διασύνδεσης και εντέλει την ανάδειξης δεδομένων ΠΚ επιτυγχάνονται.



Σπήλαιο "Αγίου Γεωργίου" Κιλκίς

Καρστικό Σπήλαιο

describedby: [kilkiscave.owl](#)

has_Administrative_Region: [https://dbpedia.org/page/Kilkis_\(regional_unit\)](https://dbpedia.org/page/Kilkis_(regional_unit))

has_Cave_Type: <https://dbpedia.org/page/Karst>

has_City: <https://dbpedia.org/page/Kilkis>

has_Climate: [Κλιματικές Συνθήκες](#)

has_Country: <https://dbpedia.org/page/Greece>

has_Depth: 26

has_Description: Στη βόρεια Ελλάδα, 45 χιλιόμετρα βόρεια της Θεσσαλονίκης, ένα από τα λίγα δημόσια σπήλαια στη βόρεια Ελλάδα βρίσκεται στο λόφο του Αγίου Γεωργίου, κοντά στο Κιλκίς. Το σπήλαιο φημίζεται για της σταλακτίτες και της σταλαγιμίτες, το περιβάλλον του σπηλαιού και τα χιλιάδες απολιθωμένα οστά. Από το 1986, περίπου 80.000 άνθρωποι έχουν επισκεφθεί αυτό το σπήλαιο και ξεναγήσεις παρέχονται από το Δήμο Κιλκίς. Κατά τη διάρκεια της Υστερης Πλειστόκαινου Περιόδου, περίπου 30.000 χρόνια πριν, το σπήλαιο ήταν φωλιά ύαινας καθώς και απομεινάρια άγριας πανίδας της της περιόδου έχουν ανακτηθεί στα ιζήματα του σπηλαιού. Τα απολιθώματα που βρέθηκαν αφηγούνται μια συναρπαστική ιστορία για το τοπίο και την άγρια ζωή του. Εν συντομία, το σπήλαιο ανακαλύφθηκε το 1925 από τον Γ. Παυλίδη, το 1960 έγινε η πρώτη χαρτογράφηση του από την Άννα Πετροχειλίου και την Ελληνική Σπηλαιολογική Εταιρεία (Ε.Σ.Ε.) και το 1986 ανοίγει για το κοινό. Τον Σεπτέμβριο του 2012 ένα νέο μουσείο φυσικής ιστορίας άνοιξε στο κοινό, παρουσιάζοντας 50 χρόνια ιστορίας και 30.000 χρόνια προϊστορίας. Το σπήλαιο είναι από τα ελάχιστα αξιοσημεία της Ελλάδας, με πλούσιο διάκοσμο από μοναδική ποιότητα «πέτρινων κοραλλιών». Το 1962 δημοσιεύτηκε η πρώτη χαρτογράφηση του από την Άννα Πετροχειλίου της Ελληνικής Σπηλαιολογικής Εταιρείας, το 1969 ανακαλύφθηκαν τα πρώτα απολιθώματα από τον Βασίλη Μακρίδη, το 1977 άρχισαν οι εργασίες αξιοποίησής του και το 1986 άνοιξε για τους επισκέπτες. Το μήκος της διαδρομής είναι 300 μ. και η έκτασή του μαζί με το δεύτερο όροφο είναι 1000 τ.μ.. Έχει έξι ευρύχωρους θαλάμους: τρεις στον κάτω όροφο με στενούς διαδρόμους και τρεις στον πάνω όροφο. Η θερμοκρασία είναι σταθερή όλο το χρόνο 15-17οC και η υγρασία 95%. Το μικροκλίμα του ενδεικνύεται για σπηλαιοθεραπείες για το παιδικό βρογχικό άσθμα. Το 2012 εγκαινιάστηκε το Κέντρο Προβολής του Λόφου με κύριο θέμα τη μουσειακή έκθεση Παλαιοντολογίας των σημαντικών απολιθωμάτων που βρέθηκαν μέσα στο σπήλαιο.

has_Entrance: [Πρώτη Φυσική Είσοδος](#), [Κύρια Είσοδος](#), [Δεύτερη Φυσική Είσοδος](#)

Εικόνα 88. Περιήγηση στις πληροφορίες: Το σπήλαιο Αγίου Γεωργίου Κιλκίς.

7

Επίλογος

Με το κεφάλαιο αυτό ολοκληρώνεται η παρούσα διπλωματική εργασία, εστιάζοντας στα συμπεράσματα στα οποία οδηγεί και στις μελλοντικές επεκτάσεις που ενδεχομένως μπορεί να υπάρξουν.

7.1 Σύνοψη και Συμπεράσματα

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας πραγματοποιήθηκε μία ποιοτική επισκόπηση του Σημασιολογικού Ιστού (Semantic Web) αναφορικά με τα δεδομένα ΠΚ και των τεχνολογιών αναπαράστασης γνώσης και συμπερασμού που υπόκεινται σε αυτόν, καθώς επίσης και των βασικών αρχών των διασυνδεδεμένων και των ανοιχτών διασυνδεδεμένων δεδομένων (LOD). Με οδηγό σχετικές ερευνητικές δημοσιεύσεις στο πεδίο, πραγματοποιήθηκε η συλλογή δεδομένων ΠΚ, η οργάνωση της βασικής πληροφοριακής δομής και η δόμηση ενός εννοιολογικού μοντέλου, που οδήγησαν στη σημασιολογική μοντελοποίηση ενός Συστήματος Διαχείρισης Σημασιολογικού Περιεχομένου (SemCMS).

Το προτεινόμενο σύστημα αναπαριστά τις υλικές και άυλες πληροφορίες της ΠΚ που σχετίζονται με το σπήλαιο του Κιλκίς. Γίνεται φανερό πως, η δημιουργία, η σημασιολογική απεικόνιση και η παρουσίαση πόρων και των λεπτομερειών τους με χρήση τεχνολογιών Σημασιολογικού Ιστού εξάγουν δεδομένα που επιστρέφονται στο χρήστη ως ενοποιημένη και διασυνδεδεμένη αναπαράσταση. Η σημασιολογική μοντελοποίηση για το σπήλαιο του Κιλκίς περιγράφει σημασιολογικές πληροφορίες που αφορούν στο Σπήλαιο και στα εκθέματα του μουσείου του. Παρέχεται επίσης, περιήγηση στις πληροφορίες του και επιτυγχάνεται η ανάδειξη της διασύνδεσης των πόρων με εξωτερικές πηγές μέσω των συνδέσμων που ανακαλύπτονται. Συμπερασματικά, το εν λόγω σύστημα αναπαράστασης δεδομένων μπορεί να χρησιμοποιηθεί από γενικούς χρήστες αλλά και από αρχαιολόγους, σπηλαιολόγους και επιμελητές μουσείων.

Οι στόχοι της σημασιολογικής ενοποίησης, της διασύνδεσης και εντέλει την ανάδειξης δεδομένων ΠΚ, επιτυγχάνονται μέσα από τη χρήση των κατάλληλων τεχνολογιών, τη σημασιολογική επεξεργασία των δεδομένων και της περιήγησης που παρέχονται από το προτεινόμενο μοντέλο.

7.2 Μελλοντικές Επεκτάσεις

Η προτεινόμενη προσέγγιση του συστήματος της απεικόνισης των πληροφοριών του σπηλαίου του Κιλκίς, δημιουργεί νέους τρόπους αναπαράστασης δεδομένων αυτού του τύπου δεδομένων ΠΚ, μέσω της υιοθέτησης κοινών σημασιολογικών προτύπων και προτύπων διαδικτύου για τη δημιουργία νέων μοντέλων. Η διαμορφωμένη οντολογία που προτείνεται μπορεί να επεκταθεί με νέες κλάσεις διαφορετικής εννοιολογικής κατηγορίας, με νέες πληροφορίες στις υφιστάμενες κλάσεις (που δεν υπήρχαν κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας) και νέα συνδεδεμένα δεδομένα. Η οντολογία, επίσης, μπορεί να συνδεθεί με άλλα σύνολα δεδομένων για τη σύνδεσή τους με το υπολογιστικό νέφος δεδομένων.

Ο Παγκόσμιος Ιστός βρίσκεται σε μια μεταβατική περίοδο, με συνεχόμενες προσπάθειες ώστε ο αχανής και ετερογενής όγκος των διαδικτυακών πληροφοριών να μετατραπεί σε γνώση. Η σύγχρονη βιβλιογραφία παρουσιάζει έντονη ερευνητική δραστηριότητα ως προς την ανάπτυξη και αξιολόγηση συστημάτων, που βασίζονται στις τεχνολογίες του Σημασιολογικού Ιστού και στην εξόρυξη και οργάνωση αυτού του μεγάλου όγκου δεδομένων. Τα σύνολα δεδομένων ΠΚ δε θα πρέπει να απουσιάζουν από τέτοιες προσπάθειες, καθώς η κατανόηση του συνόλου των πληροφοριών τους και η ρητή επίσημη αναπαράσταση των γεγονότων που τα συνοδεύουν, είναι ένα θεμελιώδες στοιχείο για την ενοποίηση και την αναπαράστασή τους. Είναι σαφές ότι τα συνδεδεμένα δεδομένα Πολιτιστικού Περιεχομένου που αφορούν στα σπήλαια ως μνημεία ή και μουσεία, προσφέρουν μια σημαντική ευκαιρία στους φορείς και στα ιδρύματα που τα συλλέγουν, τα περιγράφουν, τα επεξεργάζονται και τα δημοσιοποιούν για να βελτιώσουν την ποιότητα των δεδομένων τους αλλά και να αποκτήσουν δεδομένα από την πλειονότητα των χρηστών στον Παγκόσμιο Ιστό. Τέλος, η σύγκλιση οντολογιών ΠΚ παρόμοιων μορφών που μπορούν να συνδυαστούν είναι σημαντική και θα πρέπει να αφορά τις μελλοντικές ερευνητικές προσπάθειες στο πεδίο.

8

Βιβλιογραφία

- [1] E. Davis and B. Heravi, “Linked data and cultural heritage: A systematic review of participation, collaboration, and motivation,” *J. comput. Cult. Herit.*, vol. 14, no. 2, pp. 1–18, 2021.
- [2] E. Hyvönen, “Publishing and using cultural heritage linked data on the semantic web,” *Synth. Lect. Semant. Web Theory Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–159, 2012.
- [3] P. Hitzler, “A review of the semantic web field,” *Commun. ACM*, vol. 64, no. 2, pp. 76–83, 2021.
- [4] Berners-Lee, Tim & Hendler, James & Lassila, Ora. (2001). *The Semantic Web: A New Form of Web Content That is Meaningful to Computers Will Unleash a Revolution of New Possibilities*. ScientificAmerican.com.
- [5] E. Hyvönen, “‘Sampo’ model and semantic portals for Digital Humanities on the Semantic Web,” 2020.
- [6] Α. Παπανότη et al., “Ο συσσωρευτής SearchCulture.gr: μια προσέγγιση για την ανάδειξη του ελληνικού ψηφιακού πολιτιστικού περιεχομένου,” 2017.
- [7] N. Fanourakis and P. Papadakos, “Speleothem – an information system for caves based on semantic web technologies,” in *Lecture Notes in Computer Science*, Cham: Springer International Publishing, 2018, pp. 77–82.
- [8] H. Nacer and D. Aissani, “Semantic web services: Standards, applications, challenges and solutions,” *J. Netw. Comput. Appl.*, vol. 44, pp. 134–151, 2014.
- [9] [2] A Semantic Web Primer, 2nd Edition, by Grigoris Antoniou and Frank van Harmelen, 2008, MIT Press, ISBN 978-0-262-01242-3

- [10] L. Cabral, J. Domingue, E. Motta, T. Payne, and F. Hakimpour, “Approaches to semantic web services: An overview and comparisons,” in *Lecture Notes in Computer Science*, Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004, pp. 225–239.
- [11] Ομάδας Εργασίας Ια2, 2007. “Ο σημασιολογικός ιστός ως μοχλός ανάπτυξης μιας μας γενιάς ηλεκτρονικού επιχειρείν”, Τελικό Παραδοτέο, ΕΔΕΤ, Αθήνα. <http://www.ebusinessforum.gr/>. Accessed: 2021-05-27.
- [12] “OWL web ontology language overview,” *Www.w3.org*. [Online]. Available:<https://www.w3.org/TR/owl-features/?fbclid=IwAR0DHlaDPMEP6jv5aKuIMlylrns06vE7c0BSQvXH10Vuy53VyivC7MyaDZ4>. [Accessed: 13-Jul-2022].
- [13] J. Hendler, “Agents and the semantic web,” *IEEE Intell. Syst.*, vol. 16, no. 2, pp. 30–37, 2001.
- [14] C. Dimoulas, *Cultural heritage storytelling, engagement and management in the era of big data and the semantic web*. Mdpi AG, 2022.
- [15] “Discover inspiring European cultural heritage,” *Europeana.eu*. [Online]. Available: <https://www.europeana.eu/en>. [Accessed: 14-Jul-2022].
- [16] K. Dhulekar and M. Devrankar, “A REVIEW ON SEMANTIC WEB,” *Int. J. Eng. Tech. Mgmt. Res.*, vol. 6, no. 12, pp. 22–28, 2020.
- [17] “Schema.org – schema.org,” *Schema.org*. [Online]. Available: <https://schema.org/>. [Accessed: 14-Jul-2022].
- [18] “OWL 2 web ontology language document overview (second edition),” *Www.w3.org*. [Online]. Available: <https://www.w3.org/TR/owl2-overview/>. [Accessed: 14-Jul-2022].
- [19] R. Sivakumar and P. V. Arivoli, “Ontology Visualization Protégé Tools – a Review,” 2011.
- [20] N. L. L. M. F. Law et al., “A review of ontology development aspects,” *Int. J. Adv. Comput. Sci. Appl.*, vol. 10, no. 7, 2019.
- [21] Stanford Center for Biomedical Informatics Research, “Protégé,” *Stanford.edu*. [Online]. Available: <https://protege.stanford.edu/>. [Accessed: 15-Jul-2022].
- [22] ES Tsoukala, “The Pleistocene large mammals from the Agios Georgios cave, Kilkis (Macedonia, N. Greece),” *Geobios*, vol. 25, no. 3, pp. 415–433, 1992.

- [23] E. Vlachos, V. Makridis, E. Tsoukala, W. van Logchem, and D. Mol, “Agios Georgios Cave, Kilkis: 50 years of history – 30,000 years of prehistory”, *Deposits*. 34. 30-36, 2013
- [24] K. M. Μελισίδης, “Σημασιολογικός Ιστός- Οντολογία WEB- Openlink Virtuoso,” 2016.
- [25] Α. Βιβλιοθήκη, “Ανοικτά συνδεδεμένα δεδομένα και εφαρμογές’ – Μια πρακτική προσέγγιση στον Σημασιολογικό Ιστό,” *Ανοικτή Βιβλιοθήκη*, 28-Oct-2017. [Online]. Available: <https://www.openbook.gr/anoikta-syndedemena-dedomena-kai-efarmoges/>. [Accessed: 20-JUL-2022].
- [26] S. Ismail and T. Shaikh, “A literature review on semantic web – understanding the pioneers’ perspective,” in *Computer Science & Information Technology (CS & IT)*, 2016.
- [27] Α. Βιβλιοθήκη, “Ανοικτά και Διασυνδεδεμένα Πολιτιστικά Δεδομένα’ – Οδηγός μας Γεωργίας Αγγελάκη,” *Ανοικτή Βιβλιοθήκη*, 30-Apr-2017. [Online]. Available: <https://www.openbook.gr/anoikta-kai-diasyndedemena-politistika-dedomena/>. [Accessed: 02-JUL-2022].
- [28] “Εφαρμογή Θεσσαλονίκη: Ο «caveman» του Κιλκίς μας ξεναγεί στο σπίτι του, στο σπήλαιο του Λόφου Αγίου Γεωργίου,” *ThessNews*, 08-Jul-2021. [Online]. Available: <https://www.thessnews.gr/reportaz/efarmogi-thessaloniki-o-caveman-tou-kilkis-mas-xenagei-sto-spiti-tou-sto-spilaio-tou-lofou-agiou-georgiou/>. [Accessed: 21-JUL-2022].
- [29] Wikipedia contributors, “Κιλκίς,” *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online]. Available: <https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%9A%CE%B9%CE%BB%CE%BA%CE%AF%CF%82&oldid=9608298>.
- [30] *Ime.gr*. [Online]. Available: <http://www.ime.gr/chronos/01/gr/intro/pleistokaino.html>. [Accessed: 21-JUN-2022].
- [31] García, R., Gimeno, J. M., Perdrix, F., Gil, R., & Oliva, M. (2008). The rhizomer semantic content management system. In *Emerging Technologies and Information Systems for the Knowledge Society* (pp. 385–394). Springer Berlin Heidelberg.