

Sub-Action C.4.2: Development of pilot assessments and adaptation guidelines for cultural heritage

Case Study: The Archaeological site of Ancient Messene

Υπό-Δράση C.4.2: Ανάπτυξη πιλοτικών αξιολογήσεων και κατευθυντήριων γραμμών για την προσαρμογή της πολιτιστικής κληρονομιάς

Μελέτη Περίπτωσης: Ο Αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης

C4.D4 | First Report | The Archaeological site of Ancient Messene

Έκδοση 1.0



Το έργο συγχρηματοδοτείται από το
Πρόγραμμα LIFE της Ευρωπαϊκής
Ένωσης



Το έργο συγχρηματοδοτείται από το
Πράσινο Ταμείο

Sub-Action C.4.2: Development of pilot assessments and adaptation guidelines for cultural heritage

Case Study: The Archaeological site of Ancient Messene

Υπό-Δράση C.4.2: Ανάπτυξη πιλοτικών αξιολογήσεων και κατευθυντήριων γραμμών για την προσαρμογή της πολιτιστικής κληρονομιάς

Μελέτη Περίπτωσης: Ο Αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης

C4.D4 | First Report | The Archaeological site of Ancient Messene

Έκδοση 1.0



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ
Περιβάλλοντος και Πολιτισμού



Το έργο συγχρηματοδοτείται από το
Πρόγραμμα LIFE της Ευρωπαϊκής
Ένωσης



Το έργο συγχρηματοδοτείται από το
Πράσινο Ταμείο

Συγγραφείς:

Δημητρίου Ηλίας, Γεωλόγος - Περιβαλλοντολόγος, MSc, PhD

Καδίτης Αναστάσιος - Ιωάννης, Μηχανικός Υλικών MSc, PhD Candidate

Καλαντζοπούλου Μαρία, Πολιτικός Μηχανικός – Συγκοινωνιολόγος – Χωροτάκτρια, MEng, MSc

Κανέλλου Ηλέκτρα, Γεωπόνος, PhD

Μαΐστρος Μίνως, Ηλεκτρολόγος – Μηχανολόγος Μηχανικός

Πουγκακιώτη Βασιλική, Πολιτικός Μηχανικός – Προστασία Μνημείων, MEng, MSc

Τελική επιμέλεια Τεύχους:

Πουγκακιώτη Βασιλική, Πολιτικός Μηχανικός – Προστασία Μνημείων, MEng, MSc

Επιστημονικοί Υπεύθυνοι:

Μαΐστρου Ελένη, Ομότιμη Καθηγήτρια, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών Ε.Μ.Π.

Μαλλούχου – Τυφανο Φανή, Καθ. Δρ. Αναπληρώτρια Πρόεδρος Επιτροπής Συντηρήσεως Μνημείων Ακροπόλεως (ΕΣΜΑ)

Project Manager:

Λάζογλου Μιλτιάδης, Πολιοδόμος Χωροτάκτης, MSc, PhD

Με τη συμβολή:

Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Εταιρεία Μεσσηνιακών Αρχαιολογικών Σπουδών

Τίτλος έγγραφου: Ανάπτυξη πιλοτικών αξιολογήσεων και κατευθυντήριων γραμμών για την προσαρμογή της πολιτιστικής κληρονομιάς. Μελέτη Περίπτωσης: Ο Αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης

Αριθμός Δράσης: C4.2

Αριθμός Παραδοτέου: C4.D4

Διαβάθμιση έγγραφου: Έγγραφο ελεύθερης πρόσβασης

Είδος έγγραφου: Τεχνική Έκθεση

Ημερομηνία: 06.08.2021

Κατάσταση εγγράφου: Έκδοση 1.0

Πληροφορίες για παραπομπές:

ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ:

E-mail: adapt@prv.ypeka.gr

Website: www.adaptivegreece.gr

Το έργο LIFE-IP AdaptInGR συγχρηματοδοτείται από το Πρόγραμμα LIFE της Ευρωπαϊκής Ένωσης (κωδ. LIFE17 IPC/GR/000006).

Το LIFE-IP AdaptInGR συγχρηματοδοτείται από το Πράσινο Ταμείο.

Η παρούσα έκδοση εκφράζει αποκλειστικά τις απόψεις των συγγραφέων της. Ο Εκτελεστικός Οργανισμός για τις Μικρομεσαίες Επιχειρήσεις (EASME) και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή δε μπορούν να θεωρηθούν υπεύθυνες για οποιαδήποτε χρήση των πληροφοριών που περιέχονται στο παρόν.

Περιεχόμενα

Ιστορικό Εγγράφου	11
Αρκτικόλεξα & Συντομογραφίες.....	12
Περίληψη	15
Abstract	15
1. Η Αρχαία Μεσσήνη	18
1.1 Η θέση του αρχαιολογικού χώρου	18
1.2 Ιστορικά στοιχεία	19
1.3 Το κλίμα και η βιολογική ταξινόμηση του κλίματος της Αρχαίας Μεσσήνης.....	20
2. Κλιματικά δεδομένα και κίνδυνοι	23
2.1 Εισαγωγικά στοιχεία	23
Κλιματικά Σενάρια	23
Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα.....	24
2.2 Ανάλυση των κλιματικών δεδομένων για την περίπτωση της Αρχαίας Μεσσήνης.....	24
Ανάλυση της Κλιματικής Μεταβλητής «Κατακρημνίσεις (Precipitation)»	25
Ανάλυση της Κλιματικής Μεταβλητής «Θερμοκρασία (Temperature)».....	30
Ανάλυση του δείκτη «Fire Weather Index (FWI)»	34
Ανάλυση του δείκτη «θερμική καταπόνηση (Humidex)»	36
Ανάλυση της κλιματικής μεταβλητής «σχετική υγρασία [daily relative humidity – RH (%)]»	38
Ανάλυση της μεταβλητής «ημερήσια Διάρκεια Ηλιοφάνειας [daily Duration of Sunshine – SD (units=sec)]»	39
Ανάλυση της μεταβλητής «Μέγιστη Ημερήσια τιμή Ανέμου [Wind Max (units=m*s-1)]»	41
2.3 Συμπεράσματα	42
3. Αναγνώριση των χαρακτηριστικών του αρχαιολογικού χώρου	45
3.1 Το νομοθετικό πλαίσιο και η διαχείριση του χώρου.....	45
3.2 Κατανόηση της τοπογραφίας, των γεωλογικών χαρακτηριστικών, της λεκάνης απορροής και των χρήσεων γης	46
Η τοπογραφία της περιοχής μελέτης.....	46
Γεωλογικά δεδομένα	46
Η υδρολογική λεκάνη, όπου εντάσσεται ο αρχαιολογικός χώρος	47
Οι χρήσεις γης	48
3.3 Καταγραφή της αυτοφυούς και της καλλιεργούμενης βλάστησης του αρχαιολογικού χώρου.....	48
Καταγραφή 2012.....	48
Καταγραφή 2021.....	50
3.4 Αναγνώριση των υλικών των ιστάμενων μνημείων	55
3.5 Καταγραφή των υποστηρικτικών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων υποδομής	57
3.6 Αναγνώριση των υφιστάμενων συνθηκών προσπέλασης, κίνησης και στάθμευσης	58
Οδική προσπέλαση του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης από το εθνικό και κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο.....	58

Δυνατότητες κίνησης επισκεπτών, ΑΜΕΑ και οχημάτων εξυπηρέτησης εντός του αρχαιολογικού χώρου.....	60
Διαθέσιμοι χώροι στάθμευσης.....	61
3.7 Ανάλυση της επισκεψιμότητας του αρχαιολογικού χώρου.....	62
4. Η τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης	65
4.1 Περιγραφή της τρωτότητας.....	65
4.2 Ανάλυση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου.....	66
Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση τη θέση (γεωγραφικά, τοπογραφικά, γεωλογικά).....	67
Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση την ευαισθησία της βλάστησης και των υλικών	78
Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση την επάρκεια των υφιστάμενων ηλεκτρομηχανολογικών και συγκοινωνιακών υποδομών.....	90
Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση την υφιστάμενη διαχείριση ..	92
4.3 Συμπεράσματα για την τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου.....	93
5. Προτάσεις για την προσαρμογή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης και τη διαχείριση και αντιμετώπιση των κινδύνων που αναμένονται λόγω κλιματικής αλλαγής.....	97
5.1 Άξονας (I): Σύστημα Παρακολούθησης του χώρου	97
Συστήματα καταγραφής παραμέτρων σχετικών με τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής και συστήματα καταγραφής και παρακολούθησης καιρικών φαινομένων.....	98
Ανάλυση των δεδομένων που θα προκύψουν από τα συστήματα καταγραφής.....	98
5.2 Άξονας (II): Μέτρα Προσαρμογής του αρχαιολογικού χώρου στην κλιματική αλλαγή, με σεβασμό στις αξίες του τόπου.	98
Μέτρα για τη διαχείριση της βλάστησης του αρχαιολογικού χώρου	99
Μέτρα για τη συντήρηση και αποκατάσταση των φθορών των υλικών	99
Μέτρα για την αντιπλημμυρική προστασία του χώρου	99
Μέτρα πυροπροστασίας	100
Προτάσεις για τη βελτίωση της προσπελασιμότητας και των πρακτικών εκκένωσης του χώρου	101
Επιπλέον προτάσεις για τη βελτίωση της λειτουργικότητας του χώρου	106
5.3 Άξονας (III): Προτεινόμενα Θεσμικά Εργαλεία.....	106
Οριοθέτηση των γειτονικών οικισμών και θεσμοθέτηση των ζωνών προστασίας του αρχαιολογικού χώρου	106
Ένταξη του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης στον Κατάλογο με τα Μνημεία Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO	107
5.4 Άξονας (IV): Πρόγραμμα Δράσης αυξημένης ετοιμότητας σε περιπτώσεις έκτακτων αναγκών.	107
Μέτρα για την έγκαιρη αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων, πριν την έξαρση ενός ακραίου φαινομένου	107
Προτάσεις για τη βελτιστοποίηση των πρακτικών διαχείρισης γεγονότων αιχμής.....	107
5.4 Άξονας (V): Ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση.....	107

Ενημέρωση του κοινού για τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων και δράσεων στον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης.....	108
Επιμορφωτικά σεμινάρια για την πρόληψη των κινδύνων σε στελέχη των αρμόδιων φορέων και Υπηρεσιών.....	108
Διαμόρφωση κοινής συνείδησης για τη διαχείριση του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.....	108
Βιβλιογραφία.....	110
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Καταγραφή βλάστησης.....	115
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Εισαγωγή στο υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE.....	123
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Επιπλέον κατευθυντήριες γραμμές/επεξηγήσεις για την υλοποίηση ορισμένων προτάσεων.....	125
Γ.1 Επιπλέον κατευθύνσεις στις προτάσεις που αφορούν το σύστημα παρακολούθησης του χώρου.....	125
Παρακολούθηση πληθυσμών φυτικών ειδών της περιοχής.....	125
Συστηματική παρακολούθηση της συμπεριφοράς των υλικών.....	128
Γ.1 Επιπλέον κατευθυντήριες γραμμές/εξειδικεύσεις σε μέτρα που στοχεύουν στη διαχείριση της βλάστησης και στην αποκατάσταση των φθορών των υλικών.....	130
Διαχείριση της βλάστησης με στόχο τη βελτίωση της ανθεκτικότητας του αρχαιολογικού χώρου.....	130
Συντήρηση και αποκατάσταση των φθορών των υλικών.....	135

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 1. Κλιματικά σενάρια (Representative Concentration Pathways - RCPs) με βάση την Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης (Fifth Assessment Report - AR5) της IPCC (Moss et al., 2010).....	23
Πίνακας 2: Κλιματικά Σενάρια για την περίπτωση της Αρχαίας Μεσσήνης.....	25
Πίνακας 3: Πίνακας αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση της κλιματικής μεταβλητής “Precipitation” για όλα τα κλιματικά σενάρια.....	25
Πίνακας 4: Πίνακας αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση της κλιματικής μεταβλητής “Temperature” για όλα τα κλιματικά σενάρια.....	30
Πίνακας 5: Συγκριτική ανάλυση της ποσοστιαίας κατανομής των ημερήσιων τιμών του δείκτη FWI για τις τρεις (3) περιόδους, ανάλογα το κλιματικό σενάριο RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI.....	35
Πίνακας 6: Συγκριτική ανάλυση της ποσοστιαίας κατανομής των ωριαίων τιμών, ανά ημέρα, του δείκτη HD για τις τρεις (3) περιόδους, ανάλογα το κλιματικό σενάριο RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI.....	37
Πίνακας 7. Κατανομή χρήσεων γης στην λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης και αντίστοιχος συντελεστής τραχύτητας.....	48
Πίνακας 8: Αριθμός ειδών (S), δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener (H'), δείκτης ποικιλότητας Simpson (D) και δείκτης ισομέρειας (E), που καταγράφηκαν στην Αρχαία Μεσσήνη, στις ελεύθερες επιφάνειες μεταξύ των μνημείων, την περίοδο της Άνοιξης και του Φθινοπώρου.....	49
Πίνακας 9. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου στις 06-08/09/2016 με βάση τα δεδομένα του σταθμού Καλαμάτας (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, WMO-ID: 16726).....	68
Πίνακας 10. Υπό εξέταση κλιματικά σενάρια στα πλαίσια της παρούσας μελέτης.....	71
Πίνακας 11. Συγκεντρωτικό πίνακας των υπό εξέταση πλημμυρικών επεισοδίων στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.....	77

Πίνακας 12: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα των μνημείων της περιοχής (α).....	80
Πίνακας 13: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στους ψαμμίτες των μνημείων της περιοχής (α).....	81
Πίνακας 14: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα των μνημείων της περιοχής (β).....	82
Πίνακας 15: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα των μνημείων της περιοχής (γ).....	83
Πίνακας 16: Βαθμός κινδύνου των μνημείων του αρχαιολογικού χώρου.	86
Πίνακας 17: Πίνακας συχνотήτων των πιο άφθονων ειδών που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το 2012, πάνω και γύρω από τα μνημεία, την Άνοιξη και το Φθινόπωρο, κατά φθίνουσα συχνότητα.....	115
Πίνακας 18: Πίνακας συχνотήτων των πιο άφθονων ειδών που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το 2012, πάνω στα μνημεία, την Άνοιξη και το Φθινόπωρο, κατά φθίνουσα συχνότητα.....	115
Πίνακας 19: Φυτικά είδη που καταγράφηκαν στην Αρχαία Μεσσήνη, το Μάιο και Σεπτέμβριο του 2012.....	116
Πίνακας 20: Κατάλογος θαμνωδών και δενδρωδών, καλλιεργούμενων, αυτοφυών και καλλωπιστικών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021	119
Πίνακας 21: Κατάλογος αυτοφυών θαμνωδών και δενδρωδών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στο λόφο της Ιθώμης και στην περιοχή γύρω από τον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021.....	121
Πίνακας 22: Μοντέλα καύσιμης ύλης (M.K.Y.) βάσει των Scott & Burgan (2005).....	134
Πίνακας 23: Παράμετροι μοντέλων καύσιμης ύλης.....	134

Κατάλογος Εικόνων

Εικόνα 1: Η θέση της Αρχαίας Μεσσήνης στη νοτιοδυτική Πελοπόννησο (Google Earth).....	18
Εικόνα 2: Ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης	19
Εικόνα 3: Γενική άποψη του αρχαιολογικού χώρου της Μεσσήνης (ΕΛΛΕΤ, λήψη 2021).....	20
Εικόνα 4: (α) Η περιοχή της αγοράς και (β) η κρήνη Αρσινόη στην Αρχαία Μεσσήνη (ancientmessene.gr, 2013)	20
Εικόνα 5: (α) Το Ασκληπιείο και (β) το στάδιο της Αρχαίας Μεσσήνης (ancientmessene.gr, 2013).....	20
Εικόνα 6. Κλιματικά σενάρια (Representative Concentration Pathways - RCPs), α) αλλαγή της ενίσχυσης της ακτινοβολίας (radiative forcing) συγκριτικά με την προ-βιομηχανική εποχή, και β) εκπομπές CO ₂ για τα διάφορα RCPs σενάρια. Με έντονο χρώμα σημειώνονται τα τέσσερα RCPs σενάρια και με λεπτές γραμμές τα μεμονωμένα σενάρια από 30 περίπου υποψήφια RCPs σενάρια (Moss et al., 2010)	24
Εικόνα 7: Τμήμα του χάρτη με την αναδιοργάνωση του αρχαιολογικού χώρου, Πηγή: http://listedmonuments.culture.gr/fek.php?ID_FEKYA=1337693485	45
Εικόνα 8: Πρόταση καθορισμού ζωνών προστασίας Α' (core zone) και Β' (buffer zone) για τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης, Πηγή: Εταιρεία Μεσσηνιακών και Αρχαιολογικών Σπουδών	46
Εικόνα 9: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της περιοχής μελέτης. Σημειώνονται ο αρχαιολογικός χώρος, η λεκάνη απορροής στην οποία ανήκει και οι οικισμοί της περιοχής	46
Εικόνα 10. Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης.....	47
Εικόνα 11: Υδρολογική λεκάνη όπου εντάσσεται ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης	47
Εικόνα 12. Χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής μελέτης.....	48
Εικόνα 13: Διαγραμματική απεικόνιση της κάλυψης των κομών των δέντρων και θάμνων (με πράσινο), στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης. Διακρίνεται η περιορισμένη φυτοκάλυψη από πολυετή θαμνώδη και δενδρώδη είδη. Με κόκκινο επισημαίνονται τα τεμάχια που έχουν χαρακτηρίσει καλλιέργειας.....	50

Εικόνα 14: Διαγραμματική απεικόνιση της επιφάνειας του αρχαιολογικού χώρου που καλύπτεται από εποχιακά ποώδη είδη (με κίτρινο)	52
Εικόνα 15: (α) και (β) Χαρακτηριστικές εικόνες του αρχαιολογικού χώρου, όπου διακρίνονται τα διάσπαρτα ελαιόδεντρα που κυριαρχούν στο χώρο (προσωπικό αρχείο, 2021).....	52
Εικόνα 16: (α) και (β) Τα δύο τεμάχια στα οποία καλλιεργούνται αμπέλια στην ανατολική πλευρά του αρχαιολογικού χώρου (προσωπικό αρχείο, 2021).....	53
Εικόνα 17: (α) και (β) Συστάδες αυτοφυών δέντρων και θάμνων στον αρχαιολογικό χώρο (προσωπικό αρχείο, 2021).....	53
Εικόνα 18: (α) και (β) Τριανταφυλλιές που έχουν φυτευτεί στην περιοχή της εισόδου του αρχαιολογικού χώρου (προσωπικό αρχείο, 2021).....	53
Εικόνα 19: Εικόνα 10: (α) Ψευδοπιπεριές και (β) πικροδάφνες που έχουν φυτευτεί στον αρχαιολογικό χώρο (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021).....	53
Εικόνα 20: (α) Παλαίστρα γυμνασίου και (β) στάδιο όπου διακρίνεται η εγκατάσταση χλοοτάπητα (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)	53
Εικόνα 21: (α) και (β) Το μικτό αγροτικό και φυσικό τοπίο γύρω από τον αρχαιολογικό χώρο (προσωπικό αρχείο, 2021).....	54
Εικόνα 22: (α) και (β) Καλλιέργειες ελιάς και συκιάς, στην περιοχή δυτικά του αρχαιολογικού χώρου (προσωπικό αρχείο, 2021).....	54
Εικόνα 23: (α) Λόφος Ιθώμης και (β) περιοχή δυτικά του αρχαιολογικού χώρου, χαρακτηριστικές διαπλάσεις αιθάλων, πλατύφυλλων θάμνων (προσωπικό αρχείο, 2021).....	54
Εικόνα 24: (α) Η περιοχή γύρω από την Αρκαδική πύλη και (β) ο λόφος της Ιθώμης, μετά την πυρκαγιά τον Αύγουστο του 2014 (https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/43720-pyrosvestiki-vlepei-emprismo-ithomi).....	54
Εικόνα 25: Ο λόφος της Ιθώμης, όπως είναι σήμερα. Διακρίνεται η πλούσια αναβλάστηση (προσωπικό αρχείο, 2021).....	55
Εικόνα 26: Χάρτης με υπόμνημα υλικών αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης.	55
Εικόνα 27: Η Αρκαδική Πύλη, ΕΛΛΕΤ 2021	59
Εικόνα 28: Υφιστάμενες Είσοδοι, Οδικές Προσβάσεις, Χώροι Στάθμευσης	60
Εικόνα 29: Άποψη του χώρου στάθμευσης στην κύρια Είσοδο Α, ΕΛΛΕΤ 2021	62
Εικόνα 30. Μεταβολή της ημερήσιας βροχόπτωσης με βάση τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Αρφαρά	68
Εικόνα 31. Μεταβολή της ημερήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής του μετεωρολογικού σταθμού Αρφαρά	68
Εικόνα 32. Άποψη του αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης από την περιοχή του Θεάτρου προς νότια στις 08/09/2016 (πηγή: https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/103838-kleisti-gia-20-imeres-i-arxaia-messini-meta-tin-plimmyra-fotografies).....	69
Εικόνα 33. Άποψη της πλημμυρισμένης αγοράς και των φερτών υλικών (http://orthologika.blogspot.com/2016/09/blog-post_10.html)	69
Εικόνα 34. Άποψη του αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης ανατολικά από την περιοχή του Θεάτρου στις 08/09/2016 (πηγή: https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/103838-kleisti-gia-20-imeres-i-arxaia-messini-meta-tin-plimmyra-fotografies).....	69
Εικόνα 35. Άποψη των φερτών υλικών λόγω της πλημμύρας βόρεια του Θεάτρου της Αρχαίας Μεσσήνης στις 08/09/2016 (πηγή: https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/103838-kleisti-gia-20-imeres-i-arxaia-messini-meta-tin-plimmyra-fotografies).....	69
Εικόνα 36. Εξέλιξη πλημμυρικού επεισοδίου 06-08/09/2016 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού	70
Εικόνα 37. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 06-08/09/2016 (i: 06/09/2016, ii: 07/09/2016)	70
Εικόνα 38. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 24-27/10/2097 (i: 24/10/2097, ii: 25/10/2097, iii: 26/10/2097, iv: 27/10/2097)	72
Εικόνα 39. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου 24-27/10/2097 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού.	72

Εικόνα 40. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 13-20/08/2033 (i: 13/08/2033, ii: 14/08/2033, iii: 15/08/2033, iv: 16/08/2033)	73
Εικόνα 41. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 13-20/08/2033 (i: 17/08/2033, ii: 18/08/2033) (συνέχεια)	74
Εικόνα 42. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου 13-20/08/2033 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού	74
Εικόνα 43. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 29/10-01/11/2047 (i: 28/10/2047, ii: 29/10/2047, iii: 30/10/2047, iv: 31/10/2047)	75
Εικόνα 44. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου 29/10-01/11/2047 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού	76
Εικόνα 45: Η περιοχή τοπίου Αρχαίας Μεσσήνης (πράσινο και μαύρο περίγραμμα) επί δορυφορικής εικόνας GoogleEarth και απόδοση του δείκτη ESA, Πηγή (Κόκκορης, 2021).....	77
Εικόνα 46: Η περιοχή τοπίου Αρχαίας Μεσσήνης (πράσινο και μαύρο περίγραμμα) επί δορυφορικής εικόνας GoogleEarth (a) και απόδοση των δεικτών: (e) Kst-factor και (f) R-factor.Πηγή (Κόκκορης, 2021)	78
Εικόνα 47: Χάρτης με υπόμνημα υλικών στις Περιοχές (α) Θέατρο, Βόρεια Στοά, Κρήνη Αρσινόη, Ιερά της Αγοράς, (β) Στάδιο και Γυμνάσιο και (γ) Ασκληπιείο	79
Εικόνα 48: Τοπογραφική απεικόνιση της περιοχής (α).....	80
Εικόνα 49: Δυτικό τμήμα του Θεάτρου	80
Εικόνα 50: Μακροσκοπική απεικόνιση του βόρειου αναλήμματος του Θεάτρου.	80
Εικόνα 51: Μακροσκοπική απεικόνιση φθορών στους κίονες του κρεοπωλείου	81
Εικόνα 52: Μακροσκοπική απεικόνιση της λίθινης πλάκας με την αναπαράσταση του λιονταριού.	81
Εικόνα 53: Μακροσκοπική απεικόνιση κατάστασης ψαμμίτη στην στοά της Αγοράς.	81
Εικόνα 54: Μακροσκοπική απεικόνιση κίονα στο Ναό της Μεσσάνας.	81
Εικόνα 55: Τοπογραφική απεικόνιση της περιοχής (β) του σταδίου.	81
Εικόνα 56: Βόρεια όψη του Μαυσωλείου των Σαιθιδών.....	82
Εικόνα 57: Απεικόνιση φθορών στον εσωτερικό τοίχο του Μαυσωλείου.	82
Εικόνα 58: Μακροσκοπική απεικόνιση φθορών στο Στάδιο.....	82
Εικόνα 59: Μακροσκοπική απεικόνιση φθορών στο Στάδιο.....	82
Εικόνα 60: Τοπογραφική απεικόνιση της περιοχής (γ) του Ασκληπιείου.	83
Εικόνα 61: Κατάσταση φθορών του Ενεπίγραφου Κίονα του Δαμοφώντα.....	83
Εικόνα 62: Κατάσταση φθορών του Ενεπίγραφου Κίονα του Δαμοφώντα.....	83
Εικόνα 63: Μακροσκοπική απεικόνιση ασβεστόλιθων στο Εκκλησιαστήριο	84
Εικόνα 64: Μακροσκοπική απεικόνιση ασβεστόλιθων στο Σεβάστειο.....	84
Εικόνα 65: Μακροσκοπική απεικόνιση επισηλίου στην περιοχή του Ναού του Ασκληπιού.	84
Εικόνα 66: Χάρτης βασικών περιοχών και σημείων ενδιαφέροντος αρχαιολογικού χώρου.....	85
Εικόνα 67: Η τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου στην περίπτωση πυρκαγιάς.....	95
Εικόνα 68: Η τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου στην περίπτωση πλημμυρικού επεισοδίου	95
Εικόνα 69. Υδρολογική λεκάνη όπου εντάσσεται ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης	100
Εικόνα 70: Προτάσεις – κατευθύνσεις βελτίωσης οδικών υποδομών, προσπελασιμότητας και λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου.....	105
Εικόνα 71: Πρόταση οριοθέτησης των γειτονικών οικισμών, Μαυρομμάτι και Αρσινόη και καθορισμού των ζωνών προστασίας Α και Β της Εταιρείας Μεσσηνιακών και Αρχαιολογικών Σπουδών και του κ. Π. Θέμελη, Πηγή: Εταιρεία Μεσσηνιακών και Αρχαιολογικών Σπουδών.	107
Εικόνα 72: Παράδειγμα σχεδιασμού καμπύλης κορεσμού ανευρισκόμενων ειδών για το υπολογισμό των απαραίτητων δειγματοληπτικών μονάδων.....	126
Εικόνα 73: Αισθητήρας θερμοκρασίας HOB0 RX3000.	128
Εικόνα 74: Αισθητήρας βροχοπτώσεων (αριστερά) και θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (δεξιά) της LSI Lastem (htt), (htt1).	128
Εικόνα 75: 3D απεικόνιση και περιγραφή σε GIS των τύπων φθορών τοίχου μνημείου (Campanaro, Landeschi, & Leander Touati, 2016).	129

Εικόνα 76: Υπέρυθρες θερμικές κάμερες: (α) LWIR θερμική κάμερα FLIR ThermoCAM T360, με FPA 320x240 pixels, φασματική απόκριση 7.5–13 μm . (β) MWIR θερμική κάμερα CEDIP/JADE με ανιχνευτή InSb και FPA 320x240 pixels, φασματική απόκριση 3.6–5.0 μm (Ματίκας, 2015).	129
Εικόνα 77: Φορητή συσκευή μέτρηση ταχύτητας υπερήχων TICO.....	129
Εικόνα 78: Εφαρμογή φλόγισης σε πειραματικό τεμάχιο	131
Εικόνα 79: Εφαρμογή ακριβείας με ζιζανιοκτόνο (injection treatment) για την εξόντωση αείλανθου με διάμετρο κορμού 15 cm, σε αρχαιολογικό χώρο	133
Εικόνα 80: Σχηματική απόδοση της σύνθεσης του Surfactore FX SB.	136
Εικόνα 81: Εμπορική συσκευασία του προϊόντος.	137
Εικόνα 82: Ιστορικός ψαμμίτης με επιφανειακή εφαρμογή του υλικού στερέωσης.	137

Ιστορικό Εγγράφου

Εκδόσεις

Αριθμός έκδοσης	Ημερομηνία	Φορέας	Παρατηρήσεις
0.1	05.03.2021	ΕΛΛΕΤ	Προσχέδιο 1
0.2	06.08.2021	ΕΛΛΕΤ	Προσχέδιο 2
0.3	31.08.2021	ΕΛΛΕΤ	Προσχέδιο 3
0.4	17.09.2021	ΕΛΛΕΤ	Προσχέδιο 4
1.0	30.09.2021	ΕΛΛΕΤ	Τελικό Παραδοτέο

Ποιοτικός έλεγχος παραδοτέου

Έλεγχος	Ημερομηνία	Κατάσταση	Παρατηρήσεις

Αρκτικόλεξα & Συντομογραφίες

AC	Adaptive Capacity
AR	Assessment Report
E	Exposure
EEA	European Environment Agency
EFFIS	European Forest Fire Information System
ELLET	ELLINIKI ETAIRIA Society for the Environment and Cultural Heritage
ET	Evapotranspiration
FWI	Fire Weather Index
GRFU	Green Fund
HD	Humidex
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
MEEN	Ministry of Environment and Energy
NOA	National Observatory of Athens
OL	Overland Flow
PR	Precipitation
RCMs	Regional Climate Models
RCPs	Representative Concentration Pathways
RH	Relative Humidity

S	Sensitivity
Sc	Scenario
SD	Duration of Sunshine
SMHI	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
SZ	Saturated Zone
TAR	Third Assessment Report
UNEP	United Nations Environmental Programme
UNESCO	United Nations Educational Scientific and Cultural Organization
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UZ	Unsaturated Zone
V	Vulnerability
WMO	World Meteorological Organization
A.X.	Αγροτικός Χωματόδρομος
ΑμεΑ	Άτομα με Αναπηρία
B.X.	Βατός Χωματόδρομος
ΓΥΣ	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού
Δ.Ε.Υ.Α,	Αποκεντρωμένη Διοίκηση Πελοποννησου Δυτικής Ελλάδας και Ιονίου
Ε.Μ.Α.Σ.	Εταιρεία Μεσσηνιακών Αρχαιολογικών Σπουδών
Ε.Χ.	Εσωτερικός Χωματόδρομος

ΕΑΓΜΕ - τ. ΙΓΜΕ	Ελληνική Αρχή Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών
ΕΛΛΕΤ	ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ Περιβάλλοντος και Πολιτισμού
ΕΛΣΤΑΤ	Ελληνική Στατιστική Αρχή
ΕΜΠ	Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
ΟΠΕΚΕΠΕ	Οργανισμός Πληρωμών και Ελέγχου Κοινοτικών Ενισχύσεων Προσανατολισμού και Εγγυήσεων
Π&Α	Παρακολούθηση & Αξιολόγηση
Σ.Ο.	Συνδετήρια Οδός
ΥΠΕΝ	Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας

Περίληψη

Η παρούσα έκθεση αποτελεί την πρώτη εκ των πέντε εκθέσεων του παραδοτέου C4.D4 της υπό-δράσης C4.2 «Ανάπτυξη πιλοτικών αξιολογήσεων και κατευθυντήριων γραμμών για την προσαρμογή της πολιτιστικής κληρονομιάς». Η υπό-δράση C4.2 αποτελεί τμήμα της δράσης C4 του Προγράμματος «LIFE-IP AdaptInGR - Boosting the implementation of adaptation policy across Greece». Υπεύθυνος Συντονιστής της Δράσης είναι η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ Περιβάλλοντος και Πολιτισμού και Υποστηρικτικοί Δικαιούχοι το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας (ΥΠΕΝ), το Πράσινο Ταμείο και το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών (ΕΑΑ).

Στο παρόν κείμενο εξετάζεται η μελέτη περίπτωσης πολιτιστικής κληρονομιάς του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης. Η επιλογή του χώρου έγινε ακολουθώντας τα κριτήρια της γεωγραφικής θέσης, του μνημειακού χαρακτήρα, της σημασίας, καθώς και της τρωτότητας. Πρόκειται για ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αρχαιολογικού χώρου της Νότιας Ελλάδας, το οποίο περιλαμβάνει σημαντικά μνημεία της αρχαιότητας, καθώς και ανασκαφές σε εξέλιξη, καθιστώντας το χώρο, συγκριτικά με άλλους, πιο τρωτό στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Στόχος της έκθεσης είναι η αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής και της τρωτότητας του χώρου και η ανάπτυξη μιας ολοκληρωμένης σειράς προτάσεων με μέτρα προσαρμογής.

Για τον παραπάνω σκοπό πραγματοποιείται η ακόλουθη διαδικασία:

- Αναλύονται κλιματικά δεδομένα και δείκτες, οι οποίοι παρέχονται από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και αναδεικνύονται οι βασικοί κίνδυνοι που δύνανται να επηρεάσουν αρνητικά το μνημείο.
- Αναγνωρίζονται τα επιμέρους χαρακτηριστικά που συνθέτουν τη συνολική ταυτότητα του αρχαιολογικού χώρου.
- Εξετάζεται η συνολική τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Η τρωτότητα μελετάται με βάση τους άξονες που θέτει η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC).
- Αναπτύσσεται μία σειρά από προτάσεις για τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης, οι οποίες έχουν ως στόχο την προσαρμογή του μνημείου στην κλιματική αλλαγή, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας του στις κλιματικές μεταβολές και σε ακραία καιρικά φαινόμενα, τη διαχείριση και την έγκαιρη αντιμετώπιση των κινδύνων, καθώς και την ενημέρωση και ευαισθητοποίηση κοινού και επαγγελματιών.

Abstract

This report is the first of the five reports included in the Deliverable-D4 of the Sub-Action C4.2 entitled “Development of pilot assessments and adaptation guidelines for cultural heritage”. Sub-Action C4.2 is part of the Action C4 of the “LIFE-IP AdaptInGR - Boosting the implementation of adaptation policy across Greece” Programme. ELLINIKI ETAIRIA Society for the Environment and Cultural Heritage (ELLET) is the coordinator for the C4 Action and the supporting beneficiaries are the Ministry of Environment and Energy (MEEN), Green Fund (GRFU) and National Observatory of Athens (NOA).

The present deliverable report examines the case study of the archaeological site of Ancient Messene. The site was selected due to its regional and monumental character, its significance and its expected vulnerability to climate change. The archaeological site of Ancient Messene is considered as one of the most representative examples of Southern Greece, which includes significant monuments of antiquity, as well as ongoing excavations that make the site particularly vulnerable to the

negative effects of climate change. The main objective of the present study is to estimate the immediate and long-term expected impacts of climate change on the archaeological site based on vulnerability assessment analysis and outline the guidelines and measures for its adaptation to climate change.

To reach the aforementioned purpose the following procedure is implemented:

- Analysis of the climate data and indicators provided by the National Observatory of Athens (NOA), highlighting the main dangers that may adversely affect the monument.
- Identification of the characteristics that compose the archaeological site's multifaceted identity.
- Estimation of the site's vulnerability to the effects of climate change on the basis of the guidelines set by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- Development of a series of measures and guidelines for the archaeological site of Ancient Messene, the objectives of which are the site's adaptation to climate change, to strengthen its resilience and its timely response to extreme weather events and to raise public awareness.

Η Αρχαία Μεσσήνη

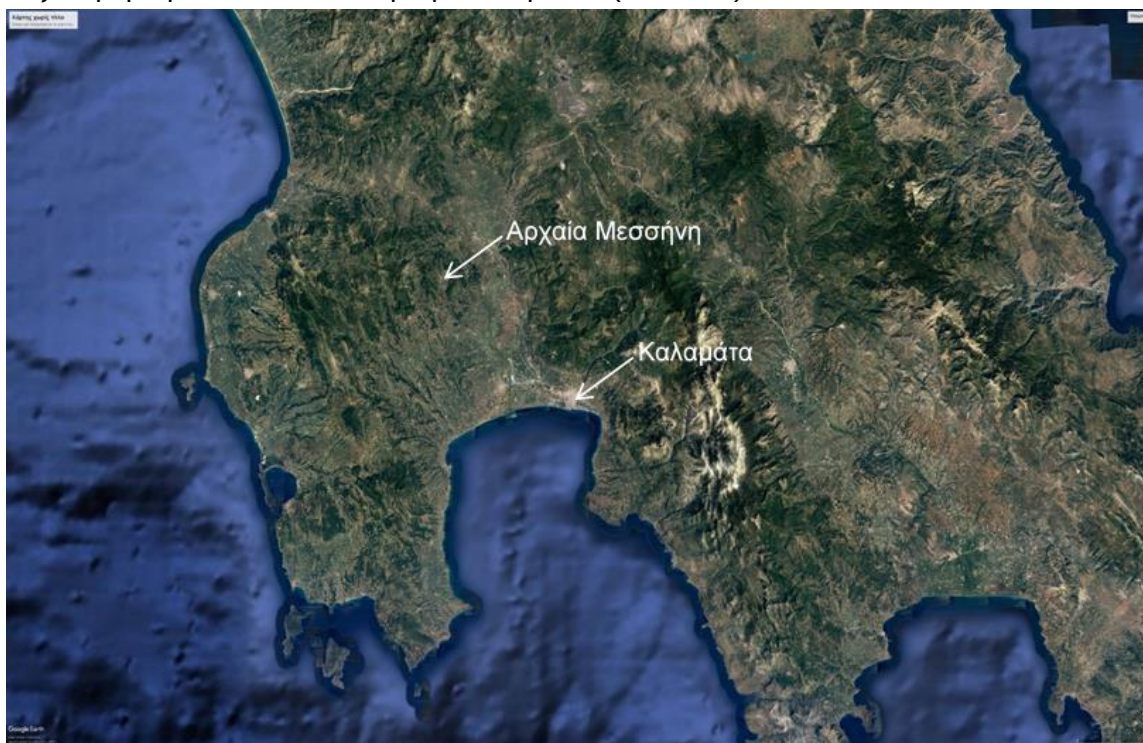
1. Η Αρχαία Μεσσήνη

Ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης αποτελεί την πρώτη εκ των πέντε, μελέτη περίπτωσης (case study) του παραδοτέου C4.D4 της υποδράσης C4.2. Η επιλογή του χώρου έγινε ακολουθώντας τα κριτήρια της γεωγραφικής θέσης, του μνημειακού χαρακτήρα, της σημασίας, καθώς και της τρωτότητας. Πρόκειται για ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα αρχαιολογικού χώρου της Νότιας Ελλάδας, το οποίο περιλαμβάνει σημαντικά μνημεία της αρχαιότητας. Επιπλέον, στο χώρο συναντώνται ανασκαφές που βρίσκονται σε εξέλιξη, γεγονός το οποίο τον καθιστά, συγκριτικά με άλλους αρχαιολογικούς χώρους, πιο τρωτό στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

Πρόκειται για έναν ιδιαίτερα ζωντανό αρχαιολογικό χώρο τόσο λόγω των αδιάκοπων αρχαιολογικών ανασκαφικών και αναστηλωτικών εργασιών που πραγματοποιούνται σ' αυτόν εδώ και δεκαετίες, όσο και λόγω της σημασίας και της ουσιαστικής ανάδειξης των μνημείων που προσφέρει στους επισκέπτες. Επιπλέον, ορισμένοι από τους χώρους συνάντησης της αρχαίας πόλης, το Θέατρο, το Στάδιο και το Εκκλησιαστήριο, προσφέρονται εκ νέου για την πραγματοποίηση ιδιαίτερα μαζικών εκδηλώσεων και κατά τις νυχτερινές ώρες.

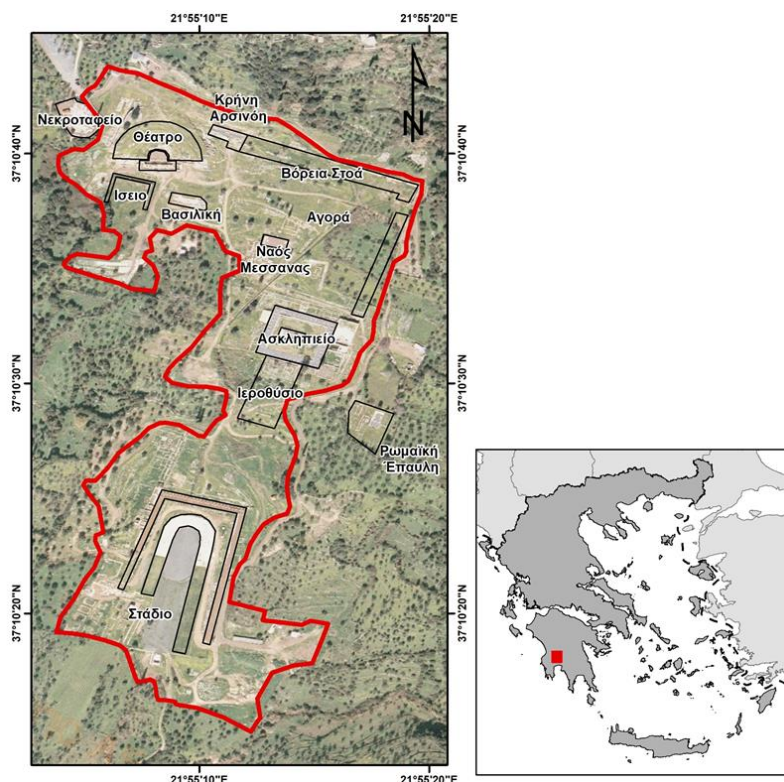
1.1 Η θέση του αρχαιολογικού χώρου

Η θέση του αρχαιολογικού χώρου είναι στην Πελοπόννησο (37°10' Β 21°55' Α), νοτιοδυτικά των λόφων Ιθώμη και Εύα, σε πεδινή έκταση 5.000–6.000 στρεμμάτων, σε απόσταση περίπου 35km βόρεια της Καλαμάτας. Ο αρχαιολογικός χώρος, όπως οριοθετείται σήμερα, κείται νοτιοδυτικά του οικισμού Αρχαία Μεσσήνη (τ. οικισμός Μαυρομμάτι) και βορειοανατολικά του οικισμού Αρσινόη μεταξύ υψομέτρων 360 και 280 μέτρων περίπου (Εικόνα 1).



Εικόνα 1: Η θέση της Αρχαίας Μεσσήνης στη νοτιοδυτική Πελοπόννησο (Google Earth)

Τα λείψανα της αρχαίας Μεσσήνης - στάδιο και θέατρο, καθώς και τα οικοδομήματα και ιερά του 4ου αιώνα π.Χ. και ο ευρύτερος χώρος που περικλείεται εντός του οχυρωματικού τείχους, κηρύχθηκαν ως ενιαίος αρχαιολογικός χώρος με το ΦΕΚ 73/Β/14-2-1991, ενώ αναοριοθετήθηκαν με το ΦΕΚ 240/ΑΑΠ/21-09-2011.



Εικόνα 2: Ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης

1.2 Ιστορικά στοιχεία

Εκτενής περιγραφή της ιστορίας της αρχαίας πόλης, αλλά και του αρχαιολογικού χώρου μπορεί να βρεθεί σε πληθώρα δημοσιεύσεων. Παρακάτω γίνεται μια σύντομη αναφορά στοιχείων που αντλήθηκαν από το βιβλίο «ΑΡΧΑΙΑ ΜΕΣΣΗΝΗ» του Θέμελη (2019).

Η αρχαία πόλη της Μεσσήνης ιδρύθηκε το 369 π.Χ. από τον Θηβαίο Επαμεινώνδα και τους Αργείους συμμάχους του ως πρωτεύουσα της αυτόνομης Μεσσηνίας. Οι περισσότερες πληροφορίες για την διάρθρωση της πόλης αλλά και της ζωής σε αυτήν αντλούνται από την περιγραφή του περιηγητή Πausanias που επισκέφθηκε την πόλη το 155 μ.Χ., πέντε αιώνες μετά την ίδρυσή της. Η πόλη παρέμεινε σημαντικό κέντρο μέχρι τον 3ο αι. μ.Χ. οπότε και άρχισε η σταδιακή παρακμή και εγκατάλειψη της πόλης, η οποία πιθανώς εντάθηκε το 395 μ.Χ. μετά από επιδρομή Γότθων στην Πελοπόννησο. Τα οικοδομήματα της Μεσσήνης ακολουθούν κάναβο που δημιουργείται από οριζόντιους και κάθετους δρόμους, σύστημα γνωστό και ως Ιπποδάμειο. Το σύστημα αυτό στηρίζεται στις αρχές της ισονομίας, ισοπολιτείας και της ισομοιρίας του δημοκρατικού πολιτεύματος. Στόχος ήταν όλοι οι πολίτες να έχουν ισομεγέθη οικόπεδα με πρόσβαση στα δημόσια και ιερά οικοδομήματα (Θέμελης, 2019).

Συστηματικές ανασκαφές ξεκίνησαν στην περιοχή το 1895, από την Αρχαιολογική Εταιρεία, από τον Θ. Σοφούλη, αργότερα Γ. Οικονόμο και έως το 1974 Α. Ορλάνδο, που έφεραν στο φως το μεγαλύτερο μέρος του Ασκληπιείου. Από το 1986 έως και σήμερα τη διεύθυνση των ανασκαφών έχει αναλάβει ο Π. Θέμελης, με πλούσιο ανασκαφικό και αναστηλωτικό έργο (Θέμελης, 2019).

Σήμερα η Αρχαία Μεσσήνη είναι μια από τις σημαντικότερες σε μέγεθος και διατήρηση πόλεις της αρχαιότητας με πλούσιο μνημειακό περιεχόμενο και το προνόμιο να μην έχει καταστραφεί ή καλυφθεί από νεότερους οικισμούς (Εικόνα 3 Εικόνα 2). Στον αρχαιολογικό χώρο σώζεται μεγάλο τμήμα της αρχαίας πόλης. Τα μνημεία που έχουν ανασκαφεί περιλαμβάνουν: το θέατρο, που εντάσσεται στην κατηγορία των μεγάλων θεάτρων της κλασικής/ελληνιστικής περιόδου, την αγορά της Μεσσήνης έκτασης 40.000 m², την κρήνη Αρσινόη με μήκος πάνω από 40 m (Εικόνα 4), το Ασκληπιείο, χώρο θεραπείας αλλά και κέντρο της δημόσιας ζωής και πολιτική αγορά διαστάσεων 72x67 m (Ει-

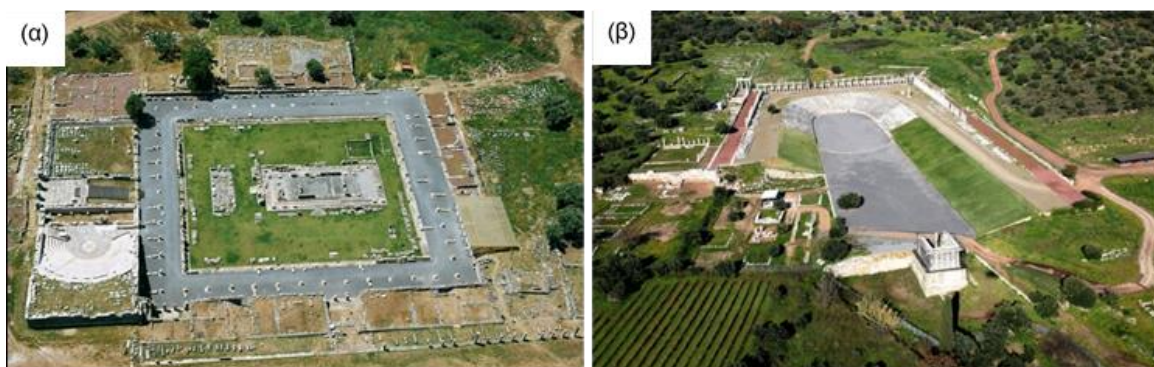
κόνα 5), το ιερό της Δήμητρας και των Διόσκουρων, το Βαλάνειο, το οποίο ήταν συγκρότημα λουτρών ελληνιστικών χρόνων, το Στάδιο (Εικόνα 5) και το Γυμνάσιο, τα πλέον εντυπωσιακά οικοδομήματα από άποψη διατήρησης κ.α. Ο χώρος περιλαμβάνει ακόμη Αρχαιολογικό Μουσείο που στεγάζει σπουδαία ευρήματα των ανασκαφών όπως το άγαλμα του Ερμή Ψυχοπομπού και το άγαλμά της Αρτέμιδος Λαφρίας (Θέμελης, 2019).



Εικόνα 3: Γενική άποψη του αρχαιολογικού χώρου της Μεσσήνης (ΕΛΛΕΤ, λήψη 2021)



Εικόνα 4: (α) Η περιοχή της αγοράς και (β) η κρήνη Αρσινόη στην Αρχαία Μεσσήνη (ancientmessene.gr, 2013)



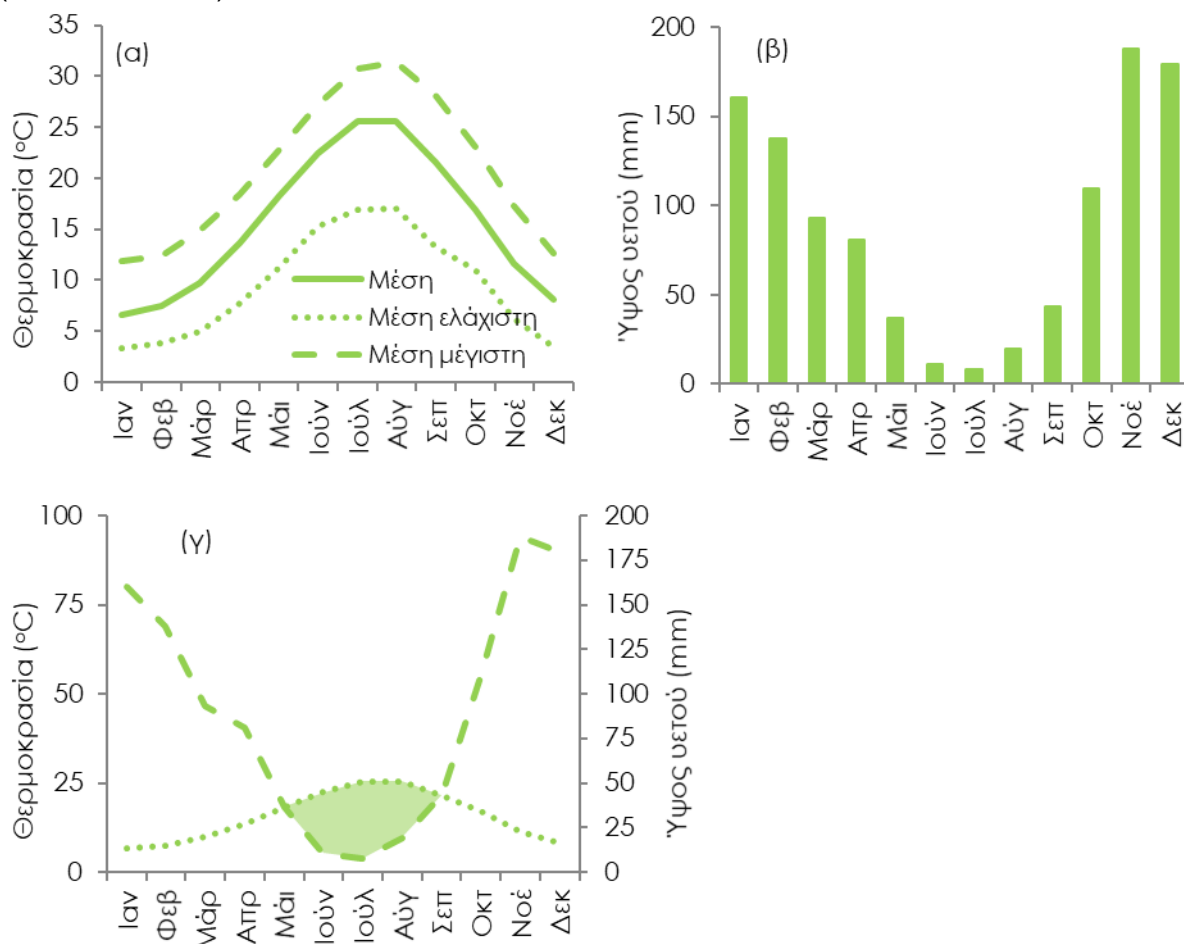
Εικόνα 5: (α) Το Ασκληπιείο και (β) το στάδιο της Αρχαίας Μεσσήνης (ancientmessene.gr, 2013)

1.3 Το κλίμα και η βιολογική ταξινόμηση του κλίματος της Αρχαίας Μεσσήνης

Όπως αποτυπώνεται και στο Σχήμα 1 η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από ήπιους και βροχερούς χειμώνες, όπου η μέση ελάχιστη θερμοκρασία είναι περίπου 5 °C. Η περίοδος του θέρους είναι θερμή, με μέση μέγιστη θερμοκρασία περίπου 33 °C. Η ξηρά περίοδος είναι περιορισμένη και το ύψος του υετού είναι ιδιαίτερα υψηλό, περίπου 880 mm κατ' έτος, με μέγιστο μηνιαίο ύψος υετού 170 mm το Δεκέμβριο και ελάχιστο 8 mm, τον Ιούνιο. Τα στοιχεία έχουν προκύψει από την εφαρμογή

Γεώκλιμα, της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας, η οποία αποτελεί ένα ολοκληρωμένο Γεωγραφικό Σύστημα Κλιματικής Πληροφορίας, που διαχειρίζεται, αναλύει και χαρτογραφεί το σύνολο της κλιματικής πληροφορίας που αφορά τη χώρα. Τα δεδομένα αφορούν την περίοδο των ετών 1975–2004 (geoclima.gr, 2016) και οι τιμές των παραμέτρων είναι ανάλογες με αυτές που παραχωρήθηκαν από το Αστεροσκοπείο, για την τριακονταετία 1972-2000.

Σύμφωνα με τους χάρτες του Μαυρομματίου (1978α, 1978β) ο χαρακτήρας του βιοκλίματος της περιοχής είναι έντονος μεσο-μεσογειακός (mediterranean accentue). Με βάση τον υπολογισμό του δείκτη Emburger-Sauvage (Emberger, 1955) η περιοχή της Μεσσήνης τοποθετείται στην ύφυγρη ζώνη (Κανέλλου, 2019).



Γράφημα 1: Κλιματολογικά στοιχεία που αφορούν τη θέση της Αρχαίας Μεσσήνης (α) μέση, μέση ελάχιστη και μέση μέγιστη, μηνιαία θερμοκρασία, (β) μηνιαίο ύψος υετού και (γ) ομβροθερμικό διάγραμμα, όπου η γραμμοσκιασμένη περιοχή αντιπροσωπεύει την ξηρά περίοδο

Κλιματικά δεδομένα και κίνδυνοι

2. Κλιματικά δεδομένα και κίνδυνοι

2.1 Εισαγωγικά στοιχεία

Κλιματικά Σενάρια

Το 1988 ιδρύθηκε από τον Παγκόσμιο Μετεωρολογικό Οργανισμό (WMO - World Meteorological Organization) και το Πρόγραμμα Περιβάλλοντος του Οργανισμού Ηνωμένων Εθνών (UNEP - United Nations Environmental Programme) η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change). Σκοπός της επιτροπής είναι η αξιολόγηση της επιστημονικής γνώσης και της τεχνικής και κοινωνικοοικονομικής πληροφορίας σε θέματα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή που συνδέεται με τις ανθρώπινες δραστηριότητες και η αξιολόγηση των επιπτώσεων της, ενώ προτείνει και μέτρα αποφυγής ή περιορισμού των συνεπειών της. Από τις ομάδες εργασίας της επιτροπής παράγονται εκθέσεις που αξιοποιούνται από τη Σύμβαση - Πλαίσιο για την Κλιματική Αλλαγή των Ηνωμένων Εθνών (United Nations Framework Convention on Climate Change - UNFCCC). Έως σήμερα έχουν δημοσιευτεί πέντε εκθέσεις (1990, 1995, 2001, 2007 και 2014) σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές που παρατηρούνται και τις πιθανές επιπτώσεις τους, ενώ η έκτη αναμένεται το 2022.

Με βάση τις εκτιμήσεις της Πέμπτης Έκθεσης Αξιολόγησης (Fifth Assessment Report- AR5) της IPCC, έχουν προταθεί τέσσερα (4) κλιματικά σενάρια εκπομπών αερίων (Representative Concentration Pathways - RCPs ή αντιπροσωπευτικές τροχιές συγκέντρωσης). Πρόκειται για σενάρια που περιλαμβάνουν χρονοσειρές εκπομπών και συγκεντρώσεων για ένα πλήρες σύνολο αερίων του θερμοκηπίου, αερολυμάτων και χημικά ενεργών αερίων, καθώς και στοιχεία χρήσεων γης (IPCC, 2014). Οι βασικές παράμετροι που καθορίζουν τα τέσσερα αυτά διαφορετικά σενάρια είναι ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού, οι οικονομικές δραστηριότητες, ο τρόπος ζωής, οι πηγές ενέργειας, η τεχνολογική ανάπτυξη, οι μελλοντικές χρήσεις γης και η γενικότερη πολιτική απέναντι στις κλιματικές αλλαγές. Τα RCPs αποτελούν σημαντικά εργαλεία για το σχεδιασμό πολιτικών μετριασμού και προσαρμογής.

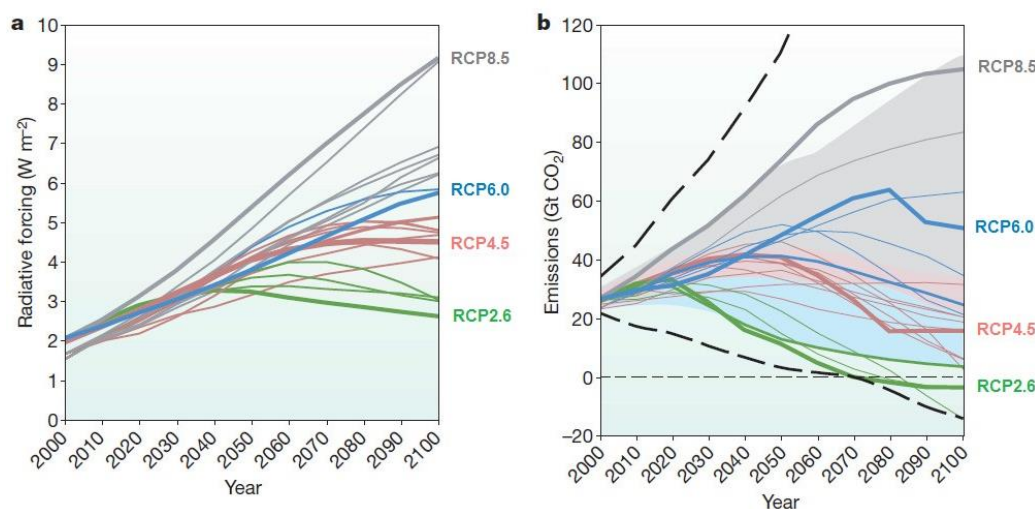
Τα RCP περιλαμβάνουν ένα αυστηρό σενάριο μετριασμού (RCP2.6), δύο ενδιάμεσα σενάρια (RCP4.5 και RCP6.0) και ένα σενάριο με πολύ υψηλές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (RCP8.5). Τα σενάρια χωρίς πρόσθετες προσπάθειες περιορισμού των εκπομπών («βασικά σενάρια») οδηγούν σε μονοπάτια που κυμαίνονται μεταξύ RCP6.0 και RCP8.5. Το σενάριο RCP2.6 είναι αντιπροσωπευτικό ενός σεναρίου που στοχεύει να διατηρήσει την υπερθέρμανση του πλανήτη πιθανώς κάτω από τους 2 ° C πάνω από τις προ-βιομηχανικές θερμοκρασίες. Τα σενάρια ονομάζονται βάσει της μεταβολής του **ενεργειακού εξαναγκασμού**¹ το έτος 2100, σε σχέση με την προβιομηχανική περίοδο (2.6, 4.5, 6 και 8.5 W/m² αντίστοιχα).

Πίνακας 1. Κλιματικά σενάρια (Representative Concentration Pathways - RCPs) με βάση την Πέμπτη Έκθεση Αξιολόγησης (Fifth Assessment Report - AR5) της IPCC (Moss et al., 2010)

Κλιματικό σενάριο	Ενίσχυση της ακτινοβολίας (radiative forcing) συγκριτικά με το 1750 (W/m ²)	Συγκέντρωση (ppm)	Τάσεις
-------------------	---	-------------------	--------

¹ Το ενεργειακό ισοζύγιο διαμορφώνεται από τη βασική σχέση μεταξύ εισερχόμενης και εξερχόμενης ακτινοβολίας, με σκοπό τη μοντελοποίηση της εξέλιξης της θερμοκρασίας. Η ακτινοβολία βραχέος κύματος που προσπίπτει κατά μέσο όρο στην επιφάνεια της γης είναι 340 W/m². Περίπου το 1/3 αυτής ανακλάται άμεσα και επιστρέφει στο διάστημα. Σε κατάσταση ισορροπίας, η προκύπτουσα σε καθαρή βάση ακτινοβολία βραχέος κύματος πρέπει να αντισταθμίζεται από την εξερχόμενη ακτινοβολία μακρού κύματος. Σε κατάσταση προβιομηχανικής ισορροπίας, οι εισερχόμενες και εξερχόμενες ροές ενέργειας ήταν ίσες μεταξύ τους και ως εκ τούτου η μέση θερμοκρασία του πλανήτη ήταν κατά μέσο όρο σταθερή. Ωστόσο, κατά την περίοδο μετά τη βιομηχανική επανάσταση, λόγω της χρήσης ορυκτών καυσίμων, προκλήθηκε διατάραξη στο ενεργειακό ισοζύγιο. Αυτή η διατάραξη μετρείται σε W/m² και ονομάζεται εξαναγκασμός (forcing). Η διατάραξη συνίσταται στο ότι η εισερχόμενη ροή ενέργειας είναι μεγαλύτερη από την εξερχόμενη ροή, με αποτέλεσμα να προκαλείται αύξηση της θερμοκρασίας. Ο εξαναγκασμός μετρείται με τη σχέση μεταξύ προβιομηχανικής και σημερινής συγκέντρωσης CO₂ στην ατμόσφαιρα, η οποία είναι 288ppm (μέρη ανά εκατομμύριο) και περίπου 400 ppm αντίστοιχα, ενώ είναι μηδενικός όταν δεν υπάρχει μεταβολή στη συγκέντρωση του CO₂.

RCP2.6	μέγιστη τιμή περίπου 3 W/m ² πριν το 2100 και μετά σταθερή μείωση	μέγιστη τιμή περίπου 490 ισοδύναμου CO ₂ πριν το 2100 και μετά μείωση	Κορύφωση και στη συνέχεια μείωση
RCP4.5	περίπου 4.5 W/m ² και σταθεροποίηση μετά το 2100	περίπου 650 ισοδύναμου CO ₂ (σταθεροποίηση μετά το 2100)	Σταθεροποίηση χωρίς υπέρβαση
RCP6.0	περίπου 6.0 W/m ² και σταθεροποίηση μετά το 2100	περίπου 850 ισοδύναμου CO ₂ (σταθεροποίηση μετά το 2100)	Σταθεροποίηση χωρίς υπέρβαση
RCP8.5	>8.5 W/m ² το 2100	>1,370 ισοδύναμου CO ₂ -το 2100	Αύξηση



Εικόνα 6. Κλιματικά σενάρια (Representative Concentration Pathways - RCPs), α) αλλαγή της ενίσχυσης της ακτινοβολίας (radiative forcing) συγκριτικά με την προ-βιομηχανική εποχή, και β) εκπομπές CO₂ για τα διάφορα RCPs σενάρια. Με έντονο χρώμα σημειώνονται τα τέσσερα RCPs σενάρια και με λεπτές γραμμές τα μεμονωμένα σενάρια από 30 περίπου υποψήφια RCPs σενάρια (Moss et al., 2010)

Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα

Τα Περιοχικά Κλιματικά Μοντέλα (Regional Climate Models, RCMs) αποτελούν μοντέλα περιορισμένης περιοχής με αναπαραστάσεις των κλιματικών διαδικασιών. Τα RCMs προσομοιώνουν τις φυσικές διεργασίες του κλιματικού συστήματος, αποτελούν μοντέλα περιορισμένου πεδίου (καλύπτουν περιορισμένη επιφάνεια γης) και είναι υψηλής ανάλυσης (1-50 km απόσταση πλέγματος). Βασικό πλεονέκτημα των RCMs είναι ότι περιγράφουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τα χαρακτηριστικά της επιφάνειας, όπως την ορογραφία, την κατανομή ξηράς και θάλασσας και την χρήση της γης.

2.2 Ανάλυση των κλιματικών δεδομένων για την περίπτωση της Αρχαίας Μεσσήνης

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών διέθεσε δεδομένα, σε μορφή χρονοσειρών, για την περιοχή μελέτης της Αρχαίας Μεσσήνης. Συγκεκριμένα τα δεδομένα διακρίνονται σε:

- **Κλιματικές μεταβλητές:** συνολική ημερήσια βροχόπτωση (κατακρημνίσεις), ημερήσια θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα ανέμου και ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας και
- **Κλιματικοί δείκτες:** PR10, PR20, DRYSPELL, HOT30, HOT35, TR20, Fire Weather Index (FWI), Humidex (heat stress)

Τα δεδομένα που παρήχθησαν αφορούν **τρεις περιόδους χρονικής μελέτης:** α) περίοδος αναφοράς (reference period) 1971-2000, β) εγγύς μέλλον (near future period) 2031-2060 και γ) μακρινό μέλλον (distant future period) 2071 -2100

Για την εκτίμηση και ανάλυση των αναμενόμενων κινδύνων λόγω κλιματικής αλλαγής, αξιοποιήθηκαν δεδομένα για τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP 4.5 και RCP8.5 (ήπιο, μέτριο και δυσμενές κλιματικό σενάριο αντίστοιχα).

Αρχικά αναλύθηκαν δεδομένα από δύο περιοχικά κλιματικά μοντέλα 1) MPI² και 2) το MOHC³. Κατόπιν σύγκρισης των αποτελεσμάτων που προέκυψαν, αποφασίστηκε να γίνει εκτενέστερη ανάλυση των δεδομένων από το MPI. Πιο συγκεκριμένα, για την κλιματική μεταβλητή του «Υετού ή ημερήσια βροχόπτωση», οι τιμές που προέκυψαν, με βάση το MPI, για την περίοδο αναφοράς 1971-2000, ήταν πιο κοντά –σε σχέση με τις τιμές από το MOHC– με τα αποτελέσματα που αποτυπώνονται στον κλιματικό άτλαντα της Ελλάδας, για την ίδια χρονική περίοδο (<http://climatlas.hnms.gr/sdi/>).

Με βάση τα παραπάνω, μελετήθηκαν συνολικά τα ακόλουθα έξι κλιματικά σενάρια και έγινε σύγκριση των αποτελεσμάτων με τις αντίστοιχες τιμές για την περίοδο αναφοράς 1971-2000.

Πίνακας 2: Κλιματικά Σενάρια για την περίπτωση της Αρχαίας Μεσσήνης

α/α	Σενάριο	Περίοδος	Κλιματικό σενάριο IPCC	Περιοχικό κλιματικό μοντέλο
1	-	1971-2000	-	MPI
2	Sc1	2031-2060	RCP 2.6	MPI
3	Sc2	2071-2100	RCP 2.6	MPI
4	Sc3	2031-2060	RCP 4.5	MPI
5	Sc4	2071-2100	RCP 4.5	MPI
6	Sc5	2031-2060	RCP 8.5	MPI
7	Sc6	2071-2100	RCP 8.5	MPI

Ανάλυση της Κλιματικής Μεταβλητής «Κατακρημνίσεις (Precipitation)»

Αναφορικά με τη μεταβλητή “**Precipitation** ή **PR**”, το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών διέθεσε τα εξής δεδομένα:

- Συνολική ημερήσια βροχόπτωση,
- Ετήσιος αριθμός ημερών όπου η μεταβλητή PR ήταν (για την περίοδο αναφοράς) και προβλέπεται να είναι (για τις δύο μελλοντικές περιόδους) <1mm (dry days), ≥1mm (wet days) / ≥10mm (heavy precipitation days, PR10) / ≥20mm (very heavy precipitation days, PR20), καθώς και
- Μέγιστος αριθμός συνεχόμενων ξηρών ημερών (dry days) ανά έτος.

Με βάση το κλιματικό μοντέλο MPI προέκυψαν τα εξής:

Πίνακας 3: Πίνακας αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση της κλιματικής μεταβλητής “Precipitation” για όλα τα κλιματικά σενάρια

		Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	Sc6
		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
Variable	Reference Period 1971-2000	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100
Max Precipitation (mm)	113.17	89.90	142.47	152.60	90.80	76.05	109.09
Total precipitation height (mm)	31120.16	26219.42	33209.12	28406.48	24643.43	25368.09	18206.04

² The RCA4 regional climate model of the Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI; Stranberg et al., 2014) driven by the MPI-ESM-LR of the Max Planck Institute for Meteorology (MPI; Popke et al., 2013).

³ The RCA4 regional climate model of the Swedish Meteorological and Hydrological Institute (SMHI) driven by the global HadGEM-ES model of the Met Office Hadley Centre (RCA4-MOHC)]

Average annual Number of days with PR>10mm - heavy rain days (days)	33.4	27.6	34	29.7	27.1	27.3	19.2
Average annual Number of days with PR>20mm - very heavy rain days (days)	14.2	11.9	16.8	13.3	11	12	7
Percentage distribution of dry days (%)	74	77	75	75	77	77	82
Average number of consecutive dry days (days)	54.5	68	64.8	63.2	65.3	64.2	83.7

Όπως αποτυπώνεται και στον προέκυψαν τα εξής:

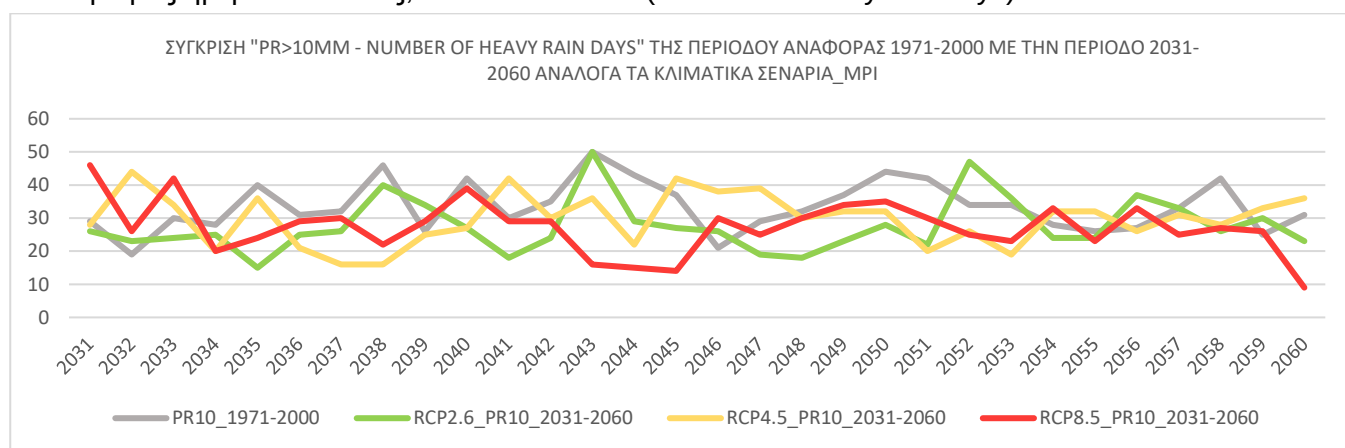
Πίνακας 3, οι μέγιστες τιμές των απόλυτων ημερήσιων κατακρημνίσεων, των συνολικών κατακρημνίσεων στα 30 χρόνια, καθώς και συνολικών ημερών ετησίως, όπου $PR \geq 10mm$ και $PR \geq 20mm$ εντοπίζονται στην περίοδο αναφοράς 1971-2000 και στα σενάρια Sc1, Sc2 (ήπιο κλιματικό σενάριο RCP2.6) και Sc3 (μέτριο κλιματικό σενάριο RCP4.5 για την κοντινή περίοδο 2031-2060).

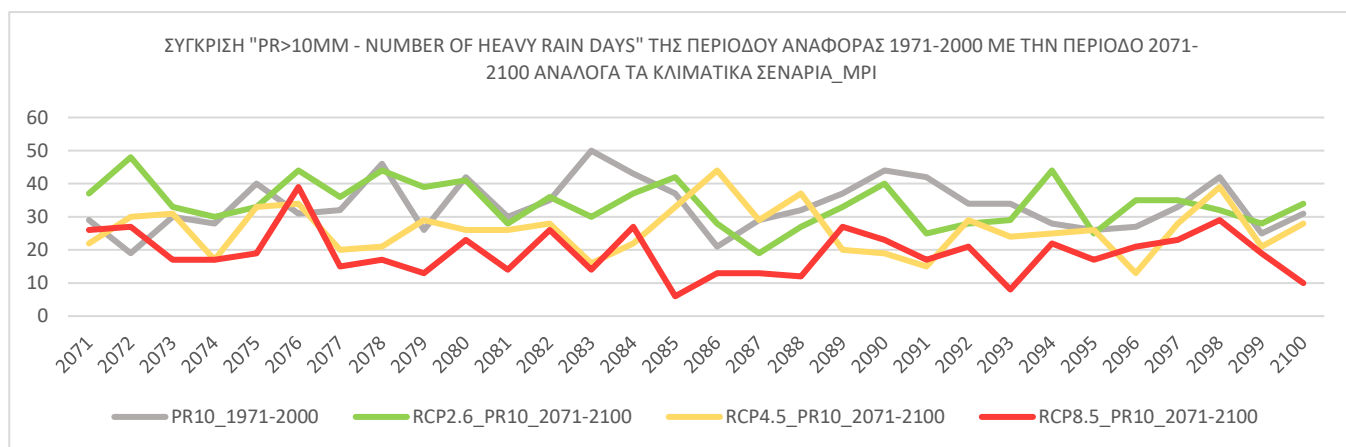
Αντιθέτως για τα σενάρια Sc5 και Sc6 που αφορούν το δυσμενές κλιματικό σενάριο RCP8.5, καθώς και το Sc4 (μέτριο κλιματικό σενάριο RCP4.5 για τη μακρινή περίοδο 2071-2100) προκύπτει ότι αυξάνεται το ποσοστό των ξηρών ημερών ετησίως, καθώς επίσης και ο μέσος αριθμός των συνεχόμενων ξηρών ημερών.

Παρακάτω συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν και για τα τρία (3) κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5 με την περίοδο αναφοράς 1971-2000. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται αφορούν τις εξής παραμέτρους:

1. Αριθμός ημερών ανά έτος, όπου $PR \geq 10mm$ (Number of heavy rain days)
2. Αριθμός ημερών ανά έτος, όπου $PR \geq 20mm$ (Number of very heavy rain days)
3. Τις συνεχόμενες ξηρές ημέρες (consecutive dry days)
4. Μέση ημερήσια τιμή κατακρημνίσεων ανά μήνα

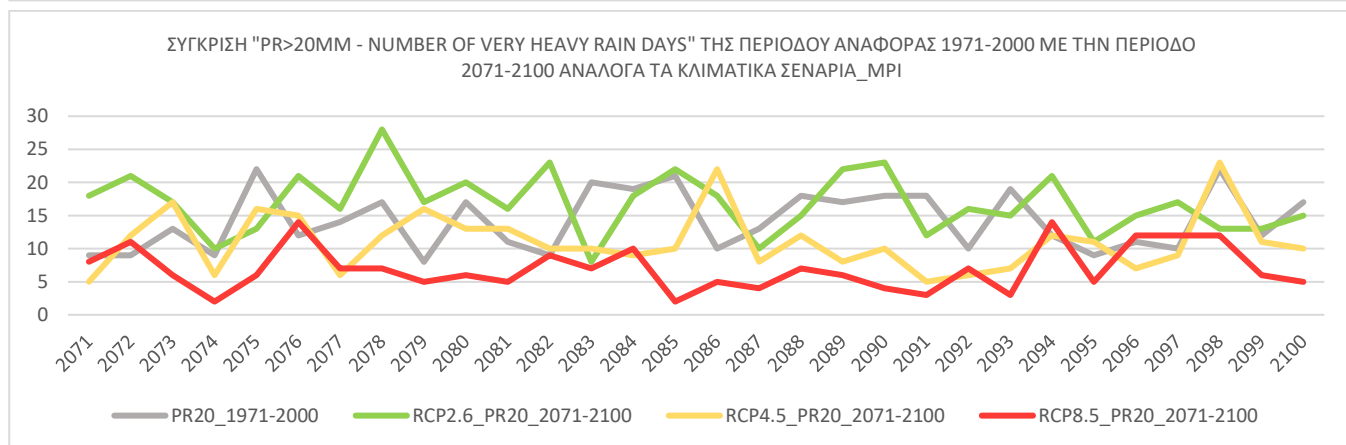
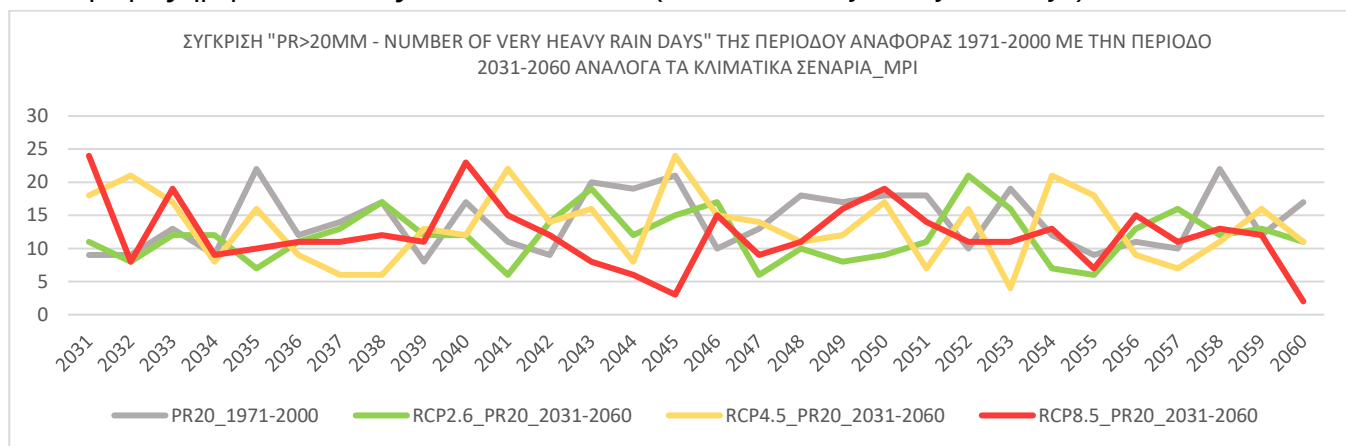
1. Αριθμός ημερών ανά έτος, όπου $PR \geq 10mm$ (Number of heavy rain days)





Διάγραμμα 1: Πάνω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών όπου $PR \geq 10mm$ (Number of heavy rain days) της περιόδου αναφοράς 1971-2000 με την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών όπου $PR \geq 10mm$ (Number of heavy rain days) της περιόδου αναφοράς 1971-2000 με την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5.

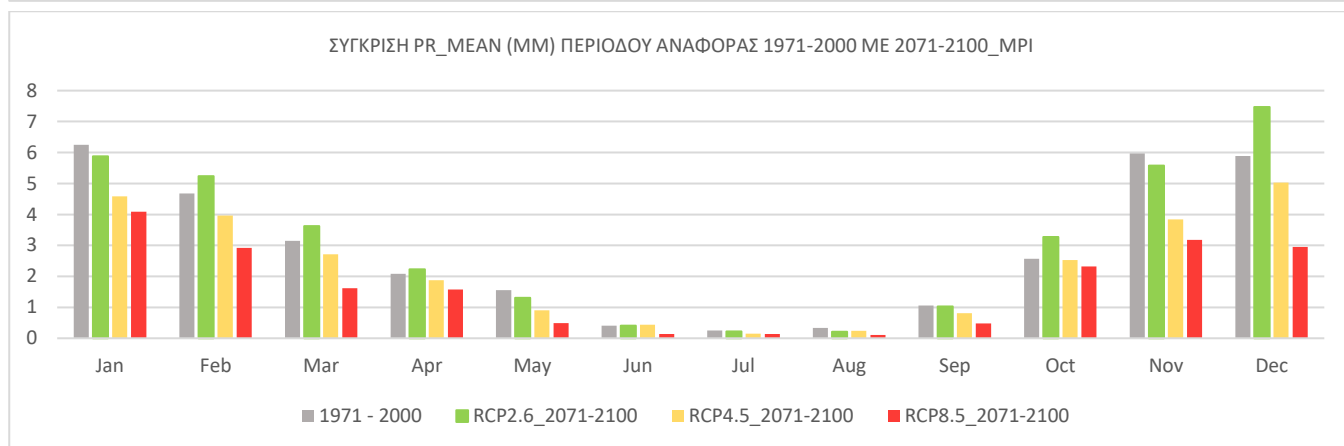
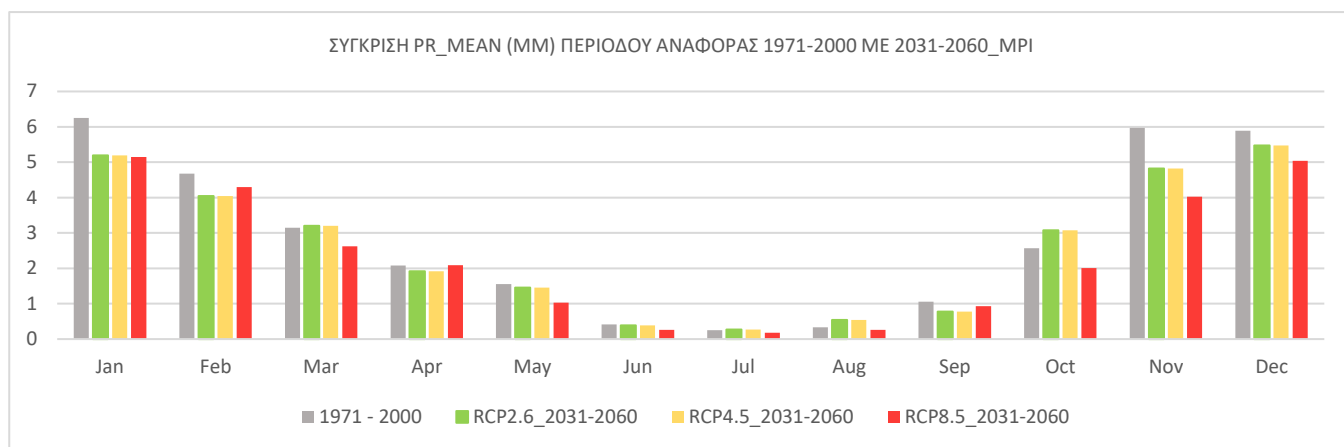
2. Αριθμός ημερών ανά έτος, όπου $PR \geq 20mm$ (Number of very heavy rain days)



Διάγραμμα 2: Πάνω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών όπου $PR \geq 20mm$ (Number of very heavy rain days) της περιόδου αναφοράς 1971-2000 με την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών όπου $PR \geq 20mm$ (Number of very heavy rain days) της περιόδου αναφοράς 1971-2000 με την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5.

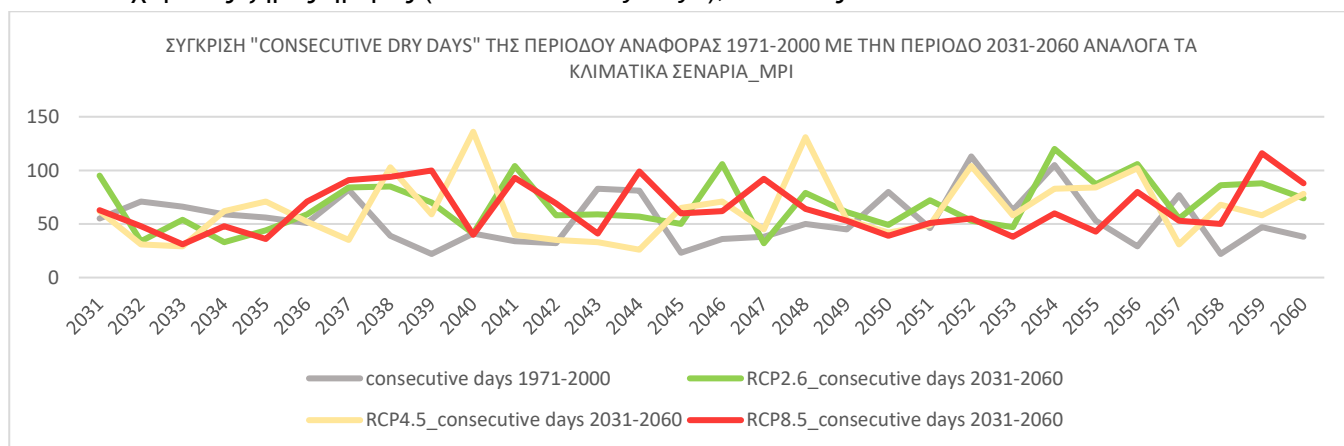
3. Μέση Ημερήσια Τιμή Κατακρημνίσεων ανά μήνα

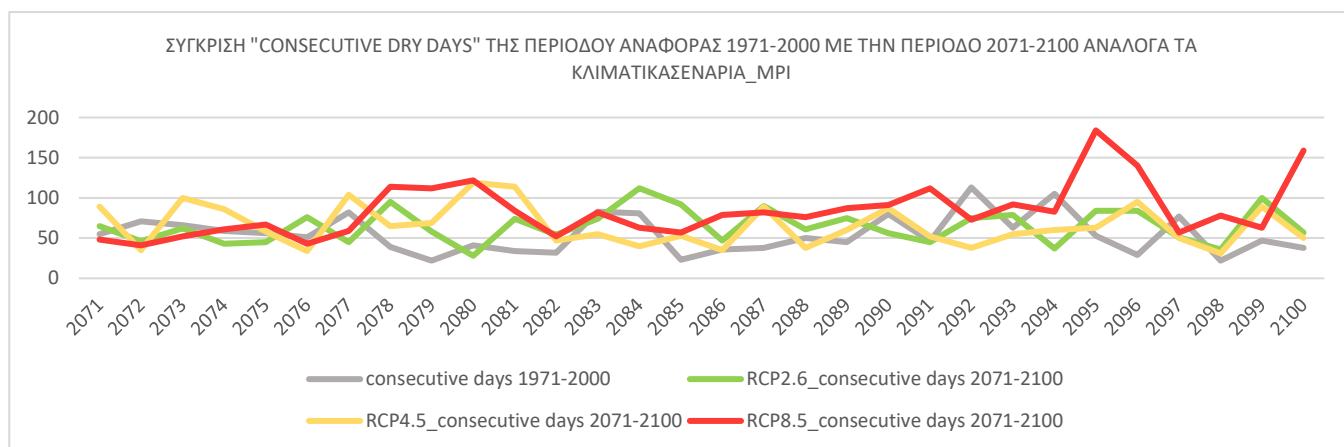
Παρακάτω γίνεται σύγκριση της μέσης ημερήσιας τιμής κατακρημνίσεων για κάθε μήνα, που καταγράφονται (για την περίοδο αναφοράς) και αναμένονται για τις δύο μελλοντικές περιόδους (2031-2060 & 2071-2100), ανάλογα το κλιματικό σενάριο.



Διάγραμμα 3: Πάνω: Σύγκριση της μέσης ημερήσιας τιμής, για κάθε μήνα, των κατακρημνίσεων που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI. Κάτω: Σύγκριση της μέσης ημερήσιας τιμής, για κάθε μήνα, των κατακρημνίσεων που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI

4. Συνεχόμενες ξηρές ημέρες (consecutive dry days), ανά έτος





Διάγραμμα 4: Πάνω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού συνεχόμενων ξηρών ημερών (consecutive dry days) της περιόδου αναφοράς 1971-2000 με την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού του ετήσιου αριθμού συνεχόμενων ξηρών ημερών (consecutive dry days) της περιόδου αναφοράς 1971-2000 με την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5.

Πιο συγκεκριμένα:

I. Σύγκριση περιόδου αναφοράς 1971-2000 με τα αποτελέσματα για τις περιόδους 2031-2060 και 2071-2100, στην περίπτωση του κλιματικού σεναρίου **RCP2.6 (Sc1 και Sc2)**

- Στην περίπτωση επικράτησης του ευμενέστερου κλιματικού σεναρίου RCP2.6 το σύνολο των κατακρημνίσεων συγκριτικά με την Περίοδο Αναφοράς 1971-200, θα σημειώσει μία μείωση της τάξης -15.75% στο κοντινό μέλλον 2031-2060 και στη συνέχεια θα αυξηθεί στο μακρινό μέλλον 2071-2100 κατά +6.71% (Σημειώνεται ότι τα ποσοστά προκύπτουν συγκρίνοντας την κάθε Περίοδο με την Περίοδο Αναφοράς 1971-2000).
- Το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρών ημερών εντοπίστηκε την περίοδο 2031-2060 και είναι της τάξης του 77%
- Ο μέγιστος αριθμός συνεχόμενων ξηρών ημερών ισούται με «max consecutive dry days»=120 days και εντοπίζεται την περίοδο 2031-2060, το έτος 2054.
- Για τα αποτελέσματα των μεταβλητών max precipitation και sum precipitation της περιόδου αναφοράς 1971-2000 και της μακρινής περιόδου 2071-2100, προέκυψε ότι: $z_{critical} > z$ και $P(Z \leq z) > 0,05$. Επομένως, ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 και η διαφορά στα δύο δείγματα **δεν** είναι στατιστικά σημαντική.
- Για τις υπόλοιπες διαφορές που αποτυπώνονται μεταξύ των δειγμάτων και της περιόδου αναφοράς και των δύο μελλοντικών περιόδων (ξηρές μέρες, αποτελέσματα για τις κατακρημνίσεις μεταξύ 1971-2000 και 2031-2060 κλπ) προέκυψε ότι οι διαφορές που αναδεικνύονται είναι στατιστικά σημαντικές.

II. Σύγκριση περιόδου αναφοράς 1971-2000 με τα αποτελέσματα για τις περιόδους 2031-2060 και 2071-2100, στην περίπτωση του κλιματικού σεναρίου **RCP4.5 (Sc3 και Sc4)**

- Συγκριτικά με την Περίοδο Αναφοράς 1971-2000 το σύνολο των κατακρημνίσεων μειώνεται κατά -8.72% στο κοντινό μέλλον 2031-2060 και κατά -20.81% στο μακρινό μέλλον 2071-2100.
- Μεγαλύτερο ποσοστό ξηρών ημερών εντοπίζεται την περίοδο 2071-2100 και είναι της τάξης του 77%
- Ο μέγιστος αριθμός συνεχόμενων ξηρών ημερών ισούται με «max consecutive dry days»=136 days και εντοπίζεται την περίοδο 2031-2060, το έτος 2040.
- Όλες οι διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ της περιόδου αναφοράς 1971-2000 και των μελλοντικών περιόδων είναι στατιστικά σημαντικές.

III. Σύγκριση περιόδου αναφοράς 1971-2000 με τα αποτελέσματα για τις περιόδους 2031-2060 και 2071-2100, στην περίπτωση του κλιματικού σεναρίου **RCP8.5 (Sc5 και Sc6)**

- Συγκριτικά με την Περίοδο Αναφοράς 1971-2000 το σύνολο των κατακρημνίσεων μειώνεται κατά -18.48% στο κοντινό μέλλον 2031-2060 και κατά -41.50% στο μακρινό μέλλον 2071-2100.
- Το μεγαλύτερο ποσοστό ξηρών ημερών εντοπίζεται την περίοδο 2071-2100 και είναι της τάξης του 82%
- Ο μέγιστος αριθμός συνεχόμενων ξηρών ημερών ισούται με «max consecutive dry days»=184 days και εντοπίζεται την περίοδο 2031-2060, το έτος 2095.
- Όλες οι διαφορές που εντοπίζονται μεταξύ της περιόδου αναφοράς 1971-2000 και των μελλοντικών περιόδων είναι στατιστικά σημαντικές.

Σημείωση: Γενικά, η σημασία των διαφορών που προκύπτουν έχουν ελεγχθεί τόσο με το στατιστικό έλεγχο z – test για τα δείγματα με μεγαλύτερο >30 αριθμό παρατηρήσεων, όσο και με το στατιστικό έλεγχο t – test για μικρότερο < 30 αριθμό παρατηρήσεων. Οι διαφορές έχουν προκύψει στατιστικά σημαντικές, εκτός από τα αποτελέσματα που προέκυψαν στην περίπτωση, όπου: Ισχύει το κλιματικό σενάριο RCP2.6 και συγκρίνονται τα δείγματα 1971–2000 & 2071–2100. Έτσι προέκυψε το συμπέρασμα ότι μόνο στην περίπτωση που ισχύσει το ευμενέστερο σενάριο RCP2.6, οι υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες προβλέπεται ότι θα επανέλθουν, σε έναν ικανοποιητικό βαθμό, στο μακρύ μέλλον 2071-2100, αφού πρώτα υπάρξει μία περίοδος σχετικής ξηρασίας (διάστημα 2031-2060).

Συνολικά, τα παραπάνω αποτελέσματα αναδεικνύουν ότι στην περιοχή της Αρχαίας Μεσσήνης αναμένεται η αύξηση των ξηρών ημερών και η μείωση τόσο των ημερών με έντονη βροχοπτώση, όσο και του συνόλου των ετήσιων βροχοπτώσεων. Στην περίπτωση που ισχύσει το ευμενέστερο σενάριο RCP2.6, οι υφιστάμενες κλιματικές συνθήκες προβλέπεται ότι θα επανέλθουν, σε έναν ικανοποιητικό βαθμό, στο μακρύ μέλλον 2071-2100, αφού πρώτα υπάρξει μία περίοδος σχετικής ξηρασίας (διάστημα 2031-2060), ενώ για τα δύο κλιματικά σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 αναμένεται η αύξηση των ξηρών ημερών, με τις πιο ακραίες τιμές να εμφανίζονται στην περίπτωση που ισχύσει το δυσμενέστερο κλιματικό σενάριο RCP8.5.

Ανάλυση της Κλιματικής Μεταβλητής «Θερμοκρασία (Temperature)»

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών διέθεσε τα εξής δεδομένα για την κλιματική μεταβλητή “temperature” για τις τρεις περιόδους 1971 – 2000 (Control period), 2031-2060 (Near future period) και 2071-2100 (Distant future period):

- Ημερήσια T_{mean} (°C) T_{max} (°C) και T_{min} (°C) θερμοκρασία και
- Αριθμός ημερών ανά έτος, όπου η μέγιστη θερμοκρασίας ήταν (για την περίοδο αναφοράς) και προβλέπεται να είναι (για τις δύο μελλοντικές περιόδους) $HOT30=T_{max}>30$ °C (hot days), $HOT35=T_{max}>35$ °C (very hot days), καθώς και τον αριθμό τροπικών νυχτών, ήτοι $TR=T_{min}>20$ °C (tropical nights), το οποίο αποτελεί και «Δείκτη δυσφορίας».

Προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

Πίνακας 4: Πίνακας αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη στατιστική ανάλυση της κλιματικής μεταβλητής “Temperature” για όλα τα κλιματικά σενάρια

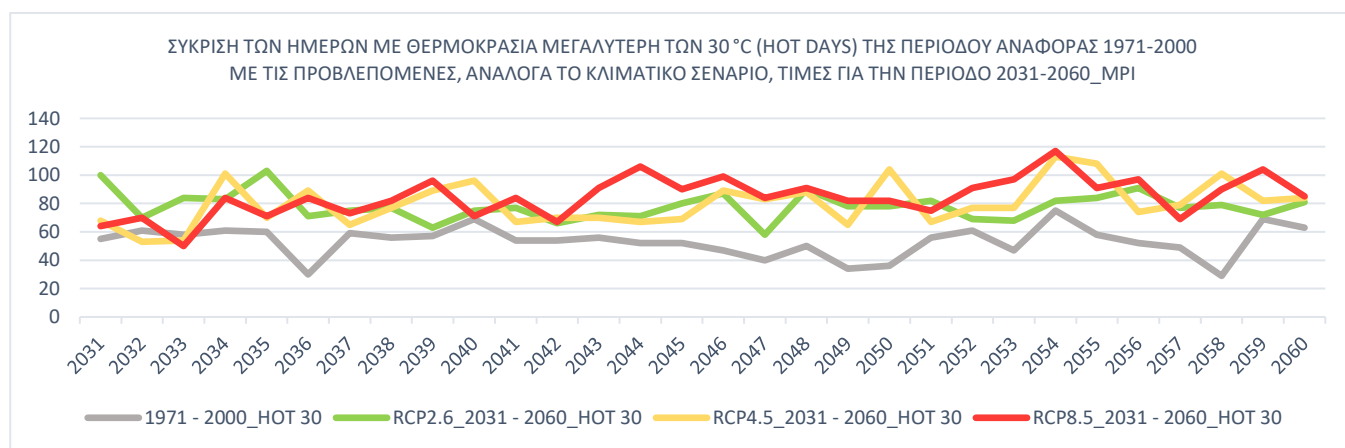
		Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	Sc6
		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
Variable	Reference Period 1971-2000	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100

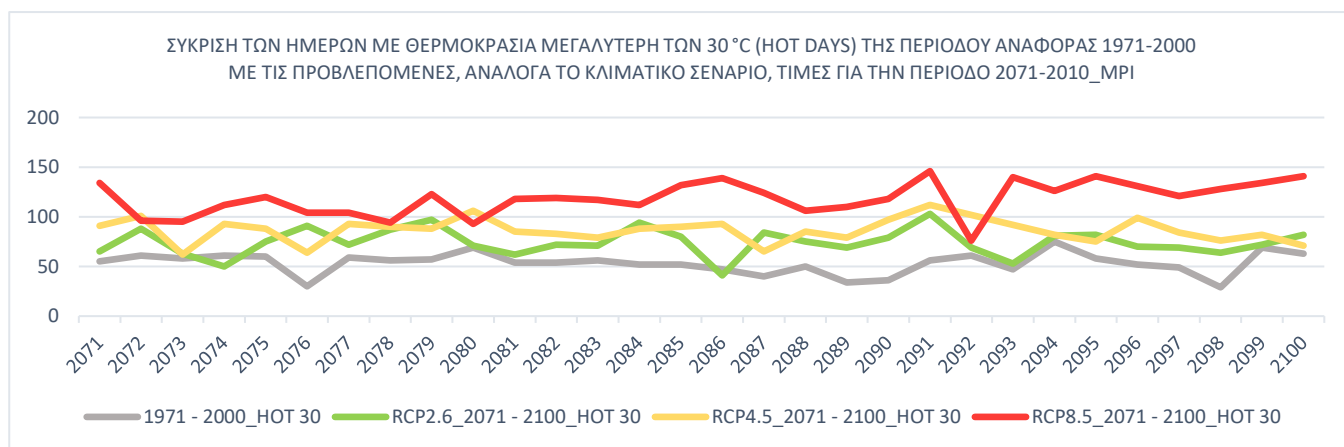
Average annual Number of days with Tmax>30°C - hot days (days)	53.3	78.1	74.4	79.9	86.5	84.6	118.5
Average annual Number of days with Tmax>35°C - very hot days (days)	6.8	15.4	15.8	21.3	25.4	24.6	60.2
Average annual Number of days with Tmin>20°C (tropical nights) - Discomfort index	16.3	38.57	35.9	45.53	53.87	54.63	97.37

Στα παρακάτω γραφήματα και σύμφωνα με τα δεδομένα που προέκυψαν βάσει του κλιματικού μοντέλου MPI:

- Αποτυπώνεται και συγκρίνεται ο ετήσιος αριθμός ημερών ανά έτος, όπου η μέγιστη θερμοκρασία ήταν για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται να είναι ανάλογα το κλιματικό σενάριο και για τις δύο μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071-2100 μεγαλύτερη των 30 °C (hot days) - HOT30
- Αποτυπώνεται και συγκρίνεται ο Αριθμός ημερών ανά έτος, όπου η μέγιστη θερμοκρασία ήταν για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται να είναι, ανάλογα το κλιματικό σενάριο και για τις δύο μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071-2100 μεγαλύτερη των 35 °C (very hot days) - HOT35
- Αποτυπώνεται και συγκρίνεται ο αριθμός ημερών ανά έτος, όπου η ελάχιστη θερμοκρασία Tmin ήταν για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται να είναι, ανάλογα το κλιματικό σενάριο για τις δύο μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071-2100 μεγαλύτερη των 20°C (tropical nights) – TR20
- Συγκρίνεται η μέση ημερήσια τιμή Tmean ανά μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται, ανάλογα το κλιματικό σενάριο, για τις δύο μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071-2100.

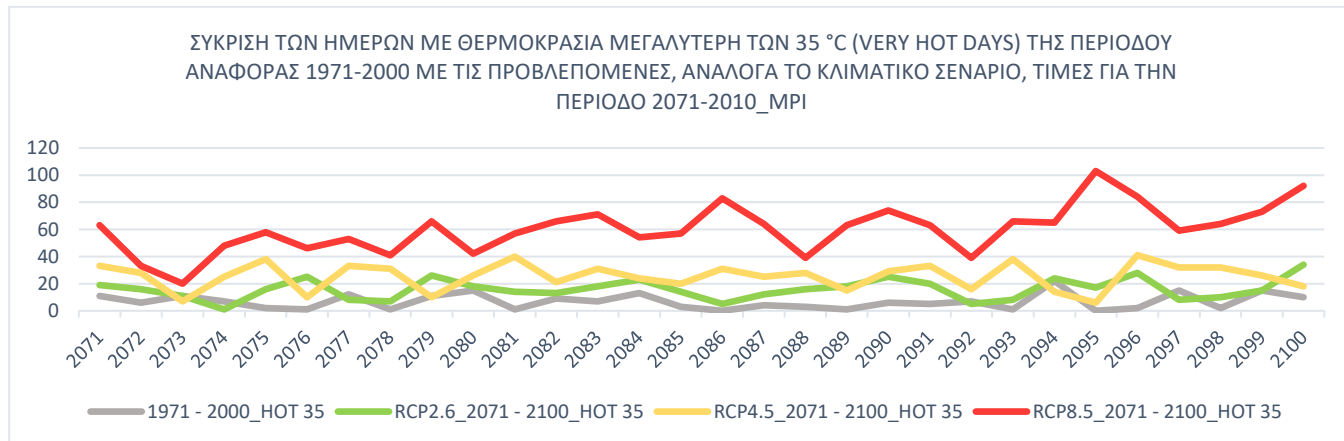
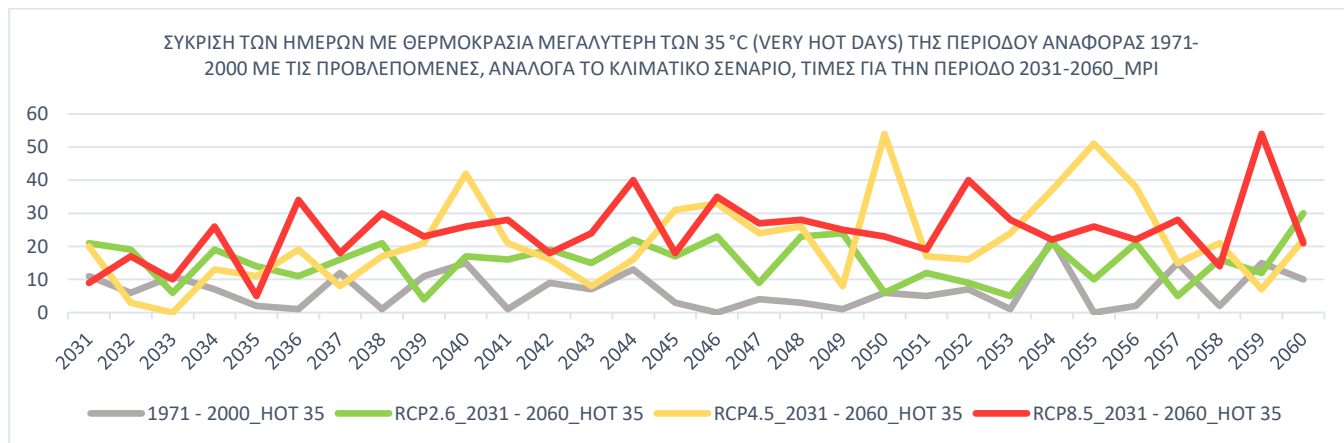
α) Αριθμός ημερών ανά έτος με μέγιστη θερμοκρασία Tmax μεγαλύτερη των 30 °C (hot days) - HOT30





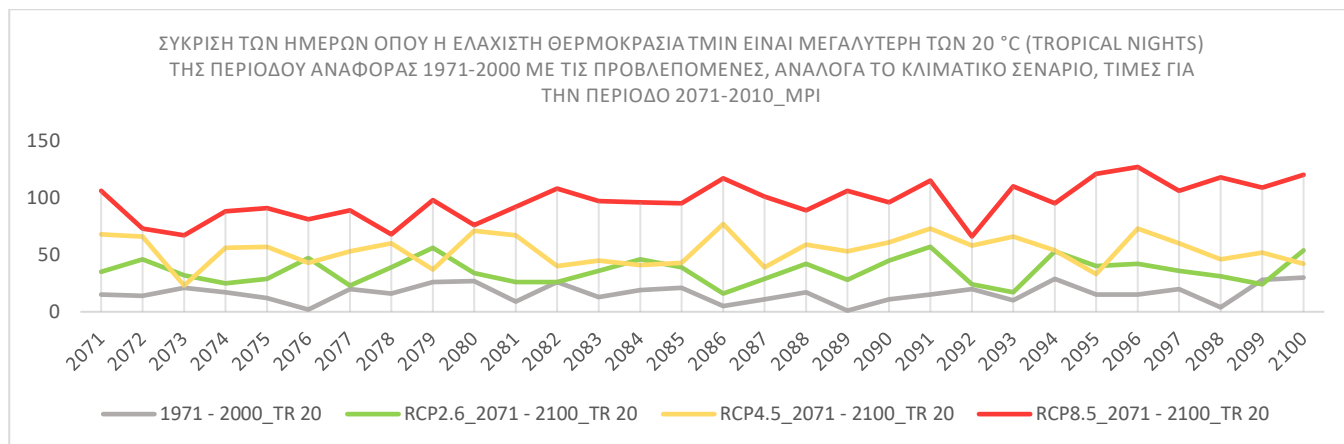
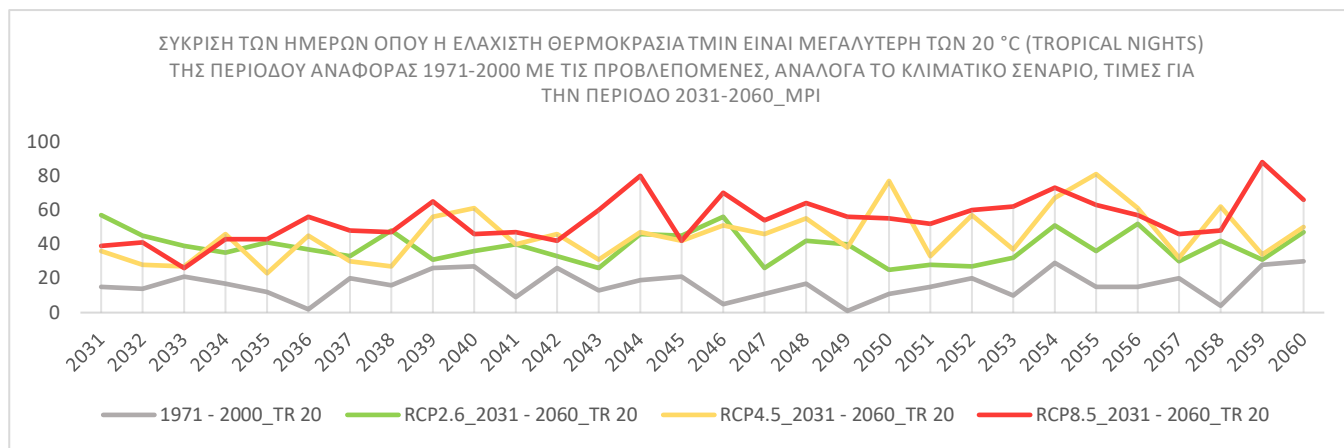
Διάγραμμα 5: Πάνω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με μέγιστη θερμοκρασία T_{max} μεγαλύτερη των 30 °C (hot days) - HOT30 που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με μέγιστη θερμοκρασία T_{max} μεγαλύτερη των 30 °C (hot days) - HOT30 που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5

β) Αριθμός ημερών ανά έτος με μέγιστη θερμοκρασία T_{max} μεγαλύτερη των 35 °C (very hot days) - HOT35



Διάγραμμα 6: Πάνω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με μέγιστη θερμοκρασία T_{max} μεγαλύτερη των 35 °C (very hot days) - HOT35 που καταγράφονται (για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με μέγιστη θερμοκρασία T_{max} μεγαλύτερη των 35 °C (very hot days) - HOT35 που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5

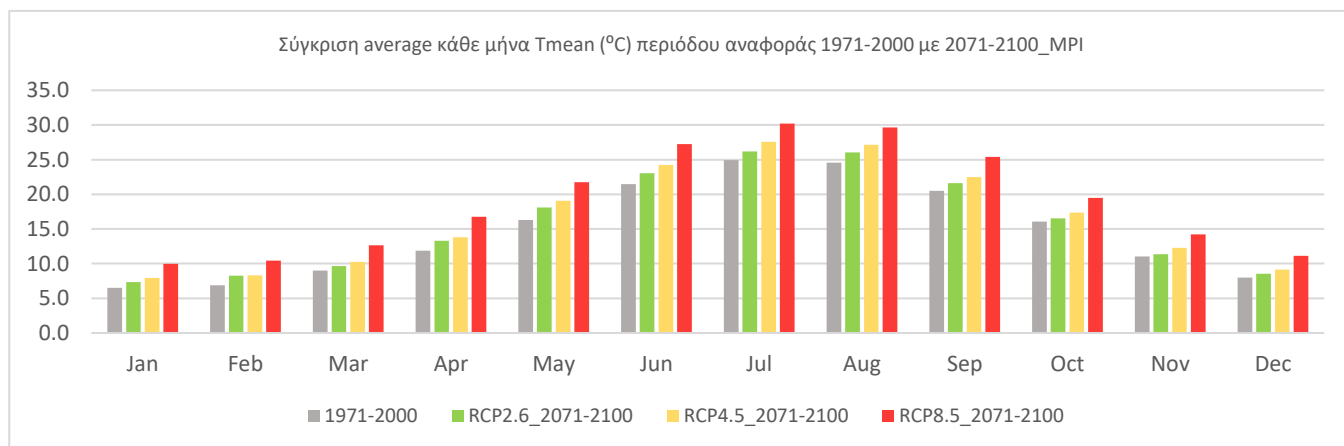
γ) Αριθμός ημερών ανά έτος με ελάχιστη θερμοκρασία T_{min} μεγαλύτερη των 20°C (tropical nights) - TR20

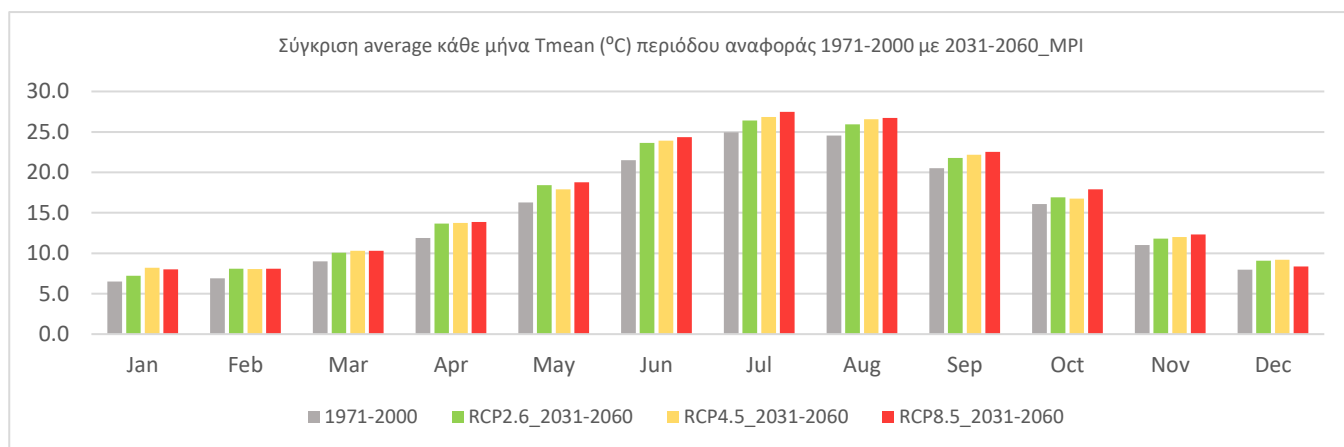


Διάγραμμα 7: Πάνω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία T_{min} μεγαλύτερη των 20°C (tropical nights) – TR20 που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία T_{min} μεγαλύτερη των 20°C (tropical nights) – TR20 που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5

δ) Σύγκριση μέσης ημερήσιας τιμής T_{mean} ανά μήνα

Παρακάτω γίνεται σύγκριση της μέσης τιμής της μέσης θερμοκρασίας T_{mean} για κάθε μήνα, που καταγράφεται (για την περίοδο αναφοράς) και αναμένεται για τις δύο μελλοντικές περιόδους (2031-2060 & 2071-2100), ανάλογα το κλιματικό σενάριο.





Διάγραμμα 8: Πάνω: Σύγκριση της μέσης ημερήσιας τιμής της μέσης θερμοκρασίας T_{mean} για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας T_{mean} για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5

Από τα: Πίνακας 4, Διάγραμμα 5, Διάγραμμα 6, Διάγραμμα 7 και Διάγραμμα 8 προκύπτει ότι σε κάθε περίπτωση, από το αυστηρό σενάριο μετριασμού RCP2.6, έως το κλιματικό σενάριο RCP8.5, κατά το οποίο η τιμή του κλιματικού εξαναγκασμού συνεχίζει να έχει αυξητική τάση, ο αριθμός των θερμών και πολύ θερμών ημερών και των ημερών με υψηλό δείκτη δυσφορίας (Tropical nights), καθώς οι μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας, αναμένεται να αυξηθούν. Οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται στα σενάρια Sc5 και Sc6, του κλιματικού σεναρίου RCP8.5.

Οι διαφορές που αποτυπώθηκαν ελέγχθηκαν ως προς τη στατιστική τους σημασία με το στατιστικό έλεγχο z-test για τα δείγματα με αριθμό παρατηρήσεων >30 και με το στατιστικό έλεγχο t - Test: Paired two sample for means για τα δείγματα με αριθμό παρατηρήσεων <30 . Συγκεκριμένα ελέγχθηκε για κάθε δείγμα η μηδενική υπόθεση H_0 , ότι δηλαδή δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των Μέσων των δύο δειγμάτων. Σε όλους τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν, προέκυψε ότι $z_{critical two-tail} < z$ και $P(Z \leq z) < 0,05$ και ότι $t_{critical two-tail} < t_{stat}$ και $P(T \leq t) < 0,05$ αντίστοιχα. Επομένως δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 και οι διαφορές που προκύπτουν για κάθε κλιματικό σενάριο (από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5) συγκριτικά με τα αποτελέσματα της περιόδου αναφοράς **είναι στατιστικά σημαντικές**.

Ανάλυση του δείκτη «Fire Weather Index (FWI)»

Παρακάτω δίνονται ορισμένες πληροφορίες για το δείκτη Fire Weather Index (FWI)⁴:

Ο δείκτης "Fire Weather Index" ή FWI, δημιουργήθηκε για τα δάση του Καναδά (1987) και χρησιμοποιείται παγκοσμίως (επιχειρησιακά-ερευνητικά) για την εκτίμηση του κινδύνου πυρκαγιάς σε ένα γενικευμένο τύπο καύσιμης ύλης. Πειράματα σε πορτογαλικά δάση απέδειξαν την αξιοπιστία του δείκτη και για τη Μεσόγειο (π.χ. Viegas et al., 1999). Μετά από περίοδο ελέγχου 5 χρόνων υιοθετήθηκε και στην Ευρώπη από το EFFIS-European Forest Fire Information System (<http://forest.jrc.ec.europa.eu/effis>).

Πρόκειται για έναν ημερήσιο δείκτη, ο οποίος χρησιμοποιεί μόνο μετεωρολογικές παραμέτρους, λαμβάνοντας υπ' όψη την επίδραση της υγρασίας της καύσιμης ύλης και του ανέμου στη συμπεριφορά της πυρκαγιάς. Για τον υπολογισμό του απαιτούνται μεσημεριανές τιμές θερμοκρασίας αέρα, σχ. υγρασίας, ταχύτητας ανέμου και 24ωρης βροχόπτωσης

Ο δείκτης χωρίζεται σε κατηγορίες κινδύνου, οι οποίες προσδιορίζονται από μελέτες ευαισθησίας προσαρμοσμένες στην εκάστοτε περιοχή ενδιαφέροντος

⁴ Πηγή: Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

Για τα δάση της Ευρώπης (EFFIS-European Forest Fire Information System) ο FWI χωρίζεται στις κλάσεις:

- Πολύ Χαμηλός < 5.2
- Χαμηλός 5.2– 11.2
- Μέτριος 11.2 – 21.3
- Υψηλός 21.3 – 38.0
- Πολύ υψηλός 38.0-50.0
- Ακραίος > 50

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών διέθεσε δεδομένα για τις δύο (2) future periods - μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071 -2100 και για τα τρία 3 σενάρια εκπομπών της IPCC (RCP 2.6, RCP4.5, RCP8.5), καθώς και για την περίοδο αναφοράς (control period ή reference period) 1971-2000, ώστε να μπορούν να γίνουν οι υπολογισμοί των αντίστοιχων μεταβολών

Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται αναλυτικά στα παρακάτω τρία διαγράμματα:

1. Συγκριτική ανάλυση της ποσοστιαίας κατανομής των ημερήσιων τιμών του δείκτη FWI στην εκάστοτε 30-ετή περίοδο.
2. Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής FWI για κάθε μήνα (daily average value per month)

Πίνακας 5: Συγκριτική ανάλυση της ποσοστιαίας κατανομής των ημερήσιων τιμών του δείκτη FWI για τις τρεις (3) περιόδους, ανάλογα το κλιματικό σενάριο RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI

		Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	Sc6
		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
Ποσοστιαία κατανομή του δείκτη FWI μέσα στα 30 έτη (%)	Reference Period 1971-2000	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100
Πολύ Χαμηλός < 5.2	48%	43%	45%	44%	44%	43%	37%
Χαμηλός 5.2– 11.2	8%	7%	8%	9%	9%	8%	8%
Μέτριος 11.2 – 21.3	8%	9%	8%	8%	8%	8%	8%
Υψηλός 21.3 – 38.0	14%	13%	13%	13%	13%	13%	12%
Πολύ υψηλός 38.0-50.0	10%	12%	11%	10%	10%	11%	11%
Ακραίος > 50	12%	16%	15%	16%	16%	17%	24%



Διάγραμμα 9: Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής FWI για κάθε μήνα (daily average value per month) που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI. Κάτω: Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής FWI για κάθε μήνα (daily average value per month) που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI.

Όπως προκύπτει από τα παραπάνω, η ανάλυση των δεδομένων οδήγησε στο συμπέρασμα ότι οι τιμές του δείκτη FWI αναμένεται να αυξηθούν και στην περίπτωση και των τριών κλιματικών σεναρίων, από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5. Επιπλέον, προέκυψε (Διάγραμμα 9) ότι και για τα τρία κλιματικά σενάρια, τους μήνες Ιούλιος και Αύγουστος οι τιμές του δείκτη προβλέπεται να είναι ακραίες, σε αντίθεση με την περίοδο αναφοράς, οπότε οι τιμές βρίσκονται στην κλάση «πολύ υψηλός». Τέλος, προκύπτει ότι οι πιο επικίνδυνοι μήνες για πυρκαγιά είναι από τον Ιούνιο έως και το Σεπτέμβριο, με τις μεγαλύτερες τιμές του δείκτη να αποτυπώνονται στα σενάρια Sc5 και Sc6, για την περίπτωση του κλιματικού σεναρίου RCP8.5.

Είναι δε σημαντικό να σημειωθεί ότι οι διαφορές που προέκυψαν ελέγχθηκαν ως προς τη στατιστική τους σημασία με το στατιστικό έλεγχο z-test. Συγκεκριμένα ελέγχθηκε για κάθε δείγμα η μηδενική υπόθεση H_0 , ότι δηλαδή δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των Μέσων των δύο δειγμάτων. Σε όλους τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν, προέκυψε ότι $z_{critical} \text{ two-tail} < z$ και $P(Z \leq z) < 0,05$. Άρα δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 και οι διαφορές, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω, για κάθε κλιματικό σενάριο (από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5) **είναι στατιστικά σημαντικές**.

Ανάλυση του δείκτη «θερμική καταπόνηση (Humidex)»

Ο δείκτης θερμικής καταπόνησης «Humidex» ή και «δείκτης δυσφορίας» προκύπτει από 3ωρες προβλέψεις του δείκτη θερμικής καταπόνησης (heat stress)⁵. Σε συνδυασμό με το δείκτη $T_{min} > 20^\circ\text{C}$ ή

⁵ Masterton, J. M., and F. A. Richardson. 1979. Humidex: a method of quantifying human discomfort due to excessive heat and humidity. Downsview, Ont: Environment Canada, Atmospheric Environment

“Tropical nights” (Διάγραμμα 7: Πάνω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία T_{min} μεγαλύτερη των 20°C (tropical nights) – TR_{20} που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5. Κάτω: Σύγκριση του ετήσιου αριθμού ημερών με ελάχιστη θερμοκρασία T_{min} μεγαλύτερη των 20°C (tropical nights) – TR_{20} που καταγράφονται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένονται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, είναι δυνατό να υπολογιστεί το κατά πόσο ο χώρος θα είναι ανεκτός ή μη από τους επισκέπτες και το προσωπικό.

Σημειώνεται ότι στα αρχεία των χρονοσειρών, όπου εμφανίζεται η τιμή «nan» σημαίνει ότι η T_{mean} (μέση θερμοκρασία) σε αυτό το 3ωρο ήταν $<21^{\circ}\text{C}$ και ο δείκτης Humidex (HD) δεν υπολογίζεται.

Αναφορικά με την κατηγοριοποίηση του δείκτη Humidex (HD), με βάση τη βιβλιογραφία^{6,7} οι τιμές του δείκτη διακρίνονται σε τρεις (3) κατηγορίες “discomfort”, “great discomfort” και “danger”, οι οποίες αναφέρονται σε HD τιμές 3ώρου **μεγαλύτερες από 29°C , 39°C και 45°C , αντίστοιχα.**

Το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών διέθεσε δεδομένα για τις δύο (2) future periods - μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071-2100 και για τα τρία 3 σενάρια εκπομπών της IPCC (RCP 2.6, RCP4.5, RCP8.5), καθώς και για την περίοδο αναφοράς (control period ή reference period) 1971-2000, ώστε να μπορούν να γίνουν οι υπολογισμοί των αντίστοιχων μεταβολών.

Παρακάτω συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν, με βάση το κλιματικό μοντέλο MPI και για τα τρία (3) κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5 με την περίοδο αναφοράς 1971-2000. Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται αφορούν τις εξής παραμέτρους:

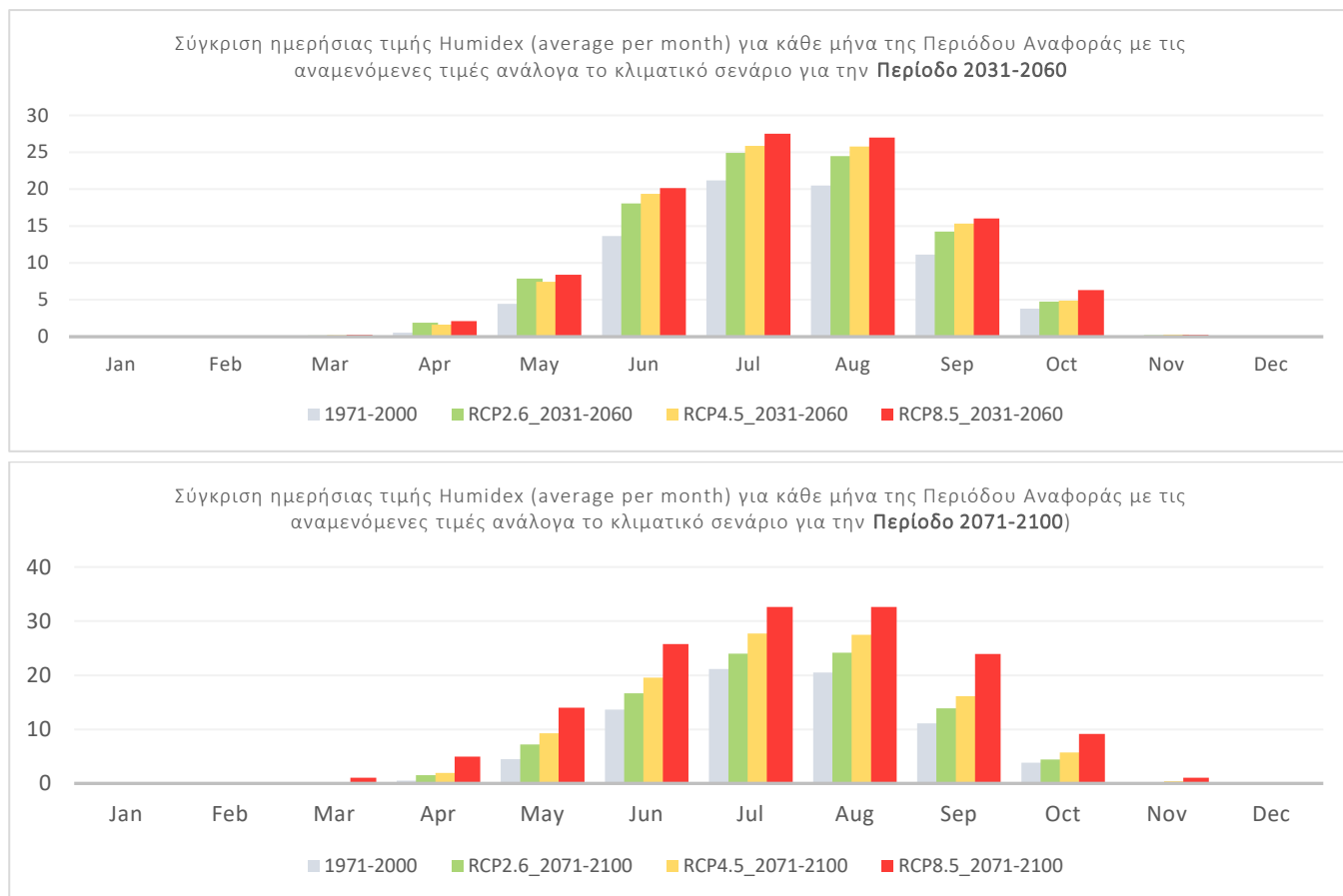
1. Συγκριτική ανάλυση της ποσοστιαίας κατανομής των ημερήσιων, ωριαίων τιμών του δείκτη HD σε 30-ετή περίοδο.
2. Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής Humidex για κάθε μήνα (daily average value per month)

Πίνακας 6: Συγκριτική ανάλυση της ποσοστιαίας κατανομής των ωριαίων τιμών, ανά ημέρα, του δείκτη HD για τις τρεις (3) περιόδους, ανάλογα το κλιματικό σενάριο RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI

		Sc1	Sc2	Sc3	Sc4	Sc5	Sc6
		RCP2.6		RCP4.5		RCP8.5	
Ποσοστιαία κατανομή του δείκτη Humidex (heat stress) μέσα στα 30 έτη	Reference Period 1971-2000	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100	2031-2060	2071-2100
nan - $T_{mean}<21^{\circ}\text{C}$	76.94%	71.22%	72.42%	70.49%	68.55%	68.68%	60.43%
comfort - $T_{mean}\leq 29^{\circ}\text{C}$	15.48%	17.05%	16.65%	16.41%	16.75%	16.61%	15.74%
discomfort - $T_{mean}>29^{\circ}\text{C}$	7.58%	11.67%	10.89%	12.93%	14.45%	14.39%	21.41%
great discomfort - $T_{mean}>39^{\circ}\text{C}$	0.00%	0.05%	0.04%	0.17%	0.26%	0.33%	2.42%
danger - $T_{mean}>45^{\circ}\text{C}$	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

⁶ Meteorological Service of Canada. "Humidex". Spring and Summer Weather Hazards. Environment Canada.

⁷ Hong, Jackie. "7 things you probably didn't know about the Humidex". TheStar.com. The Star.



Διάγραμμα 10: Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής Humidex (daily average value per month) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI. Κάτω: Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής Humidex (daily average value per month) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI.

Με βάση την ανάλυση προέκυψε ότι οι τιμές του δείκτη Humidex (HD) αναμένεται να αυξηθούν και στην περίπτωση και των τριών κλιματικών σεναρίων, από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5, με τις μεγαλύτερες τιμές να αποτυπώνονται στα σενάρια Sc5 και Sc6. Επιπλέον, προέκυψε ότι στην περίπτωση του κλιματικού σεναρίου RCP8.5 αναμένεται στο μακρινό μέλλον 2071-2100 η μέση τιμή του δείκτη να είναι στην κλάση “discomfort” τους μήνες Ιούλιος και Αύγουστος.

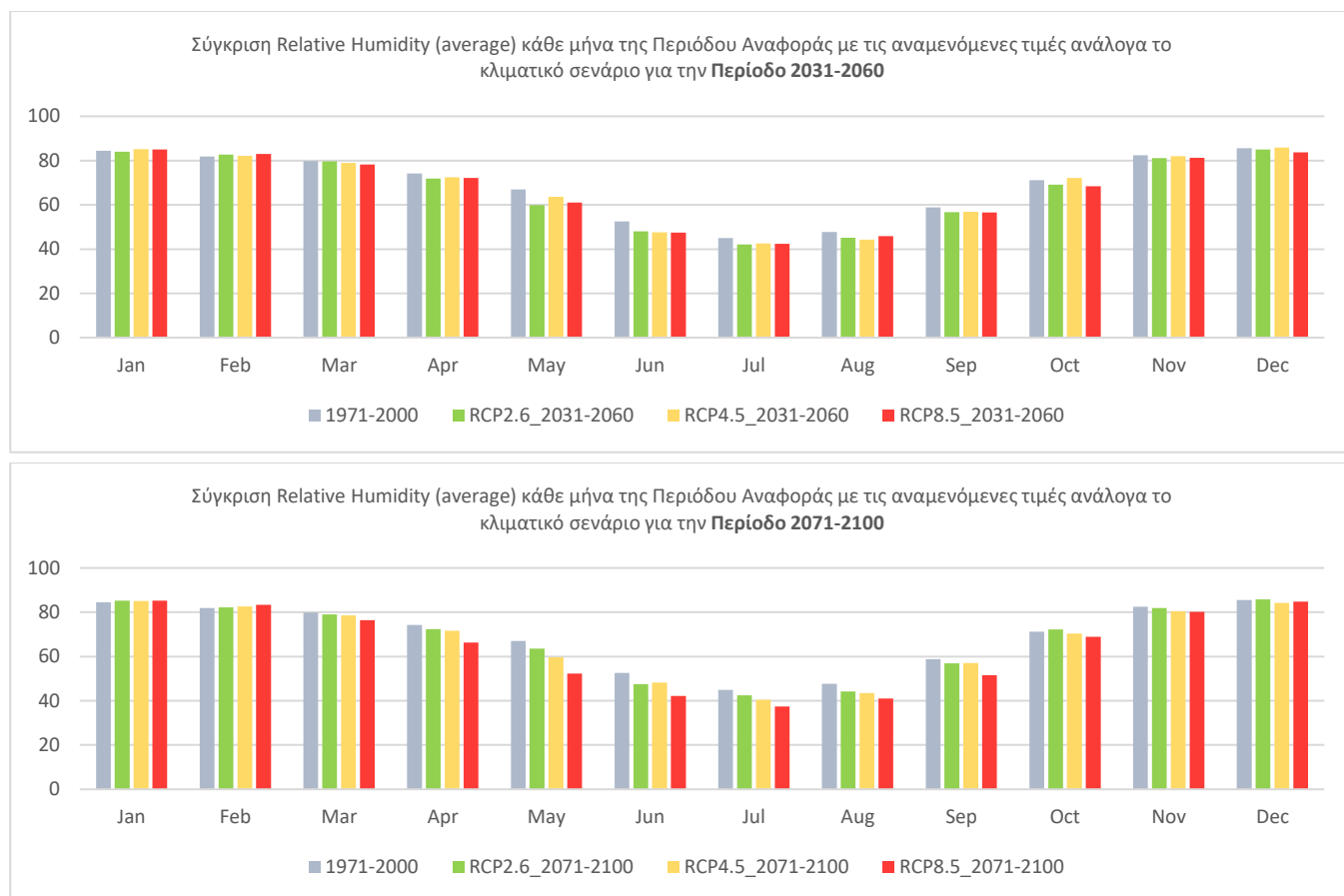
Οι διαφορές που αναδεικνύονται ελέγχθηκαν ως προς τη στατιστική τους σημασία με το στατιστικό έλεγχο z-test. Συγκεκριμένα ελέγχθηκε για κάθε δείγμα η μηδενική υπόθεση H_0 , ότι δηλαδή δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των Μέσων των δύο δειγμάτων. Σε όλους τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν, προέκυψε ότι $z_{critical} \text{ two-tail} < z$ και $P(Z \leq z) < 0,05$. Άρα δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 και οι διαφορές, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω, για κάθε κλιματικό σενάριο (από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5) **είναι στατιστικά σημαντικές**.

Ανάλυση της κλιματικής μεταβλητής «σχετική υγρασία [daily relative humidity – RH (%)»]

Αναφορικά με την κλιματική μεταβλητή «σχετική υγρασία – RH(%)», αντίστοιχα το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών διέθεσε δεδομένα για τις δύο (2) future periods - μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071 -2100 και για τα τρία 3 σενάρια εκπομπών της IPCC (RCP 2.6, RCP4.5, RCP8.5), καθώς και για την περίοδο αναφοράς (control period ή reference period) 1971-2000, ώστε να μπορούν να γίνουν οι υπολογισμοί των αντίστοιχων μεταβολών.

Παρακάτω συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν, με βάση το κλιματικό μοντέλο MPI και για τα τρία (3) κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5 με την περίοδο αναφοράς 1971-2000.

Συγκεκριμένα, γίνεται συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής RH για κάθε μήνα (daily average value per month).



Διάγραμμα 11: Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής RH (%) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI. Κάτω: Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής RH (%) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI.

Με βάση την ανάλυση προέκυψε ότι οι τιμές της μεταβλητής «σχετική υγρασία» (RH) αναμένεται να μειωθούν σε όλες τις περιπτώσεις και των τριών κλιματικών σεναρίων, από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5. Στην περίπτωση του κλιματικού σεναρίου RCP2.6 οι διαφορές στις τιμές είναι μικρότερες, αλλά στατιστικά σημαντικές. Το αποτέλεσμα που προκύπτει είναι εύλογο, καθώς -όπως επισημάνθηκε και στην ενότητα με τα αποτελέσματα της ημερήσιας θερμοκρασίας (Ανάλυση της Κλιματικής Μεταβλητής «Θερμοκρασία (Temperature)»)-, οι ημερήσιες τιμές της θερμοκρασίας αναμένεται να αυξηθούν.

Οι διαφορές που αναδεικνύονται ελέγχθηκαν ως προς τη στατιστική τους σημασία με το στατιστικό έλεγχο z-test. Συγκεκριμένα ελέγχθηκε για κάθε δείγμα η μηδενική υπόθεση H_0 , ότι δηλαδή δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των Μέσων των δύο δειγμάτων. Σε όλους τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν, προέκυψε ότι $z_{critical} \text{ two-tail} < z$ και $P(Z \leq z) < 0,05$. Άρα δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 και οι διαφορές, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω, για κάθε κλιματικό σενάριο (από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5) **είναι στατιστικά σημαντικές**.

Ανάλυση της μεταβλητής «ημερήσια Διάρκεια Ηλιοφάνειας [daily Duration of Sunshine – SD (units=sec)]»

Αναφορικά με την κλιματική μεταβλητή «ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας – SD(sec)», αντίστοιχα το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών διέθεσε δεδομένα για τις δύο (2) future periods - μελλοντικές περιόδους 2031-2060 και 2071-2100 και για τα τρία 3 σενάρια εκπομπών της IPCC (RCP 2.6, RCP4.5,

RCP8.5), καθώς και για την περίοδο αναφοράς (control period ή reference period) 1971-2000, ώστε να μπορούν να γίνουν οι υπολογισμοί των αντίστοιχων μεταβολών.

Παρακάτω συγκρίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν, με βάση το κλιματικό μοντέλο MPI και για τα τρία (3) κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5 και RCP8.5 με την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και συγκεκριμένα γίνεται συγκριτική ανάλυση της μέσης τιμής SD (units=hours) για κάθε μήνα (daily average value per month).



Διάγραμμα 12: Συγκριτική ανάλυση της μέσης τιμής (Duration of Sunshine - SD, units=hours) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI. Κάτω: Συγκριτική ανάλυση της μέσης τιμής (Duration of Sunshine - SD, units=hours) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI.

Όπως παρατηρείται και στα σχετικά διαγράμματα, με βάση την ανάλυση προέκυψε ότι οι τιμές της μεταβλητής «ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας - daily duration of sunshine (sec)» (SD) **αναμένεται να παραμείνουν σχεδόν σταθερές** σε όλες τις περιπτώσεις και των τριών κλιματικών σεναρίων, από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5 και τυχόν διαφορές που εμφανίζονται δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

Στη μόνη περίπτωση που εντοπίζεται μία στατιστικά σημαντική διαφορά, είναι στην περίπτωση του δυσμενέστερου κλιματικού σεναρίου RCP8.5 και για την μελλοντική περίοδο 2071 – 2100. Σε εκείνη και μόνο την περίπτωση, η μέση ημερήσια τιμή της διάρκειας της ηλιοφάνειας παρουσιάζει μία αύξηση σε σχέση με την περίοδο αναφοράς 1971 – 2000 της τάξης του 1.20%. Η max τιμή της ημερήσιας διάρκειας ηλιοφάνειας δεν παρουσιάζει καμία μεταβολή.

Οι διαφορές που αναδεικνύονται ελέγχθηκαν ως προς τη στατιστική τους σημασία με το στατιστικό έλεγχο z-test. Συγκεκριμένα ελέγχθηκε για κάθε δείγμα η μηδενική υπόθεση H_0 , ότι δηλαδή δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των Μέσων των δύο δειγμάτων. Σε όλους τους ελέγχους που πραγματοποιήθηκαν, εκτός της διαφοράς που προέκυψε για τη μέση τιμή της ημερήσιας διάρκειας ηλιοφάνειας, στην περίπτωση του κλιματικού προέκυψε ότι $z_{critical} \text{ two-tail} < z$ και $P(Z \leq z) < 0,05$. Άρα δεν ισχύει η μηδενική υπόθεση H_0 και οι διαφορές, οι οποίες παρατίθενται παρακάτω, για κάθε κλιματικό

σενάριο (από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5) **δεν είναι στατιστικά σημαντικές**.

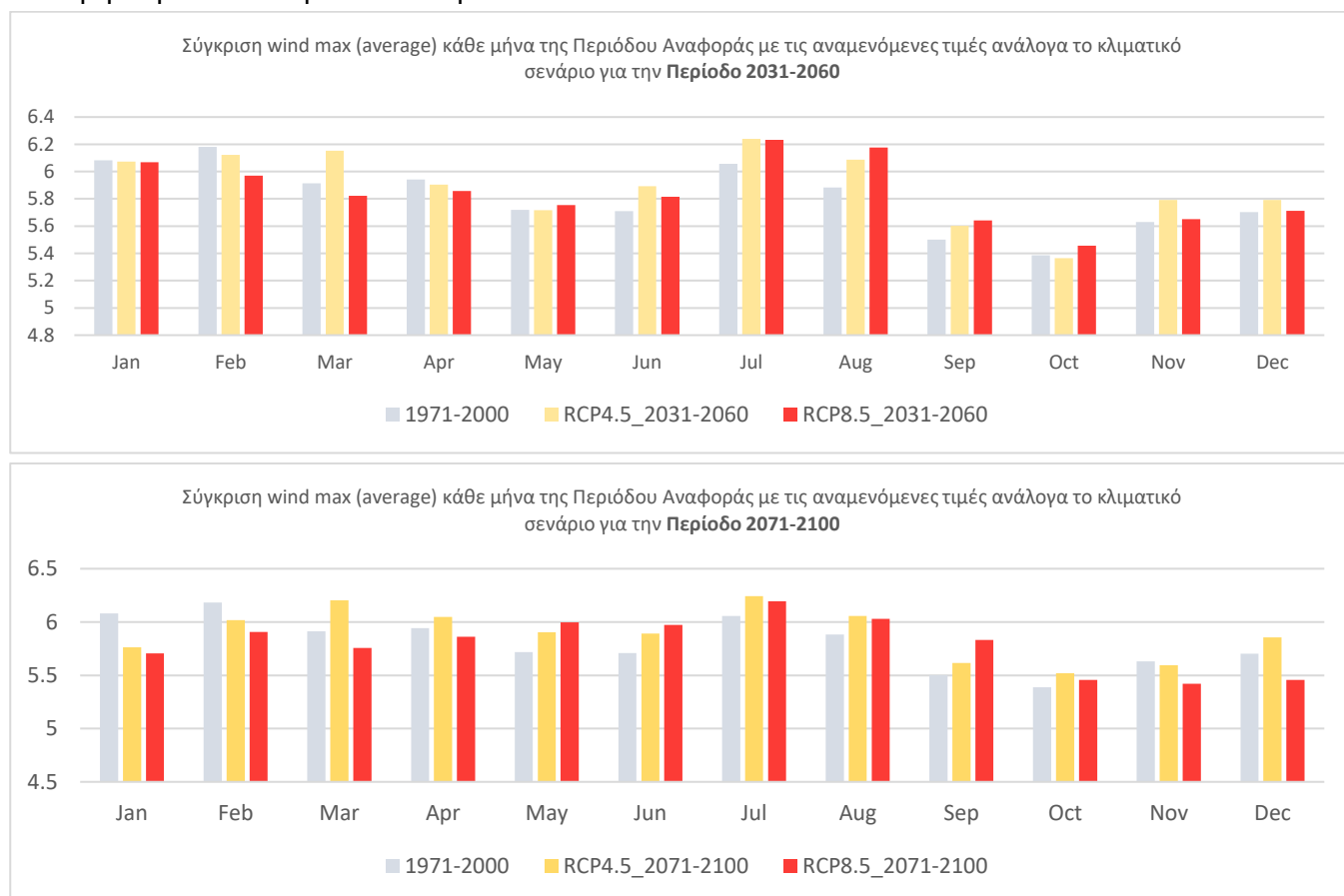
Ανάλυση της μεταβλητής «Μέγιστη Ημερήσια τιμή Ανέμου [Wind Max (units= $m*s^{-1}$)]»

Αντίστοιχα με τις προηγούμενες αναλύσεις, ελέγχθηκε και η μεταβλητή «ημερήσια τιμή wind max». Σε αυτήν την περίπτωση ελέγχθηκε η περίοδος αναφοράς 1971-2000 με το κλιματικό σενάριο RCP4.5 (σενάρια Sc3 και Sc4) και το κλιματικό σενάριο RCP8.5 (σενάρια Sc5 και Sc6). Τα διαγράμματα που παρουσιάζονται αφορούν τις εξής παραμέτρους:

1. Συγκριτική ανάλυση της μέσης τιμής wind max για κάθε μήνα (units= $m*s^{-1}$)
2. Κατανομή των ημερήσιων παρατηρήσεων της μεταβλητής wind max στην κλίμακα Beaufort

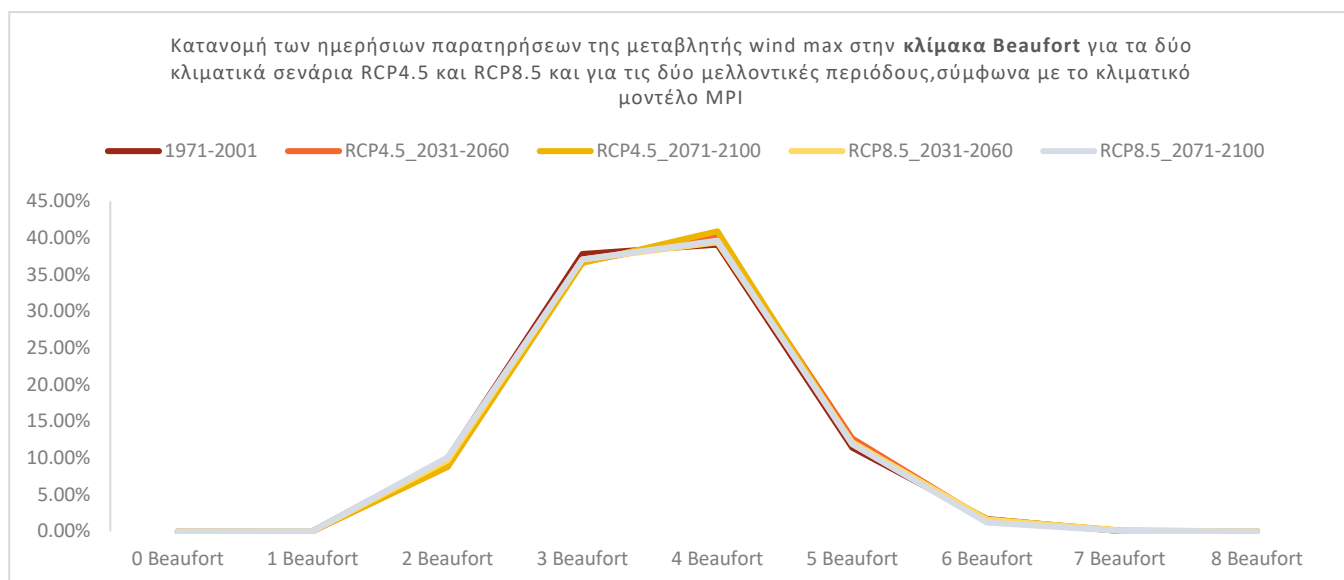
1. Συγκριτική ανάλυση της μέσης ημερήσιας τιμής Wind max για κάθε μήνα (daily average value per month)

Στα παρακάτω διαγράμματα συγκρίνεται η μέση τιμή της μεταβλητής Wind max (units= $m*s^{-1}$) για κάθε μήνα για κάθε κλιματικό σενάριο.



Διάγραμμα 13: Συγκριτική ανάλυση της μέσης τιμής (Duration of Sunshine - SD, units=hours) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2031-2060 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI. Κάτω: Συγκριτική ανάλυση της μέσης τιμής (Duration of Sunshine - SD, units=hours) για κάθε μήνα που καταγράφεται για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και αναμένεται για την περίοδο 2071-2100 και για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI.

2. Κατανομή των ημερήσιων παρατηρήσεων της μεταβλητής wind max στην κλίμακα Beaufort



Διάγραμμα 14: Κατανομή των ημερήσιων παρατηρήσεων της μεταβλητής wind max στην κλίμακα Beaufort για τα δύο κλιματικά σενάρια RCP4.5 και RCP8.5 και για τις δύο μελλοντικές περιόδους, 2031-2060 και 2071-2100, σύμφωνα με το κλιματικό μοντέλο MPI

Με βάση την ανάλυση προέκυψε ότι η **μέση τιμή** της μεταβλητής «Μέγιστη Ημερήσια τιμή Ανέμου - Wind Max» **αναμένεται να αυξηθεί κατά ένα μικρό ποσοστό** σε όλες τις περιπτώσεις και των δύο κλιματικών σεναρίων, RCP4.5 και RCP8.5.

Οι διαφορές που αναδεικνύονται ελέγχθηκαν ως προς τη στατιστική τους σημασία με το στατιστικό έλεγχο z-test. Συγκεκριμένα ελέγχθηκε για κάθε δείγμα η μηδενική υπόθεση H_0 , ότι δηλαδή δεν είναι στατιστικά σημαντική η διαφορά των Μέσων των δύο δειγμάτων. Στην περίπτωση του κλιματικού σεναρίου RCP4.5 οι διαφορές που παρουσιάζονται είναι στατιστικά σημαντικές, ενώ στην περίπτωση του κλιματικού σεναρίου RCP8.5 οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές.

2.3 Συμπεράσματα

Γενικά, όπως αποτυπώθηκε και στον προέκυψαν τα εξής:

Πίνακας 3, οι μέγιστες τιμές των απόλυτων ημερήσιων κατακρημνίσεων, των συνολικών κατακρημνίσεων στα 30 χρόνια, καθώς και συνολικών ημερών ετησίως, όπου $PR \geq 10\text{mm}$ και $PR \geq 20\text{mm}$ εντοπίζονται στην περίοδο αναφοράς 1971-2000 και στα σενάρια Sc1, Sc2 (ήπιο κλιματικό σενάριο RCP2.6) και Sc3 (μέτριο κλιματικό σενάριο RCP4.5 για την κοντινή περίοδο 2031-2060). Αντιθέτως για τα σενάρια Sc5 και Sc6 που αφορούν το δυσμενές κλιματικό σενάριο RCP8.5, καθώς και το Sc4 (μέτριο κλιματικό σενάριο RCP4.5 για τη μακρινή περίοδο 2071-2100) προκύπτει ότι μειώνονται οι ετήσιες κατακρημνίσεις, αυξάνεται το ποσοστό των ξηρών ημερών ετησίως, καθώς επίσης και ο μέσος αριθμός των συνεχόμενων ξηρών ημερών.

Επιπλέον, από τους Πίνακες 4, Διάγραμμα 5, Διάγραμμα 6, Διάγραμμα 7 και Διάγραμμα 8 προκύπτει ότι σε κάθε περίπτωση, από το αυστηρό σενάριο μετριασμού RCP2.6, έως το κλιματικό σενάριο RCP8.5, ο αριθμός των θερμών και πολύ θερμών ημερών, των ημερών με υψηλό δείκτη δυσφορίας (Tropical nights), καθώς οι μέσες ημερήσιες τιμές θερμοκρασίας, αναμένεται να αυξηθούν. Οι μεγαλύτερες τιμές εντοπίζονται στα σενάρια Sc5 και Sc6, του κλιματικού σεναρίου RCP8.5. Το αποτέλεσμα που προέκυψε σχετικά με το δείκτη tropical nights, ο οποίος λειτουργεί και ως δείκτης δυσφορίας, επιβεβαίωσε και η ανάλυση των δεδομένων του δείκτη Humidex (HD). Τα σχετικά αποτελέσματα για την αύξηση της δυσφορίας –κυρίως για τα σενάρια Sc5 και Sc6- αποτυπώνονται στο Διάγραμμα 10.

Με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα που προέκυψαν, ήτοι τη μείωση των κατακρημνίσεων, την αύξηση των ξηρών ημερών, την αύξηση των απόλυτων τιμών θερμοκρασίας, καθώς και την αύξηση της δυσφορίας, ζητήθηκαν επιπλέον δεδομένα για το δείκτη πυρκαγιάς FWI. Από την ανάλυση προ-

έκυψε ότι οι τιμές του δείκτη FWI αναμένεται να αυξηθούν και στην περίπτωση και των τριών κλιματικών σεναρίων, από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5. Επιπλέον, προέκυψε (Διάγραμμα 9) ότι και για τα τρία κλιματικά σενάρια, τους μήνες Ιούλιος και Αύγουστος οι τιμές του δείκτη προβλέπεται να είναι ακραίες, σε αντίθεση με την περίοδο αναφοράς, όπου οι τιμές βρίσκονται στην κλάση «πολύ υψηλές τιμές». Τέλος, προκύπτει ότι οι πιο επικίνδυνοι μήνες για πυρκαγιά είναι από τον Ιούνιο έως και το Σεπτέμβριο, με τις μεγαλύτερες τιμές του δείκτη να αποτυπώνονται στα σενάρια Sc5 και Sc6, για την περίπτωση του κλιματικού σεναρίου RCP8.5.

Αναφορικά με την τιμή της μεταβλητής «σχετική υγρασία» (RH) αναμένεται να μειωθεί σε όλες τις περιπτώσεις και των τριών κλιματικών σεναρίων, από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5 (Sc1, Sc2, Sc3, Sc4, Sc5 και Sc6), όπως ήταν αναμενόμενο από τα αποτελέσματα που προέκυψαν για αύξηση της ημερήσιας θερμοκρασίας.

Τέλος, προέκυψε ότι οι τιμές της μεταβλητής «ημερήσια διάρκεια ηλιοφάνειας - daily duration of sunshine (sec)» (SD) αναμένεται να παραμείνουν σχεδόν σταθερές σε όλες τις περιπτώσεις και των τριών κλιματικών σεναρίων. Στη μόνη περίπτωση που εντοπίζεται μία στατιστικά σημαντική διαφορά, είναι στην περίπτωση του δυσμενέστερου κλιματικού σεναρίου RCP8.5 και για την μελλοντική περίοδο 2071 – 2100 (Sc6).

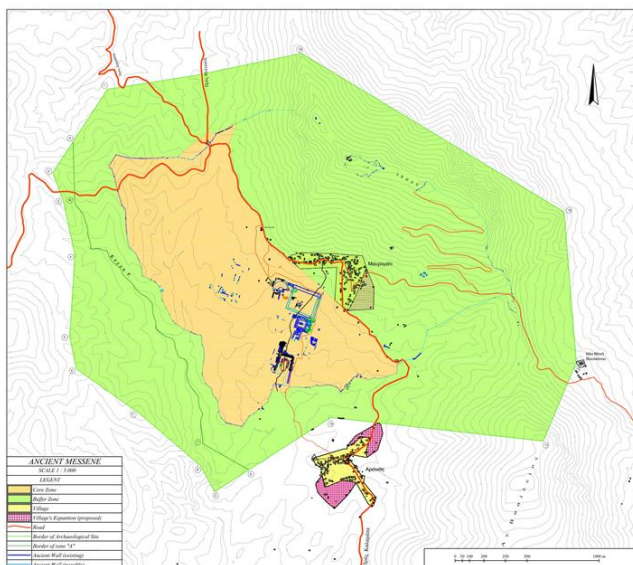
Όσον αφορά τη μέση τιμή της μεταβλητής «Μέγιστη Ημερήσια τιμή Ανέμου - Wind Max» αναμένεται να αυξηθεί κατά ένα μικρό ποσοστό σε όλες τις περιπτώσεις και των δύο κλιματικών σεναρίων, RCP4.5 και RCP8.5.

Συνολικά προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι δύο βασικοί κίνδυνοι που αναμένονται, ως επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, για τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης, είναι:

- Η **πυρκαγιά** ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες,
- Η **πλημμύρα**, ως αποτελέσματα αύξησης της ξηρασίας, υποχώρησης της στάθμης των επιφανειακών υδάτων και διάβρωσης των εδαφών από ερημοποίηση και πυρκαγιές.

Αναγνώριση των χαρακτηριστικών του αρχαιολογικού χώρου

και Β', είναι ότι δεν έχει προχωρήσει η οριοθέτηση των γειτονικών οικισμών. Το παραπάνω ζήτημα έχει οδηγήσει στην καθυστέρηση της διαδικασίας ένταξης του αρχαιολογικού χώρου στον κατάλογο μνημείων παγκόσμιας κληρονομιάς της UNESCO, καθώς για τη συμπλήρωση του φακέλου υποψηφιότητας απαιτείται ο καθορισμός των ζωνών προστασίας του.



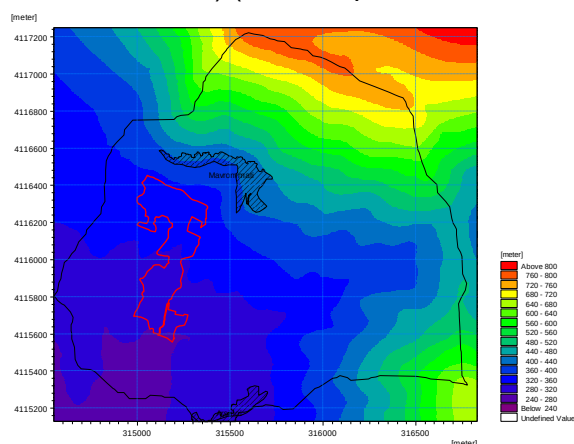
Εικόνα 8: Πρόταση καθορισμού ζωνών προστασίας Α' (core zone) και Β' (buffer zone) για τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης, Πηγή: Εταιρεία Μεσσηνιακών και Αρχαιολογικών Σπουδών

Η διαχείριση του αρχαιολογικού χώρου ανήκει στην Εφορεία Αρχαιοτήτων Μεσσηνίας, ενώ καθοριστική συμβολή στην προστασία του μνημείου έχει η Εταιρεία Μεσσηνιακών Αρχαιολογικών Σπουδών (Ε.Μ.Α.Σ.).

3.2 Κατανόηση της τοπογραφίας, των γεωλογικών χαρακτηριστικών, της λεκάνης απορροής και των χρήσεων γης

Η τοπογραφία της περιοχής μελέτης

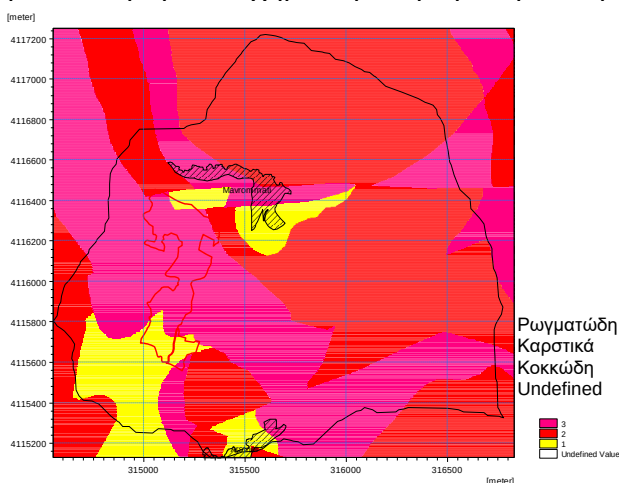
Η τοπογραφία της περιοχής μελέτης προέκυψε από τις ισοϋψείς 4m των αντίστοιχων τοπογραφικών διαγραμμάτων της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού-ΓΥΣ, κλίμακας 1:5.000 (φύλλα 72364, 72373, 72362 και 72371) (Εικόνα 9).



Εικόνα 9: Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους της περιοχής μελέτης. Σημειώνονται ο αρχαιολογικός χώρος, η λεκάνη απορροής στην οποία ανήκει και οι οικισμοί της περιοχής

Γεωλογικά δεδομένα

Τα δεδομένα χωρικής κατανομής των γεωλογικών σχηματισμών της περιοχής μελέτης προέκυψαν από τον αντίστοιχο γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ, κλίμακα 1:50.000, φύλλο Μελιγαλάς, μετά από την ομαδοποίηση των σχηματισμών με βάση τα υδρολιθολογικά τους χαρακτηριστικά (Εικόνα 10).



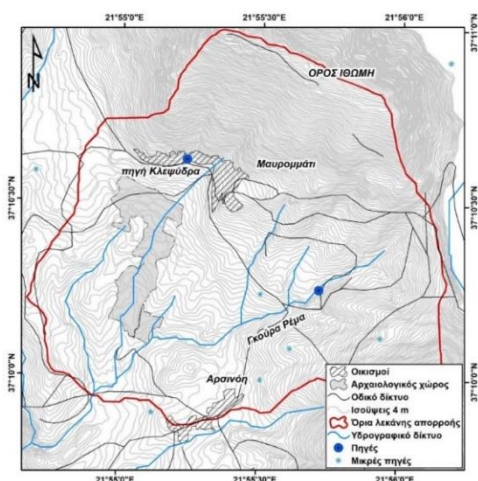
Εικόνα 10. Γεωλογικός χάρτης περιοχής μελέτης

Η υδρολογική λεκάνη, όπου εντάσσεται ο αρχαιολογικός χώρος

Η λεκάνη απορροής εντός της οποίας συναντάται ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης έχει έκταση 3.23 km² (Εικόνα 11). Από τον αρχαιολογικό χώρο διέρχεται μικρό ανώνυμο ρέμα, το οποίο παλαιότερα είχε εν μέρει διευθετηθεί (Καμπούρογλου & Χατζηθεοδωρου, 1993).

Βόρεια του αρχαιολογικού χώρου, εντός του χωριού Μαυρομμάτι, εντοπίζεται η πηγή Κλεψύδρα ή Καλινρόη (Κωδικός Εθνικού Μητρώου Σημείων Υδροληψίας ΕΜΣΥ 0100005761059), η οποία αποφορτίζει το όρος Ιθώμης ανάντη του αρχαιολογικού χώρου και η οποία στην αρχαιότητα τροφοδοτούσε με υπόγειο αγωγό την κρήνη της Αρσινόης που βρίσκεται ανάμεσα στο Θέατρο και την Αγορά. Η πηγή αυτή είναι συνεχούς ροής, συμβάλει στην επιφανειακή απορροή (Καμπούρογλου & Χατζηθεοδωρου, 1993), και έχει επιτρεπόμενη παροχή εκμετάλλευσης περίπου 30 m³/y (Αποκεντρωμένη Διοίκηση Πελοποννησίου Δυτικής Ελλάδας και Ιονίου, 2018). Μία ακόμα πηγή συναντάται στο ρέμα Γκούρα (ΕΜΣΥ 0100005757032) ανατολικά του αρχαιολογικού χώρου, με επιτρεπόμενη παροχή εκμετάλλευσης περίπου 18 m³/y. Οι δύο αυτές πηγές υδρομαστεύονται από την Δ.Ε.Υ.Α. Μεσσήνης για την κάλυψη υδρευτικών αναγκών του Δήμου Ιθώμης (Αποκεντρωμένη Διοίκηση Πελοποννησίου Δυτικής Ελλάδας και Ιονίου, 2018). Τέλος στην περιοχή συναντώνται και άλλες πηγές μικρότερης σημασίας.

Στην περιοχή τέλος εντοπίζεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας μικρής δυναμικότητας (Καμπούρογλου & Χατζηθεοδωρου, 1993).



Εικόνα 11: Υδρολογική λεκάνη όπου εντάσσεται ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης

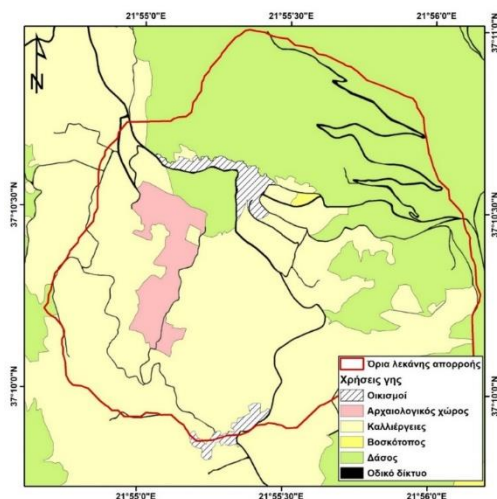
Οι χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης προέρχονται από τους αντίστοιχους χάρτες της μελέτης "1ης Αναθεώρησης του Σχεδίου Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών του ΥΔ Δυτικής Πελοποννήσου (EL01)" (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017). Πρόκειται για δεδομένα του ΟΠΕ-ΚΕΠΕ που έχουν προκύψει φωτοερμηνευτικά από δορυφορικές μεγάλης κλίμακας του 2016. Πραγματική "κλίμακα" μπορεί να θεωρηθεί το 1:5.000, ενώ οι αντίστοιχοι χάρτες του προγράμματος CORINE 2018 (European Environment Agency (EEA), 2020) προκύπτουν από την επεξεργασία δορυφορικών εικόνων του 2000, κλίμακας 1:100.000. Συνεπώς τα δεδομένα του ΟΠΕΚΕΠΕ παρέχουν μεγαλύτερη ακρίβεια.

Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά, σε μεγαλύτερη έκταση συναντώνται καλλιέργειες (50.0%) και σε ποσοστό 40.0% δάσος. Ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης καταλαμβάνει έκταση 0,16 km² (5.0%) της υδρολογικής λεκάνης (Πίνακας 7, Εικόνα 12).

Πίνακας 7. Κατανομή χρήσεων γης στην λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης και αντίστοιχος συντελεστής τραχύτητας

Χρήσεις γης	Έκταση (km ²)	Έκταση (%)	Συντελεστής Manning M
Οικισμοί	0.07	2.3%	50
Αρχαιολογικός χώρος	0.16	5.0%	7
Καλλιέργειες	1.61	50.0%	4
Βοσκότοπος	0.01	0.2%	4
Δάσος	1.29	40.0%	3
Οδικό δίκτυο	0.08	2.6%	50
-	3.23	100.0%	-



Εικόνα 12. Χρήσεις γης της ευρύτερης περιοχής μελέτης

3.3 Καταγραφή της αυτοφυούς και της καλλιεργούμενης βλάστησης του αρχαιολογικού χώρου

Καταγραφή 2012

Το 2012, στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος, πραγματοποιήθηκε καταγραφή της αυτοφυούς βλάστησης του αρχαιολογικού χώρου της Μεσσήνης και των σχετιζόμενων προβλημάτων

(Κανέλλου, Ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης βλάστησης αρχαιολογικών χώρων με βάση ενδεικτική καταγραφή χλωρίδας και σχετιζόμενων προβλημάτων, καθώς και διαμόρφωση αρχών σχεδιασμού της βλάστησης με στόχο την προστασία του μνημείου και την ανάδειξη του ιστορικού τοπίου, 2019). Συνοπτικά αναφέρεται ότι η καταγραφή αφορούσε την αυτοφυή βλάστηση πάνω στα αρχιτεκτονικά μέλη, αλλά και γύρω από αυτά και έγινε σε δύο περιόδους, Άνοιξη και Φθινόπωρο, για την καταγραφή χειμερινό-εαρινών και θερινό-φθινοπωρινών ειδών αντίστοιχα.

Με βάση την καταγραφή του 2012 προέκυψε ότι στο χώρο συναντώνται 92 φυτικά είδη και η εκτίμηση πλούτου με τη μέθοδο Jack-Knife ανέρχεται στα 122 είδη. Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι ο χώρος παρουσίαζε υψηλές τιμές των δεικτών βιοποικιλότητας την Άνοιξη και το Φθινόπωρο (Πίνακας 8). Οι δείκτες ποικιλότητας μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέτρο παρακολούθησης αλλαγών και προστασίας της βιοποικιλότητας σε μία βιοκοινότητα. Τα πιο άφθονα, ως προς τη συχνότητα εμφάνισης, φυτικά είδη στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης, παρουσιάζονται στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Καταγραφή βλάστησης (βλ. Πίνακας 17). Επιπλέον, στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α, (βλ. Πίνακας 19) επισυνάπτεται ο πλήρης κατάλογος των ειδών που καταγράφηκαν στην Αρχαία Μεσσήνη το 2012 (Κανέλλου, Ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης βλάστησης αρχαιολογικών χώρων με βάση ενδεικτική καταγραφή χλωρίδας και σχετιζόμενων προβλημάτων, καθώς και διαμόρφωση αρχών σχεδιασμού της βλάστησης με στόχο την προστασία του μνημείου και την ανάδειξη του ιστορικού τοπίου, 2019). Στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης, μπορεί να διαπιστωθούν έμμεσες ζημιές από την καθ' ύψος ανάπτυξη εποχιακών ειδών και την παραγωγή βιομάζας, στις ελεύθερες επιφάνειες του χώρου. Αυτές περιλαμβάνουν:

- Δυσκολία στις εργασίες συντήρησης και αποκατάστασης
- Οπτικό αποκλεισμό αρχαίων καταλοίπων
- Δυσκολία στην προσπέλαση του χώρου από τους επισκέπτες
- Κίνδυνο πυρκαγιάς κατά τη διάρκεια των θερμών μηνών του έτους
- Αισθητική υποβάθμιση του χώρου

Οι εν δυνάμει αυτές ζημιές, μπορεί να διαπιστωθούν κατά την περίοδο της Άνοιξης, όπου η κάλυψη των ελεύθερων επιφανειών από αυτοφυή χειμερινοεαρινά ποώδη είδη είναι 100% και το μέσο μέγιστο ύψος της βλάστησης φτάνει τουλάχιστον τα 100 cm (Κανέλλου, 2019). Τα προβλήματα αυτά, κατά τη διάρκεια της Άνοιξης, αντιμετωπίζονται επιμελώς, με την εφαρμογή μηχανικών κοπών με μεσινέζα και απομάκρυνση των υπολειμμάτων από το χώρο.

Ακόμη, σε ότι αφορά την καταγραφή αυτοφυών ειδών πάνω σε μέλη μνημείων, παρατηρήθηκαν 18 θέσεις με είδη με υψηλό Δείκτη Επικινδυνότητας (Signorini, 1996) τα οποία ήταν στην πλειοψηφία συκιές (*Ficus carica* L.) και προσέβαλαν κυρίως κοιλότητες στα σημεία συνάντησης κατακόρυφων και οριζόντιων επιφανειών (κατηγοριοποίηση θέσεων κατά Lisci, et al., 2003). Όσον αφορά φυτικά είδη με χαμηλότερο Δείκτη Επικινδυνότητας, κυρίως ποώδη είδη, καταγράφηκαν 1) σε κοιλότητες κατακόρυφων επιφανειών ομογενών υλικών, 2) σε κοιλότητες οριζόντιων επιφανειών, 3) σε κοιλότητες στα σημεία συνάντησης κατακόρυφων και οριζόντιων επιφανειών και 4) στην άνω επιφάνεια λιθοδομών που έχουν μερικώς αποδομηθεί και έχει συγκεντρωθεί υπόστρωμα ανάπτυξης. Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Καταγραφή βλάστησης (βλ. Πίνακας 18) παρουσιάζονται τα πιο άφθονα είδη που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το 2012, πάνω στα μνημεία (Κανέλλου, Ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης βλάστησης αρχαιολογικών χώρων με βάση ενδεικτική καταγραφή χλωρίδας και σχετιζόμενων προβλημάτων, καθώς και διαμόρφωση αρχών σχεδιασμού της βλάστησης με στόχο την προστασία του μνημείου και την ανάδειξη του ιστορικού τοπίου, 2019).

Πίνακας 8: Αριθμός ειδών (S), δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener (H'), δείκτης ποικιλότητας Simpson (D) και δείκτης ισομέρειας (E), που καταγράφηκαν στην Αρχαία Μεσσήνη, στις ελεύθερες επιφάνειες μεταξύ των μνημείων, την περίοδο της Άνοιξης και του Φθινοπώρου

	Δείκτης			
	S	H' (1,5-3,5)	D (0-1)	E
Άνοιξη	48	2,50	0,85	0,65
Φθινόπωρο	29	2,08	0,81	0,62

Καταγραφή 2021

Περιοχή του Αρχαιολογικού χώρου

Το Μάιο του 2021 πραγματοποιήθηκαν επιτόπου περιηγήσεις, στις οποίες διαπιστώθηκε ότι ο αρχαιολογικός χώρος παρουσιάζει πολύ χαμηλή κάλυψη από δενδρώδη κυρίως και δευτερευόντως από θαμνώδη φυτικά είδη (Εικόνα 13, Κατάλογος Σχεδίων: Σχέδιο 1 και 2). Το φυτικό είδος που κυριαρχεί είναι οι ελιές (*Olea europaea* L.), που φύονται σημειακά σχεδόν σε όλη την επιφάνεια του χώρου (Εικόνα 15). Πιθανώς πρόκειται για υπολείμματα καλλιεργειών που προϋπήρχαν των ανασκαφών του χώρου, καθώς είναι πολύ μεγάλης ηλικίας δέντρα. Στην ανατολική πλευρά του χώρου διατηρούνται ακόμη τρία τεμάχια με διακριτό χαρακτήρα καλλιέργειας, όπου φύονται ελιές και αμπέλια (*Vitis vinifera* L.) (Εικόνα 13, Εικόνα 16 και Κατάλογος Σχεδίων: Σχέδιο 1). Πολύ λίγα άτομα καρυδιάς (*Juglans regia* L.), αμυγδαλιάς (*Prunus dulcis* (L.) Merr. & L.M. Perry) και συκιάς (*Ficus carica* L.) εντοπίζονται σημειακά και πιθανώς αφορούν επίσης υπολείμματα παλαιότερων καλλιεργειών (Κατάλογος Σχεδίων: Σχέδιο 1 και 2).



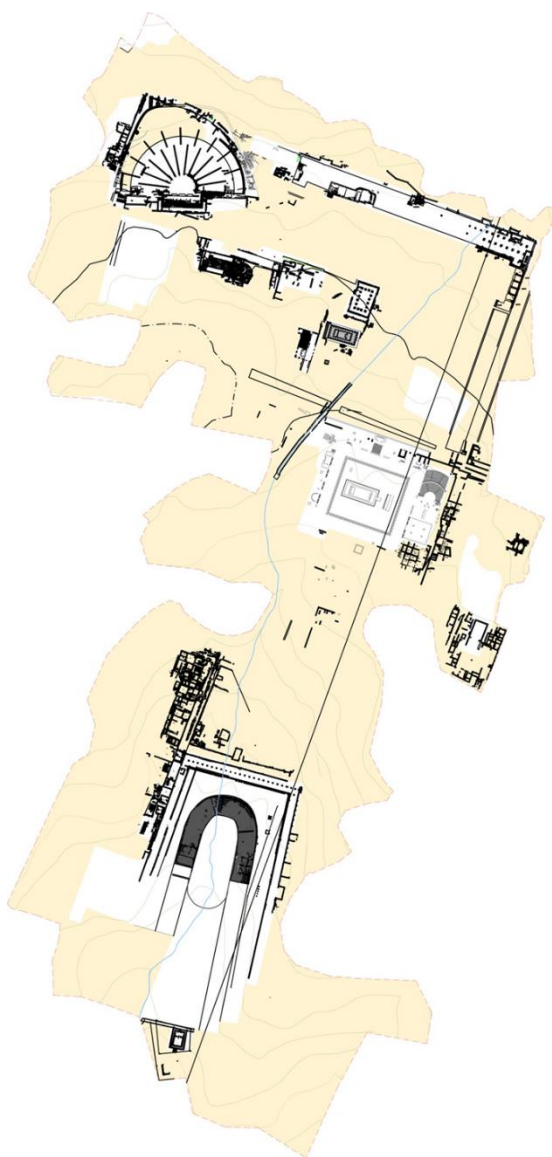
Εικόνα 13: Διαγραμματική απεικόνιση της κάλυψης των κομών των δέντρων και θάμνων (με πράσινο), στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης. Διακρίνεται η περιορισμένη φυτοκάλυψη από πολυετή θαμνώδη και δενδρώδη είδη. Με κόκκινο επισημαίνονται τα τεμάχια που έχουν χαρακτήρα καλλιέργειας

Εκτός από τα «καλλιεργούμενα» είδη, στο χώρο υπάρχει μικρή παρουσία αυτοφυών, θαμνωδών και δενδρωδών ειδών, σημειακά και κυρίως κοντά στις περιφράξεις (Εικόνα 17, Κατάλογος Σχεδίων:Σχέδιο 1 και 2). Συνηθέστερα απαντώνται βατομουριές (*Rubus* sp.), πουρνάρια (*Quercus coccifera* L.), μελικοκιές (*Celtis australis* L.), κισσοί (*Hedera helix* L.) και λυγαριές (*Vitex agnus-castus* L.).

Τα τελευταία χρόνια προστέθηκαν καλλωπιστικά είδη, τα περισσότερα εκ των οποίων φυτευτήκαν γύρω από την είσοδο και τους χώρους στάσης των επισκεπτών κοντά στην είσοδο και το κυλικείο (Κατάλογος Σχεδίων:Σχέδιο 1 και 2). Συνηθέστερα επιλέγονταν τριανταφυλλίες (*Rosa* sp.) (Εικόνα 18), πικροδάφνες (*Nerium oleander* L.), ροδιές (*Punica granatum* L.), κυδωνιές (*Cydonia oblonga* Mill.), μουριές (*Morus* sp.) και αρωματικά είδη όπως ρίγανη (*Oreganum vulgare* L.), δεντρολίβανο (*Salvia rosmarinus* Spenn.) και λεβάντα (*Lavandula dentata* L.)(Εικόνα 19, Κατάλογος Σχεδίων:Σχέδιο 1 και 2). Τέλος, στο Ασκληπιείο, στο θέατρο, στο στάδιο και στην παλαίστρα έχει γίνει εγκατάσταση χλοοτάπητα του είδους κικούγιου (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chion.)(Εικόνα 20, Κατάλογος Σχεδίων:Σχέδιο 1 και 2). Η εγκατάσταση χλοοτάπητα, ιδιαιτέρως στο θέατρο και το στάδιο, έχει χρησιμοποιηθεί για την αδρομερή απόδοση της γεωμετρίας των ελλειπόντων βαθμίδων. Η επέμβαση είναι μια ήπια και πλήρως αντιστρέψιμη λύση, που βελτιώνει την αναγνωσιμότητα του μνημείου και την ένταξη στο φυσικό περιβάλλον, ενώ η χρήση κικούγιου δημιουργεί μια ενιαία και ομοιόμορφη επιφάνεια και αποτρέπει την ανάπτυξη ζιζανίων (Κανέλλου, Ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης βλάστησης αρχαιολογικών χώρων με βάση ενδεικτική καταγραφή χλωρίδας και σχετιζόμενων προβλημάτων, καθώς και διαμόρφωση αρχών σχεδιασμού της βλάστησης με στόχο την προστασία του μνημείου και την ανάδειξη του ιστορικού τοπίου, 2019). Παρ' όλα αυτά χρειάζεται τακτική συντήρηση με άρδευση, κοπές κ.α.

Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Καταγραφή βλάστησης (βλ. Πίνακας 20: Κατάλογος θαμνωδών και δενδρωδών, καλλιεργούμενων, αυτοφυών και καλλωπιστικών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021, παρουσιάζεται ο κατάλογος των, θαμνωδών και δενδρωδών, καλλιεργούμενων, αυτοφυών και καλλωπιστικών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021.

Το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς του αρχαιολογικού χώρου καλύπτεται περιοδικά από ποώδη είδη (Εικόνα 22,Εικόνα 14: Διαγραμματική απεικόνιση της επιφάνειας του αρχαιολογικού χώρου που καλύπτεται από εποχιακά ποώδη είδη (με κίτρινο)). Τα είδη αυτά εμφανίζονται εποχιακά. Τα περισσότερα είναι χειμερινοεαρινά είδη, που φυτρώνουν με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου και ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο την Άνοιξη, οπότε ξεραίνονται. Κατά τη διάρκεια των θερμών μηνών εμφανίζονται και λίγα θερινοφθινοπωρινά είδη.



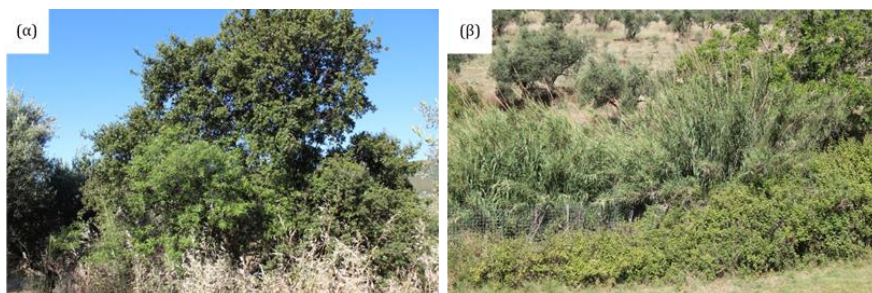
Εικόνα 14: Διαγραμματική απεικόνιση της επιφάνειας του αρχαιολογικού χώρου που καλύπτεται από εποχιακά ποώδη είδη (με κίτρινο)



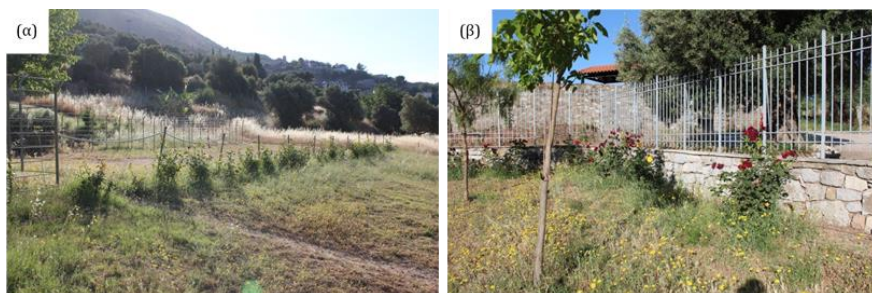
Εικόνα 15: (α) και (β) Χαρακτηριστικές εικόνες του αρχαιολογικού χώρου, όπου διακρίνονται τα διάσπαρτα ελαιόδεντρα που κυριαρχούν στο χώρο (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)



Εικόνα 16: (α) και (β) Τα δύο τεμάχια στα οποία καλλιεργούνται αμπέλια στην ανατολική πλευρά του αρχαιολογικού χώρου (προσωπικό αρχείο, 2021)



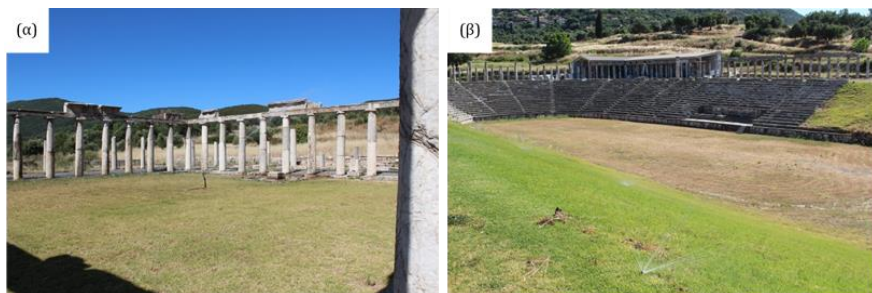
Εικόνα 17: (α) και (β) Συστάδες αυτοφυών δέντρων και θάμνων στον αρχαιολογικό χώρο (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)



Εικόνα 18: (α) και (β) Τριανταφυλλιές που έχουν φυτευτεί στην περιοχή της εισόδου του αρχαιολογικού χώρου (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)



Εικόνα 19: Εικόνα 10: (α) Ψευδοπιπεριές και (β) πικροδάφνες που έχουν φυτευτεί στον αρχαιολογικό χώρο (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)



Εικόνα 20: (α) Παλαίστρα γυμνασίου και (β) στάδιο όπου διακρίνεται η εγκατάσταση χλοοτάπητα (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)

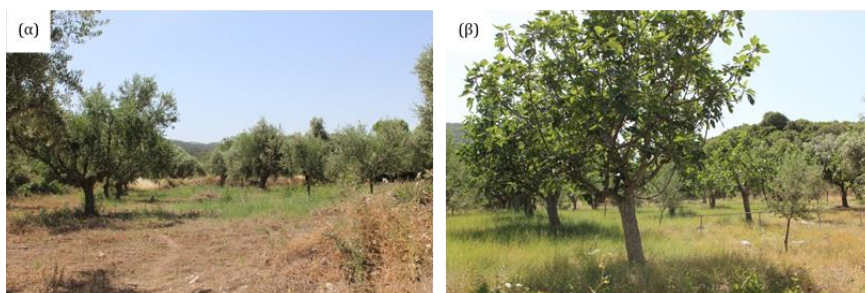
Λόφος Ιθώμης και γύρω περιοχή

Γύρω από τον αρχαιολογικό χώρο, αναπτύσσεται το αγροτικό και φυσικό τοπίο της Μεσσηνιακής γης (Εικόνα 21, Κατάλογος Σχεδίων: Σχέδιο 3). Ανατολικά, νότια και δυτικά του χώρου, όπου οι κλίσεις είναι ήπιες υπάρχουν αγροτεμάχια, στα οποία καλλιεργούνται ελιές και δευτερευόντως συκιές (Εικόνα 22). Στις παρυφές των αγροτεμαχίων, αλλά και σε εγκαταλελειμμένες, χέρσες εκτάσεις αναπτύσσεται πλούσια αυτοφυής βλάστηση κυρίως αιθαλών, πλατύφυλλων θάμνων. Βόρεια του χώρου υψώνεται ο λόφος της Ιθώμης. Εκεί δεν υπάρχουν καλλιέργειες και η βλάστηση που αναπτύσσεται είναι αυτοφυής και επίσης περιλαμβάνει κυρίως αιθαλείς, πλατύφυλλους θάμνους (Εικόνα 23). Ανάλογο μικτό τοπίο με αυτοφυείς θαμνώνες και καλλιέργειες ελιάς αναπτύσσεται και βορειο-δυτικά, γύρω από την Αρκαδική Πύλη.

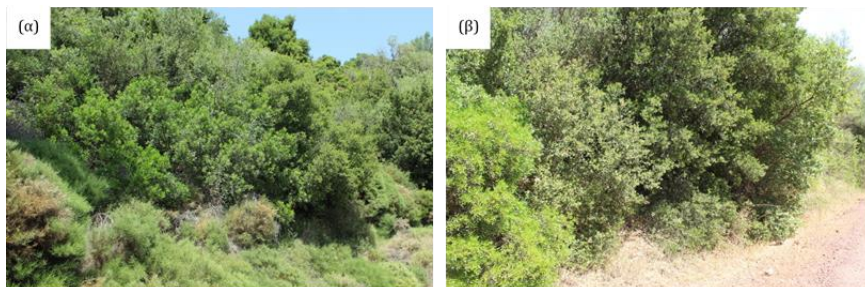
Τα αυτοφυή θαμνώδη και δενδρώδη είδη που αφθονούν στη γύρω περιοχή και το λόφο της Ιθώμης περιλαμβάνουν σχίνους (*Pistacia lentiscus* L.), κοκορεβυθιές (*Pistacia terebinthus* L.), λαδανιές (*Cistus creticus* L.), κουμαριές (*Arbutus unedo* L.), σπάρτα (*Spartium junceum* L.), πουρνάρια, λυγαριές, φλόμιδες (*Phlomis* sp.), παλιούρια (*Paliurus spina-christi* Mill.), γκορτσιές (*Pyrus spinosa* Forssk.), σφενδάμια (*Acer sempervirens* L.) και αρκουδόβατους (*Smilax aspera* L.). Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Καταγραφή βλάστησης (Πίνακας 21) παρουσιάζεται ο κατάλογος των θαμνωδών και δενδρωδών, αυτοφυών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν το λόφο της Ιθώμης και γύρω από τον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021.



Εικόνα 21: (α) και (β) Το μικτό αγροτικό και φυσικό τοπίο γύρω από τον αρχαιολογικό χώρο (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)

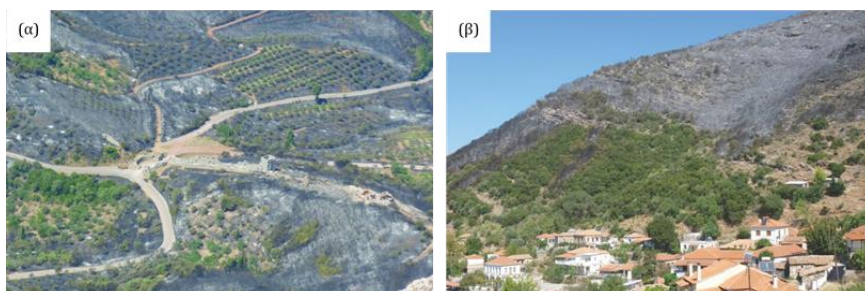


Εικόνα 22: (α) και (β) Καλλιέργειες ελιάς και συκιάς, στην περιοχή δυτικά του αρχαιολογικού χώρου (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)

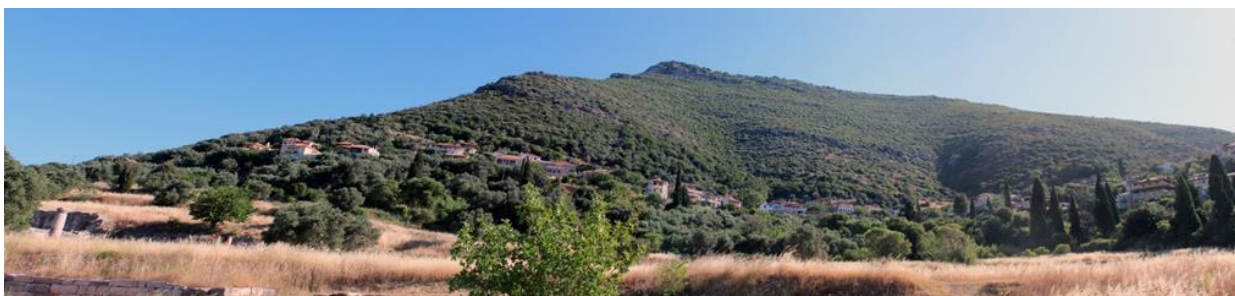


Εικόνα 23: (α) Λόφος Ιθώμης και (β) περιοχή δυτικά του αρχαιολογικού χώρου, χαρακτηριστικές διαπλάσεις αειθαλών, πλατύφυλλων θάμνων (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)

Πρέπει να αναφερθεί πως ο λόφος της Ιθώμης και η περιοχή γύρω από την Αρκαδική Πύλη είχε καεί, σχετικά πρόσφατα, τον Αύγουστο του 2014 (Εικόνα 16). Η πλούσια βλάστηση που καλύπτει τώρα αυτές τις περιοχές προέρχεται από αναβλάστηση των ειδών που φύονταν εκεί πριν τη πυρκαγιά, καθώς πρόκειται για εκ νέου εποικισμό (Εικόνα 17).



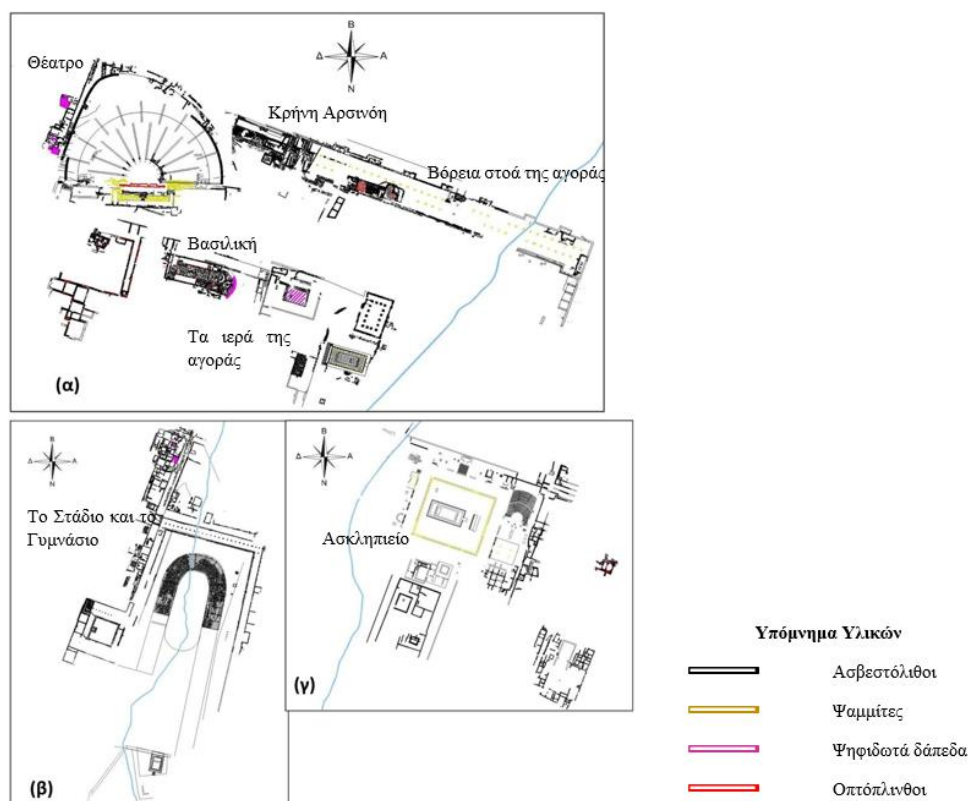
Εικόνα 24: (α) Η περιοχή γύρω από την Αρκαδική πύλη και (β) ο λόφος της Ιθώμης, μετά την πυρκαγιά τον Αύγουστο του 2014 (<https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/43720-pyrosvestiki-vlepei-emprismo-ithomi>)



Εικόνα 25: Ο λόφος της Ιθώμης, όπως είναι σήμερα. Διακρίνεται η πλούσια αναβλάστηση (Αρχείο Ηλέκτρα Κανέλλου, 2021)

3.4 Αναγνώριση των υλικών των ιστάμενων μνημείων

Στον αρχαιολογικό χώρο της αρχαίας Μεσσήνης τα πετρώματα που απαντώνται είναι ως επί το πλείστον ιζηματογενή⁸ και συγκεκριμένα ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες. Άλλα υλικά που συναντώνται είναι ψηφιδωτά δάπεδα και οπτόπλινθοι.



Εικόνα 26: Χάρτης με υπόμνημα υλικών αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης, ΕΛΛΕΤ 2021

Όπως απεικονίζεται και στην Εικόνα 26, οι ασβεστόλιθοι εντοπίζονται σε όλη την έκταση του αρχαιολογικού χώρου (βλ. Θέατρο, Κρήνη Αρσινόη, Βασιλική, Βόρεια Στοά, Αγορά, Ασκληπιείο, Στάδιο και Γυμνάσιο), κυρίως στις τοιχοποιίες, σε κίονες, στα κιονόκρανα και στα αετώματα.

Όσον αφορά τους ψαμμίτες εντοπίζονται σε τρεις βασικές περιοχές (Εικόνα 26): 1) στη Βόρεια στοά της αγοράς, 2) στο Θέατρο και 3) στο Ναό του Ασκληπιείου. Η χρήση τους γίνεται κυρίως στους κίονες, στα κιονόκρανα, στα επιστύλια και στις τοιχοποιίες. Στην πλειοψηφία τους οι ψαμμίτες του αρχαιολογικού χώρου είναι εκτεθειμένοι στις καιρικές συνθήκες, εκτός αυτών στο Αρτεμίσιο Κ, όπου έχει τοποθετηθεί στέγαστρο.

⁸ Με βάση τον τρόπο που σχηματίζονται τα πετρώματα διακρίνονται σε 3 είδη: πυριγενή, μεταμορφωσιγενή και ιζηματογενή (Winkler, 1997).

Γενικά, τόσο οι ασβεστόλιθοι, όσο και οι ψαμμίτες αποτελούν κοινά πετρώματα στην Ελλάδα και χρησιμοποιούνταν ευρέως. Όσον αφορά τα ασβεστολιθικά πετρώματα δεν έχουν επαρκή αντοχή στη φωτιά και για τον λόγο αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται σε κατασκευές με μεγάλες απαιτήσεις πυρασφάλειας. Επίσης, προσβάλλονται εύκολα από οξέα σε βιομηχανικό περιβάλλον, ειδικά όταν υπάρχει υγρασία. Αναφορικά με τους ψαμμίτες θεωρούνται ότι έχουν πτωχά μηχανικά χαρακτηριστικά, παρουσιάζουν ασυνέχειες και κενά διαφόρων μεγεθών τα οποία συμβάλουν στην αποσάθρωση τους.

Με βάση προηγούμενες μελέτες για τη συντήρηση των ασβεστόλιθων (Γιαννουλάκη Μ., 2000) και των ψαμμίων (ΜΕΣΣΗΝΗΣ, 2011) της βόρειας στοάς, έχουν καταγραφεί τα εξής πρώτα συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά των υλικών:

I) Για τους ασβεστόλιθους της βόρειας στοάς:

- Το πέτρωμα κατασκευής των τοίχων είναι τοπικής προέλευσης και πρόκειται για γκρίζο μικροκρυσταλλικό ασβεστόλιθο, ο οποίος προέρχεται από τον ορεινό όγκο της Ιθώμης, όπου κατά την αρχαιότητα γινόταν λατομική εκμετάλλευση.
- Οι ασβεστόλιθοι που βρίσκονταν θαμμένοι στο έδαφος και πλέον έχουν ανασκαφεί, δεν παρουσιάζουν βιολογική προσβολή και διατηρούν καλύτερα τις διακοσμητικές λεπτομέρειες τους σε σχέση με αυτούς που ήταν εκτεθειμένοι. Οι αναλύσεις του εδάφους τις αρχαίας Μεσσήνης έδειξαν ότι το έδαφος είναι ελαφρά όξινο έως ελαφρά αλκαλικό (pH 6,2 έως 7,7).
- Το ολικό πορώδες του ασβεστόλιθου είναι πολύ χαμηλό (3,7%), από το οποίο το 66% αποτελείται από μεγάλους πόρους ($10 < r < 200 \mu\text{m}$). Επίσης, εμπεριέχεται ένα μικρό ποσοστό μικροπόρων ($0,001 < r < 0,01 \mu\text{m}$).
- Ο βαθμός υδατοαπορρόφησης είναι χαμηλός. Στο σημείο κορεσμού, ο ασβεστόλιθος απορροφά περίπου 0,005% του βάρους του. Ο συντελεστής υδατοαπορροφητικότητας θεωρήθηκε εξαιρετικά χαμηλός.
- Το ποσοστό των πόρων που συμμετέχει στη διακίνηση του νερού είναι αμελητέο. Επίσης ο χαμηλός συντελεστής υδατοαπορροφητικότητας σε συνδυασμό με την χαμηλή περατότητα έδειξαν ότι η κυκλοφορία του νερού στη μάζα του ασβεστόλιθου γίνεται με δυσχέρεια.

II) Για τους ψαμμίτες της βόρειας στοάς:

- Το χρώμα των ψαμμίων είναι υποκίτρινο, έχουν μεγάλους πόρους, αποτελούνται από διάφορες αργιλοπυριτικές προσμείξεις, υπάρχει ασυνέχεια στη μάζα τους και οι κόκκοι τους είναι διαφόρων μεγεθών και σχήματος.
- Από την περίθλαση ακτίνων Χ ταυτοποιήθηκε ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3) και χαλαζίας (quartz SiO_2) και διάφορα αργιλοπυριτικά ορυκτά όπως μοντμοριλλονίτης, ιλλίτης και καολινίτης.
- Η ηλεκτρονική μικροσκοπία σάρωσης έδειξε ότι ο ψαμμίτης δεν είναι συμπαγής και έχει μεγάλα κενά στην δομή του, άρα έχει μεγάλο πορώδες και μικρή συνοχή. Η συνολική ανάλυση στη μάζα του λίθου ανίχνευσε μεγάλη ποσότητα CaO (66,66%), σημαντική ποσότητα SiO_2 (17,16%) και μικρή ποσότητα Al_2O_3 .
- Το ενεργό πορώδες του ψαμμίτη είναι σχετικά υψηλό (16 – 19%) και συμβάλλει στον μηχανισμό διακίνησης του νερού στη μάζα του.
- Η τριχοειδής αναρρίχηση έδειξε ότι ο ψαμμίτης σημειώνει μια απότομη αύξηση της μεταβολής της μάζας του και η κυκλοφορία του νερού στο εσωτερικό του γίνεται εύκολα.
- Οι υδρατμοί από την ατμόσφαιρα (υγρασία) διέρχονται διαμέσου της μάζας με μεγάλη ευκολία, λόγω του μεγάλου πορώδους, με αποτέλεσμα την κρυστάλλωση των αλάτων στην επιφάνειά του.
- Το βασικότερο συμπέρασμα είναι ότι ο ψαμμίτης είναι πλούσιος σε αργιλοπυριτικά συστατικά, θεωρείται ασβεστιτικός ψαμμίτης με ελάχιστη συγκολλητική ύλη, διότι περιέχει μεγάλες ποσότητες ασβεστίτη και χαλαζία.

- Οι έλεγχοι στα ιστάμενα μνημεία ανέδειξαν ότι οι ψαμμίτες που απαντώνται στον αρχαιολογικό χώρο έχουν ίδια χαρακτηριστικά.

3.5 Καταγραφή των υποστηρικτικών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων υποδομής

Γενικά, οι υποστηρικτικές Η/Μ εγκαταστάσεις στους κλειστούς ή τους ανοικτούς χώρους (κτίρια, γήπεδα, δρόμοι κλπ), είναι η υποδομή που εξυπηρετεί τις εκάστοτε ανάγκες του «τρόπου ζωής». Όσο μεταβάλλεται ο τρόπος ζωής, τόσο και οι Η/Μ εγκαταστάσεις, παρακολουθώντας αυτές τις αλλαγές, προσαρμόζονται και τον «υποστηρίζουν». Έτσι και στους Αρχαιολογικούς Χώρους οι Η/Μ εγκαταστάσεις υποστηρίζουν τις λειτουργικές απαιτήσεις τους, προσαρμοζόμενες στις εκάστοτε ανάγκες τους.

Παρακάτω γίνεται ανάλυση των επιμέρους υποστηρικτικών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων υποδομής που καταγράφονται στο αρχαιολογικό χώρο, σε σχέση με τις υφιστάμενες ανάγκες του μνημείου. Η ανάλυση επιμερίζεται σε επτά επιμέρους υπό-ενότητες: την ύδρευση, την αποχέτευση ακαθάρτων, την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος, τα ασθενή ρεύματα, την αντικεραυνική προστασία, την επαρκή απορροή ομβρίων υδάτων και την πυροπροστασία.

1. Ύδρευση

Ο χώρος είχε πηγαία ύδατα από την αρχαιότητα (κρήνη Αρσινόη). Με την πάροδο του χρόνου, το υπόγειο υδάτινο δυναμικό έχει εμφανίσει μικρομεταβολές ως προς την έξοδό του προς την επιφάνεια και πλέον πηγάζει σε διαφορετικά, κοντινά όμως σημεία. Βασική πηγή του χώρου σήμερα είναι η ανεξάρτητη πηγή «Μούσκα», η οποία βρίσκεται εντός των ορίων του μνημείου.

Με την πηγή αυτή καλύπτεται η ανάγκη χρήσης νερού για τους υδραυλικούς υποδοχείς των βοηθητικών χώρων της Εισόδου, για την άρδευση του ελεγχόμενου πρασίνου -στοιχείου αισθητικής αναβάθμισης της αποκατάστασης των μνημείων-, καθώς και για την άρδευση κάποιων δένδρων. Με βάση ανάλυση δείγματος που διεξήχθη από τον κ. Π. Θέμελη το νερό της πηγής «Μούσκα» είναι πόσιμο.

Ανάντη του αρχαιολογικού χώρου υπάρχει μία ακόμα πηγή, εντός του οικισμού Μαυρομμάτι. Παρόμοια ανάλυση δείγματος έδειξε ότι το νερό είναι επιβαρυμένο, από αστικού τύπου λύματα και άρα ακατάλληλο για χρήση.

2. Αποχέτευση ακαθάρτων

Στον αρχαιολογικό χώρο εντοπίζεται απορροφητικός βόθρος (τυπική περίπτωση), ο οποίος εξυπηρετεί την ανάγκη αποχέτευσης ακαθάρτων των βοηθητικών χώρων.

Η ιδιαιτερότητα που παρουσιάζεται στην περίπτωση της Αρχαίας Μεσσήνης είναι ότι ο οικισμός Μαυρομμάτι που βρίσκεται ανάντη του αρχαιολογικού χώρου, έχει ομοίως για όλα τα αστικά λύματα απορροφητικούς βόθρους. Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι έχουν επιμολυνθεί τα ύδατα του υδροφόρου δυναμικού, τα νερά του οποίου διέρχονται επιφανειακά από την αρχαιολογικό χώρο. Επιπλέον, όμορο στον αρχαιολογικό χώρο είναι εδώ και πολλές δεκαετίες το νεκροταφείο του οικισμού. Παρότι και εκεί επίσης δεν υπάρχει προστασία από τη ρύπανση του υδροφόρου ορίζοντα, δεν εντοπίζονται μέχρι στιγμής δείγματα επιμολύνσεων.

3. Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος

Σήμερα ο αρχαιολογικός χώρος τροφοδοτείται από την ΔΕΔΔΗΕ, με δύο παροχές Χαμηλής Τάσης 400V. Η μία παροχή καλύπτει την περιοχή της Εισόδου και η δεύτερη την Νοτιοανατολική. Για τις δύο παροχές αυτές έχουν εγκατασταθεί από την ΔΕΔΔΗΕ, εναέριοι Μετασχηματιστές επίστηλοι.

Γενικά, η Αρχαία Μεσσήνη, ανήκει στους αρχαιολογικούς χώρους που έχουν απαίτηση παροχής ηλεκτρικού ρεύματος για τις ανάγκες φωτισμού τους (ασφάλεια, ανάδειξη, εκδηλώσεις κλπ.) επειδή τμήματά του, έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν και ως χώροι εκδηλώσεων.

4. Ασθενή ρεύματα (ασφάλεια, data-τηλέφωνο)

Ο πάροχος τηλεπικοινωνιών της Αρχαίας Μεσσήνης, είναι η Cosmote, η οποία καλύπτει τις τρέχουσες ανάγκες τηλεπικοινωνίας (Voice-Data, Wi-Fi, κλπ.) του αρχαιολογικού χώρου. Από τον Σεπτέμβριο του 2021, με βάση το πρόγραμμα ανάπτυξης των δικτύων της Cosmote, η περιοχή θα αποκτήσει ευρυζωνική ενσύρματη σύνδεση και ασύρματη 5G. Επιπλέον, στο παρελθόν είχε εγκατασταθεί σύστημα WiFi στην Αρχαία Μεσσήνη, το οποίο με παρέμβαση της Εφορίας Αρχαιοτήτων Μεσσηνίας σταμάτησε να λειτουργεί. Επίκειται η αναβάθμιση του συστήματος.

5. Αντικεραυνική προστασία

Στην Αρχαία Μεσσήνη, υπάρχουν δύο μεταλλικά στέγαστρα, το ένα καλύπτει τα ψηφιδωτά της Ρωμαϊκής έπαυλης στο ανατολικό τμήμα του Αρχαιολογικού Χώρου και το δεύτερο καλύπτει ένα τμήμα της στοάς στο Στάδιο. Και τα δύο αυτά στέγαστρα δεν έχουν ισοδυναμική αντικεραυνική γείωση. Επίσης τα ηλεκτρικά κυκλώματα τροφοδοσίας ηλεκτρικών φορτίων δεν έχουν αντικεραυνικές διατάξεις προστασίας των ηλεκτρονικών κυρίως συσκευών.

Σημειώνεται ότι αποτελεί εξαιρετικά σπάνια περίπτωση η πτώση κεραυνού στον αρχαιολογικό χώρο.

6. Προστασία από τα όμβρια

Γενικά για τις αρχαίες πόλεις-οικισμούς, είναι διαπιστωμένο ότι η επιλογή τους γινόταν με βασικό κριτήριο, εκτός άλλων (βλ. οχύρωση, εμπόριο κ.α.), το ανάγλυφο του εδάφους, το οποίο θα εξασφάλιζε και την μη συγκέντρωση των ομβρίων. Στην Αρχαία Μεσσήνη αντίστοιχα, το Ιπποδάμειο σύστημα ρυμοτομίας εξασφάλιζε την απορροή των ομβρίων από όλα τα δημόσια κτίρια της πόλης, δια μέσω των περιμετρικών τους οδών, στον άξονα των οποίων υπήρχε διαμορφωμένο ένα δίκτυο, διαστάσεων 1,00m x 1,20m, πλακοσκεπών οχετών απορροής ομβρίων.

Πλέον, το αποχετευτικό δίκτυο, έχοντας υποστεί σημαντικές αλλοιώσεις, δεν είναι εφικτό να αποκατασταθεί, εκτός από ένα μικρό τμήμα του, το οποίο έχει ήδη αποκατασταθεί και λειτουργεί. Συγκεκριμένα, στο τμήμα αυτό αποχετεύονται τα πλεονάζοντα ύδατα της πηγής Μούσκα και παραλαμβάνεται επίσης ένα ποσοστό των ομβρίων νοτίως του Ασκληπιείου, τα οποία οδηγούνται σε έναν νέο υπόγειο κυλινδρικό αγωγό που διέρχεται κάτω από το Στάδιο. Τα όμβρια στις υπόλοιπες οδούς, απορρέουν κανονικά επιφανειακά, που λόγω της κλίσης τους (από τον σχεδιασμό τους), δεν εμφανίζουν συγκεντρώσεις.

7. Πυροπροστασία

Στον αρχαιολογικό χώρο καταγράφονται φορητοί πυροσβεστήρες στις εγκαταστάσεις της εισόδου. Έως σήμερα για το μνημείο δεν έχει εκπονηθεί μελέτη πυροπροστασίας και δεν έχει εγκατασταθεί σύστημα πυρόσβεσης.

3.6 Αναγνώριση των υφιστάμενων συνθηκών προσπέλασης, κίνησης και στάθμευσης

Στην παρούσα ενότητα αξιολογείται η υφιστάμενη κατάσταση α) των συνθηκών προσπέλασης του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης από το εθνικό και κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο, β) των κινήσεων επισκεπτών, ΑΜΕΑ και οχημάτων εξυπηρέτησης εντός του αρχαιολογικού χώρου και γ) των διαθέσιμων χώρων στάθμευσης.

Οδική προσπέλαση του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης από το εθνικό και κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο

Η περιοχή της Αρχαίας Μεσσήνης σε υπερτοπικό επίπεδο προσεγγίζεται από το εθνικό οδικό δίκτυο είτε μέσω του άξονα Κορίνθου – Τριπόλεως – Μεγαλοπόλεως – Καλαμάτας (Ευρωπαϊκή Οδός Ε65), είτε μέσω του άξονα Κορίνθου – Πατρών – Πύργου – Κυπαρισσίας – Μελιγαλά (Ευρωπαϊκή Οδός Ε55 – Εθνική Οδός 9 και συνδετήρια Κυπαρισσίας – Μελιγαλά).

Με την σημερινή του οριοθέτηση, η Αρχαία Μεσσήνη και ο αρχαιολογικός χώρος προσεγγίζεται από το κύριο και δευτερεύον επαρχιακό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής (με αυτό νοείται το ασφαλτοστρωμένο δίκτυο 1+1 λωρίδων κυκλοφορίας με ή χωρίς διαχωριστική διαγράμμιση) ως εξής :

1) Από βόρεια και δυτική διεύθυνση :

- Από Μελιγαλά στα ΒΑ : μέσω Νεοχωρίου και απευθείας στην Αρκαδική Πύλη (ή Πύλη της Μεγαλόπολης)
- Από Κοπανάκι ή Δώριο στα ΒΔ : μέσω Ζερμπισίων και απευθείας στην Αρκαδική Πύλη
- Από Πετράλωνα στα Δ : απευθείας στην Αρκαδική Πύλη

2) Από νότια και ανατολική διεύθυνση :

- Από Βαλύρα στα Α : μέσω Μονής Βουλκάνου απευθείας στην Αρχαία Μεσσήνη (τ. οικισμός Μαυρομμάτι)
- Από Βαλύρα στα Α : μέσω Λάμπαινας στα ΝΑ απευθείας στην Αρσινόη



Εικόνα 27: Η Αρκαδική Πύλη, ΕΛΛΕΤ 2021

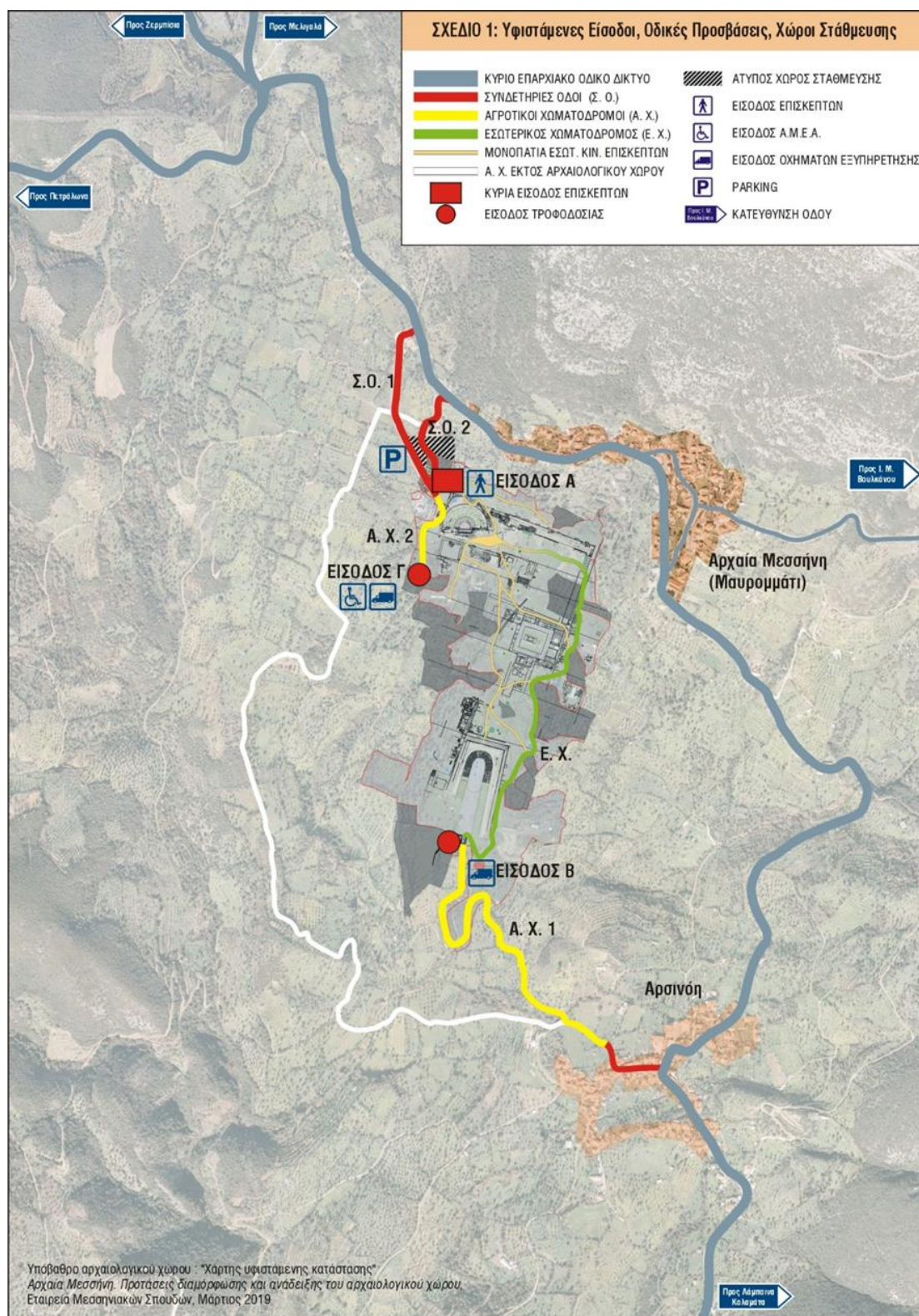
Στον καθαυτό αρχαιολογικό χώρο, ειδικότερα, η οδική πρόσβαση πραγματοποιείται κυρίως από βορρά προς την περιοχή της κύριας Εισόδου επισκεπτών (Είσοδος Α) :

- Κυρίως, μέσω ασφαλτοστρωμένης συνδετήριας οδού (Σ.Ο. 1) 1+1 λωρίδων μεταξύ του κύριου επαρχιακού δικτύου (από την θέση του σημερινού Αρχαιολογικού Μουσείου) και της κύριας και μοναδικής διαμορφωμένης Εισόδου επισκεπτών στον αρχαιολογικό χώρο (εκδοτήριο εισιτηρίων) και τους σχετικούς (άτυπους) χώρους στάθμευσης
- Δευτερευόντως, μέσω ασφαλτοστρωμένης πρακτικά μονόδρομης συνδετήριας οδού (Σ.Ο. 2) που λειτουργεί χωρίς σχετική σήμανση μεταξύ του κύριου επαρχιακού οδικού δικτύου εντός του οικισμού και της περιοχής του ελαιώνα που ατύπως φιλοξενεί σήμερα τις περισσότερες θέσεις στάθμευσης παρά την κύρια Είσοδο των επισκεπτών.

Στον αρχαιολογικό χώρο, πραγματοποιείται επίσης πρόσβαση οχημάτων για εργοταξιακές ανάγκες, τροφοδοσία, πρόσβαση των ΑΜΕΑ στον αρχαιολογικό χώρο και οχήματα εξυπηρέτησης έκτακτης ανάγκης, μέσω αγροτικών χωματόδρομων περιορισμένου πλάτους, ακατάλληλων για συμβατικά οχήματα και χωρίς την παραμικρή σήμανση ως εξής :

- από τον οικισμό Αρσινόη, με στενό αγροτικό χωματόδρομο (Α.Χ. 1), μέχρι μια άλλη είσοδο εργοταξιακού χαρακτήρα, στην περιφέρεια η οποία βρίσκεται νοτιοανατολικά του Σταδίου και του Μουσουλίου των Σαιθιδών (Είσοδος Β). Από την συγκεκριμένη είσοδο εξυπηρετείται η πρόσβαση βαρέων οχημάτων είτε για τις ανάγκες των αρχαιολογικών εργασιών είτε για τις ανάγκες των εκδηλώσεων (μεταφορά εξοπλισμού κλπ) και η δυνατότητα κίνησης συνεχίζεται για ορισμένο τμήμα εντός του αρχαιολογικού χώρου στην ανατολική του πλευρά (ανατολικά του Γυμνασίου και του Ασκληπιείου)
- από την θέση του σημερινού Νεκροταφείου του οικισμού Αρχαίας Μεσσήνης (τ. Μαυρομμάτι) με στενό αγροτικό χωματόδρομο (Α.Χ. 2) (ακατάλληλο για συμβατικά οχήματα) που αναπτύσσεται πλησίον και δυτικά της περιφέρειας του αρχαιολογικού χώρου μέχρι μια αποκλειστικά εργοταξιακού χαρακτήρα Είσοδο (Είσοδος Γ) στον αρχαιολογικό χώρο, λίγο νοτιότερα από τη θέση του ανασκαμμένου αρχαίου Ισείου (από εκεί διενεργείται σήμερα η πρόσβαση των ΑΜΕΑ στο εσωτερικό του αρχαιολογικού χώρου)

Οι οδικές προσβάσεις (Σ.Ο. 1, Σ.Ο. 2, Α.Χ. 1, Α.Χ. 2) στις τρεις σημερινές εισόδους του χώρου αποτυπώνονται στο παρακάτω Σχέδιο (Εικόνα 28).



Εικόνα 28: Υφιστάμενες Είσοδοι, Οδικές Προσβάσεις, Χώροι Στάθμευσης, ΕΛΛΕΤ 2021

Δυνατότητες κίνησης επισκεπτών, ΑΜΕΑ και οχημάτων εξυπηρέτησης εντός του αρχαιολογικού χώρου

Σήμερα όλοι οι επισκέπτες εκτός των ΑΜΕΑ εισέρχονται και εξέρχονται από την κύρια Είσοδο (Είσοδος Α) όπου βρίσκονται και τα εκδοτήρια εισιτηρίων. Περαιτέρω, για τους πεζούς επισκέπτες,

εντός του αρχαιολογικού χώρου σήμερα δεν υπάρχουν οριοθετημένες διαδρομές μεταξύ των μνημείων. Το πρώτο τμήμα της εισόδου στον χώρο συνίσταται σε μια, όχι εντελώς ομαλή (κατηφορική), διαδρομή που ξεκινά από την κύρια Είσοδο των επισκεπτών βορείως του Θεάτρου, με κατεύθυνση προς την Κρήνη της Αρσινόης και την αρχή της Βόρειας Στοάς. Εν συνεχεία, η κίνηση των επισκεπτών πραγματοποιείται ελεύθερα στον χώρο, χωρίς άλλη καθοδήγηση παρά μόνο τα ίδια τα μνημεία και τις ευκολίες ή δυσκολίες του αναγλύφου.

Δεδομένης της διαμόρφωσης του αρχαιολογικού χώρου σε διαδοχικά πλατώματα σταδιακά χαμηλότερου υψομέτρου, η διαρκής καθοδική κίνηση από την Είσοδο που βρίσκεται στο υψηλότερο σημείο μέχρι το Στάδιο (τουλάχιστον) μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε αξονικά στο τμήμα μεταξύ Θεάτρου και Προπύλου του Σταδίου παραπλευρώς (και δυτικά) του Ασκληπείου, είτε περιμετρικά στην ανατολική πλευρά μεταξύ Βόρειας Στοάς και Γυμνασίου, παραπλευρώς και ανατολικά του Ασκληπείου.

Μεγάλο τμήμα της τελευταίας διαδρομής είναι χωμάτινος δρόμος πλάτους 2-3 μέτρων (Εσωτερικός Χωματόδρομος / Ε.Χ.) που συνδέεται με την εργοταξιακού χαρακτήρα είσοδο/έξοδο νοτίως του Σταδίου (Είσοδος Β, η οποία συνδέεται με τον οικισμό της Αρσινόης) και χρησιμοποιείται προφανώς για τις ανάγκες των ανασκαφών (Εικόνα 28). Πρόκειται για το μόνο αμιγώς «οδικό» τμήμα εντός του χώρου, το οποίο όμως δεν συγκροτεί περιμετρικό δίκτυο κίνησης στον χώρο ούτε έχει σαφή σύνδεση με τις άλλες δύο εισόδους (την κύρια των επισκεπτών στο βορρά – Είσοδο Α και την δευτερεύουσα εργοταξιακή από την δυτική πλευρά – Είσοδο Γ).

Αναφορικά με την είσοδο των ΑΜΕΑ στο χώρο, κρίνεται ως ιδιαίτερα δυσμενής, δεδομένου ότι σήμερα πραγματοποιείται κυρίως μέσω της δυτικής εργοταξιακού χαρακτήρα εισόδου (Είσοδος Γ). Δυνητικά, μπορεί να πραγματοποιηθεί και μέσω της νότιας εργοταξιακής εισόδου (Είσοδος Β). Δεν μπορεί ωστόσο να πραγματοποιηθεί από την πολύ πιο κατάλληλη για τον σκοπό αυτό βόρεια πλευρά (Είσοδος Α) όπου επιτρέπεται η πιο ολοκληρωμένη πρώτη θέαση του χώρου. Όσον αφορά την κίνηση των ΑΜΕΑ εντός του αρχαιολογικού χώρου, δεν είναι ευχερής σε όλα τα μνημεία και χρειάζεται να είναι καθοδηγούμενη, δεδομένου της απουσίας κατάλληλης σήμανσης.

Τέλος, σε ότι αφορά την κίνηση των οχημάτων εξυπηρέτησης (βλ. τροφοδοσίας, μεταφοράς υλικών και εξοπλισμού για τις αρχαιολογικές εργασίες και τις εκδηλώσεις, οχήματα έκτακτης ανάγκης – πυροσβεστικά, ασθενοφόρα, οχήματα μεταφοράς μηχανημάτων απαραίτητων για τυχόν έκτακτες ανάγκες, ακόμα και μαζικής μεταφοράς προσώπων για την γρήγορη εκκένωση του χώρου), αυτή μπορεί να πραγματοποιηθεί αποκλειστικά από τις δύο πολύ περιορισμένων γεωμετρικών χαρακτηριστικών (πρακτικά μονόδρομες, με αδυναμία παράλληλης κίνησης και περιοχών ελιγμού) και χαμηλής στάθμης εξυπηρέτησης (χωματόδρομοι αποκλειστικά για αγροτικά και οχήματα βαρέως τύπου) οδικές προσπελάσεις προς τις δύο εργοταξιακού χαρακτήρα εισόδους, νότια και δυτικά (Είσοδοι Β και Γ).

Διαθέσιμοι χώροι στάθμευσης

Παρά την κύρια Είσοδο στον αρχαιολογικό χώρο (Είσοδο Α), καθώς και σε χώρο κοντά στο σημερινό Αρχαιολογικό Μουσείο υπάρχει δυνατότητα άτυπης στάθμευσης ανάμεσα σε ελαιόδενδρα (έως 60 θέσεις παρά την κύρια Είσοδο) και κάτω από ορισμένα στέγαστρα (8-10 θέσεων συνολικά). Επίσης, σε περίοδο αιχμής της ζήτησης για στάθμευση (σε ώρες μαζικών εκδηλώσεων που πραγματοποιούνται στον χώρο λ.χ.) είναι πιθανό ότι θα πραγματοποιείται και παράλληλη με την οδό παρόδια στάθμευση στην μία πλευρά (κατ' εκτίμηση έως 30 θέσεις).

Συνολικά, επομένως, ο χώρος της κύριας Εισόδου (Είσοδος Α) με τις σημερινές πολύ υποτυπώδεις διαμορφώσεις για στάθμευση, μπορεί να φιλοξενήσει τυπικά έως 60 και οριακά έως 90-100 συμβατικά οχήματα.



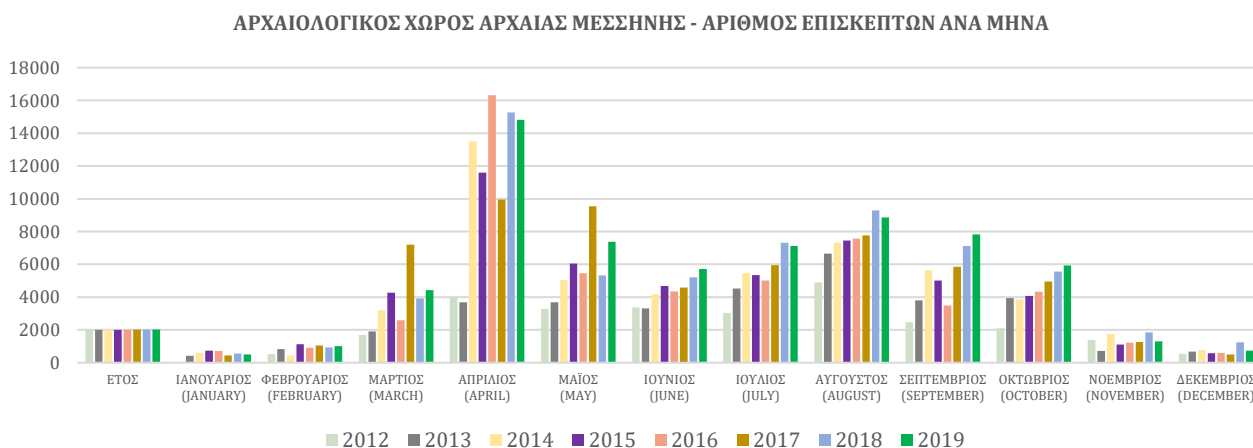
Εικόνα 29: Άποψη του χώρου στάθμευσης στην κύρια Είσοδο Α, ΕΛΛΕΤ 2021

Στην περιοχή των δύο άλλων εργοταξιακών εισόδων στον αρχαιολογικό χώρο (Είσοδος Β στα νότια και Γ στα δυτικά) δεν υπάρχει σήμερα καμιά δυνατότητα στάθμευσης ούτε ελιγμού αναστροφής. Εξάλλου, δεν υπάρχει πρακτικά δυνατότητα προσπέλασης των εισόδων αυτών από οποιοδήποτε συμβατικό όχημα.

3.7 Ανάλυση της επισκεψιμότητας του αρχαιολογικού χώρου

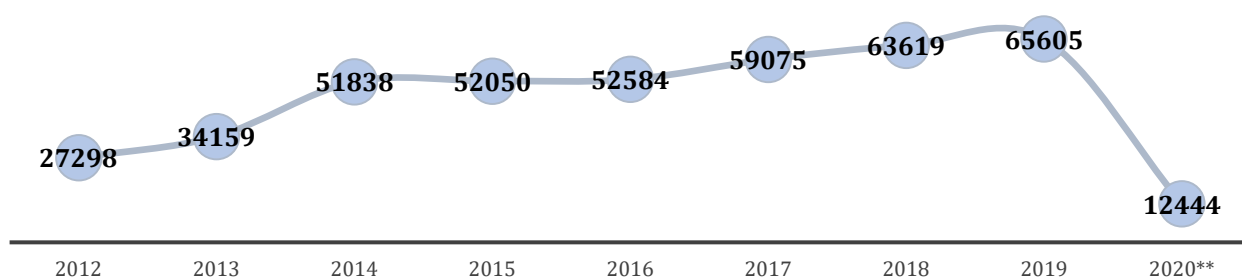
Τα δεδομένα αναφορικά με την επισκεψιμότητα του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης προήλθαν από την Ελληνική Στατιστική Αρχή –ΕΛΣΤΑΤ (ΕΛΣΤΑΤ, n.d.) . Η ψηφιακή αποτύπωση των μηνιαίων εισπράξεων (εισιτηρίων) για το μνημείο ξεκίνησε το έτος 2012.

Παρακάτω, παρουσιάζονται δύο γραφήματα, στα οποία συγκρίνονται τα δεδομένα που αποτυπώθηκαν σε μηνιαία και ετήσια βάση για την περίοδο από το 2012 έως και το 2019. Το έτος 2020 δεν συμπεριλήφθηκε λόγω της πανδημίας Covid-19, οπότε και οι αρχαιολογικοί χώροι ήταν κλειστοί για ένα σημαντικό χρονικό διάστημα.



Γράφημα 2: Μηνιαία κίνηση επισκεπτών στον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης (Ιανουάριος 2012 – Δεκέμβριος 2019)

ΣΥΝΟΛΟ ΕΠΙΣΚΕΠΤΩΝ ΑΝΑ ΕΤΟΣ



Γράφημα 3: Ετήσιος αριθμός επισκεπτών για τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης (Ιανουάριος 2012 – Δεκέμβριος 2019)

Από τα παραπάνω γραφήματα προκύπτει για την περίοδο Ιανουάριος 2012-Δεκέμβριος 2019 ότι ο μεγαλύτερος φόρτος καταγράφεται για κάθε έτος το μήνα Απρίλιο. Επιπλέον, προκύπτει ότι η κίνηση έχει αυξητική τάση κάθε χρόνο, με τη μεγαλύτερη τιμή να καταγράφεται το 2019 (σε σχέση με το 2012, το 2019 η τιμή έχει αυξηθεί κατά 140,33%).

Σε ότι αφορά στους εργαζόμενους στον αρχαιολογικό χώρο, οι πληροφορίες που δόθηκαν κάνουν λόγο για 10-15 καθημερινά εργαζόμενους που όμως σε περιόδους ανασκαφών μπορούν να ανέλθουν και σε 50.

Τέλος, σε ότι αφορά στους χώρους που μπορούν να φιλοξενήσουν μαζικές εκδηλώσεις εντός του αρχαιολογικού χώρου, μολονότι η υπηρεσία δεν διαθέτει επίσημα στοιχεία από τους φορείς που πραγματοποιούν τις εκδηλώσεις, οι πληροφορίες σχετικά με την «χωρητικότητα» -κυρίως σε καθημερινούς- των υπόψη χώρων, είναι οι εξής:

- Θέατρο : περίπου 1200 καθήμενοι
- Εκκλησιαστήριο : περίπου 550 καθήμενοι
- Στάδιο : περίπου 5.500 καθήμενοι και έως 2.500 όρθιοι στον χώρο (σε περιπτώσεις συναυλιών)

Δεδομένου ότι οι χώροι αυτοί δεν μπορούν ποτέ να φιλοξενούν ταυτόχρονα εκδηλώσεις, το δυσμενέστερο σενάριο που λαμβάνεται υπόψη, ως προς την πίεση που δέχεται ο χώρος από επισκέπτες, είναι οι εκδηλώσεις που μπορούν να πραγματοποιηθούν στο Στάδιο (είσοδος – έξοδος έως 8.000 επισκεπτών και μεταφορά/εγκατάσταση – απομάκρυνση εξοπλισμού με οχήματα βαρέως τύπου).

Με βάση πρότυπα που ισχύουν διεθνώς για αξιολόγηση βιωσιμότητας υποδομών και σχεδιασμού για εξωαστικές περιοχές με χαμηλό δείκτη προσβασιμότητας και για χρήσεις με ροή επισκεπτών (και όχι αποκλειστικά συστηματικά εργαζόμενων) η αναλογία πρόβλεψης θέσεων ανά συνολικό αριθμό επισκεπτών αναμένεται να είναι 1:3. Επομένως, οι 60-100 θέσεις καλύπτουν πλήρως την ζήτηση για τις περιόδους που η ημερήσια επισκεψιμότητα δεν ξεπερνά τα 200-300 άτομα ή κατ' αναλογία, η μηνιαία επισκεψιμότητα δεν ξεπερνά τα 6.000-9.000 άτομα, δηλαδή για τους περισσότερους μήνες του χρόνου.

Η τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου

4. Η τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης

4.1 Περιγραφή της τρωτότητας

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι κίνδυνοι από την κλιματική αλλαγή στους οποίους είναι εκτεθειμένος ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης και κατ' επέκταση να προσδιοριστούν οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισης τους, κρίνεται απαραίτητη η κατανόηση της τρωτότητας του εν λόγω μνημείου. Η εκτίμηση της τρωτότητας (vulnerability assessment) ενός συστήματος στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής καθιερώθηκε ως προσέγγιση έναντι της ανάλυσης κινδύνου (risk analysis) από το Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) μετά την έκδοση της τρίτης αξιολογητικής του έκθεσης [Third Assessment Report (TAR)] το 2001. Στην αναφορά αυτή η εκτίμηση της τρωτότητας συστήνεται ως βασικό πρόδρομο βήμα για την ανάπτυξη μεθόδων αντιμετώπισης των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε όλους τους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας. Το πλεονέκτημα της συγκεκριμένης προσέγγισης έναντι της παραδοσιακής ανάλυσης κινδύνου, έγκειται στο γεγονός ότι δεν βασίζεται αποκλειστικά στην εκτίμηση της έκθεσης και της ευαισθησίας του συστήματος σε έναν ή περισσότερους κινδύνους αλλά λαμβάνει επιπρόσθετα υπόψη την ικανότητα του να προσαρμόζεται στις νέες συνθήκες/καταστάσεις και να ανακτή την ισορροπία του μέσα σε αυτές.

Συγκεκριμένα ως Τρωτότητα ενός συστήματος⁹ ορίζεται η τάση ή η προδιάθεσή αυτού να επηρεαστεί δυσμενώς από την κλιματική αλλαγή και δύναται να οριστεί από τρία (3) συνθετικά στοιχεία: από την έκθεση του συστήματος (exposure), από την ευαισθησία του συστήματος (sensitivity) στους κινδύνους της κλιματικής αλλαγής αλλά και από την προσαρμοστική του ικανότητα (adaptive capacity) απέναντι σε αυτούς. Στις Αξιολογητικές Εκθέσεις (Assessment Reports – AR1-AR5) της Διακυβερνητικής Επιτροπής για την Αλλαγή του Κλίματος (IPCC), οι ανωτέρω έννοιες ορίζονται ως εξής:

Έκθεση του συστήματος (exposure): Ο βαθμός στον οποίο, το εκάστοτε εξεταζόμενο σύστημα βρίσκεται σε μέρος όπου εκτίθεται δυσμενώς στις κλιματικές παραμέτρους (θερμοκρασία, κατακρημνίσεις, άνεμος) και στις συνέπειες τις κλιματικής αλλαγής.

Ευαισθησία του συστήματος (sensitivity): Ο βαθμός στον οποίο, το εκάστοτε εξεταζόμενο σύστημα έχει επηρεαστεί δυσμενώς ή θετικά από την κλιματική αλλαγή (κλιματική μεταβλητότητα). Η επίδραση δύναται να είναι άμεση ή έμμεση.

Προσαρμοστική Ικανότητα (Adaptive Capacity): Η ικανότητα του εκάστοτε εξεταζόμενου συστήματος να προσαρμοστεί στις κλιματικές μεταβολές και στα ακραία φαινόμενα, τα οποία μπορεί εν δυνάμει να προκύψουν ως συνέπεια της κλιματικής αλλαγής, να μετριάσει τις πιθανές ζημιές, να αντιμετωπίσει ή να εκμεταλλευτεί θετικά τις κλιματικές μεταβολές και να επανέλθει από τις πιθανές συνέπειες.

Προσανατολισμένη στην οπτική της UNESCO σχετικά με την εξέχουσα οικουμενική αξία των μνημείων που εντάσσονται στον Κατάλογο Παγκόσμιας Κληρονομιάς και αναγνωρίζοντας ότι κάθε στοιχείο πολιτιστικής κληρονομιάς εμπεριέχει συγκεκριμένες αξίες η Daly (2014) επιχειρεί μια αναδιατύπωση των ορών «έκθεση», «ευαισθησία» και «τρωτότητα» ως εξής:

Έκθεση είναι ο βαθμός στον οποίο μια αναγνωρισμένη αξία πολιτιστικής κληρονομιάς είναι εκτεθειμένη στις κλιματικές μεταβολές και στις συσχετιζόμενες επιπτώσεις τους. Προσδιορίζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες (φυσικές και ατμοσφαιρικές)¹⁰.

⁹ Ως εξεταζόμενο σύστημα μπορεί να λαμβάνεται ένα στοιχείο πολιτιστικής κληρονομιάς, το κοινωνικό σύνολο και οι συνθήκες διαβίωσης, είδη και οικοσυστήματα, το περιβάλλον και οι φυσικοί πόροι, οι υποδομές, η οικονομία κ.ο.κ.

¹⁰ *Exposure is the degree to which an identified heritage value is exposed to climatic variations and their related impacts. It is determined by environmental conditions (physical and atmospheric).*

Ευαισθησία είναι ο βαθμός στον οποίο μια αναγνωρισμένη αξία πολιτιστικής κληρονομιάς επηρεάζεται, αρνητικά ή και θετικά, από ερεθίσματα συσχετιζόμενα με το κλίμα. Η συνέπεια μπορεί να αφορά σε επίπεδο αντικειμένου, συγκέντρωσης ή συστήματος¹¹.

Τρωτότητα είναι ο βαθμός στον οποίο μια αναγνωρισμένη αξία πολιτιστικής κληρονομιάς είναι ευάλωτη ή θα επηρεαστεί αρνητικά από επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, συμπεριλαμβανομένης της κλιματικής αστάθειας/μεταβλητότητας και των ακραίων κλιματικών φαινομένων. Η Τρωτότητα (V) αποτελεί συνάρτηση της έκθεσης (E), της ευαισθησίας (S) και της προσαρμοστικής ικανότητας (AC) σύμφωνα με την εξίσωση $V = (E+S) - AC$ ¹². Συνολικά, ένας υψηλός βαθμός τρωτότητας για ένα σύστημα προκύπτει από υψηλούς βαθμούς έκθεσης και ευαισθησίας με παράλληλη χαμηλή προσαρμοστική ικανότητα. Στην περίπτωση, κατά την οποία το εξεταζόμενο σύστημα επηρεάζεται θετικά από την κλιματική αλλαγή, η τιμή του S λαμβάνει αρνητικό πρόσημο.

Η σύνταξη αναλύσεων τρωτότητας ως προς τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής συνιστά ένα αναπτυσσόμενο πεδίο με διεπιστημονικές καταβολές, που αναφέρεται σε πολλούς και ποικίλους τομείς της ανθρώπινης δραστηριότητας και του περιβάλλοντός στο οποίο αυτή αναπτύσσεται¹³. Ως εκ τούτου, δεν υφίσταται μια κοινά αποδεκτή πρακτική ή μία αυστηρά προσδιορισμένη μεθοδολογία με δυνατότητα συνολικής εφαρμογής. Κάθε εξεταζόμενη περίπτωση εμπεριέχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και μεμονωμένες ανάγκες, γεγονός που καθιστά αδύνατο έναν καθολικά αναγνωρισμένο τρόπο ανάλυσης των αιτίων και των αιτιατών στα διάφορα συστήματα. Για τον τομέα της πολιτιστικής κληρονομιάς έχουν αναπτυχθεί αντίστοιχα αρκετά διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις, οι οποίες ανάλογα με τα εκάστοτε ζητούμενα μπορεί να αλλάζει η χωρική κλίμακα εφαρμογής τους. Έτσι, ορισμένες από αυτές είναι προσανατολισμένες στην κλίμακα του τοπίου, άλλες επικεντρώνονται σε μεμονωμένους αρχαιολογικούς χώρους, μνημεία ή ιστορικές πόλεις ενώ κάποιες άλλες αποφεύγουν την χωρική κλιμάκωση και δίνουν βάση στις αξίες που ενέχουν τα εξεταζόμενα κάθε φορά στοιχεία της πολιτιστικής κληρονομιάς (ενδεικτική βιβλιογραφία: Shröter *et al.* 2005, Woodside 2006, Daire *et al.* 2012, Daily 2014a, Gandindi *et al.* 2018 a και 2018b, Cook *et al.* 2019, Reeder-Myers 2019, Day *et al.* 2020).

4.2 Ανάλυση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου

Στην παρούσα μελέτη αποφασίστηκε κατόπιν της αναγνώρισης των βασικών χαρακτηριστικών που απαρτίζουν την ταυτότητα του χώρου (βλ. 3. Αναγνώριση των χαρακτηριστικών του αρχαιολογικού χώρου), η διακριτή ανάλυσή και κατηγοριοποίηση τους σε βασικές ενότητες, ακολουθώντας τις έννοιες της έκθεσης, της ευαισθησίας και της προσαρμοστικής ικανότητας, όπως διατυπώθηκαν παραπάνω. Επισημαίνεται ότι στην ανάλυση των κλιματικών δεδομένων, οι κίνδυνοι της πυρκαγιάς και της πλημμύρας έχουν ήδη αναδειχθεί ως οι βασικότερες επιπτώσεις που εκτιμάται ότι θα επηρεάσουν δυσμενώς το μνημείο (42). Πιο συγκεκριμένα εξετάζονται

1. Η **θέση και τα τοπογραφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά** του μνημείου, δηλαδή η έκθεση του χώρου σε κλιματικές μεταβολές και ακραία καιρικά φαινόμενα. Για τον κίνδυνο πυρκαγιάς στην εν λόγω περιοχή, έχει ήδη πραγματοποιηθεί ο αντίστοιχος έλεγχος του δείκτη FWI στην ενότητα των κλιματικών δεδομένων (Ανάλυση του δείκτη «Fire Weather Index (FWI)»). Για τον κίνδυνο της πλημμύρας λόγω θέσης (γεωγραφικά, τοπογραφικά και γεωλογικά χαρακτηριστικά), πραγματοποιήθηκε υδρολογική προσομοίωση της περιοχής και εξετάστηκε ο κίνδυνος στα τρία μελλοντικά κλιματικά σενάρια. Επιπλέον, αξιολογήθηκε η επικινδυνότητα εμφάνισης των φαινομένων της ερημοποίησης και της διάβρωσης λόγω θέσης.

¹¹ Sensitivity is the degree to which an identified heritage value is affected, either adversely or beneficially, by [climate-related] stimuli. The effect may occur at artefact, assemblage or system level.

¹² Vulnerability is the degree to which an identified cultural heritage value is susceptible to, or will be adversely affected by, effects of climate change, including climate variability and extremes. Vulnerability (V) is a function of exposure (E), sensitivity (S), and adaptive capacity (AC) as represented by the equation $V = (E+S) - AC$.

¹³ Η Ελληνική Εθνική Στρατηγική για την Κλιματική Αλλαγή περιλαμβάνει 15 τομεακές πολιτικές ή τομείς τρωτότητας: γεωργία και κτηνοτροφία, δασοπονία, βιοποικιλότητα και οικοσυστήματα, αλιεία, υδατοκαλλιέργειες, υδάτινοι πόροι, παράκτιες ζώνες, τουρισμός, ενέργεια, υποδομές και μεταφορές, υγεία, δομημένο περιβάλλον, εξορυκτική βιομηχανία, πολιτιστική κληρονομιά, ασφαλιστικός τομέας.

2. Η **ευαισθησία** του αρχαιολογικού χώρου. Για την παράμετρο της ευαισθησίας, αναλύθηκε εκτενώς η ευαισθησία της αυτοφυούς και καλλιεργούμενης βλάστησης εντός και πέριξ του αρχαιολογικού χώρου, καθώς και η ευαισθησία των υλικών στις κλιματικές μεταβολές και στις επιπτώσεις αυτών.
3. Η **επάρκεια των υφιστάμενων υποδομών**, ηλεκτρομηχανολογικών και συγκοινωνιακών, ως βασική παράμετρος που επηρεάζει την προσαρμοστική ικανότητα του μνημείου.
4. Η **υφιστάμενη διαχείριση** του αρχαιολογικού χώρου, ως βασική παράμετρος που επηρεάζει την προσαρμοστική ικανότητα του μνημείου.

Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση τη θέση (γεωγραφικά, τοπογραφικά, γεωλογικά)

Εκτίμηση του κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς λόγω θέσης του μνημείου

Όπως έχει ήδη αναλυθεί εκτενώς και στο κεφάλαιο με τα κλιματικά δεδομένα στην ενότητα Ανάλυση του δείκτη «Fire Weather Index (FWI)», ο κίνδυνος πυρκαγιάς αναμένεται να αυξηθεί και στην περίπτωση και των τριών κλιματικών σεναρίων, από το ευμενέστερο RCP2.6 έως και το δυσμενέστερο RCP8.5. Επιπλέον, προέκυψε (Διάγραμμα 9) ότι και για τα τρία κλιματικά σενάρια, τους μήνες Ιούλιος και Αύγουστος οι τιμές του δείκτη προβλέπεται να είναι ακραίες, σε αντίθεση με την περίοδο αναφοράς 1971-2000, οπότε οι τιμές βρίσκονταν στην κλάση «πολύ υψηλός». Τέλος, προέκυψε ότι οι πιο επικίνδυνοι μήνες για πυρκαγιά είναι από τον Ιούνιο έως και το Σεπτέμβριο, με τις μεγαλύτερες τιμές του δείκτη να αποτυπώνονται στα σενάρια Sc5 και Sc6 (περίπτωση του κλιματικού σεναρίου RCP8.5).

Το γεγονός αυτό (υψηλός κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς), σε συνδυασμό με τη διαθέσιμη καύσιμη ύλη στην περιοχή (κύρια προερχόμενη από τους αείφυλλους σκληρόφυλλους θαμνώνες των περιμετρικά ευρισκόμενων λόφων, αλλά και των ελαιοκαλλιεργειών, βλ. σελ. 53), μπορούν να τροφοδοτήσουν σημαντική για τη θέση πυρκαγιά, όπως συνέβη και στο παρελθόν (25 Αυγούστου 2014).

Εκτίμηση του κινδύνου εκδήλωσης πλημμύρας λόγω θέσης του μνημείου

Καθώς –όπως έχει υπολογιστεί– αυξάνεται ο αριθμός των συνεχόμενων και συνολικών ξηρών ημερών, των ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας και η πιθανότητα εκδήλωσης πυρκαγιάς στην περιοχή, αναμένεται ότι και ο κίνδυνος πλημμύρας θα είναι υψηλός (ως αποτέλεσμα της αύξησης της ξηρασίας, υποχώρηση της στάθμης των επιφανειακών υδάτων και διάβρωσης των εδαφών από ερημοποίηση και πυρκαγιές).

Για την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας στον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης λόγω κλιματικής αλλαγής, χρησιμοποιήθηκε το υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE 2020 της DHI (DHI, 2020). Το μοντέλο MIKE SHE επιτρέπει την προσομοίωση ενός συνόλου διεργασιών του υδρολογικού κύκλου, δηλαδή: 1) Επιφανειακή απορροή (Overland Flow, OL), 2) Ροή στην ακόρεστη ζώνη (Unsaturated Zone, UZ), 3) Εξατμισοδιαπνοή (Evapotranspiration, ET), 4) Ροή στη κορεσμένη ζώνη (Saturated Zone, SZ).

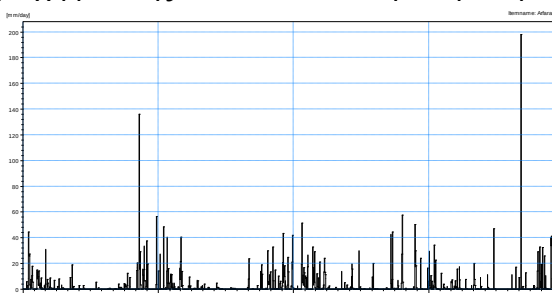
Στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Εισαγωγή στο υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE δίνονται όλες οι πληροφορίες για τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την υδρολογική προσομοίωση της μελέτης περίπτωσης του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.

Αρχικά το μοντέλο στήθηκε και βαθμονομήθηκε για το πλημμυρικό επεισόδιο που έλαβε χώρα τον Σεπτέμβριο του 2016 και προκάλεσε φθορές στον αρχαιολογικό χώρο. Στη συνέχεια, έγινε ο έλεγχος κινδύνου πλημμύρας για τα τρία μελλοντικά κλιματικά σενάρια, τα οποία προτείνονται από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC).

Υδρολογική προσομοίωση του αρχαιολογικού χώρου για την περίοδο 2013-2016

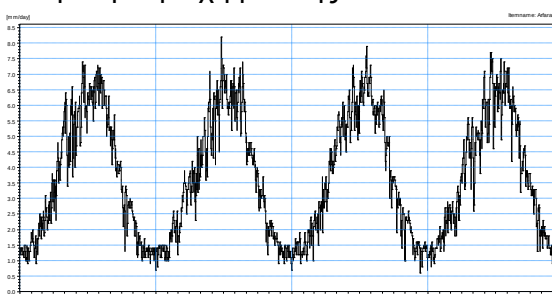
Αρχικά η υδρολογική προσομοίωση της περιοχής του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης πραγματοποιήθηκε για την περίοδο 2013-2016. Ως χρονικό βήμα επιλέχθηκε η μία ημέρα, καθώς τα διαθέσιμα κλιματολογικά δεδομένα είναι σε ημερήσιο χρονικό βήμα.

Με βάση τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Αρφαρά, η μέση ετήσια βροχόπτωση στη περιοχή μελέτης είναι 948.2 mm για την περίοδο 2013-2016 (Εικόνα 30).



Εικόνα 30. Μεταβολή της ημερήσιας βροχόπτωσης με βάση τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Αρφαρά

Με βάση τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Αρφαρά, η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή στη περιοχή μελέτης είναι 1328.3 mm για την περίοδο 2013-2016 (Εικόνα 31).



Εικόνα 31. Μεταβολή της ημερήσιας δυνητικής εξατμισοδιαπνοής του μετεωρολογικού σταθμού Αρφαρά

Προσομοίωση πλημμυρικού επεισοδίου 06-08/09/2016

Την περίοδο 06 έως 09 Σεπτεμβρίου 2016 ένα αποκομμένο βαρομετρικό χαμηλό σύστημα στα νοτιοδυτικά της χώρας προκάλεσε ένα 4-ημερών ακραίο καιρικό φαινόμενο που έπληξε κυρίως την δυτική Ελλάδα έχοντας ως αποτέλεσμα ισχυρές καταιγίδες, σφοδρές βροχοπτώσεις, πλημμύρες, κατολισθήσεις και τοπικά ανεμοστρόβιλους (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2016).

Στην περιοχή της Μεσσηνίας το πλημμυρικό επεισόδιο άρχισε να εκδηλώνεται το βράδυ της 6ης Σεπτεμβρίου, κορυφώθηκε στις 7 Σεπτεμβρίου, ενώ έως τις 8 Σεπτεμβρίου τις πρώτες πρωινές ώρες το φαινόμενο είχε πια εξασθενήσει (Πίνακας 9). Με βάση τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού Αρφαρά η συνολική βροχόπτωση στην περιοχή μελέτης το τριήμερο 06-08/09/2016 ήταν 279 mm.

Πίνακας 9. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου στις 06-08/09/2016 με βάση τα δεδομένα του σταθμού Καλαμάτας (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, WMO-ID: 16726)

Ημερομηνία	Ώρα	Βροχόπτωση (mm)
05/09/2016	06:00	0
	12:00	0
	18:00	0
06/09/2016	00:00	0
	06:00	0
	12:00	14.0/6h
	18:00	55.0/12h
07/09/2016	00:00	6.0/6h
	06:00	132.6/24h, 78.0/12h
	12:00	9.0/6h
	18:00	9.0/12h
08/09/2016	00:00	0.0/6h

	06:00	91.0/24h, 0.4/12h
	12:00	Trace/6h
	18:00	Trace /12h
09/09/2016	00:00	0.0/6h
	06:00	0.0/12h, Trace /24h
	12:00	0.0/6h
	18:00	0.0/12h
10/09/2016	00:00	0.0/6h

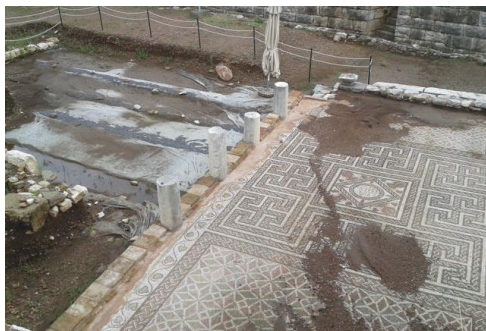
Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, η πλημμύρα εκδηλώθηκε στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης στις 07/09/2016. Οι περιοχές του αρχαιολογικού χώρου όπου υπήρξε μεγάλη συγκέντρωση νερού ήταν στην Αγορά, στο Ασκληπιείο, στη Βασιλική και στο Στάδιο. Το μεγαλύτερο βάθος σημειώθηκε στην περιοχή της Αγοράς (Εικόνα 37i, Εικόνα 36).

Στις 08/09/2016 το φαινόμενο κορυφώθηκε (Εικόνα 37ii), ενώ 09-10/09/2016 σταδιακά το πλημμυρικό φαινόμενο άρχισε να εξασθενεί, έως τις 15/09/2016 το φαινόμενο είχε τελειώσει πλήρως (**Error! Reference source not found.**, Εικόνα 36).

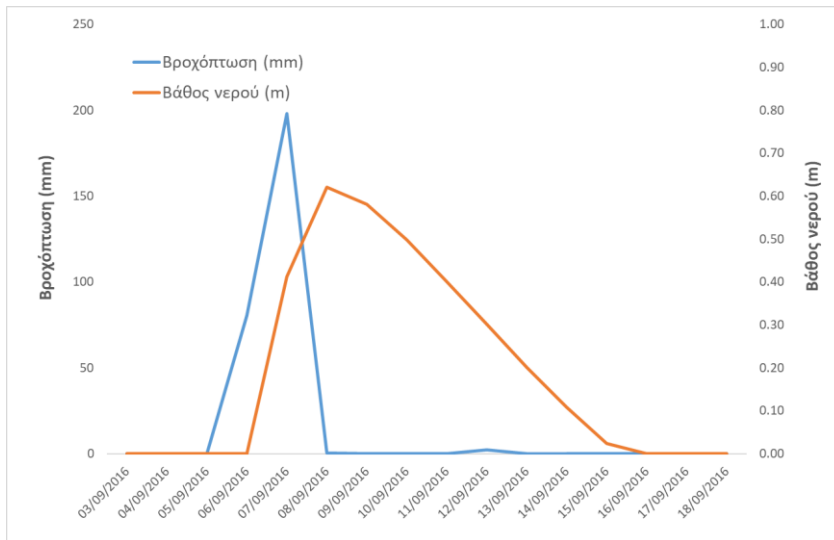
Η εξέλιξη του πλημμυρικού φαινομένου, όπως προσομοιώθηκε για της ανάγκες της συγκεκριμένης μελέτης, συμφωνεί με τα ντοκουμέντα που ανακτήθηκαν από το διαδίκτυο. Συγκεκριμένα, σύμφωνα με δημοσιεύματα, στις 08/09/2016 είχε πλημμυρίσει η περιοχή της Αγοράς (Εικόνα 32), και σημειώθηκε συγκέντρωση φερτών υλικών στο βόρειο και ανατολικό τμήμα του Θεάτρου (Εικόνα 34, Εικόνα 35).



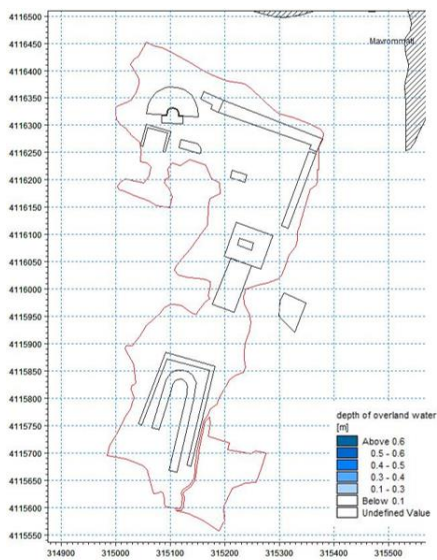
Εικόνα 32. Άποψη του αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης από Εικόνα 33. Άποψη της πλημμυρισμένης αγοράς και των φερτών υλικών την περιοχή του Θεάτρου προς νότια στις 08/09/2016 (πηγή: (http://orthologika.blogspot.com/2016/09/blog-post_10.html) <https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/103838-kleisti-gia-20-imeres-i-arxaia-messini-meta-tin-plimmyra-fotografies>)



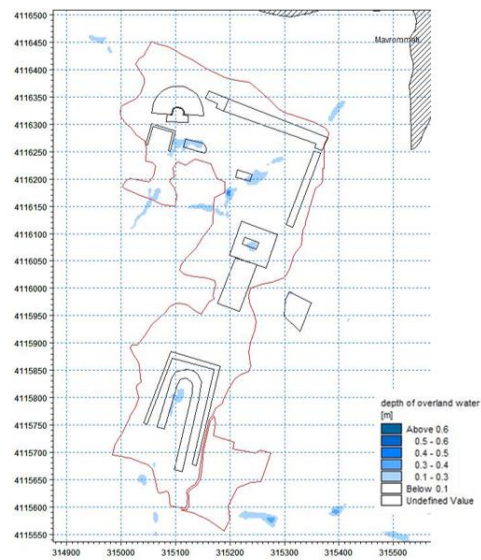
Εικόνα 34. Άποψη του αρχαιολογικού χώρου Αρχαίας Μεσσήνης α- Εικόνα 35. Άποψη των φερτών υλικών λόγω της πλημμύρας βόρεια του ανατολικά από την περιοχή του Θεάτρου της Αρχαίας Μεσσήνης στις 08/09/2016 (πηγή: <https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/103838-kleisti-gia-20-imeres-i-arxaia-messini-meta-tin-plimmyra-fotografies>) <https://eleftheriaonline.gr/local/koinonia/item/103838-kleisti-gia-20-imeres-i-arxaia-messini-meta-tin-plimmyra-fotografies>)



Εικόνα 36. Εξέλιξη πλημμυρικού επεισοδίου 06-08/09/2016 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού

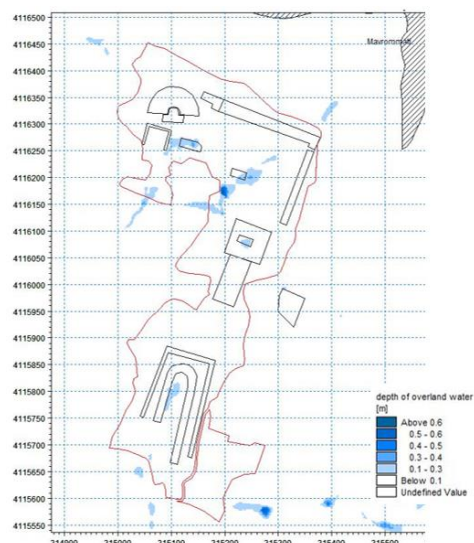


(i) 06/09/2016

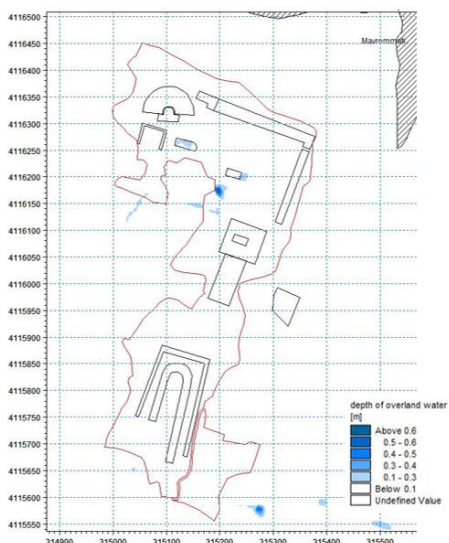


(ii) 07/09/2016

Εικόνα 37. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 06-08/09/2016 (i: 06/09/2016, ii: 07/09/2016)



(iii) 08/09/2016



(iv) 09/09/2016

Εξέταση κινδύνου πλημμύρας με βάση κλιματικά σενάρια

Στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης για την εκτίμηση και ανάλυση του κινδύνου πλημμύρας από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης, αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα από το κλιματικό μοντέλο MPI14, για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP 4.5 & RCP8.5 (ήπιο, μέτριο και δυσμενές κλιματικό σενάριο αντίστοιχα). Το βαθμονομημένο υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE 2020 έτρεξε αρχικά για την περίοδο αναφοράς (1971 - 2000) και στη συνέχεια για τις περιόδους 2031-2060 (βραχυπρόθεσμα-near future period) και 2071-2100 (μακροπρόθεσμα-distant future period), για τα τρία κλιματικά σενάρια RCP2.6, RCP 4.5 και RCP8.5 (ήπιο, μέτριο και δυσμενές κλιματικό σενάριο αντίστοιχα). Παρακάτω, παρατίθενται αναλυτικά τα σενάρια τα οποία μελετήθηκαν (Πίνακας 10):

Πίνακας 10. Υπό εξέταση κλιματικά σενάρια στα πλαίσια της παρούσας μελέτης

α/α	Σενάριο	Περίοδος	Κλιματικό σενάριο IPCC	Μέση ετήσια βροχόπτωση (mm)	Μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή (mm)	Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C)		
						Ελάχιστη	Μέση	Μέγιστη
1	-	1971-2000	-	1037.4	1128.3	9.8	14.8	19.9
2	Sc1	2031-2060	RCP 2.6	874.0	1183.5	11.1	16.1	21.3
3	Sc2	2071-2100	RCP 2.6	1107.0	1175.1	10.8	15.9	21.1
4	Sc3	2031-2060	RCP 4.5	946.9	1185.5	11.4	16.4	21.5
5	Sc4	2071-2100	RCP 4.5	821.4	1199.7	11.7	16.7	21.8
6	Sc5	2031-2060	RCP 8.5	845.6	1196.6	11.6	16.6	21.8
7	Sc6	2071-2100	RCP 8.5	606.9	1292.7	14.1	19.1	24.4

Σημειώνεται ότι η δυνητική εξατμισοδιαπνοή στα διάφορα κλιματικά σενάρια υπολογίστηκε με την εμπειρική μέθοδο Hargreaves (Hargreaves & Samani, 1985).

Αποτελέσματα κλιματικών σεναρίων

- Περίοδος αναφοράς 1971-2000

Κατά την περίοδο αναφοράς 1971-2000 η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 1037.3 mm και η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 1128.3 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 14.8oC, η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 19.9oC και η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 9.8oC (Πίνακας 10).

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά την περίοδο αναφοράς 1971-2000 δεν παρατηρήθηκε κάποιο πλημμυρικό επεισόδιο στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.

- Κλιματικό σενάριο Sc1: 2031-2060, RCP2.6

Στο κλιματικό σενάριο Sc1 (2031-2060, RCP2.6 / βραχυπρόθεσμο - ήπιο κλιματικό σενάριο) η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 874.0 mm και η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 1183.5 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16.1oC, η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 21.3oC και η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 11.1oC (Πίνακας 10).

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά το κλιματικό σενάριο Sc1 δεν παρατηρήθηκε κάποιο πλημμυρικό επεισόδιο στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.

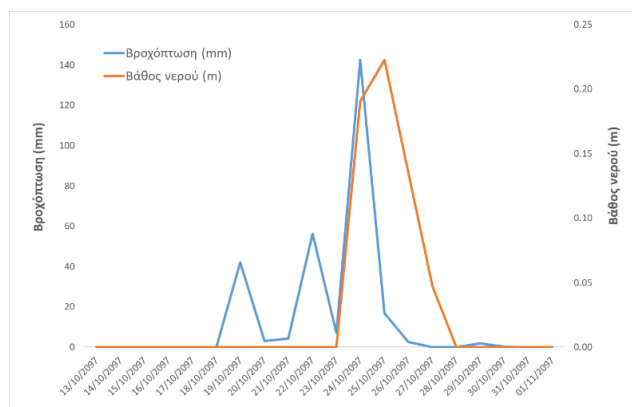
- Κλιματικό σενάριο Sc2: 2071-2100, RCP2.6

Στο κλιματικό σενάριο Sc2 (2071-2100, RCP2.6 / μακροπρόθεσμο - ήπιο κλιματικό σενάριο) η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 1107.0 mm και η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 1175.1 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 15.9oC, η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 21.1oC και η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 10.8oC (Πίνακας 10).

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά το κλιματικό σενάριο Sc2 σημειώθηκε ένα πλημμυρικό επεισόδιο κατά την περίοδο 24-27/10/2097. Κατά την περίοδο αυτή σημειώθηκαν 161.7 mm βροχόπτωσης, ωστόσο τις προηγούμενες ημέρες (19-24/10/2097) σημειώθηκαν 113.2 mm βροχόπτωσης, με συνέπεια τον κορεσμό του εδάφους. Το μέγιστο βάθος νερού σημειώθηκε στην περιοχή της Αγοράς και ήταν 0.22 m (Εικόνα 38, Εικόνα 39).



Εικόνα 38. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 24-27/10/2097 (i: 24/10/2097, ii: 25/10/2097, iii: 26/10/2097, iv: 27/10/2097)

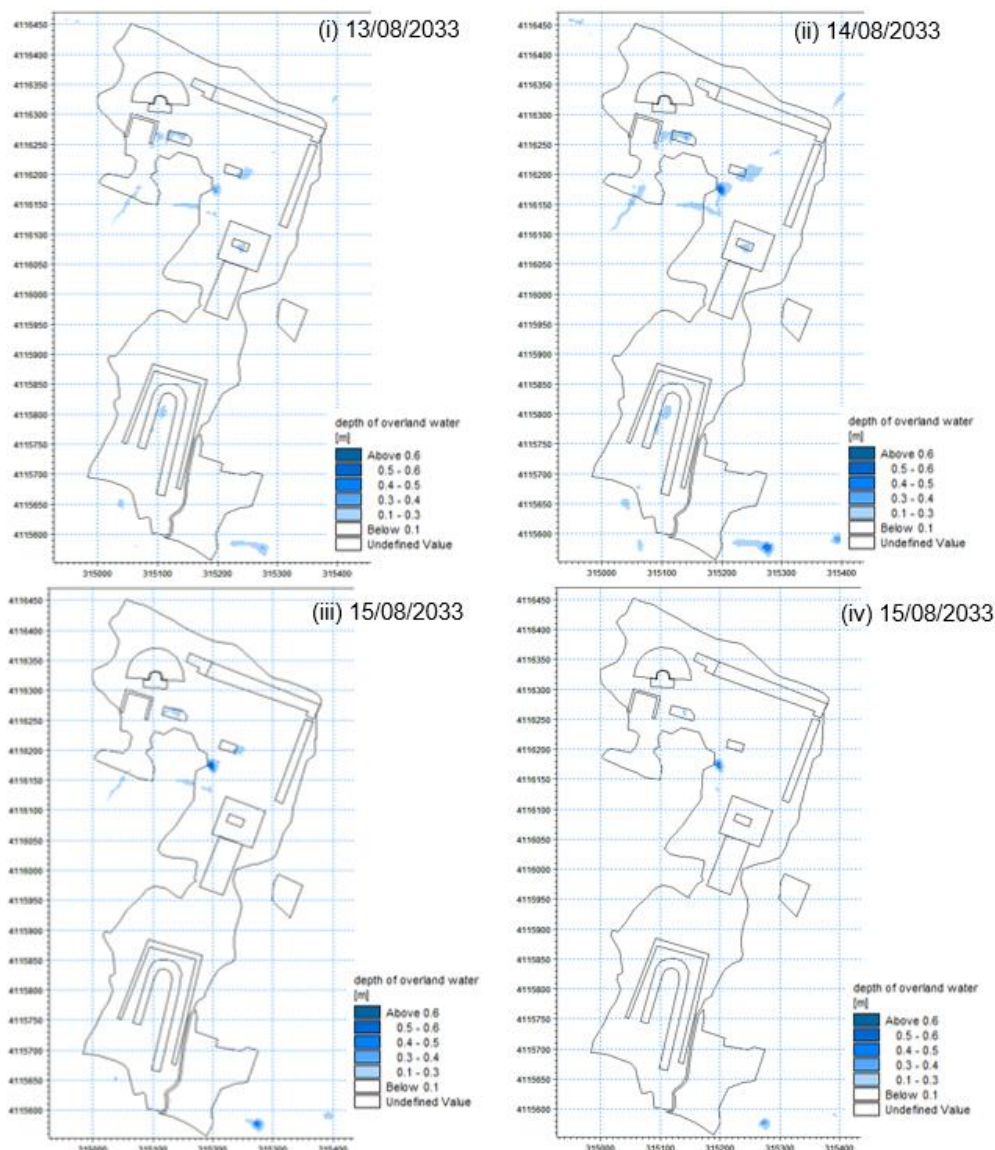


Εικόνα 39. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου 24-27/10/2097 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού.

- Κλιματικό σενάριο Sc3: 2031-2060, RCP4.5

Στο κλιματικό σενάριο Sc3 (2031-2060, RCP4.5 / βραχυπρόθεσμο - μέτριο κλιματικό σενάριο) η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 946.9 mm και η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 1185.5 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16.4οC, η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 21.5οC και η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 11.4οC (Πίνακας 10).

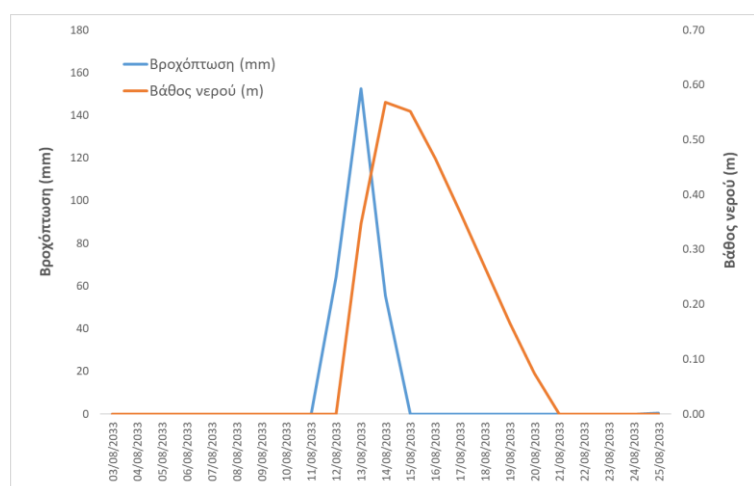
Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά το κλιματικό σενάριο Sc3 σημειώθηκαν δύο πλημμυρικά επεισόδια. Το πρώτο εκδηλώθηκε κατά την περίοδο 13-20/08/2033, και συνδέεται με το επεισόδιο βροχόπτωσης που σημειώθηκε κατά την περίοδο 12-14/8/2033 κατά το οποίο παρατηρήθηκαν 272.2 mm βροχής. Το μέγιστο βάθος νερού σημειώθηκε στην περιοχή της Αγοράς και ήταν 0.57 m (Εικόνα 42, Εικόνα 40, Εικόνα 41).



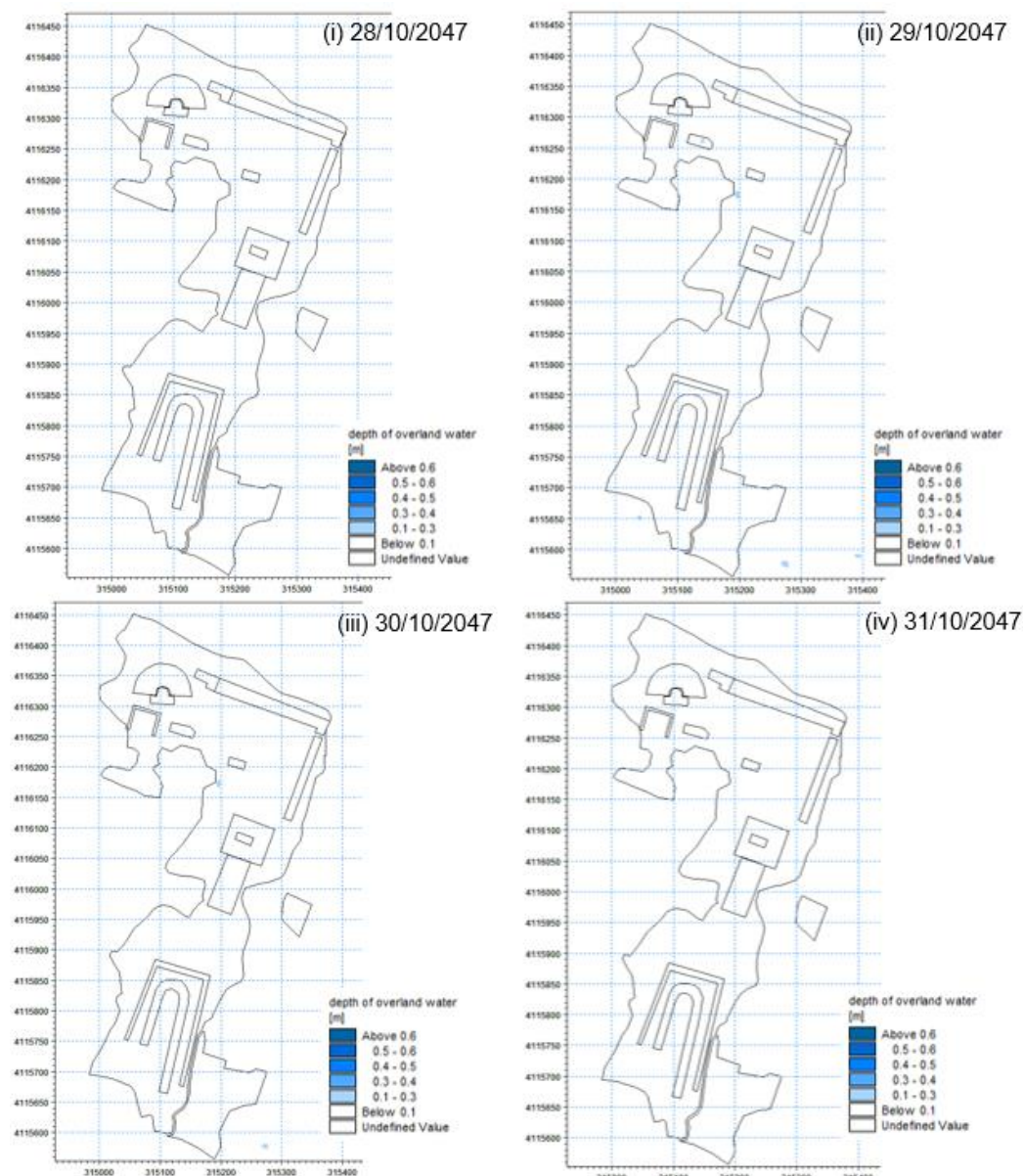
Εικόνα 40. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 13-20/08/2033 (i: 13/08/2033, ii: 14/08/2033, iii: 15/08/2033, iv: 16/08/2033)



Εικόνα 41. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 13-20/08/2023 (i: 17/08/2023, ii: 18/08/2023) (συνέχεια)

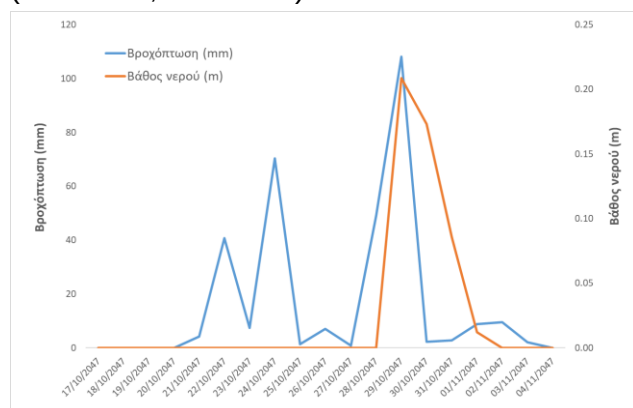


Εικόνα 42. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου 13-20/08/2023 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού



Εικόνα 43. Αποτελέσματα προσομοίωσης του πλημμυρικού επεισοδίου 29/10-01/11/2047 (i: 28/10/2047, ii: 29/10/2047, iii: 30/10/2047, iv: 31/10/2047)

Το δεύτερο πλημμυρικό επεισόδιο σημειώθηκε στις 29/10-01/11/2047 και συνδέεται με το επεισόδιο βροχής πολλών ημερών κατά την περίοδο 21/10-03/11/2047 κατά το οποίο συνολικά σημειώθηκαν συνολικά 314.9 mm. Το μέγιστο βάθος νερού σημειώθηκε στην περιοχή της Αγοράς και ήταν 0.21 m (Εικόνα 43, Εικόνα 44).



Εικόνα 44. Εξέλιξη πλημμυρικού φαινομένου 29/10-01/11/2047 στην περιοχή της Αγοράς όπου εκδηλώθηκε το μέγιστο βάθος νερού

- *Κλιματικό σενάριο Sc4: 2071-2100, RCP4.5*

Στο κλιματικό σενάριο Sc4 (2071-2100, RCP4.5 / μακροπρόθεσμο - μέτριο κλιματικό σενάριο) η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 821.4 mm και η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 1199.7 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16.7oC, η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 21.8oC και η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 11.7oC (Πίνακας 10). Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά το κλιματικό σενάριο Sc4 δεν παρατηρήθηκε κάποιο πλημμυρικό επεισόδιο στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.

- *Κλιματικό σενάριο Sc5: 2031-2060, RCP8.5*

Στο κλιματικό σενάριο Sc5 (2031-2060, RCP8.5 / βραχυπρόθεσμο - δυσμενές κλιματικό σενάριο) η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 845.6 mm και η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 1196.6 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 16.6oC, η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 21.8oC και η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 11.6oC (Πίνακας 10). Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά το κλιματικό σενάριο Sc5 δεν παρατηρήθηκε κάποιο πλημμυρικό επεισόδιο στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.

- *Κλιματικό σενάριο Sc6: 2071-2100, RCP8.5*

Στο κλιματικό σενάριο Sc6 (2071-2100, RCP8.5 / μακροπρόθεσμο - δυσμενές κλιματικό σενάριο) η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι 606.9 mm και η μέση ετήσια δυνητική εξατμισοδιαπνοή είναι 1292.7 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι 19.1oC, η μέση μέγιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 24.4oC και η μέση ελάχιστη ετήσια θερμοκρασία είναι 14.1oC (Πίνακας 10).

Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, κατά το κλιματικό σενάριο Sc6 δεν παρατηρήθηκε κάποιο πλημμυρικό επεισόδιο στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης.

Συμπεράσματα από τις αναλύσεις για την περίοδο 2013-2016 και για τα τρία κλιματικά σενάρια

Στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης τον Σεπτέμβριο του 2016 σημειώθηκε πλημμύρα με συνέπεια τη φθορά των μνημείων. Το φαινόμενο συνδέεται με το επεισόδιο βροχόπτωσης 3 ημερών και ύψους 279.0 mm κατά την περίοδο 06-08/09/2016. Με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, οι περιοχές του αρχαιολογικού χώρου όπου υπήρξε μεγάλη συγκέντρωση νερού ήταν στην Αγορά, στο Ασκληπιείο, στη Βασιλική και στο Στάδιο. Το μεγαλύτερο βάθος σημειώθηκε στην περιοχή της Αγοράς και ήταν 0.62 m. Ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας κρίνεται ότι βρίσκεται σε μεγάλο βάθος, και συνεπώς η συμβολή του στη πλημμύρα αμελητέα, και το πλημμυρικό φαινόμενο συνδέεται με την επιφανειακή απορροή, και ιδιαίτερα με το ανώνυμο ρέμα που διέρχεται μέσα από τον αρχαιολογικό χώρο στην περιοχή της Αγοράς, με βόρεια-νότια διεύθυνση.

Αντίστοιχα αποτελέσματα προέκυψαν μετά από την προσομοίωση του κλιματικού σεναρίου Sc3. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα αποτελέσματα του μοντέλου, επεισόδιο βροχόπτωσης 3 ημερών και ύψους βροχής 272.2 mm την περίοδο 12-14/08/2033 είχε ως αποτέλεσμα την εκδήλωση πλημμύρας στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου με μέγιστο βάθος στην περιοχή της Αγοράς 0.57 m.

Αντίθετα, τα πλημμυρικά επεισόδια που προσομοιώθηκαν στις 24-27/10/2097 (Sc2) και 29/10-01/11/2047 (Sc3) προέκυψαν από επεισόδια βροχόπτωσης 8 και 14 ημερών και ύψους βροχής 274.9 και 314.9 mm αντίστοιχα. Το μέγιστο βάθος στην περιοχή της Αγοράς που σημειώθηκε ήταν 0.22 και 0.21 m αντίστοιχα.

Με βάση τα παραπάνω, στην περίπτωση μεγάλης έντασης βροχόπτωσης, όπως στην περίπτωση των πλημμυρικών επεισοδίων 07-15/09/2016 και 13-19/08/2033 (Sc3) (93.0 και 90.7 mm/d αντίστοιχα), παρατηρήθηκε και το μεγαλύτερο βάθος νερού, ενώ αντίθετα στις περιπτώσεις μικρής έντασης βροχόπτωσης στα πλημμυρικά επεισόδια 24-27/10/2097 (Sc2) και 29/10-01/11/2047 (Sc3) (34.4 και 22.5 mm/d αντίστοιχα), το βάθος νερού ήταν μικρότερο. Σημειώνεται ότι ιδιαίτερα στο τελευταίο

πλημμυρικό επεισόδιο (29/10-01/11/2047-Sc3) η συνολική βροχόπτωση που σημειώθηκε ήταν η μεγαλύτερη που μελετήθηκε (314.9 mm), ωστόσο ήταν κατανεμημένη σε 14 ημέρες, με συνέπεια οι επιπτώσεις στον αρχαιολογικό χώρο να είναι πολύ μικρότερες (Πίνακας 11).

Πίνακας 11. Συγκεντρωτικό πίνακας των υπό εξέταση πλημμυρικών επεισοδίων στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης

Πλημμυρικό επεισόδιο	1	2	3	4
Σενάριο	Πλημμυρικό επεισόδιο 2016	Sc2	Sc3	Sc3
Περίοδος πλημμύρας	07-15/09/2016	24-27/10/2097	13-19/08/2033	29/10-01/11/2047
Διάρκεια πλημμύρας (d)	9	4	8	4
Μέγιστο βάθος (m)	0.62	0.22	0.57	0.21
Περίοδος βροχόπτωσης	06-08/09/2016	19-26/10/2097	12-14/08/2033	21/10-03/11/2047
Διάρκεια βροχόπτωσης (d)	3	8	3	14
Συνολική βροχόπτωση (mm)	279.0	274.9	272.2	314.9
Ένταση βροχόπτωσης (mm/d)	93.0	34.4	90.7	22.5

Εκτίμηση του κινδύνου ερημοποίησης της περιοχής, όπου εντάσσεται το μνημείο, λόγω θέσης

Τα ακόλουθα στοιχεία λαμβάνονται από τη σχετική μελέτη για την τρωτότητα της περιοχής διατομής Πύλος-Αρχαία Μεσσήνη-Ταΰγετος-Μυστράς-Σπάρτη και Έλος-Μονεμβασία (104 km), της υπό-δράσης C4.1, στο πλαίσιο του παρόντος έργου LIFE17 IPC/GR/000006: «Ενισχύοντας την εφαρμογή πολιτικής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα» (Boosting the implementation of adaptation policy across Greece).

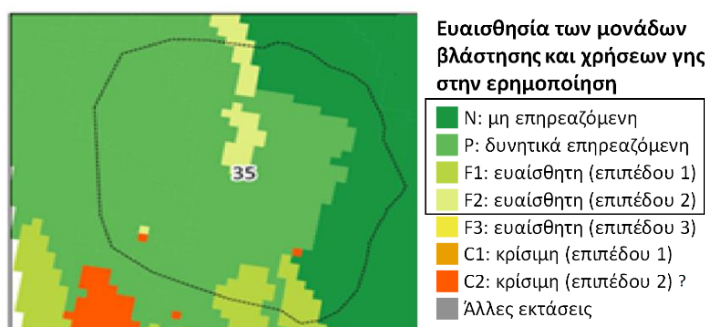
Όσον αφορά το κίνδυνο της ερημοποίησης, εξετάστηκαν οι σχετικοί δείκτες για όλη την περιοχή διατομής (Κόκκορης, 2021), εντός της οποίας περιλαμβάνεται και η Αρχαία Μεσσήνη (περιοχή τοπίου με κωδικό αριθμό 35). Οι δείκτες ερημοποίησης που ελέγχθηκαν είναι:

1. Η μέση ετήσια διάρκεια ξηρασίας (αριθμός συνεχόμενων ημερών με $PR < 1\text{mm}$), στην περιοχή μελέτης – διατομής του τοπίου, για την περίοδο αναφοράς 1971-2000 και όπως υπολογίστηκε από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών.
2. Ο δείκτης για την ευαισθησία των περιοχών στην ερημοποίηση ESA (Karamesouti et al. 2018), ως μέση τιμή ανά πολύγωνο μονάδας βλάστησης – χρήσης γης.

Από την ανάλυση προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

(α) Η μέση τιμή του δείκτη Ετήσια διάρκεια ξηρασίας είναι 50,62 ημέρες, τιμή πολύ κάτω της ενδιάμεσης τιμής για την περιοχή, η οποία όμως δεν παύει να θεωρείται υψηλή.

(β) Ο δείκτης ευαισθησίας στην ερημοποίηση (ESA)(Εικόνα 45) προσδιορίζει τις λοφώδεις εκτάσεις στα ανατολικά ως μη επηρεαζόμενες (N), την κύρια περιοχή του αρχαιολογικού χώρου ως μέτριας ευαισθησίας (F2), μικρό τμήμα στα νότια, ως χαμηλής ευαισθησίας και την υπόλοιπη περιοχή ως δυνητικά επηρεαζόμενη (P).



Εικόνα 45: Η περιοχή τοπίου Αρχαίας Μεσσήνης (πράσινο και μαύρο περίγραμμα) επί δορυφορικής εικόνας GoogleEarth και απόδοση του δείκτη ESA, Πηγή (Κόκκορης, 2021)

Εκτίμηση του κινδύνου διάβρωσης των εδαφών της περιοχής, όπου εντάσσεται το μνημείο λόγω θέσης

Τα ακόλουθα στοιχεία λαμβάνονται από τη σχετική μελέτη για την τρωτότητα της περιοχής διατομής Πύλος-Αρχαία Μεσσήνη-Ταΰγετος-Μυστράς-Σπάρτη και Έλος-Μονεμβασία (104 km), της υπό-δράσης C4.1, στο πλαίσιο του παρόντος έργου LIFE17 IPC/GR/000006: «Ενισχύοντας την εφαρμογή πολιτικής για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή στην Ελλάδα» (Boosting the implementation of adaptation policy across Greece).

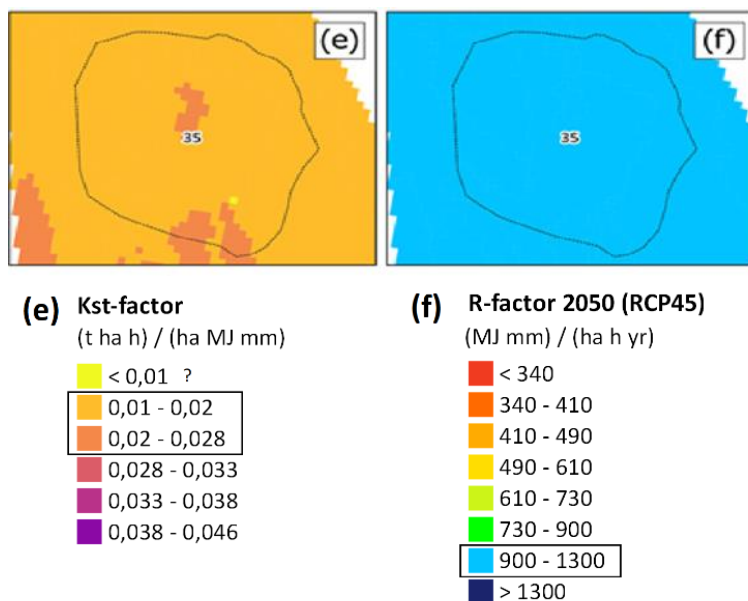
Όσον αφορά το κίνδυνο διάβρωσης, εξετάστηκαν οι σχετικοί δείκτες για όλη την περιοχή διατομής (Κόκκορης, 2021), εντός της οποίας περιλαμβάνεται και η Αρχαία Μεσσήνη (περιοχή τοπίου με κωδικό αριθμό 35). Οι δείκτες διάβρωσης που ελέγχθηκαν είναι:

1. Ο δείκτης Kst-factor που αφορά στη διαβρωσιμότητα των εδαφών και ενσωματώνει για πρώτη φορά την παράμετρο του πετρώδους του εδάφους (Panagos et al. 2014).
2. Ο δείκτης R-factor που αφορά στη διάβρωση των εδαφών από τη βροχοπτώση (Panagos et al. 2015).

Από την ανάλυση προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα: για την περιοχή της Αρχαίας Μεσσήνης:

(α) Η περιοχή χαρακτηρίζεται από χαμηλή διαβρωσιμότητα των εδαφών, σύμφωνα με τον δείκτη Kst-factor, με εύρος τιμών από 0,01 έως 0,028 (Εικόνα 46, e), που ανήκουν στις χαμηλότερες κατηγορίες του δείκτη. Μέσα σε αυτό το εύρος οι υψηλότερες τιμές βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του αρχαιολογικού χώρου και στο νότιο όριο της προσδιορισμένης περιοχής τοπίου 35.

(β) Το σύνολο της περιοχής βρίσκεται εντός των υψηλότερων τιμών του δείκτη για τον κίνδυνο διάβρωσης των εδαφών της περιοχής από την βροχοπτώση, R-factor (Εικόνα 46, f). Το γεγονός αυτό, αναδεικνύει τη σημαντικότητα των μονάδων βλάστησης της περιοχής για την προστασία από τη διάβρωση λόγω βροχοπτώσεων.



Εικόνα 46: Η περιοχή τοπίου Αρχαίας Μεσσήνης (πράσινο και μαύρο περίγραμμα) επί δορυφορικής εικόνας GoogleEarth (a) και απόδοση των δεικτών: (e) Kst-factor και (f) R-factor. Πηγή (Κόκκορης, 2021)

Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση την ευαισθησία της βλάστησης και των υλικών

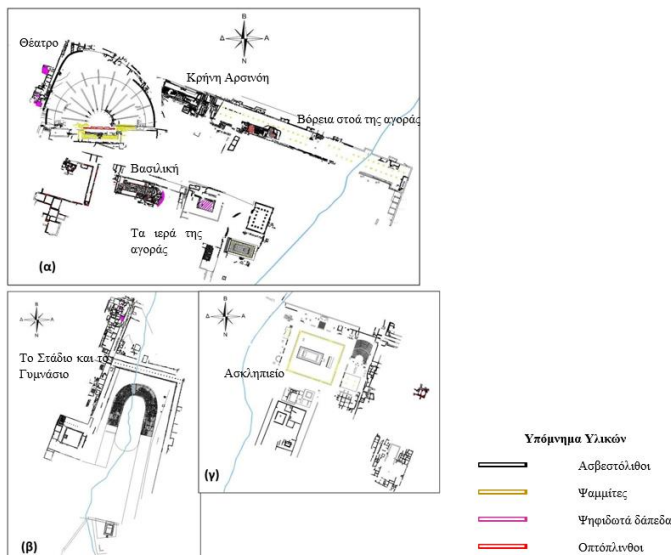
Για την παράμετρο της ευαισθησίας αποφασίστηκε η αξιολόγηση της ευαισθησίας των υλικών στις κλιματικές μεταβολές και στις επιπτώσεις αυτών, καθώς και της ευαισθησίας της αυτοφυούς και καλλιεργούμενης βλάστησης εντός και πέριξ του αρχαιολογικού χώρου.

Αξιολόγηση της ευαισθησίας των υλικών στις αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές

Η υφιστάμενη κατάσταση των υλικών

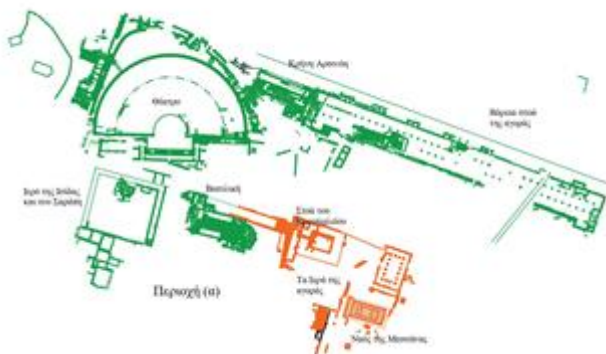
Για την καλύτερη κατανόηση της συμπεριφοράς που αναμένεται να έχουν τα υλικά των ιστάμενων μνημείων στις εκτιμώμενες κλιματικές μεταβολές, εξετάστηκε αρχικά η υφιστάμενη κατάστασή τους. Συγκεκριμένα, διεξήχθησαν επιπλέον έλεγχοι στους ασβεστόλιθους και στους ψαμμίτες που συναντώνται στο σύνολο του αρχαιολογικού χώρου, με τις εξής μεθόδους:

- Μακροσκοπική παρατήρηση περιοχών του αρχαιολογικού χώρου.
- Φωτογραφική απεικόνιση υφιστάμενης κατάστασης των υλικών.
- Μικροσκοπική παρατήρηση με μικροσκόπιο οπτικών ινών σε σημεία έντονης φθοράς.
- Scotch tape test¹⁵ σε υγιείς επιφάνειες και επιφάνειες που έχουν υποστεί φθορά.



Εικόνα 47: Χάρτης με υπόμνημα υλικών στις Περιοχές (α) Θέατρο, Βόρεια Στοά, Κρήνη Αρσινόη, Ιερά της Αγοράς, (β) Στάδιο και Γυμνάσιο και (γ) Ασκληπιείο

– Περιοχή (α)



¹⁵ Η μέθοδος scotch tape αποσκοπεί στην εκτίμηση της συνοχής του λίθου. Πραγματοποιείται με βάση το πρότυπο EN 1015-12, όπου με τη βοήθεια μίας ταινίας διπλής όψης, μετράται η ποσότητα που αποκολλάται από το υπόστρωμα και παραμένει στην ταινία. Όσο μεγαλύτερη είναι αυτή η ποσότητα, τόσο μικρότερη είναι η συνοχή της επιφάνειας. Οι μετρήσεις αυτές πραγματοποιούνται επί τόπου στο χώρο του μνημείου σε ήπιες περιβαλλοντικές συνθήκες και χρησιμοποιείται η ταινία TESA Universal 10 mm.

Εικόνα 48: Τοπογραφική απεικόνιση της περιοχής (α)

Η περιοχή (α) αποτελείται από το Θέατρο, την Εν Οίκω Εκκλησία, την Κρήνη Αρσινόη, το Ιερό της Ίσιδας και του Σαράπη, τη Βασιλική, το Ρωμαϊκό Λουτρό, τη Βόρεια Στοά της Αγοράς και τα Ιερά της Αγοράς.

Παρακάτω συνοψίζονται οι βασικές φθορές που εντοπίστηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα της περιοχής (α).

Πίνακας 12: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα των μνημείων της περιοχής (α)

Μνημείο (περιοχή α)	Τύπος φθοράς	Περιοχή	Βασικά αίτια	Μέθοδος αξιολόγησης της φθοράς
Θέατρο	Έντονη βλάστηση (Εικόνα 49)	Δυτικό τμήμα του κοίλου	Ενδεχόμενη ύπαρξη υπογείων υδάτων	Μακροσκοπική παρατήρηση
	Έντονη βλάστηση, λευκές και φαιοκάστανες βιολογικές κρούστες (Εικόνα 49Εικόνα 50)	Βόρειο ανάλημμα του κοίλου	Έκθεση σε καιρικές συνθήκες	Μακροσκοπική παρατήρηση
	Διαφορική διάβρωση	Βόρειο ανάλημμα του κοίλου	Ετερογένεια λίθου	Μακροσκοπική παρατήρηση
Κρήνη Αρσινόη	Μετατόπιση	Βόρειος τοίχος	Πιθανή υποχώρηση εδάφους λόγω συσσώρευσης υδάτων	Μακροσκοπική παρατήρηση
	Μαύρες και φαιοκάστανες κρούστες	Κατώτερο και ανώτερο τμήμα του βόρειου τοίχου	Βιολογικός επικοισμός που ευνοείται από υγρασία, αναρριχόμενη και κατερχόμενη παρουσία νερού	Μακροσκοπική παρατήρηση
Βασιλική	Ρηγματώσεις, λευκές και μαύρες κρούστες	Ασβεστολιθικοί αράβδωτοι κίονες	Βιολογικός αποικισμός λόγω επικρατούντων κλιματικών συνθηκών	Μακροσκοπική παρατήρηση
Βόρεια Στοά της Αγοράς	Μαύρες βιολογικής προέλευσης κρούστες	Βόρεια πλευρά του νότιου τοίχου και η βορειοδυτική πλευρά κίονα	Περιορισμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, έκθεση σε τρεχούμενα ή λιμνάζοντα ύδατα	Μακροσκοπική παρατήρηση
Τα ιερά της αγοράς				
Κρεοπωλείο	Μαύρες και λευκές κρούστες (Εικόνα 51)	Ασβεστολιθικοί αράβδωτοι κίονες	Έκθεση σε κατακρημνίσεις	Μακροσκοπική παρατήρηση
Πρυτανείο	Αλλοίωση και στρωγυλοποίηση των κεφαλών, λευκές και μαύρες κρούστες	Θριγκός δωρικού ρυθμού	Περιορισμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, έκθεση σε κατακρημνίσεις	Μακροσκοπική παρατήρηση
Ανάγλυφη λίθινη πλάκα με αναπαράσταση λιονταριού	Μαύρες κρούστες (Εικόνα 52)	Εντονότερο στο κατώτερο τμήμα του μνημείου	Τριχοειδής αναρρίχηση	Μακροσκοπική παρατήρηση



Εικόνα 49: Δυτικό τμήμα του Θεάτρου



Εικόνα 50: Μακροσκοπική απεικόνιση του βόρειου αναλήμματος του Θεάτρου.



Εικόνα 51: Μακροσκοπική απεικόνιση φθορών στους κίονες του κρεοπωλείου



Εικόνα 52: Μακροσκοπική απεικόνιση της λίθινης πλάκας με την αναπαράσταση του λιονταριού.

Όσον αφορά τους ψαμμίτες, οι βασικές φθορές που εντοπίστηκαν συνοψίζονται παρακάτω:

Πίνακας 13: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στους ψαμμίτες των μνημείων της περιοχής (α)

Μνημείο	Τύπος φθοράς	Περιοχή	Βασικά αίτια	Μέθοδος αξιολόγησης της φθοράς
Θέατρο	Βελονισμό, στρογγυλοποίηση, απώλεια υλικού, απολέπιση και μαύρες κρούστες	Κίονες πίσω από την σκηνή και στην τοιχοποιία στην νότια πλευρά του κοίλου του θεάτρου	Στάσιμα ύδατα	Μακροσκοπική παρατήρηση
Στοά της Αγοράς	Ανάπτυξη βρύων στο πάνω μέρος των κίωνων, βελονισμός, στρογγυλοποίηση, απώλεια υλικού κυρίως στις ραβδώσεις (Εικόνα 53)	Κίονες και κιονόκρανα	Έκθεση σε καιρικές συνθήκες (κυρίως κατακρημνίσεις)	Μακροσκοπική παρατήρηση
Ναός της Μεσσάνας	Μαύρες κρούστες, έντονος βελονισμός, στρογγυλοποίηση στις γωνίες και τις ραβδώσεις των κίωνων (Εικόνα 54)	Ψαμμιτικοί κίονες	Έκθεση σε καιρικές συνθήκες (κυρίως κατακρημνίσεις)	Μακροσκοπική παρατήρηση

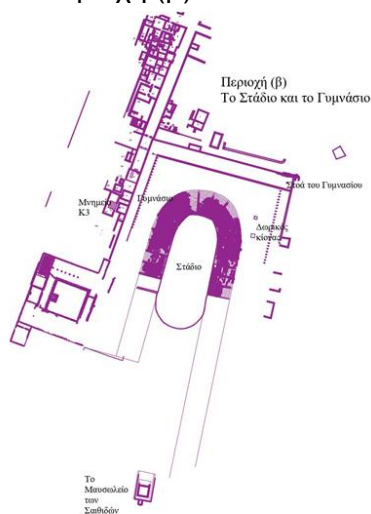


Εικόνα 53: Μακροσκοπική απεικόνιση κατάστασης ψαμμίτη στην στοά της Αγοράς.



Εικόνα 54: Μακροσκοπική απεικόνιση κίονα στο Ναό της Μεσσάνας.

– Περιοχή (β): Το Στάδιο και το Γυμνάσιο



Εικόνα 55: Τοπογραφική απεικόνιση της περιοχής (β) του σταδίου.

Στην περιοχή του σταδίου εμφανίζεται εκτεταμένη χρήση ασβεστολιθικών πετρωμάτων και συγκεκριμένα γκρίζου μικροκρυσταλλικού ασβεστόλιθου. Σε γενικές γραμμές η κατάσταση των ασβεστόλιθων είναι καλή λόγω της ανθεκτικότητας του ίδιου του πετρώματος. Οι κυριότεροι τύποι φθοράς που συναντώνται στην συγκεκριμένη περιοχή είναι ο βιολογικός αποικισμός και η διαφορική διάβρωση. Τα μνημεία που πλήττονται περισσότερο είναι το μαουσωλείο, το μνημείο Κ3 και το στάδιο εξαιτίας της περιορισμένης έκθεσης τους στην ηλιακή ακτινοβολία και την διέλευση τρεχούμενων υδάτων.

Πίνακας 14: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα των μνημείων της περιοχής (β)

Μνημείο	Τύπος φθοράς	Περιοχή	Βασικά αίτια	Μέθοδος αξιολόγησης της φθοράς
Μαουσωλείο των Σαιθιδών	Κρούστες βιολογικού αποικισμού (μαύρες κρούστες)	Εντονότερα προβλήματα σε βόρεια και δυτική όψη (Εικόνα 56)	Περιορισμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, διέλευση τρεχούμενων υδάτων	Μακροσκοπική παρατήρηση
	Βιολογική φθορά, διαφορική διάβρωση, απολέπιση	Εσωτερικό τμήμα νότιου τοίχου (Εικόνα 57)	Έκθεση στις ατμοσφαιρικές συνθήκες	scotch tape test, μικροσκοπική ανάλυση με μικροσκόπιο οπτικών ινών
Στάδιο	Εκφυλλώματα, βιολογικός αποικισμός λειχήνων και βρύων, μαύρες και φαιοκάστανες κρούστες	Σε περιοχές που εκτίθενται σε λιμνάζοντα ή τρεχούμενα νερά (Εικόνα 58Εικόνα 59)	Τριχοειδής αναρρίχηση	Μακροσκοπική παρατήρηση, scotch tape
	Βλάστηση, μαύρες και λευκές κρούστες	Κερκίδες (Εικόνα 58Εικόνα 59)	Μικροοργανισμοί και μύκητες	Μακροσκοπική παρατήρηση
Δωρικό πρό-πυλο προς το Γυμνάσιο και το Στάδιο	Κρούστες βιολογικού αποικισμού (μαύρες κρούστες)	Κυρίως στη βόρεια όψη	Περιορισμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία	Μακροσκοπική παρατήρηση
Στόα του Γυμνασίου	Εκφυλλώματα, βιολογικός αποικισμός λειχήνων και βρύων, μαύρες και φαιοκάστανες κρούστες	Σε περιοχές που εκτίθενται σε λιμνάζοντα ή τρεχούμενα νερά	Αυξημένη βιολογική δραστηριότητα, τριχοειδής αναρρίχηση	Μακροσκοπική παρατήρηση
Ταφικό μνημείο Κ3	Κρούστες βιολογικού αποικισμού (μαύρες κρούστες)	Εντονότερες στις σκιερές βορειοδυτικές περιοχές	Περιορισμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, διέλευση τρεχούμενων υδάτων	Μακροσκοπική παρατήρηση



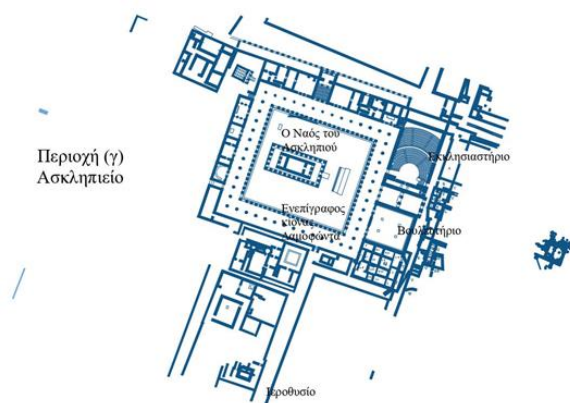
- Απολέπιση
- Βιολογική φθορά
- Διαφορική διάβρωση
- Στρωγυλοποίηση
- Βελονισμός
- Νέος λίθος
- Ρωγμή
- Απώλεια υλικού

Εικόνα 56: Βόρεια όψη του Μαουσωλείου των Σαιθιδών Εικόνα 57: Απεικόνιση φθορών στον εσωτερικό τοίχο του Μαουσωλείου.



Εικόνα 58: Μακροσκοπική απεικόνιση φθορών στο Στάδιο Εικόνα 59: Μακροσκοπική απεικόνιση φθορών στο Στάδιο

– Περιοχή (γ): Ασκληπιείο



Εικόνα 60: Τοπογραφική απεικόνιση της περιοχής (γ) του Ασκληπιείου.

Στην περιοχή του Ασκληπιείου το πέτρωμα που κυριαρχεί είναι ο ψαμμίτης., ενώ είναι αρκετά έντονη και η παρουσία του ασβεστόλιθου .

Όσον αφορά τα ασβεστολιθικά πετρώματα, οι φθορές είναι παρόμοιες με αυτές των προηγούμενων περιοχών και συνοψίζονται σε βιολογικό αποικισμό, μικρορρηγματώσεις και τοπική απώλεια υλικού. Συγκεκριμένα:

Πίνακας 15: Βασικές φθορές που καταγράφηκαν στα ασβεστολιθικά πετρώματα των μνημείων της περιοχής (γ)

Μνημείο	Τύπος φθοράς	Περιοχή	Βασικά αίτια	Μέθοδος αξιολόγησης της φθοράς
Ναός του Ασκληπιού	Κρούστες βιολογικού αποικισμού (μαύρες κρούστες)	Στα ασβεστολιθικά θεμέλια	Περιορισμένη έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία, διέλευση τρεχούμενων υδάτων	Μακροσκοπική παρατήρηση
Ενεπίγραφος Κίονα του Δαμοφώντα	Βιολογικές φθορές με τη μορφή λευκών και μαύρων κρουστών (Εικόνα 62)	Στη βάση και στην κορυφή του μνημείου	Τριχοειδής αναρρίχηση, έκθεση σε κατακρημνίσεις	Μακροσκοπική παρατήρηση
Βουλευτήριο, Ανατολικό Πρόπυλο, Εκκλησιαστήριο και Σεβάστειο	Βιολογικές φθορές με τη μορφή λευκών και μαύρων κρουστών (Εικόνα 63, Εικόνα 64)	Σε περιοχές που εκτίθενται σε τρεχούμενα νερά/κατακρημνίσεις	Τριχοειδής αναρρίχηση, έκθεση σε κατακρημνίσεις	Μακροσκοπική παρατήρηση
Ιεροθύσιο	Καθίζηση	Τμήμα τείχους στη βόρεια πλευρά έχει καταρρεύσει	Βαλτώδης περιοχή	Μακροσκοπική παρατήρηση
Αρτεμίσιο Κ	Όχι σημαντικές φθορές	Στο σύνολο του μνημείου	Βρίσκεται κάτω από τεχνητό υπόστεγο, προστατευμένο από τις καιρικές συνθήκες	Μακροσκοπική παρατήρηση



Εικόνα 61: Κατάσταση φθορών του Ενεπίγραφου Κίονα του Δαμοφώντα. Εικόνα 62: Κατάσταση φθορών του Ενεπίγραφου Κίονα του Δαμοφώντα.



Εικόνα 63: Μακροσκοπική απεικόνιση α- Εικόνα 64: Μακροσκοπική απεικόνιση ασβεστόλιθων στο Σεβάστειο.
ασβεστόλιθων στο Εκκλησιαστήριο

Όσον αφορά τους ψαμμίτες, η χρήση τους στην περιοχή του Ασκληπιείου είναι εκτενέστερη σε κίονες, κιονόκρανα και επιστήλια (

Εικόνα 65). Οι φθορές που κυριαρχούν στο σύνολο των ψαμμιτικών στοιχείων είναι ο βελονισμός, απώλεια υλικού, στρογγυλοποίηση και λευκές και μαύρες κρούστες βιολογικής προέλευσης. Εξαιτίας της ευαισθησίας του ψαμμίτη, τα επιστύλια, τα κιονόκρανα και μέρη κιόνων δεν βρίσκονται σε άμεση επαφή με το χώμα προκειμένου να προφυλαχθούν από τη διαβρωτική δράση του αναρριχόμενου ύδατος. Στο χώρο του Αρτεμίσιου Κ, ψαμμίτες βρίσκονται πάνω σε λίθινες βάσεις, προστατευμένοι κάτω από στέγαστρο. Παρόλα αυτά, εμφανίζουν αρκετές φθορές όπως βελονισμό, εκφυλλώματα, κυψέλωση, στρογγυλοποίηση, βιολογικό εποικισμό, οι οποίες κρίνεται ότι προϋπήρχαν πριν την ανασκαφή τους.



Εικόνα 65: Μακροσκοπική απεικόνιση επιστηλίου στην περιοχή του Ναού του Ασκληπιού.

Αξιολόγηση της ευαισθησίας των υλικών στις αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές

Με βάση την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης των υλικών των μνημείων, παρακάτω γίνεται μία ανάλυση της αναμενόμενης απόκρισης των υλικών στα αποτελέσματα που προέκυψαν αναφορικά με τις κλιματικές μεταβολές (Ανάλυση των κλιματικών δεδομένων για την περίπτωση της Αρχαίας Μεσσήνης).

– **Επίδραση των κατακρημνίσεων στα υλικά των μνημείων**

Η αύξηση των ξηρών ημερών και γενικότερα της ξηρασίας θα επηρεάσει τόσο την υπόγεια αποθήκευση νερού (μείωση κατείσδυσης) όσο και τις επιφανειακές απορροές (Στουρνάρας Γεώργιος, 2011). Ακόμη, ο αρχαιολογικός χώρος εξαιτίας της τοποθεσίας του στους πρόποδες του βουνού της Ιθώμης έχει αρκετά κατηφορική κλίση. Συνεπώς, αναμένεται αύξηση των κατερχόμενων υδάτων στην περιοχή, και αδυναμία του εδάφους να τα συγκρατήσει. Οι επικείμενες βροχοπτώσεις, ακόμη και εάν αναμένεται να μειωθούν στα δυσμενέστερα κλιματικά σενάρια, θα προκαλέσουν την υποχώρηση του εδάφους με τη διέλευση των επιφανειακών υδάτων, και την κατάρρευση των μνημειακών λίθων ανεξάρτητα από τη ψαμμιτική ή ασβεστολιθική τους φύση. Στα σημεία που παρατηρήθηκε ήδη, από την επιτόπια αυτοψία του χώρου, συσσώρευση υδάτων ή ύπαρξη τρεχούμενων νερών και σημειώνονται στην Εικόνα 66, η απειλή κατάρρευσης αναμένεται να είναι μεγαλύτερη.

Παρόλα αυτά, η μείωση των βροχοπτώσεων, εάν ακολουθείται από αύξηση θερμοκρασίας και ημερήσιας ηλιοφάνειας, προκαλεί την πτώση της σχετικής υγρασίας και ένα δυσμενέστερο περιβάλλον για την ανάπτυξη βρύων, λειχήνων και γενικότερα φυτικών οργανισμών. Ειδικότερα, οι λειχήνες και

οι μαύρες κρούστες θα υποχωρήσουν μειώνοντας την αισθητική αλλοίωση των μνημείων. Είναι απαραίτητο, όμως, να τονιστεί ότι η βιολογική διάβρωση είναι μικρότερης σημασίας από μια πιθανή μείωση της ευστάθειας των μνημείων.



Εικόνα 66: Χάρτης βασικών περιοχών και σημείων ενδιαφέροντος αρχαιολογικού χώρου.

– Επίδραση της θερμοκρασίας στα υλικά των μνημείων

Όσον αφορά τις θερμοκρασιακές μεταβολές που αναμένονται (30), κρίνεται ότι η συνολική αύξηση της θερμοκρασίας τόσο κατά την διάρκεια της ημέρας, όσο και κατά την διάρκεια της νύχτας δεν αποτελεί άμεσο κίνδυνο για τα υλικά των μνημείων. Γενικότερα, σημαντικές επιπτώσεις προκαλούνται συνήθως λόγω έντονων και απότομων αυξομειώσεων των τιμών της θερμοκρασίας (θερμική συστολή-διαστολή των δομικών υλικών) κατά τη διάρκεια της ημέρας ή του έτους, γεγονός το οποίο δεν αποδεικνύεται για την Αρχαία Μεσσήνη.

Επιπλέον, στο μεγαλύτερο μέρος του αρχαιολογικού χώρου παρατηρείται ομοιογένεια στο είδος των πετρωμάτων των μνημείων. Επομένως, η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να οδηγήσει σε ομοιόμορφη διαστολή των δομικών λίθων, χωρίς να ελλοχεύει κινδύνους για την ευστάθεια των μνημείων. Όμως, σε συγκεκριμένες επεμβάσεις αναστήλωσης, όπως του Μαυσωλείου, συνυπάρχουν παλιοί και νέοι ασβεστόλιθοι. Στη περίπτωση αυτή, είναι πιθανό η αύξηση της θερμοκρασίας να επιφέρει διαφορετικά αποτελέσματα στα διάφορα τμήματα του μνημείου, όπως για παράδειγμα ανομοιόμορφη διαστολή των λίθων που μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση της μηχανικής φθοράς τους.

– Επίδραση πυρκαγιάς στα υλικά των μνημείων

Η αύξηση του κινδύνου πυρκαγιάς, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες, σε συνδυασμό με την αύξηση των ξηρών ημερών που αναφέρθηκε προηγουμένως, αποτελεί μείζονα κίνδυνο για τον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης. Αρχικά, το ξέσπασμα πυρκαγιάς θα προκαλέσει μη αντιστρεπτές μεταβολές τόσο στην επιφάνεια και την αισθητική των μνημείων, όσο και στην αντοχή και ευστάθεια αυτών. Οι ασβεστόλιθοι είναι πιο ευαίσθητοι στις υψηλές θερμοκρασίες της φωτιάς σε σχέση με τους ψαμμίτες. Έχει παρατηρηθεί έντονη ρηγμάτωση και μείωση των μηχανικών αντοχών των ασβεστόλιθων έπειτα από έκθεσή τους σε ακραίες θερμοκρασίες. Αντίθετα, στους ψαμμίτες σε αντίστοιχες συνθήκες παρατηρείται αύξηση των αντοχών και ακαμψία αυτών. Ακόμη, αναφέρεται ότι ανεξάρτητα του

υλικού οι κίονες βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο σε σχέση με τις τοιχοποιίες. Επομένως, σε περίπτωση πυρκαγιάς, κινδυνεύουν σε μεγαλύτερο βαθμό οι ασβεστόλιθοι και ασβεστολιθικοί και ψαμμιτικοί κίονες του αρχαιολογικού χώρου (Hajral, 2010). Αντίστοιχα τα διάσπαρτα επιστύλια, κιονόκρανα, βάθρα που βρίσκονται σε όλη την έκταση του αρχαιολογικού χώρου κινδυνεύουν εξίσου.

Πέραν της άμεσης φθοράς των υλικών των μνημείων μετά από μια πυρκαγιά, επηρεάζονται και οι επιφανειακές απορροές, οι οποίες αυξάνονται περισσότερο, λόγω της αδυναμίας των κατεστραμμένων ριζικών συστημάτων τόσο να συγκρατήσουν ποσότητες εδάφους όσο και να απορροφήσουν το νερό των κατακρημνίσεων. Σε συνδυασμό με την επικείμενη έντονη περίοδο ξηρών ημερών της περιοχής, μία τέτοια αύξηση στις απορροές των υδάτων θα οδηγήσει σε μεγάλες επιπτώσεις στον αρχαιολογικό χώρο, όπως έχει προαναφερθεί.

– Επίδραση σχετικής υγρασίας στα υλικά των μνημείων

Η εκτιμώμενη μείωση της σχετικής υγρασίας αναμένεται να οδηγήσει σε μείωση της επιφανειακής απορρόφησης του νερού από τις επιφάνειες των μνημείων, και επομένως τη μείωση της καταστρεπτικής δράσης του νερού στο εσωτερικό και στην επιφάνεια των υλικών. Ειδικά για τους ψαμμίτες του αρχαιολογικού χώρου, το νερό αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους παράγοντες φθοράς.

Ένα ακόμη πλεονέκτημα από την εκτιμώμενη μείωση της σχετικής υγρασίας, είναι ο περιορισμός της βιολογικής δραστηριότητας σε επιφάνειες ασβεστόλιθων και ψαμμιτών, καθώς οι χαμηλές τιμές δεν ευνοούν την ανάπτυξη μικροοργανισμών -μύκητες, λειχήνες- και φυτικών οργανισμών –βρύα, βλάστηση- που προκαλούν τις έντονες αισθητικές αλλοιώσεις στα μνημεία.

– Επίδραση ημερήσιας διάρκειας ηλιοφάνειας στα υλικά των μνημείων

Κατά την συνολική μελέτη του αρχαιολογικού χώρου, έγινε εμφανής ή ευεργετική δράση της ηλιακής ακτινοβολίας στην αποφυγή των φθορών των επιφανειών. Συγκεκριμένα, τα μέρη των μνημείων που εκτίθενται περισσότερες ώρες της ημέρας στον ήλιο, παρουσιάζουν λιγότερες μαύρες κρούστες βιολογικής ή χημικής προέλευσης. Η αναμενόμενη διατήρηση των συνθηκών ηλιοφάνειας όχι μόνο δεν αποτελεί απειλή, αλλά ευνοεί την αισθητική και μηχανική κατάσταση των υλικών των μνημείων με την πάροδο του χρόνου. Σε κάθε περίπτωση, η έκθεση των επιφανειών στην ηλιακή ακτινοβολία, θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τη συντήρηση των λίθων, καθώς η ανθεκτικότητα των στερεωτικών υλικών επηρεάζεται από την UV ακτινοβολία.

– Επίδραση ημερήσιας τιμής ανέμου

Η εκτιμώμενη μικρή αύξηση της μέγιστης ημερήσιας ταχύτητας του ανέμου δεν αναμένεται να επηρεάσει δυσμενώς το μνημείο, καθώς οι τελικές τιμές παραμένουν μικρές. Πιθανός κίνδυνος από ένα έντονο φαινόμενο θα ήταν να προκληθούν αισθητικές φθορές στις λεπτομέρειες των μνημείων λόγω εκδοράς των υλικών. Ακόμη, η μεγάλη απόσταση του μνημείου από την θάλασσα αλλά και από περιοχές έντονης αστικής και βιομηχανικής δραστηριότητας, μειώνει την πιθανότητα μεταφοράς ρυπαντών μέσω του ανέμου. Γενικά, οι μεταβολές του ανέμου στο συγκεκριμένο μνημείο κρίνονται ως δευτερεύουσας σημασίας.

Συνολικά για την ανθεκτικότητα των υλικών των μνημείων της Αρχαίας Μεσσήνης στις αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές και στα επακόλουθα ακραία φαινόμενα, ο βαθμός κινδύνου θα μπορούσε να αξιολογηθεί ως εξής:

Πίνακας 16: Βαθμός κινδύνου των μνημείων του αρχαιολογικού χώρου.

		Βαθμός Επικινδυνότητας για τα υλικά των μνημείων
		(Υψηλός, Μέτριος, Χαμηλός)
Κλιματικά δεδομένα	Αύξηση ξηρών ημερών	Υψηλός

	Αύξηση ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας	Μέτριος
	Μείωση σχετικής υγρασίας	Χαμηλός
	Σταθερή ημερήσια ηλιοφάνεια	Χαμηλός
	Ελάχιστη αύξηση max τιμών ανέμου	Χαμηλός
Ακραία καιρικά φαινόμενα	Πλημμύρα	Υψηλός
	Πυρκαγιά	Υψηλός

Οι κλιματικές μεταβολές που αναμένεται να επηρεάσουν περισσότερο την ανθεκτικότητα του μνημείου είναι η αύξηση των ξηρών ημερών και των ημερήσιων τιμών θερμοκρασίας. Συγκεκριμένα, στην περίπτωση μίας μεγάλης περιόδου ξηρασίας, πιθανές βροχοπτώσεις δύνανται να προκαλέσουν την υποχώρηση του εδάφους μέσω της διέλευσης των επιφανειακών υδάτων, με αποτέλεσμα την μετατόπιση των μνημειακών λίθων ανεξάρτητα από τη σύστασή τους. Αυτό το φαινόμενο, γίνεται ακόμη πιο έντονο, μετά από εκδήλωση πυρκαγιάς στην ευρύτερη περιοχή. Τέλος, όπως διαπιστώθηκε παραπάνω, τα ψαμμικά μέλη του μνημείου, σε αντίθεση με τα ασβεστολιθικά πετρώματα, εκτιμάται ότι είναι λιγότερο ανθεκτικά τόσο στις σημερινές συνθήκες, όσο και στις αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές.

Αξιολόγηση της ευαισθησίας της βλάστησης στις αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές

Παρακάτω αξιολογείται ο βαθμός στον οποίο αναμένεται να επηρεαστεί η βλάστηση της Αρχαίας Μεσσήνης, με βάση τα αποτελέσματα που προέκυψαν κατά την ανάλυση των κλιματικών δεδομένων (Ανάλυση των κλιματικών δεδομένων για την περίπτωση της Αρχαίας Μεσσήνης).

- Αύξηση θερμοκρασίας και μείωση βροχοπτώσεων

Όπως διατυπώθηκε παραπάνω (48), ο αρχαιολογικός χώρος χαρακτηρίζεται από την παρουσία ποωδών ειδών, τα οποία καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος της επιφάνειάς του, κυρίως χειμερινοεαρινά είδη, που φυτρώνουν με τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου, ολοκληρώνουν το βιολογικό τους κύκλο και ξεραίνονται την Άνοιξη. Η κυριαρχία των ποωδών ειδών, εντός του αρχαιολογικού χώρου, συμφωνεί και με παλαιότερες μελέτες που δείχνουν ότι οι αρχαιολογικοί χώροι της Μεσογείου χαρακτηρίζονται από την παρουσία αυτοφυών ειδών με ετήσιο ή ολιγοετή βιολογικό κύκλο, λόγω του σχετικά πρόσφατου χρόνου γένεσης των οικοσυστημάτων, του κλίματος της Μεσογείου, αλλά και των επεμβάσεων περιορισμού των ζιζανίων που εφαρμόζονται στους αρχαιολογικούς χώρους. Στη γύρω περιοχή, όπου δεν γίνονται επεμβάσεις διαχείρισης βλάστησης, η αυτοφυής βλάστηση κυριαρχείται από αιθαλείς θάμνους όπως πουρνάρια, κουμαριές, σπάρτα, χνοώδεις δρυς κ.α., που συμφωνεί και με τους χάρτες του Μαυρομάτη (1978α, 1978β), που χαρακτηρίζει τη βλάστηση της περιοχής ως μεσομεσογειακή διάπλαση Αριάς (*Quercion ilicis*).

Η αναμενόμενη, λόγω κλιματικής αλλαγής, αύξηση της θερμοκρασίας και μείωση των βροχοπτώσεων, πιθανώς να επηρεάσει σημαντικά τη σύνθεση και τη δομή των φυτοκοινοτήτων της περιοχής, το δυναμικό των σπόρων στο έδαφος και τον πλούτο των ειδών. Το μέγεθος του κινδύνου σαφώς και θα επηρεαστεί και από άλλες παραμέτρους, όπως είναι το είδος της βλάστησης, τα μέτρα διαχείρισης βλάστησης που εφαρμόζονται στον αρχαιολογικό χώρο και ο χαρακτήρας του χώρου.

Επιπλέον, ο αρχαιολογικός χώρος είναι ευαίσθητος σε μεταβολές σύνθεσης φυτοκοινοτήτων και της σχετικής αφθονίας των ειδών, καθώς χαρακτηρίζεται από είδη με μικρό βιολογικό κύκλο, που επηρεάζονται έντονα από την αύξηση της θερμοκρασίας και τη μείωση της υγρασίας. Περισσότερο αναμένεται να επηρεαστούν τα πλατύφυλλα είδη, που είναι πιο ευαίσθητα στις μεταβολές, σε σχέση με τα αγρωστώδη που αντιστέκονται στις ξηροθερμικές συνθήκες. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι, εκ των 77 συνολικά θερόφυτων και ημικρυπτόφυτων που έχουν καταγραφεί στο χώρο, τα 18 είναι αγρωστώδη είδη, ενώ τα υπόλοιπα 59 είναι πλατύφυλλα είδη, οπότε η μεταβολή πιθανώς να αφορά σε

αντιστροφή της κυριαρχίας των πλατύφυλλων έναντι των αγρωστωδών ειδών, που θα αλλοιώσει τη χλωριδική ταυτότητα του χώρου. Αλλοίωση της χλωριδικής ταυτότητας του χώρου, μπορεί να παρατηρηθεί και από την αύξηση της σχετικής αφθονίας θαμνωδών ειδών, έναντι εποχιακών ποωδών θερόφυτων και ημικρυπτόφυτων, που πιθανώς να εποικίσουν το χώρο λόγω της αύξησης των θερμοκρασιών (Βραχνάκης, 2015).

Η αυτοφυής βλάστηση του περιβάλλοντος τοπίου, που χαρακτηρίζεται από αιθαλείς θάμνους αναμένεται να είναι λιγότερο ευαίσθητη, καθώς ο ρυθμός μεταβολής της σύνθεσης των φυτοκοινοτήτων είναι αργός σε οικοσυστήματα πολυετών ειδών (Mouillot, Rambal, & Joffre, 2002). Παρ' όλα αυτά οι περιοχές που είχαν καεί το 2014, όπως ο λόφος της Ιθώμης, αναμένεται να είναι πιο ευαίσθητες, στην αύξηση της θερμοκρασίας και στη μείωση των βροχοπτώσεων, καθώς οι επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής είναι εντονότερες σε μη σταθερά οικοσυστήματα, που δεν έχουν φτάσει στο ωριμότερο στάδιο της διαδοχής των βιοκοινοτήτων (Penuelas, και συν., 2007; Mouillot, Rambal, & Joffre, 2002). Η θαμνώδης βλάστηση του λόφου της Ιθώμης έχει ανακάμψει, αλλά πιθανώς δεν έχει φτάσει στο ωριμότερο στάδιο της διαδοχής, που σύμφωνα με τη βιβλιογραφία ολοκληρώνεται σε πάνω από δέκα χρόνια, μετά τη διαταραχή. Η επιδείνωση των ξηροθερμικών κλιματικών συνθηκών πιθανώς να μειώσει την παραγόμενη βιομάζα, να επιβραδύνει το ρυθμό αναγέννησης της περιοχής και να αυξήσει τη διατήρηση των κενών από βλάστηση χώρων.

Το οικοσύστημα του αρχαιολογικού χώρου πιθανώς να φτωχοποιηθεί από τη μείωση του δυναμικού των σπόρων στο έδαφος, λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και της μείωσης της διαθέσιμης υγρασίας. Ο αρχαιολογικός χώρος είναι ευαίσθητος στη μείωση του δυναμικού των σπόρων του εδάφους, καθώς το φαινόμενο επηρεάζει έντονα τα είδη με εποχιακό βιολογικό κύκλο, που κυριαρχούν στο χώρο και βασίζονται στο σχηματισμό σπόρων για τη διατήρηση του πληθυσμού (Cacho, Saura-Mas, Estiarte, Penuelas, & Lloret, 2012). Παράλληλα, η απουσία φυτοκάλυψης στο χώρο, από κόμες πολυετών ειδών, πιθανώς να επιδεινώνει το φαινόμενο μείωσης του δυναμικού των σπόρων, καθώς η έλλειψη φυτοκάλυψης επιδεινώνει την απώλεια της εδαφικής υγρασίας. Το φαινόμενο εκδηλώνεται αθροιστικά, καθώς η μείωση του αριθμού των σπόρων μειώνει το δυναμικό του σπορογόνου πληθυσμού και την ικανότητα ανάκαμψης του οικοσυστήματος σε φαινόμενα διαταραχής. Αντίθετα, στη γύρω περιοχή, όπου η φυτοκάλυψη από αιθαλείς θάμνους είναι πυκνή, δεν αναμένεται να παρατηρηθεί μείωση του δυναμικού των σπόρων στο έδαφος, καθώς οι κόμες βελτιώνουν τη συγκράτηση υγρασίας και προστατεύουν το δυναμικό των σπόρων (Cacho, Saura-Mas, Estiarte, Penuelas, & Lloret, 2012). Τέλος, η αύξηση των θερμοκρασιών και η μείωση της διαθέσιμης υγρασίας πιθανώς να επιφέρει μείωση του πλούτου (αριθμού) των φυτικών ειδών της περιοχής (Thuiller, Lavorel, Araujo, Sykes, & Prentice, 2005).

- **Κίνδυνος πυρκαγιών**

Όσον αφορά τον εκτιμώμενο κίνδυνο αύξησης των πυρκαγιών, αναφέρεται ότι στους παράγοντες που επιδρούν στην εκδήλωση και εξέλιξη της πυρκαγιάς, συμμετέχουν η διάπλαση της επιεδάφιας βλάστησης, η έκθεση και η κλίση. Στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης καύσιμη ύλη αποτελεί η ξηρανθείσα, κατά την αντιπυρική περίοδο, βιομάζα των εποχιακών ποωδών ειδών, που καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος του χώρου. Οι λιβαδικές εκτάσεις με πόες, αποδίδουν πυρκαγιές μεγάλης ταχύτητας και μικρής έντασης (Dimitrakopoulos, 2002). Η έκθεση του χώρου, που είναι νότια, παρουσιάζει υψηλότερο κίνδυνο εκδήλωσης πυρκαγιάς, αλλά μικρότερη ταχύτητα μετάδοσης λόγω της σχετικά ήπιας κλίσης (περίπου 9%).

Όσον αφορά τα δέντρα που φύονται στο χώρο, ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς κόμης είναι πολύ χαμηλός, εφόσον απομακρύνεται τακτικά η επιεδάφια καύσιμη ύλη, καθώς αυτές προκαλούνται από μετάδοση πυρκαγιάς επιφάνειας (Μητσόπουλος, 2005). Επιπλέον, διατηρείται καθαρή η εναέρια καύσιμη ύλη από νεκρούς κλάδους που περιέχουν μικρότερο ποσοστό υγρασίας και η εναέρια καύσιμη ύλη είναι κατακερματισμένη, καθώς οι κόμες των δέντρων δεν σχηματίζουν συνεχείς κηλίδες, παράγοντες που δυσχεραίνουν την εκδήλωση πυρκαγιάς κόμης. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί πως οι λιγοστές συστάδες θάμνων και δέντρων φύονται μακριά από σημεία όπου υπάρχουν αρχαία κατάλοιπα,

μειώνοντας το κίνδυνο πρόκλησης φθορών στα αρχαία κατάλοιπα, σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς.

Όσον αφορά τη γύρω περιοχή, πιο ευαίσθητες αναμένεται να είναι οι περιοχές με αυτοφυή θαμνώδη είδη, όπου η βιβλιογραφία προβλέπει ότι παρουσιάζουν υψηλότερο κίνδυνο πυρκαγιάς και αποδίδουν πυρκαγιές με υψηλή ένταση και ταχύτητα (Dimitrakopoulos, 2002). Λόγω της επιδείνωσης των ξηροθερμικών συνθηκών, που μειώνουν την περιεχόμενη υγρασία της καύσιμης ύλης, αναμένεται αύξηση της συχνότητας των πυρκαγιών στις περιοχές αυτές και πιθανώς το φαινόμενο να εκδηλωθεί αθροιστικά, καθώς οι αναγεννώμενες από πυρκαγιά περιοχές, είναι πιο επιρρεπείς σε νέα εκδήλωση πυρκαγιάς (Mouillot, Rambal, & Joffre, 2002). Λόγω αυτού του φαινομένου μπορεί να επιδεινωθεί η μεταβολή της σύνθεσης των φυτοκοινοτήτων αειθαλών θάμνων, με την αύξηση των διαπλάσεων χαμηλών πυρόφιλων φρυγάνων (Βραχνάκης, 2015; Calvo, Tarrega, & DeLuis, 2002). Παρ'όλα αυτά, αναμένεται ότι οι θαμνώνες αυτοφυών της περιοχής, λόγω της προσαρμογής των οικοσυστημάτων της Μεσογείου στις πυρκαγιές, θα μπορούν να αναγεννηθούν από λανθάνοντες οφθαλμούς που βρίσκονται μέσα στο έδαφος και προστατεύονται σε περίπτωση πυρκαγιάς, όπως έχει συμβεί και στο παρελθόν.

Στις περιοχές ανατολικά και δυτικά του χώρου, όπου καλύπτονται από καλλιέργειες, αναμένεται να είναι πιο χαμηλή η ευαισθησία στην εκδήλωση πυρκαγιών, καθώς εν γένει είναι λιγότερο συχνό το φαινόμενο σε αγροτικές εκτάσεις (DaCamara, και συν., 2014). Επιπλέον στους ελαιώνες της περιοχής, εφαρμόζονται καλλιεργητικές φροντίδες και απομακρύνεται επιμελώς η επιεδάφια καύσιμη ύλη, ενώ παρατηρείται κατακερματισμός των εναέριων κομών των καλλιεργούμενων ελαιόδεντρων, γεγονός το οποίο συμβάλλει στη μείωση της πιθανότητας εκδήλωσης και διάδοσης της πυρκαγιάς.

- Περίπτωση εμφάνισης πλημμυρικού επεισοδίου

Παρότι οι τιμές της ημερήσιας βροχόπτωσης, βάση των προβλέψεων, μειώνονται στα δυσμενέστερα σενάρια (Rcp4.5 και Rcp8.5), ο κίνδυνος πλημμύρας είναι αυξημένος, ως αποτελέσματα αύξησης της ξηρασίας, υποχώρησης της στάθμης των επιφανειακών υδάτων και διάβρωσης των εδαφών από ερημοποίηση και πυρκαγιές. Ακόμη και ένα περιστατικό βροχόπτωσης εξαιρετικής έντασης, μπορεί να οδηγήσει σε απόπλυση εδαφικού υλικού και θρεπτικών στοιχείων και να επιδεινώσει την αναγέννηση της βλάστησης (De Luis, et al., 2001), οπότε θα πρέπει να έχει εκτιμηθεί με βάση το βαθμό που έχει πληγεί η βλάστηση που συγκρατεί τα εδάφη, αν χρειάζεται να ληφθούν περαιτέρω μέτρα, σταθεροποίησης των εδαφών.

- Χαρακτήρας χώρου – βιοποικιλότητα – Φυτικές κοινωνίες

Τελευταία και πιο σημαντική επίπτωση της κλιματικής αλλαγής, αφορά στο χαρακτήρα του χώρου, ως αρχαιολογικού, που τον καθιστά πιο ευαίσθητο στη φτωχοποίηση της βιοποικιλότητας, η οποία αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα του αρχαιολογικού τοπίου. Από τις έως τώρα καταγραφές φαίνεται ότι η περιοχή φιλοξενεί μια καταπληκτική φυτική βιοποικιλότητα. Ο αριθμός των αυτοφυών ειδών στον αρχαιολογικό χώρο είναι περίπου 90, ενώ στη γύρω περιοχή έως τώρα έχουν καταγραφεί πάνω από 30 θαμνώδη και δενδρώδη φυτικά είδη.

Η ποικιλία αυτή φυτών, ενδιαιτημάτων και διαπλάσεων, ως έργο της φύσης συμμετέχει στη σύνθεση του πολιτιστικού τοπίου και αντανakλά τις ευκαιρίες και τους περιορισμούς που προσέφερε και επέβαλε το φυσικό περιβάλλον, στην ανάπτυξη της αρχαίας πόλης της Μεσσήνης. Η αυτοφυής βλάστηση του χώρου της Μεσσήνης αποτελεί μέρος του πνεύματος του τόπου (genius loci) που δίνει νόημα, αξία, συναίσθημα και μυστήριο στον τόπο. Οι μεταβολές της σύνθεσης των φυτικών κοινωνιών, η φτωχοποίηση των οικοσυστημάτων, η μείωση του πλούτου των ειδών αναμένεται να υποβαθμίσουν την αξία του πολιτιστικού τοπίου, με την αλλοίωση ή απώλεια της χλωριδικής ταυτότητας του χώρου. Όπως αναφέρθηκε, η χλωριδική ταυτότητα των αρχαιολογικών χώρων διαφέρει από τόπο σε τόπο και χαρακτηρίζει τα μνημεία στα οποία φύεται (Κανέλλου, Ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης βλάστησης αρχαιολογικών χώρων με βάση ενδεικτική καταγραφή χλωρίδας και σχετιζόμενων προβλημάτων, καθώς και διαμόρφωση αρχών σχεδιασμού της βλάστησης με στόχο την προστασία του μνημείου και την ανάδειξη του ιστορικού τοπίου, 2019; Κανέλλου, Παπαφωτίου, Σαϊτάνης, & Οικονόμου, 2019).

Επιπλέον, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βλάστηση αναμένεται να υποβαθμίσουν το μουσειολογικό και εκπαιδευτικό περιεχόμενο του χώρου. Τουλάχιστον 16 φυτικά είδη, τα οποία συναντώνται σήμερα στο χώρο και στη γύρω περιοχή, ήταν γνωστά στην αρχαιότητα, χρησιμοποιούνταν στην καθημερινή ζωή και σχετίζονταν με τη λατρεία και τη μυθολογία. Τα είδη αυτά θα μπορούσαν να συμμετέχουν σε ένα σχεδιασμένο τοπίο για την εξιστόρηση στοιχείων πολιτιστικού πλούτου, που συνδέονται με την αυτοφυή βλάστηση και η αλλοίωση ή απώλειά τους θα σήμαινε απώλεια του εκπαιδευτικού περιεχομένου του χώρου.

Τέλος, η μεταβολή της σύνθεσης των φυτοκοινοτήτων, η φτωχοποίηση των οικοσυστημάτων, η μείωση του πλούτου των ειδών, η μείωση της ικανότητας ανάκαμψης και η αύξηση της συχνότητας των πυρκαγιών, ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας και μείωσης της διαθέσιμης υγρασίας, αναμένεται να υποβαθμίσουν συνολικά το φυσικό τοπίο και να στερήσουν το «ψυχικό περιθώριο για αναδρομή και ονειροπόληση» που δημιουργεί η αρμονική ένταξη του χώρου της Μεσσήνης στο περιβάλλον φυσικό τοπίο.

Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση την επάρκεια των υφιστάμενων ηλεκτρομηχανολογικών και συγκοινωνιακών υποδομών

Στο πλαίσιο της ανίχνευσης της *Προσαρμοστικής Ικανότητας* του αρχαιολογικού χώρου σε περίπτωση ακραίου δυσμενούς φαινομένου, αποφασίστηκε η αξιολόγηση της επάρκειας των επιμέρους ηλεκτρομηχανολογικών υποδομών και των συνθηκών προσπέλασης.

Αξιολόγηση της επάρκειας των ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων σε συνθήκες ακραίως δυσμενών φαινομένων

Η κλιματική αλλαγή, εν γένει, δεν είναι μία παράμετρος που επηρεάζει άμεσα τη λειτουργία των Η/Μ εγκαταστάσεων. Εάν όμως αλλάξουν οι ανάγκες του τρόπου ζωής εξ αιτίας του κλίματος οι Η/Μ εγκαταστάσεις οφείλουν να υποστηρίξουν αυτή την αλλαγή. Επομένως δύναται να ειπωθεί ότι η κλιματική αλλαγή έχει **«έμμεση»** μόνο σχέση με τις Η/Μ Εγκαταστάσεις. Η μόνη εγκατάσταση που επηρεάζεται από την κλιματική αλλαγή είναι η απορροή των ομβρίων. Αυτό συμβαίνει συνήθως διότι οι υπολογισμοί της ικανότητας απορροής έχουν στηριχθεί σε στατιστικά κλιματικά δεδομένα.

Οι Η/Μ εγκαταστάσεις από την άλλη επηρεάζουν άμεσα την κλιματική αλλαγή, εξ αιτίας της καταναλισκόμενης ενέργειας. Οι Η/Μ εγκαταστάσεις (στα κτίρια) είναι υπεύθυνες για το 33% περίπου, της παγκόσμιας κατανάλωσης ενέργειας, οπότε πλέον τίθεται θέμα χρήσης ανανεώσιμων ή μη πηγών ενέργειας. Οι υποστηρικτικές Η/Μ εγκαταστάσεις σε έναν αρχαιολογικό χώρο εν γένει δεν είναι ενεργοβόρες, πλην του φωτισμού ανάδειξης, που θα πρέπει να γίνεται με λαμπτήρες υψηλής απόδοσης και χαμηλής κατανάλωσης, ώστε να εξυπηρετείται μεν η «ανάγκη», με χαμηλή κατανάλωση δε.

Παρακάτω γίνεται μία αξιολόγηση της επάρκειας των επιμέρους, υποστηρικτικών για τη εύρυθμη λειτουργία του αρχαιολογικού χώρου, ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων, σε κλιματικές μεταβολές και ακραία καιρικά φαινόμενα.

- Ύδρευση

Η χρήση μικρής ποσότητας νερού στον Αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης είναι αναγκαία, για την συντήρηση του πρασίνου, που είναι συστατικό στοιχείο της ανάδειξης του χώρου. Η ποσότητα του νερού των πηγών ενδέχεται να μεταβληθεί από την κλιματική αλλαγή, παρόλα αυτά σε κάθε περίπτωση κρίνεται ως επαρκής για τις ανάγκες του χώρου.

- Αποχέτευση ακαθάρτων

Ανεξάρτητα από την κλιματική αλλαγή, οι ανθρωπογενείς ρύποι, επηρεάζουν την ποιότητα του υδροφόρου δυναμικού. Το υδροφόρο δυναμικό της περιοχής, έχει ήδη αποδεδειγμένα επιμολύνσεις και απαιτείται η δευτεροβάθμια τουλάχιστον επεξεργασία των υγρών αποβλήτων πριν την υπεδάφια διάθεσή τους.

- **Παροχή ηλεκτρικού ρεύματος**

Η παροχή ηλεκτρικού ρεύματος στον αρχαιολογικό χώρο, δεν έχει άμεση σχέση με τη κλιματική αλλαγή. Απαιτείται μόνο για την κάλυψη των αναγκών και την εύρυθμη καθημερινή λειτουργία του. Βασικός κίνδυνος, ο οποίος θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν είναι η πιθανή διακοπή του δικτύου της ΔΕ-ΔΔΗΕ λόγω εκτάκτων καταστάσεων (υπερφόρτωση δικτύου, κεραυνός κλπ).

- **Ασθενή ρεύματα (ασφάλεια, data-τηλέφωνα)**

Η τηλεπικοινωνιακή σύνδεση του αρχαιολογικού χώρου, δεν έχει άμεση σχέση με τη κλιματική αλλαγή. Απαιτείται μόνο για την εύρυθμη καθημερινή λειτουργία του. Σε περιπτώσεις εκτάκτων συνθηκών και καταστάσεων, η ασύρματη (κυρίως) επικοινωνία, εξυπηρετεί τη διαχείριση της πολιτικής προστασίας και εμμέσως την ασφάλεια του χώρου.

- **Αντικεραυνική προστασία**

Η περιοχή της Αρχαίας Μεσσήνης, δεν εμφανίζεται στα στατιστικά στοιχεία της ΕΜΥ να πλήττεται από κεραυνούς. Επιπλέον, η περιοχή του αρχαιολογικού χώρου, δεν βρίσκεται σε «εξοχή» του εδάφους, αντιθέτως βρίσκεται σε «εσοχή» οπότε δεν συγκεντρώνει τα ανάλογα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που να ευνοούν τις πτώσεις κεραυνών.

Συνεπώς κρίνεται ότι η κλιματική αλλαγή, όσο κι αν επηρεάσει τις καιρικές συνθήκες, δεν θα προκαλέσει άμεσους κινδύνους συστηματικής πτώσης κεραυνών, λόγω της θέσης και της μορφολογίας εδάφους του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης και επομένως ο κεραυνικός κίνδυνος είναι μικρός (μη αξιολογήσιμος). Παρόλα αυτά, θα πρέπει να εφαρμοστούν οι τυπικές απαιτήσεις της αντικεραυνικής προστασίας, τόσο στα κτίρια (στέγαστρα), όσο και στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις ισχυρών και ασθενών ρευμάτων.

- **Προστασία από τα όμβρια**

Είναι πολύ πιθανό η κλιματική αλλαγή να επηρεάσει τις συγκεντρώσεις των ομβρίων που εισέρχονται στον αρχαιολογικό χώρο, κυρίως από τη βόρεια πλευρά (βλ. πλημμυρικό γεγονός το 2016, **Error! Reference source not found.**). Συνολικά, με βάση την αξιολόγηση της υφιστάμενης κατάστασης (Καταγραφή των υποστηρικτικών ηλεκτρομηχανολογικών εγκαταστάσεων υποδομής), κρίνεται ότι τα όμβρια στο σύνολο απομαστεύονται επαρκώς.

- **Πυροπροστασία**

Η πυροπροστασία του αρχαιολογικού χώρου, θα πρέπει να αντιμετωπίζεται με συστηματικό τρόπο, ανεξαρτήτως της κλιματικής αλλαγής..

Με δεδομένο ότι προϊόντος του χρόνου, θα αυξάνονται οι επισκέπτες αλλά και η χρήση του χώρου για εκδηλώσεις (συγκέντρωση κοινού) κρίνεται ότι θα πρέπει να εκπονηθεί μελέτη πυροπροστασίας που θα καταδείξει τα προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα που απαιτούνται για την περίπτωση του αρχαιολογικού χώρου.

Αξιολόγηση των συγκοινωνιακών υποδομών σε συνθήκες ακραίων δυσμενών φαινομένων

Όσον αφορά την παράμετρο των συγκοινωνιακών υποδομών θα πρέπει να αξιολογηθεί η επάρκεια του αρχαιολογικού χώρου:

1. Από τη σκοπιά της προσπελασιμότητας από τυχόν αναγκαία επίγεια μέσα, για την αντιμετώπιση των ακραίων φαινομένων που αναδείχθηκαν ως οι μεγαλύτεροι κίνδυνοι (βλ. πλημμυρικό επεισόδιο, πυρκαγιά, σελ.42),
2. Από τη σκοπιά των δυνατοτήτων απομάκρυνσης μεγάλου πλήθους ανθρώπων με συστηματικό και ασφαλή τρόπο, βάσει συγκεκριμένων σχεδίων διαχείρισης.

Με βάση την αναγνώριση της υφιστάμενης κατάστασης (Αναγνώριση των υφιστάμενων συνθηκών προσπέλασης, κίνησης και στάθμευσης) κρίνεται ότι:

- Δεν υπάρχει επαρκές και κατάλληλα διαμορφωμένο οδικό κύκλωμα προσπέλασης από πυροσβεστικά οχήματα ή άλλα οχήματα αντιμετώπισης εκτάκτων αναγκών από και προς και σε όλη την περίμετρο του χώρου, πράγμα αναγκαίο σε έναν χώρο με τέτοια έκταση και τέτοια κλίση.
- Δεν λειτουργεί ικανοποιητικά ως έξοδος κινδύνου καμιά από τις δευτερεύουσες εισόδους/εξόδους στον χώρο (Είσοδος Β νότια και Γ δυτικά), ούτε όμως και η κυρία Είσοδος (Είσοδος Α) είναι διαμορφωμένη με τρόπο που να επιτρέπει ταχεία εκκένωση μεγάλου αριθμού ανθρώπων.
- Ευρύτερα το κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο κρίνεται επαρκές, και αξιολογείται ως ανεπαρκές μόνο στο σενάριο ανάγκης απομάκρυνσης μεγάλου αριθμού ανθρώπων σε σύντομο χρονικό διάστημα.
- Τμήματα υφιστάμενων χωματόδρομων που οδηγούν στις δύο εργοταξιακού χαρακτήρα εισόδους (Β και Γ), καθώς και υφιστάμενη εργοταξιακού χαρακτήρα χάραξη εντός του αρχαιολογικού χώρου, περιβάλλονται από βλάστηση με τρόπο που δεν τα καθιστά πλήρως ασφαλή για διέλευση οχημάτων αντιμετώπισης έκτακτων αναγκών.

Οι παραπάνω παρατηρήσεις κρίνεται ότι μπορούν να βελτιωθούν με παρεμβάσεις, σχετικά χαμηλού κόστους και με την κατάρτιση σχεδίων διαχείρισης για την παρακολούθηση και την ενίσχυση της ανθεκτικότητας του χώρου.

Αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου με βάση την υφιστάμενη διαχείριση

Μία ακόμα παράμετρος, η οποία κρίνεται ότι επηρεάζει καθοριστικά την *Προσαρμοστική Ικανότητα* του αρχαιολογικού χώρου είναι η αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο οι πρακτικές διαχείρισης που εφαρμόζονται στο μνημείο αυξάνουν την ανθεκτικότητά του έναντι ακραίων καιρικών φαινομένων.

Σημειώνεται ότι, όπως έχει αναλυθεί εκτενώς (σελ.42), οι βασικοί κίνδυνοι που απειλούν το μνημείο, συνεπεία της κλιματικής αλλαγής, είναι η πυρκαγιά -ιδιαίτερα κατά τους θερινούς μήνες- και η πλημμύρα, (ως αποτελέσματα αύξησης της ξηρασίας, υποχώρησης της στάθμης των επιφανειακών υδάτων, διάβρωσης των εδαφών).

Αξιολόγηση των πρακτικών διαχείρισης που εφαρμόζονται στο χώρο για τη μείωση του κινδύνου πυρκαγιάς

Στον αρχαιολογικό χώρο λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα πυροπροστασίας, που αφορούν τη μέγιστη δυνατή μείωση της επιεδάφιας καύσιμης ύλης, μέσω της διαχείρισης βλάστησης, που μειώνει την ευαισθησία του χώρου σε περιστατικά εκδήλωσης πυρκαγιάς. Στο χώρο εφαρμόζεται με επιμέλεια αποψίλωση, με χορτοκοπτικά μηχανήματα πεζού χειριστή (μεσινέζα) αλλά και αυτοκινούμενα, για την απομάκρυνση της ξερής βιομάζας των ποωδών ειδών. Οι αποψιλώσεις και η απομάκρυνση των ξερών υπολειμμάτων κοπής, γίνονται ετησίως, με το πέρας της βλαστητικής περιόδου, Απρίλιο έως Μάιο. Επιπλέον, ο χώρος παραμένει καθαρός από μικρούς θάμνους, νεαρά δενδρύλλια, προϊόντα κλαδέματος, βάσεις υλοτομημένων δέντρων κ.α. νεκρά φυτικά υπολείμματα, που θα μπορούσαν να συμμετέχουν στην επιεδάφια καύσιμη ύλη.

Αξιολόγηση των πρακτικών διαχείρισης που εφαρμόζονται στο χώρο για τη μείωση του κινδύνου πλημμύρας

Όπως παρατηρήθηκε, στον αρχαιολογικό χώρο τα αναστηλωμένα μνημεία, καθώς και το αναστηλωμένο τμήμα του υπόγειου δικτύου των αρχαίων πλακοσκεπών οχετών, υποβοηθούν σημαντικά την

απομάκρυνση από το χώρο των ομβρίων υδάτων. Στην απομάστευση και μη συγκέντρωση σε σημεία, των ομβρίων, συνεισφέρουν και οι κλίσεις -που έχουν διατηρηθεί- των οδών προσπέλασης, καθώς και η γεωμορφολογία της Αρχαίας Μεσσήνης.

4.3 Συμπεράσματα για την τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου

Συνολικά, η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε για την αναγνώριση και αξιολόγηση της τρωτότητας του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης είναι η εξής:

1. Αναλύθηκαν τα κλιματικά δεδομένα και δείκτες που παρείχε το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών και αναδείχθηκαν οι βασικοί κίνδυνοι που δύνανται να επηρεάσουν αρνητικά το μνημείο. Οι κυριότεροι κίνδυνοι είναι η πυρκαγιά και η πλημμύρα.
2. Αναγνωρίστηκαν τα επιμέρους χαρακτηριστικά που συνθέτουν τη συνολική ταυτότητα του αρχαιολογικού χώρου. Συγκεκριμένα μελετήθηκε 1) η τοπογραφία, τα γεωλογικά χαρακτηριστικά, η υδρολογική λεκάνη, στην οποία εντάσσεται ο χώρος και οι χρήσεις γης, 2) η δομή και τα υλικά των μνημείων, ιστάμενων, διάσπαρτων ή και ανασκαμμένων, 3) η βλάστηση (αυτοφυής και καλλιεργούμενη) εντός και εκτός του αρχαιολογικού χώρου, 4) η αντίστοιχη έκθεση για την περιοχή διατομής τοπίου Πύλος-Αρχαία Μεσσήνη-Ταΰγετος-Μυστράς-Σπάρτη και Έλος-Μονεμβασία (104 km), της υπό-δράσης C4.1, στο πλαίσιο του παρόντος έργου LIFE17 IPC/GR/000006 και λήφθηκαν στοιχεία για το κίνδυνο διάβρωσης και ερημοποίησης, 5) οι υποστηρικτικές ηλεκτρομηχανολογικές εγκαταστάσεις υποδομής, 6) η πρόσβαση και η απομάκρυνση προς/από το χώρο, καθώς και οι εσωτερικές μετακινήσεις και 7) τα στοιχεία επισκεψιμότητας από το 2012 έως και το 2019 και ο αριθμός των ανθρώπων που μπορεί να συνυπάρχουν στο χώρο σε περίπτωση εκδηλώσεων και 7) το θεσμικό πλαίσιο και η διαχείριση του χώρου.
3. Ακολουθώντας τις βασικές παραμέτρους της έκθεσης, της ευαισθησίας και της προσαρμοστικής ικανότητας, όπως ορίζονται από το IPCC, εξετάστηκε η τρωτότητα του μνημείου με βάση τη θέση (γεωγραφικά, τοπογραφικά, γεωλογικά) του στο χώρο και την ευαισθησία που παρουσιάζει, αναφορικά με τα υλικά των ιστάμενων μνημείων και τη βλάστηση (αυτοφυή και καλλιεργούμενη), ενώ λήφθηκε υπόψιν η παράμετρος του αριθμού των ατόμων που δύνανται να βρίσκονται συγχρόνως στο χώρο. Η προσαρμοστική ικανότητα του μνημείου ελέγχθηκε με βάση τις υφιστάμενες τεχνικές υποδομές, κυκλοφοριακές και ηλεκτρομηχανολογικές, καθώς και με βάση τις πρακτικές διαχείρισης που εφαρμόζονται στο χώρο.

Παρακάτω συνοψίζονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την τρωτότητα του χώρου στους δύο βασικούς κινδύνους της πυρκαγιάς και της πλημμύρας:

3.α) Θέση (γεωγραφικά, τοπογραφικά, γεωλογικά): Ο κίνδυνος λόγω θέσης κρίνεται ως υψηλός για το μνημείο.

Η περιοχή της Αρχαίας Μεσσήνης βρίσκεται σε μια θέση με αυξημένη διάρκεια ξηρασίας, υψηλού κινδύνου εκδήλωσης πυρκαγιάς και ευαίσθητη κατά θέσεις και κύρια στην περιοχή του αρχαιολογικού χώρου, στην ερημοποίηση. Ταυτόχρονα, δέχεται έντονες βροχοπτώσεις που καθιστούν τα εδάφη και τα μνημεία τρωτά στη διάβρωση. Ο συνδυασμός αυτών των παραμέτρων και σε συνάρτηση με τη σχετικά πρόσφατη μεγάλη πυρκαγιά τον Αύγουστο του 2014 (κρίνεται ως μεγάλη για την κλίμακα της περιοχής τοπίου), οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μια επανάληψη πυρκαγιάς στο εγγύς μέλλον θα μπορούσε να είναι ιδιαίτερα ζημιογόνα για την περιοχή και ιδιαίτερα για τον αρχαιολογικό χώρο, αφού θα περιορίσει τη φυσική αναγέννηση, που μόλις ανακάμπτει από την πυρκαγιά του 2014, θα καταστρέψει τη φυσική και μη βλάστηση, επιτείνοντας έτσι τα φαινόμενα ερημοποίησης και διάβρωσης από τις βροχοπτώσεις.

Όσον αφορά την περίπτωση εμφάνισης πλημμυρικού επεισοδίου, από την ανάλυση με του μοντέλο MIKE SHE 2020, προέκυψε ότι οι περιοχές του αρχαιολογικού χώρου όπου παρατηρείται μεγάλη συγκέντρωση νερού, είναι η Αγορά, το Ασκληπιείο, η Βασιλική και το Στάδιο, με το μεγαλύτερο

βάθος νερού να σημειώνεται στην περιοχή της Αγοράς. Τα πλημμυρικά φαινόμενα κρίνεται ότι συνδέονται κυρίως με την επιφανειακή απορροή και πιθανώς με το ανώνυμο ρέμα που διέρχεται μέσα από τον αρχαιολογικό χώρο στην περιοχή της Αγοράς, με βόρεια-νότια διεύθυνση.

3.β) Ευαισθησία της βλάστησης και των υλικών: *Ο κίνδυνος λόγω ευαισθησίας κρίνεται ως μέτριος.*

Αναφορικά με τα υλικά των μνημείων, σε περίπτωση πυρκαγιάς, κινδυνεύουν σε μεγαλύτερο βαθμό οι ασβεστόλιθοι και ασβεστολιθικοί και ψαμμιτικοί κίονες του αρχαιολογικού χώρου (Hajral, 2010). Εξίσου κινδυνεύουν και τα διάσπαρτα επιστύλια, κιονόκρανα και βάθρα που βρίσκονται σε όλη την έκταση του αρχαιολογικού χώρου. Σε περίπτωση πλημμυρικού επεισοδίου, η πιθανή υποχώρηση του εδάφους με τη διέλευση των επιφανειακών υδάτων, πιθανώς να οδηγήσει σε κατάρρευση των μνημειακών λίθων, ανεξάρτητα από τη ψαμμιτική ή ασβεστολιθική τους φύση. Η εκτιμώμενη μείωση της σχετικής υγρασίας αναμένεται να επιδράσει θετικά στην ανθεκτικότητα των υλικών των μνημείων, καθώς θα μειωθεί η επιφανειακή απορρόφηση του νερού και θα περιοριστεί η έντονη βιολογική δραστηριότητα. Η διατήρηση των ωρών ηλιοφάνειας θα ευνοήσει τη μηχανική κατάσταση των υλικών. Τα σημεία των μνημείων που ούτως ή άλλως δεν εκτίθενται στον ήλιο θα συνεχίσουν να παρουσιάζουν μαύρες κρούστες βιολογικής ή χημικής προέλευσης.

Αναφορικά με τη βλάστηση, για τα δέντρα που φύονται στον αρχαιολογικό χώρο, ο κίνδυνος εκδήλωσης πυρκαγιάς κόμης είναι πολύ χαμηλός, εφόσον απομακρύνεται τακτικά η επιεδάφια καύσιμη ύλη και διατηρείται καθαρή η εναέρια καύσιμη ύλη. Επιπλέον, οι λιγοστές συστάδες θάμνων και δέντρων φύονται μακριά από σημεία όπου υπάρχουν αρχαία κατάλοιπα, μειώνοντας το κίνδυνο πρόκλησης φθορών στα αρχαία κατάλοιπα, σε περίπτωση εκδήλωσης πυρκαγιάς. Όσον αφορά τη γύρω περιοχή, οι πιο ευαίσθητες αναμένεται να είναι οι περιοχές με αυτοφυή θαμνώδη είδη, κυρίως εάν αυξηθεί η συχνότητα των πυρκαγιών, οπότε το φαινόμενο να εκδηλωθεί αθροιστικά (Mouillot, Rambal, & Joffre, 2002). Στις περιοχές όπου καλύπτονται από καλλιέργειες (ανατολικά και δυτικά του χώρου), καθώς και στους ελαιώνες, η ευαισθησία στην εκδήλωση πυρκαγιών αναμένεται χαμηλότερη εφόσον συνεχιστούν οι καλλιεργητικές φροντίδες, απομακρύνεται τακτικά η επιεδάφια καύσιμη ύλη και διατηρείται καθαρή η εναέρια καύσιμη ύλη. Όσον αφορά την πλημμύρα, κρίνεται ότι ένα περιστατικό βροχόπτωσης εξαιρετικής έντασης, μπορεί να οδηγήσει σε απόπλυση εδαφικού υλικού και θρεπτικών στοιχείων και να επιδεινώσει την αναγέννηση της βλάστησης (De Luis, et al., 2001), οπότε θα πρέπει να έχει εκτιμηθεί με βάση το βαθμό που έχει πληγεί η βλάστηση που συγκρατεί τα εδάφη, ώστε εάν χρειάζεται να ληφθούν περαιτέρω μέτρα σταθεροποίησης των εδαφών.

3.γ) Υποδομές (ηλεκτρομηχανολογικές και συγκοινωνιακές): *Ο κίνδυνος λόγω της επάρκειας ή μη των υφιστάμενων υποδομών, δηλαδή της προσαρμοστικής ικανότητας του χώρου από άποψη υποδομών κρίνεται ως μέτριος.*

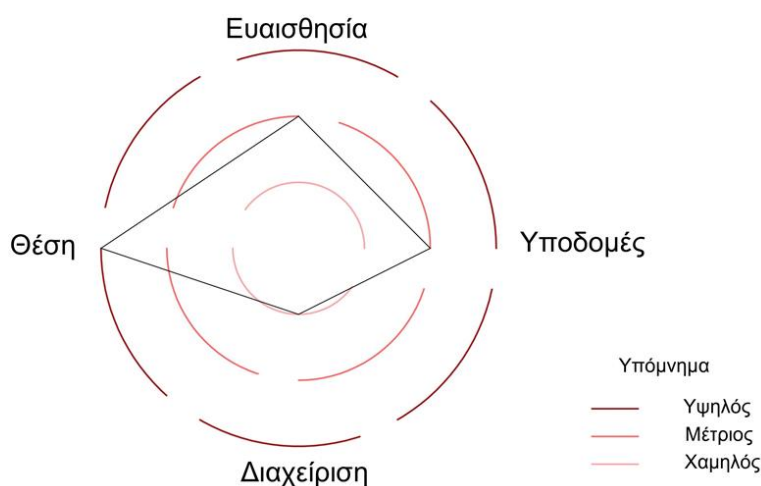
Αναφορικά με τις υφιστάμενες συνθήκες προσπέλασης, κίνησης, στάθμευσης και εκκένωσης κρίνεται ότι, στην περίπτωση πυρκαγιάς το δίκτυο δεν είναι επαρκώς διαμορφωμένο για τη μετακίνηση πυροσβεστικών ή άλλων, ειδικών για έκτακτες ανάγκες, οχημάτων. Συνολικά και για την περίπτωση πυρκαγιάς και για την περίπτωση πλημμύρας, κρίνεται ότι οι έξοδοι κινδύνου, καθώς και το κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο δεν είναι κατάλληλα διαμορφωμένα ώστε να επιτρέπεται η ταχεία εκκένωση μεγάλου αριθμού ανθρώπων.

Σχετικά με τις υφιστάμενες ηλεκτρομηχανολογικές υποδομές, για την περίπτωση πυρκαγιάς είναι σημαντικό να εκπονηθεί μελέτη πυροπροστασίας που θα καταδείξει τα προληπτικά και κατασταλτικά μέτρα που απαιτούνται για το συγκεκριμένο αρχαιολογικό χώρο (ισχύει για κάθε αρχαιολογικό χώρο). Όσον αφορά την περίπτωση πλημμύρας, είναι πολύ πιθανό η κλιματική αλλαγή να επηρεάσει τις συγκεντρώσεις των ομβρίων που εισέρχονται στον αρχαιολογικό χώρο, κυρίως από τη βόρεια πλευρά. Στην παρούσα κατάσταση, οι υφιστάμενες υποδομές κρίνεται ότι συμβάλλουν ικανοποιητικά στην απομάκρυνση των ομβρίων.

3.δ) Διαχείριση χώρου: Ο κίνδυνος λόγω της υφιστάμενης διαχείρισης του χώρου, δηλαδή της προσαρμοστικής ικανότητας του χώρου από άποψη πρακτικών διαχείρισης, κρίνεται ως χαμηλός. Όσον αφορά τον κίνδυνο πυρκαγιάς, στον αρχαιολογικό χώρο λαμβάνονται όλα τα αναγκαία μέτρα πυροπροστασίας, που αφορούν τη μέγιστη δυνατή μείωση της επιεδάφιας καύσιμης ύλης. Σχετικά με την περίπτωση εκδήλωσης πλημμυρικού επεισοδίου, η προγραμματισμένη αποκατάστασης τμήματος του υπόγειου δικτύου των αρχαίων πλακοσκεπών οχενών, συμβάλλουν σημαντικά την απομάκρυνση από το χώρο των ομβρίων υδάτων.

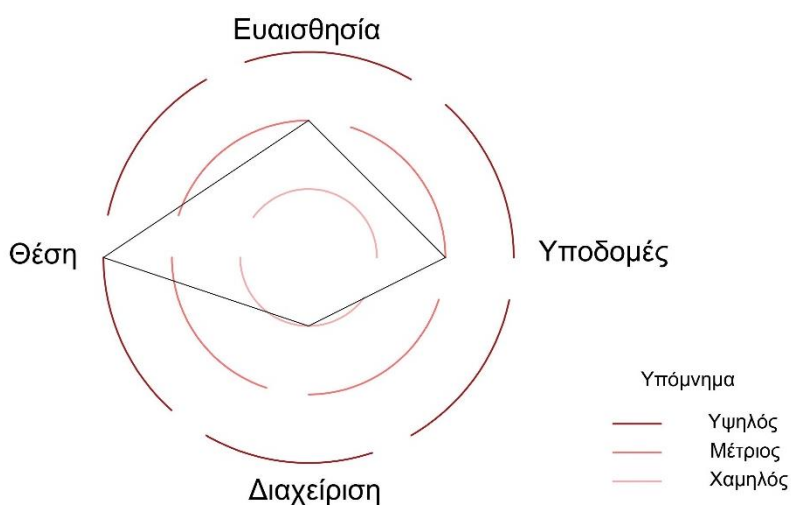
Από την παραπάνω ανάλυση, προέκυψαν συνοπτικά τα δύο επόμενα σχήματα, σχετικά με την **τρωτότητα** του αρχαιολογικού χώρου στην περίπτωση έξαρσης των δύο βασικών κινδύνων (πυρκαγιά και πλημμύρα). **Σημειώνεται ότι ανάλογα με το κλιματικό σενάριο (RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5), η πιθανότητα εμφάνισης αυτών των γεγονότων σαφώς και διαφέρει.**

Πυρκαγιά



Εικόνα 67: Η τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου στην περίπτωση πυρκαγιάς

Πλημμύρα



Εικόνα 68: Η τρωτότητα του αρχαιολογικού χώρου στην περίπτωση πλημμυρικού επεισοδίου

Προτάσεις για την προσαρμογή του Αρχαιο- λογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης στην κλιματική αλλαγή

5. Προτάσεις για την προσαρμογή του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης και τη διαχείριση και αντιμετώπιση των κινδύνων που αναμένονται λόγω κλιματικής αλλαγής

Στην παρούσα ενότητα θα παρουσιαστούν και αναλυθούν οι προτάσεις για την Αρχαία Μεσσήνη, οι οποίες έχουν ως στόχο την προσαρμογή του αρχαιολογικού χώρου στην κλιματική αλλαγή, την ενίσχυση της ανθεκτικότητας του στις κλιματικές μεταβολές και σε ακραία καιρικά φαινόμενα, καθώς και τη διαχείριση και την έγκαιρη αντιμετώπιση των κινδύνων. Οι προτάσεις διαμορφώνονται με βάση την προηγηθείσα τεκμηρίωση του αρχαιολογικού χώρου, την εκτίμηση των κινδύνων που αναμένονται και την αξιολόγηση της τρωτότητας (θέση, ευαισθησία, προσαρμοστική ικανότητα) του χώρου στις κλιματικές μεταβολές.

Οι προτάσεις κατηγοριοποιούνται σε πέντε (5) βασικούς άξονες - κατευθύνσεις:

- I. Σύστημα Παρακολούθησης του χώρου:** Διατυπώνεται μία σειρά προτάσεων στο πλαίσιο της καλύτερης κατανόησης των σχετικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα υλικά και στις δομές των μνημείων του αρχαιολογικού χώρου, αλλά και για την παρακολούθηση της αποτελεσματικότητας των μέτρων που λαμβάνονται.
- II. Μέτρα Προσαρμογής του αρχαιολογικού χώρου στην κλιματική αλλαγή:** Διατυπώνεται μία σειρά από προτάσεις, οι οποίες έχουν ως στόχο την ενίσχυση της ανθεκτικότητας και τη βελτίωση της λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου, με απώτερο στόχο την προσαρμογή αυτού στην κλιματική αλλαγή.
- III. Θεσμικά εργαλεία:** Προτείνονται θεσμικά εργαλεία με στόχο την προσαρμογή και την προστασία του αρχαιολογικού χώρου από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.
- IV. Πρόγραμμα Δράσης αυξημένης ετοιμότητας σε περιπτώσεις έκτακτων αναγκών:** Διατυπώνεται μία σειρά από προτάσεις, οι οποίες έχουν ως στόχο την έγκαιρη αντιμετώπιση και την κατάλληλη διαχείριση περιπτώσεων έκτακτων αναγκών, οι οποίες αποδίδονται σε κλιματικές μεταβολές και ακραία καιρικά φαινόμενα.
- V. Ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση:** Διατυπώνεται μία σειρά προτάσεων, οι οποίες έχουν ως στόχο την ενημέρωση, την εκπαίδευση και την ευαισθητοποίηση κοινού, μαθητών και επαγγελματιών.

5.1 Άξονας (I): Σύστημα Παρακολούθησης του χώρου

Συνολικά συστήνονται έξι (6) επιμέρους μέτρα/προτάσεις σε αυτήν την κατηγορία.

Οι προτάσεις αναλύονται σε δύο (2) βασικές κατηγορίες:

- σε συστήματα καταγραφής παραμέτρων και
- σε συλλογή, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων που θα συλλεχθούν.

Ως βασικοί παράμετροι που δύνανται να καταγραφούν επιλέχθηκαν α) τα υλικά των μνημείων και β) η βλάστηση. Και οι δύο βασικοί παράμετροι αφορούν κυρίως την ευαισθησία του χώρου στις αναμενόμενες κλιματικές μεταβολές. Μέσω των δεδομένων που δύνανται να συλλεχθούν και αναλυθούν είναι δυνατή η έγκαιρη ανίχνευση τυχόν υποβάθμισης των βασικών παραμέτρων και ο έγκαιρος σχεδιασμός επεμβάσεων αποκατάστασης.

Συστήματα καταγραφής παραμέτρων σχετικών με τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής και συστήματα καταγραφής και παρακολούθησης καιρικών φαινομένων.

Ως προς την παράμετρο των υλικών:

I.1) Προτείνεται η τοποθέτηση αισθητήρων καταγραφής της θερμοκρασίας, της σχετικής υγρασίας και της έντασης της ακτινοβολίας σε σημεία που εμφανίζουν ήδη έντονη φθορά (βλ. εσωτερικό κοίλο του Σταδίου, ή ψαμμипικά αρχιτεκτονικά στο Βόρειο Τοίχο της Στοάς της Αγοράς).

Σημείωση: Περισσότερες πληροφορίες δίνονται στο σχετικό ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, σελ.128.

I.2) Προτείνεται η in-situ μακροσκοπική παρατήρηση και φωτογραφική καταγραφή της εξέλιξης των φθορών με σκοπό την εκτενέστερη κατανόηση της επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στα μνημεία.

I.3) Συστήνεται η παρακολούθηση των φθορών και των μηχανικών αντοχών των μνημείων μέσω μη καταστρεπτικών μεθόδων.

Σημείωση: Περισσότερες πληροφορίες δίνονται στο σχετικό ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, σελ.129.

Ανάλυση των δεδομένων που θα προκύψουν από τα συστήματα καταγραφής.

I.4) Συστήνεται η ανάπτυξη βάσεων δεδομένων για τη συστηματική καταγραφή και ταξινόμηση των μετρήσεων που θα προκύψουν.

I.5) Προτείνεται η περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων με στόχο τα συμπεράσματα που θα προκύψουν να οδηγήσουν σε περαιτέρω ενέργειες (πχ. εφαρμογή προληπτικών μέτρων, εργασίες αποκατάστασης κλπ.)

Ως προς την παράμετρο της βλάστησης:

I.6) Προτείνεται η εφαρμογή ενός προγράμματος παρακολούθησης των πληθυσμών των φυτικών ειδών της περιοχής, με στόχο την έγκαιρη ανίχνευση τυχόν επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, στη βιοποικιλότητα του τοπίου της Αρχαίας Μεσσήνης.

Σημείωση: Περισσότερες πληροφορίες δίνονται στο σχετικό ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, σελ. 125.

5.2 Άξονας (II): Μέτρα Προσαρμογής του αρχαιολογικού χώρου στην κλιματική αλλαγή, με σεβασμό στις αξίες του τόπου.

Συνολικά συστήνονται δώδεκα (12) επιμέρους μέτρα/προτάσεις σε αυτήν την κατηγορία.

Τα μέτρα προσαρμογής στοχεύουν σε:

- Ενίσχυση της Ανθεκτικότητας του χώρου (βλ. Μέθοδοι διαχείρισης βλάστησης, υλικά συντήρησης ή/και αποκατάστασης των ιστάμενων και ανασκαμμένων μνημείων, ενίσχυση του χώρου με συναφή έργα για την προστασία από την πλημμύρα και την πυρκαγιά, βελτίωση της προσπελασιμότητας).
- Βελτίωση της Λειτουργικότητας του χώρου (βλ. Βελτίωση της προσβασιμότητας και της κίνησης εντός του χώρου, βελτίωση της δυνατότητας εκκένωσης, βελτίωση ή/και ενίσχυση των τεχνικών υποδομών όπως ο ηλεκτροφωτισμός, η πυροπροστασία και τα δίκτυα κοινής ωφέλειας)

Μέτρα για τη διαχείριση της βλάστησης του αρχαιολογικού χώρου

II.1) Προτείνεται η μέθοδος περιορισμού των ζιζανίων στον αρχαιολογικό χώρο, όπου κρίνεται απαραίτητο, με στόχο τη μείωση της ευαισθησίας του χώρου στις πυρκαγιές, αλλά και την προστασία του μνημείου και της βιοποικιλότητας.

Σημείωση: Περισσότερες πληροφορίες δίνονται στο σχετικό ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, σελ. 130.

II.2) Προτείνεται η χαρτογράφηση της καύσιμης ύλης για την πρόβλεψη του κινδύνου έναρξης πυρκαγιάς.

Σημείωση: Περισσότερες πληροφορίες δίνονται στο σχετικό ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, σελ. 133.

Μέτρα για τη συντήρηση και αποκατάσταση των φθορών των υλικών

II.3) Ανάλογα με το είδος και την αιτία της φθοράς που εντοπίζεται στα υλικά των ιστάμενων μνημείων, προτείνεται και η αντίστοιχη επέμβαση συντήρησης και αποκατάστασης.

Συγκεκριμένα:

<i>ΕΙΔΟΣ ΦΘΟΡΑΣ</i>	<i>ΠΙΘΑΝΑ ΑΙΤΙΑ</i>	<i>ΕΠΕΜΒΑΣΗ</i>
<i>Επικάθιση</i>	Βιολογικοί παράγοντες - επικάθιση στρωμάτων (βιολογική, ιζήματος, αιθάλης, αιωρούμενων σωματιδίων, χώματος, φερτών υλικών κλπ.) που δεν επιφέρουν βλάβη	Απομάκρυνση με μηχανικό ή/και χημικό τρόπο
<i>Κυψέλωση</i>	Κυρίως λόγω αιρούμενων σωματιδίων, συνήθως αλάτων	Σφράγιση πολύ μεγάλων κοιλοτήτων με κονίαμα
<i>Βιολογική</i>	Δράση μικρό-οργανισμών, Έκθεση σε έντονες καιρικές συνθήκες (κατακρημνίσεις, αιωρούμενα σωματίδια, κλπ)	Ανά περίπτωση
<i>Επιφανειακή ρηγματώση</i>	Έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες, Συνύπαρξη με δομικά υλικά με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, Στάσιμα ύδατα	Συλλογή ετοιμόρροπων θραυσμάτων και πλήρωση
<i>Απολέπιση</i>	Έκθεση σε ακραίες θερμοκρασίες, Συνύπαρξη με δομικά υλικά με διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά	Συλλογή ετοιμόρροπων θραυσμάτων και πλήρωση
<i>Βελονισμός</i>	Χημικά ή βιογενή αίτια, Δράση κατακρημνίσεων, Αιωρούμενα σωματίδια, κυρίως άλατα	Επιφανειακή στερέωση
<i>Κονιοποίηση - Στρογγυλοποίηση</i>	Έκθεση σε καιρικές συνθήκες	Επιφανειακή στερέωση με ψεκασμούς

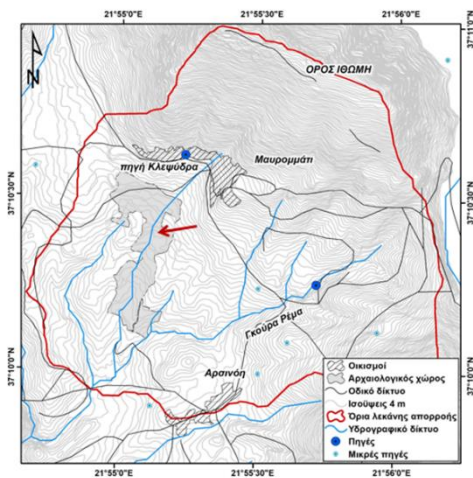
Σημείωση: Περισσότερες πληροφορίες δίνονται στο σχετικό ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ, σελ. 135.

II.4) Προτείνεται η κάλυψη ενεπίγραφων αρχιτεκτονικών μελών κατά τους φθινοπωρινούς και χειμερινούς μήνες, για την προστασία τους από τις καιρικές συνθήκες (βλ. αντίστοιχη διαδικασία που έχει ακολουθηθεί στο ενεπίγραφο βάθρο των ιππέων).

Μέτρα για την αντιπλημμυρική προστασία του χώρου

II.5) Προτείνεται η αντιπλημμυρική και αντιδιαβρωτική θωράκιση του αρχαιολογικού χώρου και ιδιαίτερα της περιοχής της Αγοράς, του Ασκληπιείου, της Βασιλικής και του Σταδίου, με την κατασκευή στραγγιστήριας υδρομαστευτικής τάφρου για την εκτροπή της επιφανειακής απορροής και του υπεδάφικου νερού. Συγκεκριμένα προτείνεται η κατασκευή τάφρου βόρεια του αρχαιολογικού χώρου, ο οποίος θα συλλέγει και θα εκτρέπει την επιφανειακή απορροή (και τα φερτά υλικά) από ανάντη προς νοτιοανατολικά μέσω αποχετευτικού αγωγού. Βασικός ρόλος της τάφρου θα πρέπει να είναι η

συλλογή του νερού από το ανώνυμο ρέμα που διέρχεται μέσα από τον αρχαιολογικό χώρο στην περιοχή της Αγοράς (βλ. Εικόνα 69) και το οποίο εκτιμάται ως κυρίως υπεύθυνο για τις φθορές που προκλήθηκαν από την πλημμύρα στον αρχαιολογικό χώρο, το Σεπτέμβριο του 2016 (βλ. σελ. 67).



Εικόνα 69. Υδρολογική λεκάνη όπου εντάσσεται ο αρχαιολογικός χώρος της Αρχαίας Μεσσήνης

II.6) Προτείνεται η αποκατάσταση της κλίσης του εδάφους σε συνεννόηση με τους υπεύθυνους Αρχαιολόγους, στην περιοχή της νότιας στοάς της Αγοράς, όπου παρατηρήθηκε συγκέντρωση των εισερχομένων, στον αρχαιολογικό χώρο, ομβρίων. Για την ίδια περιοχή, εφόσον δεν επιτευχθεί με την παραπάνω παρέμβαση η επιθυμητή κλίση επιφανειακής απορροής μπορούν να κατασκευαστούν φρεάτια απομάστευσης των επιφανειακών ομβρίων που θα τα οδηγούν είτε στο αμέσως χαμηλότερο άνδρηο, από όπου θα εκρέουν ελεύθερα, είτε σε υπόγειο αποχετευτικό αγωγό (βλ. προηγούμενη πρόταση).

Μέτρα πυροπροστασίας

II.7) Προτείνεται η εκπόνηση μελέτης Πυροπροστασίας, η οποία θα καταδείξει τα προληπτικά και τα κατασταλτικά μέτρα προστασίας. Στα κατασταλτικά μέτρα ανήκει το σχέδιο εκκένωσης έκτακτης ανάγκης και η πυρόσβεση, βασικό τμήμα του οποίου είναι η διαθεσιμότητα νερού και η κατάλληλη πρόσβαση στο χώρο.

II.8) Προτείνεται η κατασκευή υπόγειου υδροδοτικού δικτύου με πυροσβεστικούς κρουνοί (Hydrants) σε άμεσα προσβάσιμες θέσεις, για την χρήση από εξειδικευμένο προσωπικό. Στους πυροσβεστικούς αυτούς κρουνοί θα μπορούν να συνδέονται για λήψη νερού και τα πυροσβεστικά οχήματα για την υποβοήθηση του έργου τηςκατάσβεσης.

Σημείωση: Η όδευση του υδροδοτικού δικτύου θα μπορεί να γίνει σε συνδυασμό με τις προτεινόμενες εσωτερικές στον αρχαιολογικό χώρο οδούς διέλευσης των βαρέων οχημάτων (βλ. Προτάσεις για τη βελτίωση της)

II.9) Προτείνεται η κατασκευή μίας υπόγειας πυροσβεστικής δεξαμενής, με την κατά το δυνατόν μεγαλύτερη εφικτή χωρητικότητα νερού και ένα υπόγειο αντλιοστάσιο για το κατάλληλο πυροσβεστικό συγκρότημα τροφοδοσίας του παραπάνω υδροδοτικού πυροσβεστικού δικτύου. Η θέση της δεξαμενής αυτής, προτείνεται -σε συνεννόηση με τους υπεύθυνους Αρχαιολόγους-, να είναι νοτιοανατολικά του Σταδίου, στην περιοχή, κατάντη των απορροών, όπου γίνεται η απόθεση των χωμάτων από τις εκσκαφές του αρχαιολογικού χώρου και έχει διαμορφωθεί ένας μικρός λόφος από τα πρόσθετα χώματα.

Προτάσεις για τη βελτίωση της προσπελασιμότητας και των πρακτικών εκκένωσης του χώρου

Σημείωση: Οι προτάσεις που διατυπώνονται στην παρούσα ενότητα, συνιστούν κατευθύνσεις διαχείρισης αυτών των αδυναμιών, οι οποίες θα πρέπει περαιτέρω να οριστικοποιηθούν σε επίπεδο προμελέτης σε συνδυασμό και με όποιες άλλες τυχόν εργασίες προγραμματιστούν στις περιοχές των παρεμβάσεων. Σε πρώτη φάση, οι προτάσεις που ακολουθούν είναι συμβατές με τις προτάσεις για την αντιπλημμυρική θωράκιση και την πυροπροστασία του χώρου (βλ. σελ. 99,100)

Πέρα από τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την αυτοψία και την επεξεργασία των στοιχείων, για την διατύπωση των προτάσεων ελήφθησαν υπόψη και αξιολογήθηκαν προηγούμενες κατευθύνσεις προτάσεων βελτίωσης της λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου που διατυπώθηκαν σε δύο φάσεις (2016 και 2019) από ερευνητική ομάδα, υπό τους Μαϊστρου Ε. και Μωραϊτή Κ.¹⁶.

Οι προτάσεις – κατευθύνσεις για την βελτίωση των οδικών υποδομών προσπέλασης και λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου με στόχο την βέλτιστη προσαρμογή και την ενίσχυση της ανθεκτικότητάς του έναντι κινδύνων που απορρέουν από την επερχόμενη κλιματική αλλαγή, αποτυπώνονται στο Σχέδιο 2 «Αξιολόγηση προσπελασιμότητας. Μελέτη περίπτωσης : Αρχαία Μεσσήνη. Προτάσεις – κατευθύνσεις βελτίωσης οδικών υποδομών, προσπελασιμότητας και λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου»

II.10) Σειρά προτάσεων για τη βελτίωση και ενίσχυση λειτουργικών Εισόδων / Εξόδων στην περίμετρο του αρχαιολογικού χώρου

II.10.1) Βόρεια Είσοδος / Έξοδος

Προτείνεται η αναδιαμόρφωση του χώρου της υφιστάμενης κύριας Εισόδου επισκεπτών (Είσοδος Α) σε κύρια Βόρεια Είσοδο / Έξοδο που θα λειτουργεί σε ένα ή δύο σημεία, με τρόπο ώστε

- Να διασφαλιστεί και η ευχερής είσοδος επισκεπτών ΑΜΕΑ από την βόρεια πλευρά του αρχαιολογικού χώρου¹⁷.
- Να επιτρέπει τη είσοδο/έξοδο οχημάτων εξυπηρέτησης, αν όχι στον χώρο όπου σήμερα πραγματοποιείται είσοδος των επισκεπτών, οπωσδήποτε σε παρακείμενη θέση.

Η αναδιαμόρφωση της νέας Βόρειας Εισόδου / Εξόδου προτείνεται να συνδυαστεί :

- Με την αναδιάρθρωση και επαναχωροθέτηση ενός συλλογικού χώρου στάθμευσης στην ευρύτερη περιοχή ((βλ. Σειρά προτάσεων για χώρους στάθμευσης και ελιγμών, βλ. Εικόνα 70).
- με την προτεινόμενη αποκατάσταση οδικού κυκλώματος που θα συνδέει την υφιστάμενη εργοταξιακή χάραξη εντός του αρχαιολογικού χώρου, στην ανατολική του πλευρά (Ε.Χ.) με νέα είσοδο / έξοδο έκτακτης ανάγκης που μπορεί να διαμορφωθεί βόρεια της Βόρειας Στοάς παρά την σημερινή κύρια Είσοδο και να συνδέεται αμφίδρομα με το κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο μέσω των δύο σημερινών ασφάλτινων Συνδετήριων Οδών (Σ.Ο. 1 και Σ.Ο 2) (βλ. Εικόνα 70).

II.10.2) Νότια Είσοδος / Έξοδος

Προτείνεται αναδιαμόρφωση της υφιστάμενης εργοταξιακού χαρακτήρα εισόδου στην νότια πλευρά (Είσοδος Β) σε νέα Νότια Είσοδο / Έξοδο για την εξυπηρέτηση της σύνδεσης με το οδικό δίκτυο

¹⁶ «Αρχαία Μεσσήνη. Προσχέδιο δημιουργίας υποδομών για την λειτουργία του αρχαιολογικού χώρου και την υποδοχή των επισκεπτών» (Δεκ. 2016). Ερευνητική ομάδα: Ελένη Μαϊστρου, Κωνσταντίνος Μωραϊτής, Αμαλία Μαρία Κονίδη, Κατερίνα Μπουλουγούρα, Καρολίνα Μωρέττη, Μαρία Τσώλη και «Αρχαία Μεσσήνη. Προτάσεις διαμόρφωσης και ανάδειξης του αρχαιολογικού χώρου» (Μάρ. 2019) Εταιρεία Μεσσηνιακών Σπουδών. Αρχιτεκτονική προμελέτη: Ελένη Μαϊστρου, Κωνσταντίνος Μωραϊτής, Αμαλία Μαρία Κονίδη, Κατερίνα Μπουλουγούρα, Καρολίνα Μωρέττη.

¹⁷ Σχετική κατεύθυνση για την αναδιαμόρφωση της βόρειας εισόδου περιλαμβάνεται και στις προτάσεις βελτιώσεων της λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου του 2016 και 2019.

κατάντη του αρχαιολογικού χώρου, καθώς και της σύνδεσης με την νέα Βόρεια Είσοδο / Έξοδο, μέσω προτεινόμενης επέκτασης της εσωτερικής χάραξης (βλ. Εικόνα 70). Η αναδιαμόρφωση της νέας Νότιας Εισόδου / Εξόδου προτείνεται να συνδυαστεί με διαμόρφωση περιορισμένης έκτασης χώρου ελιγμών (βλ. Σειρά προτάσεων για χώρους στάθμευσης και ελιγμών, βλ. Εικόνα 70).

Η νέα Νότια Είσοδος / Έξοδος προτείνεται να λειτουργεί αποκλειστικά στις εξής περιπτώσεις:

- Είσοδος / έξοδος οχημάτων βαρέως τύπου για τις ανάγκες της ανασκαφής, και των πραγματοποιούμενων εκδηλώσεων εντός του αρχαιολογικού χώρου – όπως ακριβώς γίνεται και σήμερα
- Μαζική έξοδος κοινού που μπορεί να παραλαμβάνεται οργανωμένα από οχήματα πούλμαν και να μεταφέρεται με ασφάλεια εκτός της περιοχής είτε σε χώρους στάθμευσης στην ευρύτερη περιοχή (χώρος παρά την Βόρεια Είσοδο ή αλλού) είτε σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης απομάκρυνσης με κατεύθυνση κατάντη του αρχαιολογικού χώρου προς το κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο.
- Είσοδος ή έξοδος ασθενοφόρων ή άλλων συμβατικών οχημάτων σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης.

Σημείωση: Η νέα Νότια Είσοδος / Έξοδος προτείνεται να συνδεθεί με το κύριο οδικό δίκτυο με τον κλάδο ή κλάδους βελτιωμένων χωματόδρομων, όπως αυτοί προτείνονται στο μέτρο II.11 (Ενδεικτική αποτύπωση βλ. Εικόνα 70)¹⁸.

II.10.3) Δυτική Είσοδος / Έξοδος

Προτείνεται η αναδιαμόρφωση της υφιστάμενης εργοταξιακού χαρακτήρα δυτικής εισόδου (Είσοδος Γ) σε νέα Δυτική Είσοδο / Έξοδο, πιθανώς σε συνδυασμό με διαμόρφωση περιορισμένης έκτασης χώρου ελιγμών για βαρέως τύπου οχήματα (αγροτικά, φορτηγά, πυροσβεστικά) ή συμβατικά (ασθενοφόρα, αμαξίδια ΑΜΕΑ) (βλ. Σειρά προτάσεων για χώρους στάθμευσης και ελιγμών, βλ. Εικόνα 70).

Η νέα Δυτική Είσοδος / Έξοδος προτείνεται να χρησιμοποιείται αποκλειστικά στις εξής περιπτώσεις :

- Είσοδος / έξοδος οχημάτων βαρέως τύπου εφόσον κρίνεται σκόπιμο για τις ανάγκες της ανασκαφής, καθώς και των πραγματοποιούμενων εκδηλώσεων εντός του αρχαιολογικού χώρου – όπως ακριβώς γίνεται και σήμερα
- Είσοδος ή έξοδος οχημάτων εξυπηρέτησης βαρέως τύπου ή συμβατικών σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης.

Σημείωση: Εφόσον υλοποιηθεί η Βόρεια Είσοδος / Έξοδος ως κύρια λειτουργική Είσοδος / Έξοδος για την προσπέλαση των ΑΜΕΑ σύμφωνα με τις κατευθύνσεις του παρόντος, η νέα Δυτική Είσοδος μπορεί να πάψει να χρησιμοποιείται για τον σκοπό αυτό. Η συγκεκριμένη Είσοδος / Έξοδος προτείνεται να συνδεθεί με το κύριο οδικό δίκτυο με αναβαθμισμένη οδική σύνδεση (Βατό Χωματόδρομο Β.Χ. 2 στην ίδια χάραξη) όπως αποτυπώνεται και στην Εικόνα 70.

II.11) Σειρά προτάσεων για τη βελτίωση και ενίσχυση οδικών προσπελάσεων και αποκατάσταση λειτουργικού κυκλώματος εξωτερικών οδικών προσβάσεων με το εσωτερικό του αρχαιολογικού χώρου¹⁹

II.11.1) Από και προς την Βόρεια Είσοδο / Έξοδο οχημάτων

¹⁸ Η ανάγκη διαμόρφωσης νέας Νότιας Εισόδου αποτελεί πρόταση - κατεύθυνση που έχει ενσωματωθεί και στις προτάσεις των ερευνητικών ομάδων του 2016 και 2019

¹⁹ Οι προτάσεις τίθενται από τη σκοπιά της δυνατότητας άμεσης παρέμβασης με οχήματα βαρέως τύπου ή άμεσης εκκένωσης του χώρου από μεγάλο πλήθος ανθρώπων και μεταφορά τους σε χώρους στάθμευσης της περιοχής ή σε ασφαλή σημεία εκτός της ζώνης εκδήλωσης τυχόν ακραίων φαινομένων.

Προτείνεται να αναζητηθεί η κατάλληλη χάραξη²⁰ παράλληλα και βορείως της Βόρειας Στοάς, εντός (ή, οριακά, εκτός) του αρχαιολογικού χώρου, η οποία να στρέφεται προς τα Ν-ΝΔ για να συναντήσει την υφιστάμενη εργοταξιακού χαρακτήρα χάραξη εντός του αρχαιολογικού χώρου που οδηγεί στην Είσοδο Β ή νέα Νότια Είσοδο / Έξοδο.

Συγκεκριμένα:

- Τα οδικά τμήματα προτείνεται να υλοποιηθούν ως βατοί χωματόδρομοι (με συμπιεσμένο χώμα) ελάχιστου πλάτους κίνησης 2,5μ. για μονόδρομη κίνηση βαρέων οχημάτων έως 5μ. για αμφίδρομη κίνηση. Δεδομένου του μικρού μήκους αυτών των οδικών τμημάτων, δεν είναι αναγκαστική η διασφάλιση πλάτους για αμφίδρομη κίνηση σε όλο το μήκος τους.
- Κρίσιμη είναι επίσης η ανάγκη σήμανσής τους στον χώρο, καθώς και ο σαφής προσδιορισμός του ρόλου τους στα σχέδια διαχείρισης κινήσεων και προσπελάσεων που θα καταρτίσουν και θα χρησιμοποιούν οι αρμόδιοι φορείς σε συνθήκες διαχείρισης αιχμής είτε λόγω μεγάλου αριθμού επισκεπτών είτε λόγω εκτάκτων αναγκών.

Σημείωση: Εκτός του αρχαιολογικού χώρου, οι δύο υφιστάμενοι συνδετήριοι οδικοί κλάδοι με το κύριο επαρχιακό δίκτυο από και προς την σημερινή κύρια Είσοδο (Είσοδο Α) ή την νέα Βόρεια Είσοδο, θα λειτουργούν οπωσδήποτε ως ζεύγος σε περίπτωση ανάγκης ή/και διαχείρισης αιχμής (μόνο ο ένας εξ αυτών είναι σήμερα τυπικά αμφίδρομος) και πρέπει οπωσδήποτε να υπάρξει σήμανση.

II.11.2) Από και προς την Νότια Είσοδο / Έξοδο οχημάτων

Προτείνεται η κατ' ελάχιστον βελτίωση της οδοστρωσίας και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του σημερινού χωματόδρομου Α.Χ. 1 μεταξύ Αρσινόης και νέας Νότιας Εισόδου / Εξόδου (στην ίδια θέση με την σημερινή Είσοδο Β), μαζί με την διαμόρφωση περιορισμένου χώρου ελιγμών.²¹

- Για αμφίδρομη κίνηση/διασταύρωση βαρέων οχημάτων (π.χ. πυροσβεστικών) με χαμηλή ταχύτητα απαιτείται πλάτος τουλάχιστον 5 μέτρων.
- Η διαμόρφωση προτείνεται να είναι σε επίπεδα βατού χωματόδρομου (με επιμελώς συμπιεσμένο χώμα) και όχι με διάστρωση ασφάλτου ή τσιμέντου. (Βλ. Β.Χ. 1 στο Σχέδιο 2)

Συμπληρωματικά μόνο (όχι εναλλακτικά), προτείνεται να διερευνηθεί η αξιοποίηση της υφιστάμενης αγροτικής χάραξης που συνδέει την νέα Βόρεια με την νέα Νότια Είσοδο / Έξοδο (πρακτικά συνδέει τον Α.Χ. 1 / Β.Χ. 1 με τον Σ.Ο. 1), μέσω των αγροτικών εκτάσεων δυτικά του αρχαιολογικού χώρου, αποκλειστικά και μόνο στο πλαίσιο κατάρτισης σχεδίων διαχείρισης, προσπέλασης και κυκλοφορίας οχημάτων σε περιστάσεις έκτακτης ανάγκης.

II.11.3) Από και προς την νέα Δυτική Είσοδο / Έξοδο οχημάτων

Προτείνεται η βελτίωση των χαρακτηριστικών οδοστρωσίας και γεωμετρίας (εφόσον αυτό είναι εφικτό) ώστε να συνεχίσει να εξυπηρετεί τον σκοπό που εξυπηρετεί σήμερα, ήτοι την προσπέλαση του χώρου από οχήματα εξυπηρέτησης βαρέως τύπου, καθώς και ως δυνατότητα εισόδου από βορρά για Α-ΜΕΑ.²²

²⁰ Η αναζήτηση της θέσης της Βόρειας Εισόδου / Εξόδου για οχήματα εξυπηρέτησης βαρέως τύπου ή συμβατικά θα πρέπει να αναζητηθεί με τρόπο που να συνδέει την σημερινή απόληξη των δύο συνδετήριων οδών Σ.Ο. 1 και Σ.Ο. 2 προς το κύριο επαρχιακό οδικό δίκτυο στην περιοχή του ελαιώνα (η οποία σήμερα καταλαμβάνεται από άτυπη χωροθέτηση της στάθμευσης) με την πρακτικά μονόδρομη (2-3μ. πλάτους) χάραξη εργοταξιακού χαρακτήρα που βρίσκεται εντός του αρχαιολογικού χώρου στην ανατολική του πλευρά (Ε.Χ.) και, δι' αυτής, με την νέα Νότια Είσοδο / Έξοδο, όπως αποτυπώνεται και στην Εικόνα 70.

²¹ Οι επεμβάσεις που προτείνονται στην νέα Νότια Είσοδο / Έξοδο είναι οι ελάχιστες αναγκαίες προκειμένου για την προστασία του φυσικού τοπίου στην περιοχή από το αποτύπωμα που θα είχαν «σκληρές» και εκτεταμένες οδικές επιφάνειες κίνησης οχημάτων, στάθμευσης κλπ.

²² Η διατήρηση αυτής της δυνατότητας εισόδου / εξόδου δεν λειτουργεί κατ' ανάγκη ανταγωνιστικά με την πρόταση για διαμόρφωση νέας Βόρειας Εισόδου / Εξόδου για ΑΜΕΑ, παρόλο που από την σκοπιά της εποπτικότερης αντίληψης και της λειτουργικότητας του χώρου για τους επισκέπτες, η προτεινόμενη νέα Βόρεια Είσοδος είναι καταλληλότερη.

- Η σημασία της νέας Δυτικής Εισόδου / Εξόδου σχετίζεται με την δυνατότητα διάσχισης στον άξονα Α-Δ του χώρου από οχήματα εξυπηρέτησης βαρέως τύπου ή συμβατικά σε συνθήκες έκτακτης ανάγκης (βλ. Εικόνα 70).
- Η κίνηση των ΑΜΕΑ μεταξύ των τριών νέων Εισόδων / Εξόδων (Βόρεια, Νότια και Δυτική) προτείνεται να επιτρέπεται μόνο σε έκτακτες συνθήκες ή συνθήκες μαζικών εκδηλώσεων. Στην καθημερινή λειτουργία, η είσοδος / έξοδος των ΑΜΕΑ προτείνεται να πραγματοποιείται αποκλειστικά από τη νέα Βόρεια Είσοδο / Έξοδο, ενώ σε έκτακτες συνθήκες, να αξιοποιείται η βέλτιστη Είσοδος / Έξοδος, ανάλογα με τη φορά του κινδύνου.
- Για την αποκατάσταση της σχέσης των προτεινόμενων νέων Εισόδων / Εξόδων στον άξονα Α-Δ προτείνεται να «αξιοποιείται» αποκλειστικά βασικός άξονας του αρχαίου Ιπποδάμειου συστήματος στην ίδια διεύθυνση (που διέρχεται ΝΔ του Ισείου και ΒΑ του Ασκληπιείου), όπως αυτός αποτυπώνεται στο πλαίσιο των προτάσεων βελτίωσης της λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου του 2016 και του 2019²³, καθώς και στην Εικόνα 70.

II.12) Σειρά προτάσεων για χώρους στάθμευσης και ελιγμών. Βασικές προδιαγραφές

Οι προτάσεις βασίζονται στην εξέταση που προηγήθηκε των στοιχείων επισκεψιμότητας και χωρητικότητας (βλ. σελ.62)

II.12.1) Προτεινόμενοι χώροι στάθμευσης και ελιγμών, με στόχο την προστασία του τοπίου και τη βέλτιστη διαχείριση έκτακτων συνθηκών λόγω κλιματικής αλλαγής (π.χ. γεγονότα πλημμύρας ή πυρκαγιάς) προτείνονται:

- Περιορισμένη αύξηση των θέσεων στάθμευσης αποκλειστικά στην ευρύτερη περιοχή βορείως της νέας Βόρειας Εισόδου / Εξόδου²⁴, με τρόπο τέτοιο ώστε να επιτρέψει την απελευθέρωση του σήμερα χρησιμοποιούμενου ελαιώνα παρά την κύρια Είσοδο των επισκεπτών (Είσοδο Α) και την υλοποίηση περαιτέρω της νέας Βόρειας Εισόδου / Εξόδου και της καλύτερης σύνδεσής της με τις συνδετήριες οδούς που καταλήγουν στην περιοχή του ελαιώνα, καθώς και την πραγματοποίηση τυχόν αναγκαίων ελιγμών. (βλ. Εικόνα 70).
- Δημιουργία πολύ περιορισμένου χώρου αποκλειστικά ελιγμών (πλάτωμα αναστροφής διαστάσεων ελάχιστων διαστάσεων περίπου 10μ. x 10μ. για πυροσβεστικό όχημα ελάχιστων διαστάσεων 6μ. x 2μ.) και όχι στάθμευσης παρά την Νότια Είσοδο / Έξοδο. Η θέση συστήνεται να μην είναι κατά το δυνατόν ορατή από τα ανάντη του αρχαιολογικού χώρου και να εξυπηρετήσει την αμφίδρομη σύνδεση του χώρου με τον οικισμό Αρσινόη στα νότια.
- Εξέταση σκοπιμότητας και δυνατότητας δημιουργίας πολύ περιορισμένου χώρου αποκλειστικά ελιγμών για οχήματα βαρέως τύπου παρά την νέα Δυτική Είσοδο / Έξοδο (πλάτωμα αναστροφής διαστάσεων ελάχιστων διαστάσεων περίπου 10μ. x 10μ. για πυροσβεστικό όχημα ελάχιστων διαστάσεων 6μ. x 2μ.), όχι όμως στάθμευσης. Όπως και παρά την νέα Νότια Είσοδο, πρέπει να αποδοθεί προσοχή στη διαμόρφωση σε θέση που δεν είναι ορατή από τα ανάντη του αρχαιολογικού χώρου και την περιοχή της νέας Βόρειας Εισόδου / Εξόδου.

II.12.2) Προτείνεται η ενθάρρυνση της μεταφοράς των θεατών με λεωφορεία χωρητικότητας 10-52 ατόμων στις περιπτώσεις μαζικών εκδηλώσεων εντός του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης:

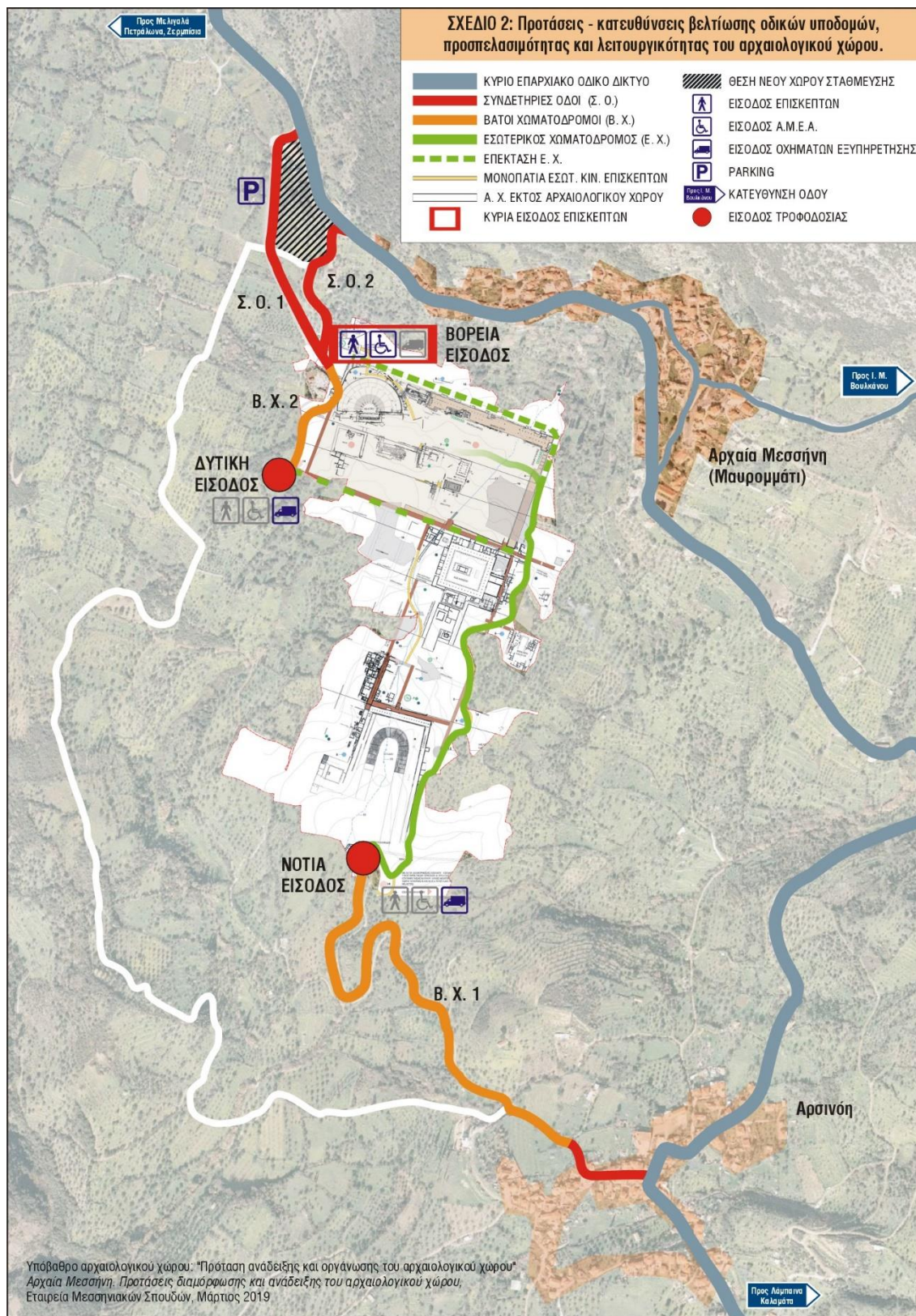
- είτε προς (ή και από και προς για άτομα με κινητική δυσκολία) τον χώρο στάθμευσης που θα διαμορφωθεί παρά την νέα Βόρεια Είσοδο / Έξοδο του αρχαιολογικού χώρου – την κατεξοχήν

²³ Μαΐστρου Ε., Μωραΐτης Κ. κ.ά. (2016) και (2019)

²⁴ Πρόταση χωροθέτησης παρά τις συνδετήριες οδούς Σ.Ο. 1 και Σ.Ο. 2, η οποία εξετάζεται στο πλαίσιο άλλης ειδικότερης μελέτης και ως πρόβλεψη ενσωματώνεται στις κατευθύνσεις των προτάσεων των ερευνητικών ομάδων του 2016 και 2019.

Είσοδο / Έξοδο των επισκεπτών, αξιοποιώντας για την προσπέλασή του την πλησιέστερη νέα Είσοδο/Έξοδο και τις προτεινόμενες συνδέσεις εντός και εκτός του αρχαιολογικού χώρου,

- είτε προς χώρους στάθμευσης σε παρακείμενους οικισμούς, οι οποίοι που θα μπορούσαν να διαμορφωθούν για τις ανάγκες μαζικών εκδηλώσεων (π.χ. Μελιγαλάς, Νεοχώρι και Βαλύρα).



Εικόνα 70: Προτάσεις – κατευθύνσεις βελτίωσης οδικών υποδομών, προσπελασιμότητας και λειτουργικότητας του αρχαιολογικού χώρου.

Επιπλέον προτάσεις για τη βελτίωση της λειτουργικότητας του χώρου

II.13) Σειρά Προτάσεων για τη διαχείριση των λυμάτων

- II.13.1) Προτείνεται η εγκατάσταση μικρού βιολογικού καθαρισμού (τύπου Compact) για τα υγρά λύματα των βοηθητικών χώρων του αρχαιολογικού χώρου.
- II.13.2) Προτείνεται η εγκατάσταση βιολογικού καθαρισμού, κατάλληλου μεγέθους, δευτεροβάθμιας τουλάχιστον επεξεργασίας, για τα αστικά λύματα του οικισμού Μαυρομμάτι. Η συλλογή τους θα γίνεται, μέσω συλλεκτήριου αγωγού στην οδό που διασχίζει κατά μήκος τον οικισμό. Η διάθεσή των επεξεργασμένων λυμάτων θα μπορεί να γίνει πλέον υπεδαφίως
- II.13.3) Προτείνεται η απομάκρυνση του νεκροταφείου από τον αρχαιολογικό χώρο.

II.14) Προτείνεται για την εξασφάλιση της σταθερότητας του δικτύου, η κατασκευή υποσταθμού Μέσης Τάσης (20kV), με Εφεδρική Ηλεκτρογεννήτρια για τις περιπτώσεις διακοπής της παροχής από το δίκτυο της ΔΕΔΔΗΕ.

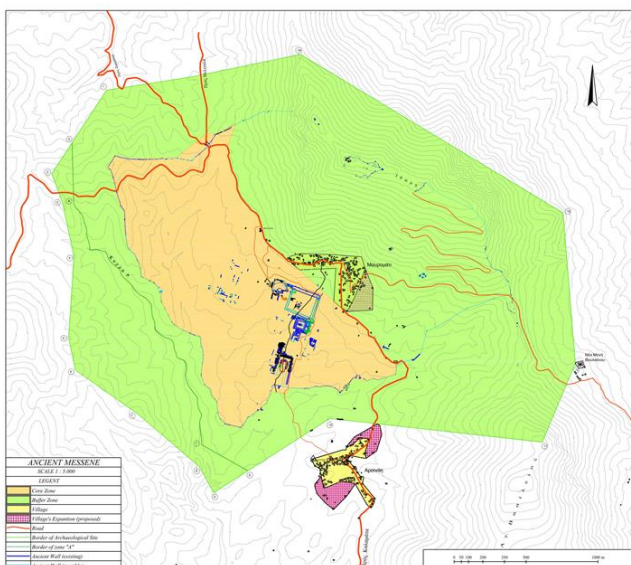
II.15) Συστήνεται για την αντικεραυνική προστασία του χώρου, τα ηλεκτρικά κυκλώματα τροφοδοσίας ηλεκτρικών φορτίων να προστατεύονται με τα τυπικά surge arresters, που παροχετεύουν τις κρουστικές τάσεις στη γείωση.

5.3 Άξονας (III): Προτεινόμενα Θεσμικά Εργαλεία

Συνολικά συστήνονται δύο (2) επιμέρους μέτρα/προτάσεις σε αυτήν την κατηγορία.

Οριοθέτηση των γειτονικών οικισμών και θεσμοθέτηση των ζωνών προστασίας του αρχαιολογικού χώρου

III.1) Προτείνεται η άμεση προώθηση των αποφάσεων οριοθέτησης των οικισμών Μαυρομματίου και Αρσινόης, αναγκαίων για την ολοκλήρωση των διαδικασιών ορισμού ζωνών προστασίας A²⁵ και B²⁶ του αρχαιολογικού χώρου, όπως έχουν σαφώς οριστεί από την Εταιρεία Μεσσηνιακών και Αρχαιολογικών Σπουδών.



²⁵ Ζώνη με χαρακτήρα απόλυτης προστασίας, εντός της οποίας περιορίζεται και –συνήθως– απαγορεύεται πλήρως η δόμηση καθώς και οι διάφορες άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.

²⁶ Ζώνη με χαρακτήρα περιφερειακής προστασίας όπου επιβάλλονται ειδικοί περιορισμοί στη δόμηση, στα μορφολογικά στοιχεία των κτιρίων και γενικά των κατασκευών.

Εικόνα 71: Πρόταση οριοθέτησης των γειτονικών οικισμών, Μαυρομμάτι και Αρσινόη και καθορισμού των ζωνών προστασίας Α και Β της Εταιρείας Μεσσηνιακών και Αρχαιολογικών Σπουδών και του κ. Π. Θέμελη, Πηγή: Εταιρεία Μεσσηνιακών και Αρχαιολογικών Σπουδών.

Ένταξη του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης στον Κατάλογο με τα Μνημεία Παγκόσμιας Κληρονομιάς της UNESCO

III.2) Συστήνεται η ολοκλήρωση της πρότασης κήρυξης της Αρχαίας Μεσσήνης ως Μνημείου Παγκόσμιας Κληρονομιάς, κατόπιν θέσπισης των ζωνών προστασίας Α και Β του αρχαιολογικού χώρου.

5.4 Άξονας (IV): Πρόγραμμα Δράσης αυξημένης ετοιμότητας σε περιπτώσεις έκτακτων αναγκών.

Οι προτάσεις που αναλύονται παρακάτω στοχεύουν στην έγκαιρη και σωστή διαχείριση έκτακτων γεγονότων, τα οποία οφείλονται στην κλιματική αλλαγή. Συνολικά συστήνονται πέντε (5) επιμέρους μέτρα/προτάσεις σε αυτήν την κατηγορία.

Μέτρα για την έγκαιρη αντιμετώπιση πιθανών κινδύνων, πριν την έξαρση ενός ακραίου φαινομένου

IV.1) Συστήνεται η εκπόνηση ενός Σχεδίου Αντιμετώπισης Εκτάκτων Αναγκών και Άμεσης/Βραχείας Διαχείρισης των Συνεπειών από ακραία φαινόμενα.

IV.2) Προτείνεται ο σχεδιασμός χρονοδιαγράμματος, στο οποίο θα αποτυπώνονται σε σειρά προτεραιότητας οι ενέργειες που πρέπει να γίνουν, όσον αφορά την παρακολούθηση του χώρου (Πρόταση Ι) και τα μέτρα για την προσαρμογή του χώρου (Πρόταση ΙΙ), με στόχο την έγκαιρη αντιμετώπιση των κινδύνων και περιπτώσεων έκτακτων αναγκών / ακραίων καιρικών φαινομένων.

Προτάσεις για τη βελτιστοποίηση των πρακτικών διαχείρισης γεγονότων αιχμής

IV.3) Προτείνεται ο περιορισμός του αριθμού των ιδιωτικών οχημάτων και της ανεξέλεγκτης στάθμευσης εντός των γειτονικών οικισμών και στις διαδρομές από τους οικισμούς προς τον αρχαιολογικό χώρο.

Εκτιμάται ότι η ανεξέλεγκτη κυκλοφοριακή ροή, ενδεχομένως να συμβάλει στη μεγέθυνση των επιπτώσεων και των καταστροφών.

IV.4) Προτείνεται οι επιφάνειες στάθμευσης και κίνησης, εντός και εκτός του αρχαιολογικού χώρου, να διαστρωθούν με καλά συμπιεσμένο χώμα, και να καθαρίζονται συστηματικά από φύτευση ή άλλα υλικά διαμορφώσεων. Σημειώνεται ότι εντός του αρχαιολογικού χώρου ή σε άμεση επαφή με αυτόν θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν ανοίγματα για τη συγκέντρωση πλήθους, σε περίπτωση ακραίου γεγονότος.

IV.5) Προτείνεται η κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού για τη διαχείριση εκτάκτων αναγκών.

5.4 Άξονας (V): Ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση

Συνολικά συστήνονται πέντε (5) επιμέρους μέτρα/προτάσεις σε αυτήν την κατηγορία.

Ενημέρωση του κοινού για τις επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής μέσω εκπαιδευτικών προγραμμάτων και δράσεων στον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης

V.1) Προτείνεται η ενημέρωση, εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση του κοινού πάνω στη σημασία της βιοποικιλότητας του αρχαιολογικού τοπίου, με την ένταξη πληροφοριών στο μουσειολογικό αντικείμενο του χώρου για τη βλάστηση της περιοχής, τις χρήσεις της κατά τους αρχαίους χρόνους και με αναφορά στις πιθανές επιπτώσεις που θα έχει η κλιματική αλλαγή σε αυτή.

V.2) Προτείνονται εργαστηριακά σεμινάρια (workshops), τα οποία θα πραγματοποιούνται στον αρχαιολογικό χώρο και θα στοχεύουν αρχικά στην γνωριμία του κοινού με τα μνημεία, τη σημασία τους στο χώρο, τα υλικά τους και την επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε αυτά.

Επιμορφωτικά σεμινάρια για την πρόληψη των κινδύνων σε στελέχη των αρμόδιων φορέων και Υπηρεσιών

V.3) Προτείνεται η διενέργεια επιμορφωτικών σεμιναρίων, τα οποία θα μπορούσαν να διοργανώνονται και υλοποιούνται από το ΥΠΠΟΑ ή τρίτους, αρχικά σε φύλακες του χώρου και στους κατοίκους των γειτονικών οικισμών, εν συνεχεία σε διοικητικά στελέχη και στο προσωπικό των αρμόδιων φορέων και υπηρεσιών, με στόχο την πρόληψη και την αντιμετώπιση των κινδύνων της κλιματικής αλλαγής.

Διαμόρφωση κοινής συνείδησης για τη διαχείριση του αρχαιολογικού χώρου της Αρχαίας Μεσσήνης

V.4) Συστήνεται η ενθάρρυνση υλοποίησης, σε ετήσια βάση, μίας σειράς εθελοντικών δράσεων (π.χ. καθαρισμός του χώρου από τα απορρίμματα, διατήρηση και αποκατάσταση των στοιχείων βιοποικιλότητας κ.λπ.), σε συνεργασία με την τοπική κοινότητα και στα σχολεία, με στόχο την πρόληψη και προστασία του χώρου από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής.

V.5) Συστήνεται η προώθηση δράσης, αντίστοιχης με το πρόγραμμα «Υιοθέτησε ένα μνημείο» του Υπουργείου Πολιτισμού, Παιδείας και Θρησκευμάτων [50], κατά την οποία ομάδες πολιτών και μαθητών θα αναλάβουν την μακροσκοπική μελέτη ενός μνημείου τους και τη σχολαστική καταγραφή των φθορών ή μεταβολών εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής που εντοπίζουν σε αυτό.

Βιβλιογραφία

Βιβλιογραφία

- (n.d.). Retrieved from <https://www.lsi-lastem.com/products/meteorological-sensors/air-temperature-and-relative-humidity/>
- (n.d.). Retrieved from <https://www.onsetcomp.com/products/data-loggers/weather-stations/>
- A. Verganelaki, P. M.-K. (2014). A biomimetic approach to strengthen and protect construction materials with a novel calcium-oxalate–silica nanocomposite. *Construction and Building Materials*, pp. 8-17.
- A. Verganelaki, P. M.-K. (2015). Modified Tetraethoxysilane with Nanocalcium Oxalate in One-Pot Synthesis for Protection of Building Materials. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, pp. 7195–7206.
- Abbott, I., & Le Maitre, D. (2010). Monitoring the impact of climate change on biodiversity: the challenge of megadiverse Mediterranean climate ecosystems. *Austral ecology*, 406-422.
- Aronson, J., Floret, C., Le Floch, E., Ovalle, C., & Pontanier, R. (1993). Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the South. *Restoration ecology*, 8-17.
- Baaklini, G. N. (2000). Nondestructive Methods for Materials Characterization. *Materials Research Society*, p. 591.
- Bond, W., & Grundy, A. (2001). Non chemical weed management in organic farming systems. *Weed research*, 383-405.
- Braun-Blanquet, J. (1932). *Plant sociology* (Authorized English translation of Pflanzensociologie, 1928, Wien, Springer Verlag ed.). U.S.A.
- C. Kapridakil, P.-K. V. (2018). Conservation of Monuments by a Three-Layered Compatible Treatment of TEOS-Nano-Calcium Oxalate Consolidant and TEOS-PDMS-TiO₂Hydrophobic/Photoactive Hybrid Nanomaterials. *Materials*, p. 684.
- Cacho, M., Saura-Mas, S., Estiarte, M., Penuelas, J., & Lloret, F. (2012). Effect of experimentally induced climate change on the seed bank of a Mediterranean shrubland. *Journal of Vegetation Science*, 280-291.
- Calvo, L., Tarrega, R., & DeLuis, E. (2002). The dynamics of mediterranean shrub species over 12 years following perturbations. *Plant ecology*, 25-42.
- Campanaro, D. M., Landeschi, G., & Leander Touati, A.-M. (2016). 3D GIS for cultural heritage restoration: A 'white box' workflow. *Journal of Cultural Heritage*, pp. 321-332.
- Candido, V., D'Addabbo, T., Miccoli, V., & Castronuovo, D. (2011). Weed control and yield response of soil solarization with different plastic films in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 130, 491-497.
- Caneva, G., Nugari, M., & Salvadori, O. (2008). Herbicide treatments. In *Plant biology for cultural heritage* (pp. 335-340). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Caneva, G., Nugari, M., & Salvadori, O. (2008). Methodological aspects of the treatments. In *Plant Biology for cultural heritage* (pp. 309-311). Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Cnudde, V., Kock, T. d., Boone, M., Boever, W. d., Bultreys, T., Stappen, J. v., . . . Hoorebeke, L. v. (2015). Conservation studies of cultural heritage: X-ray imaging of dynamic processes in building materials. *European Journal of Mineralogy*, pp. 269–278.
- Connell, J., & Slatyer, R. (1977). Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organisation. *The American Naturalist*, 111, 1119-1144.
- Crosti, R., Ladd, P., Dixon, K., & Piotto, B. (2006). Post-fire germination: the effect of smoke on seeds of selected species from the central Mediterranean basin. *Forest ecology and management*, 306-312.

- DaCamara, C., Calado, T., Ermida, S., Trigo, I., Amraoui, M., & Turkman, K. (2014). Calibration of the Fire Weather Index over Mediterranean Europe based on fire activity retrieved from MSG satellite imagery. *International Journal of Wildland fire*. doi:http://dx.doi.org/10.1071/WF13157
- Datta, A., & Knezevic, S. (2013). Flaming as an alternative weed control method for conventional and organic agronomic crop production systems: a review. *Advances in agronomy*, 399-428.
- De Luis, M., Garcia-Cano, M., Cortina, J., Raventos, J., Gonzales-Hidalgo, J., & Sanchez, J. (2001). Climatic trends, disturbances and short-term vegetation dynamics in a Mediterranean shrubland. *Forest ecology and management*, 25-37.
- Dimitrakopoulos, A. (2002). Mediterranean fuel models and potential fire behaviour in Greece. *International Journal of Wildland Fire*, 127-130.
- Elmore, C. (1991). Weed control by solarization. In J. Katan, & J. DeVay, *Soil solarization* (pp. 61-70). Boston: CRC Press.
- Elzinga, C., Salzer, D., & Willoughby, J. (1998). *Measuring and monitoring plant populations*. Nebraska: U.S. Bureau of land management papers.
- Emberger, L. (1955). Une classification biogeographique des climats. *Recueil travaux de laboratoire geolo-zoologique, Faculte des sciences, Service botanique*, 7, 3-43.
- (n.d.). *EN 15758.2010 Conservation on Cultural Property, Procedures and instruments for measuring temperatures of the air and surface of the objects*.
- (n.d.). *EN 16242 Conservation of cultural heritage - Procedures and instruments for measuring humidity in the air and moisture exchanges between air and cultural property*.
- Hajpal, M. (2010). Fire damaged stone structure in historical monuments. Laboratory analyses of changes in natural stones by heat effect.
- Heltshe, J. F., & Forrester, N. E. (1983). Estimating species richness using the Jackknife procedure. *Biometrics*, 39, 1-11.
- Holst, N., & Rasmussen, I. (2007). Field weed population dynamics: a review of model approaches and applications. *Weed research*, 1-14.
- Horowitz, M., Rgev, Y., & Herzlinger, G. (1983). Solarization for weed control. *Weed science*, 31, 170-179.
- Iddings, F. A. (2002). Liquid Penetrant. In P. J. Shull, *Nondestructive Evaluation, Theory, Techniques and Applications* (pp. 17-58). Taylor & Francis.
- Kanellou, E., Economou, G., Papafotiou, M., Ntoulas, N., Lyra, D., & Knezevic, S. (2017). Flame weeding at archaeological sites of the Mediterranean region. *Weed technology*, 396-403.
- Kapetanaki, K., Maravelaki, P.-N., Vazgiouraki, E., & Stefanakis, D. (2020). TEOS Modified With Nano-Calcium Oxalate and PDMS to Protect Concrete Based Cultural Heritage Buildings. *Frontiers in Materials*.
- Knezevic, S., & Ulloa, S. (2007). Potential new tool for weed control in organically grown agronomic crops. *Journal of agricultural sciences*, 95-104.
- Krebs, C. (1972). *Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance*. New York: Harper & Row.
- Lague, D., Gill, J., & Peloquin, G. (2001). Thermal control in plant protection. In *Physical control methods in plant protection* (pp. 35-36). Berlin: Springer-Verlag.
- Lisci, M., Monte, M., & Pacini, E. (2003). Lichens and higher plant on stone a review. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 51, 1-17.
- MacArthur, R. (1955). Fluctuations of animal populations nad a measure of community stability. *Ecology*, 533-536.
- Magurran, A. (1996). *Ecological diversity and its mearueement*. London: Chapman and Hall.
- Margalef, R. (1968). *Perspectives in ecological theory*. Chicago: The University of Chicago.

- Margalef, R. (1972). Homage to Evelyn Hutchinson or why there is an upper limit to diversity. *Connecticut Academy of Arts and Sciences*, 44, 214-235.
- Megaloudi, F. (2006). Burnt sacrificial plant offerings in Hellenistic times: an archaeobotanical case study from Messene, Peloponnese, Greece. *Vegetation history and archaeobotany*, 329-340. doi:10.1007/s00334-005-0083-x
- Meloche, C., & Murphy, S. (2006). Managing tree-of-heaven (*Ailanthus altissima*) in parks and protected areas: a case study of Rondeau Provincial Park (Ontario, Canada). *Environmental Management*, 37, 764-772.
- Mishra, A., Jain, K., & Gang, K. (1995). Role of higher plants in the deterioration of historic buildings. *Science of the total environment*, 375-392.
- Mortensen, B. (2000). The role of ecology in the development of weed management systems: an outlook. *Weed research*, 40, 46-62.
- Motti, R., & Stinca, A. (2011). Analysis of the biodeteriogenic vascular flora at the Royal Palace of Portici in southern Italy. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 65, 1256-1265.
- Mouillot, F., Rambal, S., & Joffre, R. (2002). Simulating climate change impacts on fire frequency and vegetation dynamics. *Global change Biology*, 423-437.
- Norris, R. (1999). Ecological implications of using thresholds for weed management. In *Expanding the context of weed management* (pp. 31-57). New York: Haworth press.
- Penuelas, J., Prieto, P., Beier, C., Cesaraccio, C., DeAngelis, P., DeDato, G., . . . Tietema, A. (2007). Response of plant species richness and primary productivity in shrublands along a north-south gradient in Europe to seven years of experimental warming and drought: reductions in primary productivity in the heat and drought year of 2003. *Global change biology*, 2563-2581.
- Pielou, E. (1975). *Ecological diversity*. New York: Wiley.
- Raunkiaer, C. (1937). *Plant life forms*. Oxford: Clarendon Press.
- Reyes, O., & Trabaud, L. (2009). Germination behaviour of 14 Mediterranean species in relation to fire factors: smoke and heat. *Plant ecol.*, 113-121.
- Rustad, L., Campbell, J., & Marion, G. e. (2001). A meta analysis of the response of soil respiration, net nitrogen mineralization and aboveground plant growth to experimental ecosystem warming. *Oecologia*, 126, 543-562.
- Shannon, C., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana, USA: The University of Illinois Press.
- Signorini, M. (1996). L'indice di pericolosità: un contributo del botanico al controllo della vegetazione infestante nelle aree monumentali. *Informatore Botanico Italiano*, 7-14.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araujo, M., Sykes, M., & Prentice, I. (2005). Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 8245-8250.
- Torraca, G. (2009). *Lectures on Materials Science for Architectural Conservation*. The Getty Conservation Institute .
- Trabaud, L. (1994). Wildland fire cycles and history in central southern France. *International Conference on Forest Fire Research*, (pp. 545-556). Coimbra.
- Washington, H. (1984). Diversity, biotic and similarity indices. A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res.*, 653-694.
- Winkler, E. (1997). *Stone in Architecture*. New York: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Αντωνίου, Π. (1995). *Διδακτορική Διατριβή στη Συμβολή της ηλιοαπολυμάνσεως του εδάφους στην αντιμετώπιση φυτοπαθογόνων μικροοργανισμών και η επίδραση της στην ανταγωνιστική μικροχλωρίδα του εδάφους*. Αθήνα.
- Αραβαντινός. (2000). *Προβλήματα υγρασίας σε ιστορικά κτίρια και μνημεία και τρόποι αντιμετώπισης τους, Σημειώσεις για το μάθημα της Οικοδομικής των Ιστορικών Κατασκευών*. Θεσσαλονίκη: ΔΠΜΣ Προστασία Συντήρηση και Αποκατάσταση Αρχιτεκτονικών Μνημείων, ΑΠΘ.

- Βασιλάκος, Χ. (2007). *Τηλεπισκόπηση, τεχνητή νοημοσύνη και συστήματα γεωγραφικών πληροφοριών στην εκτίμηση κινδύνου δασικών πυρκαγιών*. Μυτιλήνη: Διδακτορική Διατριβή: Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος.
- Βραχνάκης, Μ. (2015). *Λιβαδοπονία*. Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Γαλανού Α., Δ. Γ. (2002). *Αρχαία Μεσσήνη – Η Συντήρηση των Λίθων*. Αθήνα.
- Γιαννουλάκη Μ., Π. (2000). *Μαχάων – Ερμής, Παρουσίαση, Έρευνα και Προτάσεις για την Συντήρηση Δύο Αγαλμάτων από την Αρχαία Μεσσήνη*. Αθήνα.
- ΕΛΣΤΑΤ. (n.d.). *Μουσεία και Αρχαιολογικοί Χώροι (Επισκέψεις-εισπράξεις)*. Retrieved from Ελληνική Στατιστική Αρχή: <https://www.statistics.gr/el/statistics/-/publication/SCI21/->
- Θέμελης, Π. (2019). *Αρχαία Μεσσήνη*. Αθήνα: Εκδόσεις ΚΑΠΟΝ.
- Κανέλλου, Η. (2019). *Ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης βλάστησης αρχαιολογικών χώρων με βάση ενδεικτική καταγραφή χλωρίδας και σχετιζόμενων προβλημάτων, καθώς και διαμόρφωση αρχών σχεδιασμού της βλάστησης με στόχο την προστασία του μνημείου και την ανάδειξη του ιστορικού τοπίου*. Αθήνα: Διδακτορική διατριβή: Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Retrieved from <https://www.didaktorika.gr/eadd/handle/10442/46318>
- Κανέλλου, Η., Παπαφωτίου, Μ., Σαϊτάνης, Κ., & Οικονόμου, Γ. (2019). Η αυτοφυής βλάστηση επτά αρχαιολογικών χώρων. *Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου* (pp. 248-250). Αθήνα: Εταιρείας Έρευνας και Προώθησης της Επιστημονικής Αναστήλωσης Μνημείων.
- Καραγιάννης, Ν. (2017). *Η μικροδομή ως κρίσιμος παράγοντας της υδροθερμικής συμπεριφοράς των δομικών υλικών*. Αθήνα.
- Κόκκορης, Ι. Π. (2021). *Μελέτη της τρωτότητας των τοπίων σε πυρκαγιά, ερημοποίηση και διάβρωση λόγω κλιματικής αλλαγής*. Αθήνα: ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ Περιβάλλοντος και Πολιτισμού.
- Κρητικού, Α. (2012). Διερεύνηση των αιτιών διάβρωσης των λίθινων μνημείων του αρχαιολογικού χώρου της Ελευσίνας και προτάσεις για την αποκατάστασή τους.
- Μαραβελάκη, Ν. (2016). *Φθορά και συντήρηση δομικών υλικών, μνημείων και αρχιτεκτονικών επιφανειών*. Χανιά: Πανεπιστημιακές σημειώσεις, Σχολή Αρχιτεκτόνων Μηχανικών.
- Ματίκας, Θ. (2015). *Μη Καταστρεπτικοί Έλεγχοι*.
- ΜΕΣΣΗΝΗΣ, Ε. Ε. (2011). *ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΨΑΜΜΙΤΙΚΩΝ ΜΕΛΩΝ ΒΟΡΕΙΑΣ ΣΤΟΑΣ*.
- Μητσόπουλος, Ι. (2005). *Ανάλυση και διαχείριση πυρκαγιών κόμης σε δάση χαλέπιου πεύκης*. Θεσσαλονίκη: Διδακτορική Διατριβή: Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος.
- Μπάουμαν, Ε. (1993). *Η ελληνική χλωρίδα στο μύθο, στην τέχνη, στη λογοτεχνία*. Αθήνα: Ελληνική Εταιρεία Προστασίας της Φύσης.
- Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα*. (2011). Αθήνα: Τράπεζα της Ελλάδος: Επιτροπή Μελέτης Επιπτώσεων Κλιματικής Αλλαγής.
- Πουλάκη, Π. (2016). *Χαρτογράφηση καύσιμης ύλης με αντικειμενοστραφή ανάλυση εικόνας για χρήση στο μοντέλο δασικής πυρκαγιάς Farsite. Μελέτη περίπτωσης: πυρκαγιά Πλωμαρίου Λέσβου 1994*. Αθήνα: Διπλωματική εργασία: Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων.
- Σκουλικίδης, Θ. (2000). *Διάβρωση και συντήρηση των δομικών υλικών των μνημείων*. Ηράκλειο, Κρήτης: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις.
- Στουρνάρας Γεώργιος, Ν. Ε. (2011). *Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα σώματα του ελλαδικού χώρου*. Αθήνα.

Παραρτήματα



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Καταγραφή βλάστησης

1. Καταγραφή του 2012

Παρακάτω αποτυπώνονται τα πιο άφθονα είδη που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της αρχαίας Μεσσήνης πάνω και γύρω από τα μνημεία, την Άνοιξη και το Φθινόπωρο, κατά φθίνουσα συχνότητα.

Πίνακας 17: Πίνακας συχνοτήτων των πιο άφθονων ειδών που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το 2012, πάνω και γύρω από τα μνημεία, την Άνοιξη και το Φθινόπωρο, κατά φθίνουσα συχνότητα

Είδος	Συχν.	Είδος	Συχν.
<i>Avena sterilis</i> L., Αγριοβρώμη	22	<i>Trifolium repens</i> L., Τριφύλλι	10
<i>Convolvulus arvensis</i> L., Περικοκλάδα	17	<i>Hypochaeris cretensis</i> (L.) Bory & Chaub.	9
<i>Lolium rigidum</i> Gaud., Λόλιο	16	<i>Lolium perenne</i> L., Λόλιο	9
<i>Medicago polymorpha</i> L., Μηδική	16	<i>Vicia villosa</i> Roth., Βίκος	9
<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., Αγριάδα	13	<i>Cyperus rotundus</i> L., Κύπερη	8
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill, Ζοχός	13	<i>Oryzopsis miliacea</i> (L.) Cosson, Ορύζοψη	8
<i>Parietaria judaica</i> L., Περδικάκι	11	<i>Tribulus terrestris</i> L., Τριβόλι	8
<i>Sonchus oleraceus</i> L., Ζοχός	11	<i>Crepis rubra</i> L., Κρέπισ η ερυθρή	7
<i>Bromus rigidus</i> Roth., Βρώμος	10	<i>Lolium multiflorum</i> Lam., Λόλιο	7
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq., Μικρή κόνυζα	10	<i>Sanguisorba minor</i> Scop., Αιματόχορτο	7
<i>Hordeum murinum</i> L., Αγριοκρίθαρο	10	<i>Asplenium ceterach</i> L., Σκορπιδόχορτο	6
<i>Medicago</i> sp., Μηδική	10	<i>Trifolium pallidum</i> Waldst. & Kit., Τριφύλλι	6

Πίνακας 18: Πίνακας συχνοτήτων των πιο άφθονων ειδών που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το 2012, πάνω στα μνημεία, την Άνοιξη και το Φθινόπωρο, κατά φθίνουσα συχνότητα

Είδος	Συχν.	Είδος	Συχν.
<i>Parietaria judaica</i> L., Περδικάκι	7,01	<i>Convolvulus arvensis</i> L., Περικοκλάδα	1,91
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill, Ζοχός	6,37	<i>Tragopogon porrifolius</i> L., Τραγοπόγων ο πρασόφυλλος	1,91
<i>Sonchus oleraceus</i> L., Ζοχός	5,1	<i>Vulpia ciliata</i> Dumort	1,91
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq., Μικρή κόνυζα	5,1	<i>Hordeum murinum</i> L., Αγριοκρίθαρο	1,27
<i>Avena sterilis</i> L., Αγριοβρώμη	3,82	<i>Stellaria media</i> (L.) Mill., Στελλάρια	1,27
<i>Asplenium ceterach</i> L., Σκορπιδόχορτο	3,82	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers., Αγριάδα	1,27
<i>Oryzopsis miliacea</i> (L.) Cosson, Ορύζοψη	3,18	<i>Cotyledon umbilicus</i> L.	1,27
<i>Sanguisorba minor</i> Scop., Αιματόχορτο	3,18	<i>Trifolium campestre</i> Schreber, Τριφύλλι πεδινό	1,27
<i>Reichardia picroides</i> L., Πικραλίδα	2,55	<i>Medicago polymorpha</i> L., Μηδική	1,27
<i>Geranium brutium</i> L., Γεράνιο	2,55	<i>Erodium moschatum</i> (L.) L' Her.	0,64
<i>Cheilanthes acrostica</i> (Balb.) Tod., Χειλανθές	2,55	<i>Gallium aparine</i> L., Κολλητισίδα	0,64
<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf.	2,55	<i>Calendula arvensis</i> L., Καλεντούλα	0,64

Στον Πίνακα 19 αποτυπώνονται τα φυτικά είδη που καταγράφηκαν στην Αρχαία Μεσσήνη, το Μάιο και Σεπτέμβριο του 2012. Αναφέρεται η βιολογική μορφή κατά Raunkiaer (P: φανερόφυτα, Ch: χαμαίφυτα, G: γεώφυτα, H: ημικρυπτόφυτα και T: θερόφυτα) και με χρώμα επισημαίνεται η καταγραφή του είδους ανά περίοδο (Άνοιξη ή Φθινόπωρο) και θέση ανάπτυξης (πάνω στα μέλη ή σε ελεύθερες επιφάνειες) (Κανέλλου, Ανάπτυξη μεθόδων διαχείρισης βλάστησης αρχαιολογικών χώρων με βάση ενδεικτική καταγραφή χλωρίδας και σχετιζόμενων προβλημάτων, καθώς και διαμόρφωση αρχών σχεδιασμού της βλάστησης με στόχο την προστασία του μνημείου και την ανάδειξη του ιστορικού τοπίου, 2019)

Πίνακας 19: Φυτικά είδη που καταγράφηκαν στην Αρχαία Μεσσήνη, το Μάιο και Σεπτέμβριο του 2012

Είδος		Άνοιξη		Φθινόπωρο	
		Πάνω σε μέλη	Σε ελεύθερες επιφάνειες	Πάνω σε μέλη	Σε ελεύθερες επιφάνειες
Amaranthaceae					
<i>Amaranthus albus</i> L.	T				
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	T				
Apiaceae					
<i>Anethum graveolens</i> L.	T				
<i>Daucus carota</i> L.	H				
<i>Heracleum</i> sp.					
<i>Tordylium apulum</i> L.	T				
<i>Torilis nodosa</i> (L.) Gaertner	T				
Asparagaceae					
<i>Asparagus acutifolius</i> L.	G				
<i>Muscari commutatum</i> Guss.	G				
Aspleniaceae					
<i>Asplenium ceterach</i> L.	H				
Asteraceae					
<i>Calendula arvensis</i> L.	T				
<i>Chondrilla juncea</i> L.	H				
<i>Conyza bonariensis</i> (L.) Cronq.	T				
<i>Crepis rubra</i> L.	T				
<i>Galactites tomentosus</i> Moench.	H				
<i>Hypochaeris cretensis</i> (L.) Bory & Chaub.	H				
<i>Lactuca serriola</i> L.	H				
<i>Matricaria recutita</i> L.	T				
<i>Picris echioides</i> L.	H				
<i>Reichardia picroides</i> L.	H				
<i>Sonchus asper</i> (L.) Hill	T				
<i>Sonchus oleraceus</i> L.	T				
<i>Tragopogon porrifolius</i> L.	H				
Boraginaceae					

[illegible]

Linaceae*Linum strictum* (Pers.) Nyman

T

Malvaceae*Malva sylvestris* L.

H

Moraceae*Ficus carica* L.

P

Oleaceae*Olea europaea* L.

P

Oxalidaceae*Oxalis corniculata* L.

G

Papaveraceae*Fumaria judaica* Boiss.

T

Plantaginaceae*Plantago lanceolata* L.

H

Poaceae*Avena sterilis* L.

T

Bromus hordeaceus L.

T

Bromus rigidus Roth

T

Cynodon dactylon (L.) Pers.

G

Cynosurus echinatus L.

T

Digitaria sanguinalis (L.) Scop.

T

Eragrostis sp.*Hordeum bulbosum* L.

H

Hordeum murinum L.

T

Hyparrhenia hirta (L.) Stapf.

H

Lamarckia aurea (L.) Moench

T

Lolium multiflorum Lam.

T

Lolium perenne L.

H

Lolium rigidum Gaudin

T

Oryzopsis miliacea (L.) Cosson

H

Phalaris minor Retz.

T

Setaria viridis (L.) Beauv.

T

Sorghum halepense (L.) Pers.

H

Vulpia ciliata Dumort

T

Portulacaceae

<i>Portulaca oleraceae</i> L.	T		
<i>Pteridaceae</i>			
<i>Cheilanthes acrostica</i> (Balb.) Tod.	G		
<i>Rosaceae</i>			
<i>Sanguisorba minor</i> Scop.	H		
<i>Rubiaceae</i>			
<i>Gallium aparine</i> L.	T		
<i>Scrophulariaceae</i>			
<i>Scrophularia</i> sp.	H		
<i>Urticaceae</i>			
<i>Parietaria judaica</i> L.	Ch		
<i>Zygophyllaceae</i>			
<i>Tribulus terrestris</i> L.	T		

2. Καταγραφή του 2021

Στον Πίνακα 20: Κατάλογος θαμνωδών και δενδρωδών, καλλιεργούμενων, αυτοφυών και καλλωπιστικών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021 παρουσιάζεται ο κατάλογος των, θαμνωδών και δενδρωδών, καλλιεργούμενων, αυτοφυών και καλλωπιστικών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021.

Πίνακας 20: Κατάλογος θαμνωδών και δενδρωδών, καλλιεργούμενων, αυτοφυών και καλλωπιστικών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021

Οικογένεια	Είδος
Καλλιεργούμενα είδη	
Juglandaceae	
	<i>Juglans regia</i> L., Καρυδιά
Moraceae	
	<i>Ficus carica</i> L., Συκιά
Oleaceae	
	<i>Olea europaea</i> L., Ελιά
Rosaceae	
	<i>Prunus dulcis</i> (L.) Merr. & L.M. Perry, Αμυγδαλιά

Vitaceae*Vitis vinifera* L., Άμπελος**Αυτοφυή είδη****Anacardiaceae***Pistacia lentiscus* L., Σχίνος*Pistacia terebinthus* L., Κοκορεβυθιά**Araliaceae***Hedera helix* L., Κισσός**Cactaceae***Opuntia ficus-indica* L., Φραγκοσουκιά**Fabaceae***Cercis siliquastrum* L., Κουτσουπιά*Spartium junceum* L., Σπάρτο**Fagaceae***Quercus coccifera* L., Πουρνάρι*Quercus ilex* L., Δρύς*Quercus pubescens* (Wild.) Bonnier, Δρύς χνοώδης**Lamiaceae***Phlomis* sp., Φλόμιδα*Vitex agnus-castus* L., Λυγαριά**Oleaceae***Olea europea* var. *sylvestris* Mill., Αγριελιά**Poaceae***Arundo donax* L., Καλαμιά**Rhamnaceae***Paliurus spina-christi* Mill., Παλιούρι**Rosaceae***Pyrus spinosa* Forssk., Γκορτσιά, άγρια αχλαδιά*Rubus* sp., Βατομουριά**Smilacaceae***Smilax aspera* L., Αρκουδόβατος**Ulmaceae***Celtis australis* L., Μελικοκιά**Sapindaceae***Acer sempervirens* L., Σφενδάμι**Καλλωπιστικά είδη****Aizoaceae***Carpobrotus* sp., Μπούζι**Anacardiaceae***Schinus molle* L., Ψευδοπιπεριά**Apocynaceae***Nerium oleander* L., Πικροδάφνη**Celastraceae***Euonymus japonicus* Thunb., Ευώνυμο

Cupressaceae*Cupressus sempervirens* L., Κυπαρίσσι*Thuja* sp., Τούγια**Dispacaceae***Lomelosia hymettia* (Boiss. & Spruner) Greuter & Burdet, Λομελόσια**Geraniaceae***Pelargonium graveolens* L' Her., Αρμπαρόριζα**Lamiaceae***Lavandula dentata* L., Λεβάντα οδοντωτή*Mentha spicata* L., Δυόσμος*Oreganum vulgare* L., Ρίγανη*Salvia rosmarinus* Spenn., Δεντρολίβανο**Lauraceae***Laurus nobilis* L., Δάφνη**Lythraceae***Punica granatum* L., Ροδιά**Moraceae***Morus* sp., Μουριά**Nyctaginaceae***Bougainvillea* sp., Βουκαμβίλια**Oleaceae***Jasminum officinale* L., Γιασεμί**Poaceae***Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chion., Κικούγιου**Rosaceae***Cydonia oblogna* Mill., Κυδωνιά*Eriobotrya japonica* L., Μουσμουλιά*Pyracantha coccinea* M. Roem., Πυράκανθος*Rosa* sp., Τριανταφυλλιά**Rutaceae***Citrus limon* (L.) Osbeck, Λεμονιά**Verbenaceae***Lantana camara* L., Λαντάνα

Στον Πίνακα 21, στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Καταγραφή βλάστησης παρουσιάζεται ο κατάλογος των θαμνωδών και δενδρωδών, αυτοφυών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν το λόφο της Ιθώμης και γύρω από τον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021.

Πίνακας 21: Κατάλογος αυτοφυών θαμνωδών και δενδρωδών φυτικών ειδών, κατά αλφαβητική σειρά βοτανικών οικογενειών, που καταγράφηκαν στο λόφο της Ιθώμης και στην περιοχή γύρω από τον αρχαιολογικό χώρο της Μεσσήνης το Μάιο του 2021

Οικογένεια	Είδος
Αυτοφυή είδη	

Anacardiaceae*Pistacia lentiscus* L., Σχίνος*Pistacia terebinthus* L., Κοκορεβυθιά**Cactaceae***Opuntia ficus-indica* L., Φραγκοσουκιά**Cistaceae***Cistus creticus* L., Κίστος, λαδανιά**Cupressaceae***Cupressus sempervirens* L., Κυπαρίσσι**Ericaceae***Arbutus unedo* L., Κουμαριά*Erica* sp., Ερείκι**Hypericaceae***Hypericum* sp., Βαλσαμόχορτο, υπερικό**Fabaceae***Cercis siliquastrum* L., Κουτσουπιά*Spartium junceum* L., Σπάρτο*Cytisus* sp., Κύτισος*Genista* sp., Γενίστα*Callicotome villosa* (Poir.) Link., Ασπάλαθος**Fagaceae***Quercus coccifera* L., Πουρνάρι*Quercus pubescens* (Wild.) Bonnier, Δρύς χνοώδης**Lamiaceae***Phlomis* sp., Φλόμιδα*Teucrium capitatum* L., Τεύκριο*Vitex agnus-castus* L., Λυγαριά**Oleaceae***Olea europea* var. *sylvestris* Mill., Αγριελιά*Phillyrea latifolia* L., Φιλλύκι**Rhamnaceae***Paliurus spina-christi* Mill., Παλιούρι**Rosaceae***Pyrus spinosa* Forssk., Γκορτσιά, άγρια αχλαδιά*Rubus* sp., Βατομουριά*Sarcopoterium spinosum* (L.) Spach., Αφάνα*Rosa* sp., Αγριοτριανταφυλλιά**Sapindaceae***Acer sempervirens* L., Σφενδάμι**Smilacaceae***Smilax aspera* L., Αρκουδόβατος

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Εισαγωγή στο υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE

Για την εκτίμηση του κινδύνου πλημμύρας στον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης λόγω κλιματικής αλλαγής, χρησιμοποιήθηκε το υδρολογικό μοντέλο MIKE SHE 2020 της DHI (DHI, 2020). Το μοντέλο MIKE SHE επιτρέπει την προσομοίωση ενός συνόλου διεργασιών του υδρολογικού κύκλου, οι οποίες συνοψίζονται παρακάτω:

- Επιφανειακή απορροή (Overland Flow, OL),
- Ροή στην ακόρεστη ζώνη (Unsaturated Zone, UZ).
- Εξατμισοδιαπνοή (Evapotranspiration, ET),
- Ροή στη κορεσμένη ζώνη (Saturated Zone, SZ),

Στην συγκεκριμένη περίπτωση επιλέχθηκε η προσομοίωση του υδρολογικού μοντέλου με βάση τις παρακάτω μεθοδολογίες:

- Επιφανειακή απορροή (Overland Flow, OL): επιλέχθηκε η μέθοδος υπολογισμού της επιφανειακής απορροής των πεπερασμένων διαφορών (Finite Difference), ο οποίος παρέχει την μέγιστη ακρίβεια.
- Ροή στην ακόρεστη ζώνη (Unsaturated Zone, UZ): μέθοδος των 2 Layer UZ, η οποία θεωρείται πιο απλή μεθοδολογία από την επίλυση των της περισσότερο πολύπλοκης εξίσωσης Richards.
- Εξατμισοδιαπνοή (Evapotranspiration, ET).
- Ροή στη κορεσμένη ζώνη (Saturated Zone, SZ): μέθοδος των γραμμικών ταμιευτήρων (Linear Reservoir), η οποία χρησιμοποιώντας εννοιολογικά απλές σχέσεις της υδραυλικής, προσομοιώνεται η υπόγεια υδροφορία και η βασική απορροή χωρίς να είναι απαραίτητη η αναλυτική γνώση των φυσικών συνθηκών.

Ως περιοχή προσομοίωσης επιλέχθηκε η υδρολογική λεκάνη από το σημείο κατάντη του αρχαιολογικού χώρου της Μεσσήνης, ενώ ως μέγεθος κανάβου επιλέχθηκαν τα 2m, με στόχο τον βέλτιστο συνδυασμό ακρίβειας αναπαράστασης και μικρού υπολογιστικού χρόνου. Η λεκάνη απορροής στην οποία εντάσσεται ο αρχαιολογικός χώρος είναι 3.23 km².

- Κλιματολογικά δεδομένα: Δεδομένα αναφορικά με τα κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής μελέτης προήλθαν από τον μετεωρολογικό σταθμό Αρφαρά Μεσσηνίας (κωδικός LGU6) που ανήκει στο δίκτυο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών (X (GGRS87): 326299 m / Y (GGRS87): 4113665 m, Latitude: 37.15589° N / Longitude: 22.04557° E, Altitude: 96.00 m). Ο σταθμός παρέχει ημερήσια δεδομένα από τον Νοέμβριο του 2012 έως σήμερα. Βρίσκεται σε απόσταση 11.0 km περίπου ανατολικά της περιοχής του έργου.
- Εξατμισοδιαπνοή: Όσον αφορά τον προσδιορισμό της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή του συνόλου των απωλειών νερού από την εξάτμιση εδαφών και από την διαπνοή της χλωρίδας, μπορεί να επιτευχθεί έμμεσα με βάση άλλες μετεωρολογικές μεταβλητές, από τις οποίες και εξαρτάται. Από αυτές σημαντικότερες είναι η θερμοκρασία, η ηλιακή και γήινη ακτινοβολία, η ηλιοφάνεια, η σχετική υγρασία και η ταχύτητα του ανέμου. Η πιο αξιόπιστη μέθοδος προσδιορισμού της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής θεωρείται η Penman - Monteith, η οποία λαμβάνει υπόψη όλες τις παραπάνω μεταβλητές, ωστόσο στην περίπτωση αυτή δεν ήταν δυνατό να εφαρμοστεί λόγω της απουσίας δεδομένων ηλιοφάνειας. Για τον λόγο αυτό, ο προσδιορισμός της δυνητικής εξατμισοδιαπνοής στην λεκάνη απορροής της περιοχής μελέτης επιλέχθηκε να πραγματοποιηθεί με την εμπειρική μέθοδο Hargreaves (Hargreaves & Samani, 1985), η οποία απαιτεί μόνο δεδομένα μέσης, μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας σε μηνιαίο ή ημερήσιο βήμα:

$$E = 0.023 \frac{S_0}{\lambda} (T_m + 17.8)(T_{\max} - T_{\min})^{0.5}$$

όπου, S_0 η εξωγήινη ακτινοβολία σε $\text{kJ}/(\text{m}^2\text{d})$, η οποία εξαρτάται από τη θέση του σταθμού και την ημέρα του χρόνου που γίνεται η μέτρηση,

- λ η λανθάνουσα θερμότητα εξατμίσης σε kJ/kg ($\lambda = 2501 - 2,361 \cdot T_m$),
- T_m η μέση μηνιαία ή ημερήσια θερμοκρασία,
- $T_{\max}$ η μηνιαία ή ημερήσια μέγιστη θερμοκρασία και
- $T_{\min}$ η μηνιαία ή ημερήσια ελάχιστη θερμοκρασία σε $^{\circ}\text{C}$.

Η μέθοδος αυτή θεωρείται ότι δίνει ικανοποιητικά αποτελέσματα με σφάλμα της τάξης του 10-15% ή του 1 mm/d (Koutsoyiannis & Xanthopoulos, 1999).

- Επιφανειακή απορροή - Overland flow zones: Η άμεση επιφανειακή απορροή ουσιαστικά εκφράζεται από τον συντελεστή τραχύτητας Manning. Στην συγκεκριμένη μελέτη η χωρική κατανομή του συντελεστή Manning προέκυψε από τον αντίστοιχο χάρτη χρήσεων γης από τον ΟΠΕΚΕΠΕ (Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2017), με την απόδοση σε κάθε κλάση χρήσεων γης μία αντιπροσωπευτική τιμή Manning με βάση βιβλιογραφικά δεδομένα (Chow, 1959; Παραϊοαννου et al., 2018) (Πίνακας 1).
- Ακόρεστη εδαφική ζώνη - Unsaturated zone: Στο σημείο αυτό γίνεται η εισαγωγή της χωρικής κατανομής των εδαφολογικών χαρακτηριστικών της περιοχής μελέτης. Στην συγκεκριμένη περίπτωση το εδαφικό κάλυμμα θεωρήθηκε ομοιόμορφο σε ολόκληρη την περιοχή μελέτης. Σημειώνεται ότι οι παράμετροι κάθε εδαφικού τύπου αποτελούν παράμετρο βαθμονόμησης του υδρολογικού-πλημμυρικού μοντέλου.
- Κορεσμένη ζώνη - Saturated zone: Η ροή στην κορεσμένη ζώνη προσομοιώνεται με ένα σύστημα γραμμικών ταμιευτήρων (linear reservoirs), οι οποίοι χρησιμοποιώντας εννοιολογικά απλές σχέσεις της υδραυλικής, προσομοιώνουν την υπόγεια υδροφορία και τη βασική απορροή. Η προσομοίωση της ροής σε κορεσμένη ζώνη γίνεται σε δύο επίπεδα. Το πρώτο αφορά στην υποδερμική ή ενδιάμεση απορροή (interflow), η οποία αποτελεί τμήμα της επιφανειακής απορροής σε υγρές περιόδους, και τη βασική απορροή (baseflow), η οποία αποτελεί την επίδραση των υπόγειων υδροφορέων με το υδρογραφικό δίκτυο.

Οι παράμετροι που διέπουν την λειτουργία τους αφορούν την αρχική και μέγιστη χωρητικότητα των ταμιευτήρων αυτών και τις χρονοσταθερές εκροής προς τα υδατορεύματα και κατεύθυνσης στα βαθύτερα στρώματα. Οι τιμές των παραμέτρων ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του σχηματισμού τον οποίο προσομοιώνει η ομάδα των γραμμικών ταμιευτήρων και αποτελούν παράμετροι βαθμονόμησης του μοντέλου.

Αρχικά το μοντέλο στήθηκε και βαθμονομήθηκε για το πλημμυρικό επεισόδιο που έλαβε χώρα τον Σεπτέμβριο του 2016 και προκάλεσε φθορές στον αρχαιολογικό χώρο. Στη συνέχεια, έγινε ο έλεγχος κινδύνου πλημμύρας για τα τρία μελλοντικά κλιματικά σενάρια, τα οποία προτείνονται από την Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ: Επιπλέον κατευθυντήριες γραμμές/επεξηγήσεις για την υλοποίηση ορισμένων προτάσεων

Γ.1 Επιπλέον κατευθύνσεις στις προτάσεις που αφορούν το σύστημα παρακολούθησης του χώρου

Παρακολούθηση πληθυσμών φυτικών ειδών της περιοχής

Προτείνεται η εφαρμογή ενός προγράμματος παρακολούθησης των πληθυσμών των φυτικών ειδών της περιοχής, με στόχο την έγκαιρη ανίχνευση τυχόν επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, στο τοπίο της Αρχαίας Μεσσήνης. Η παρακολούθηση περιλαμβάνει επαναλαμβανόμενες στο χρόνο καταγραφές, μετρήσεις και δειγματοληψίες και σύγκριση των διαδοχικών αποτελεσμάτων (Abbott & Le Maitre, 2010; Elzinga, et al., 1998). Η παρακολούθηση ενός οικοσυστήματος είναι πολύ σημαντική, για τον έγκαιρο και ακριβή σχεδιασμό επεμβάσεων αποκατάστασης ή επαναφοράς του οικοσυστήματος. Όσο μεγαλώνει ο βαθμός υποβάθμισης, τόσο περισσότερο χρόνος και ενέργεια θα πρέπει να δαπανηθεί για την αποκατάσταση ενός οικοσυστήματος (Aronson, et al., 1993).

Πριν την έναρξη της παρακολούθησης θα πρέπει να καθοριστούν τα οικοσυστήματα που θα παρακολουθούνται, το γεωγραφικά όρια της περιοχή μελέτης, η κατεύθυνση (αύξηση, μείωση, διατήρηση), το ανεκτό όριο και η χρονική διάρκεια μεταβολής (Elzinga, et al., 1998).

Για την παρακολούθηση οικοσυστημάτων έχουν προσδιορισθεί παράμετροι ζωτικής σημασίας (Vital Ecosystem Attributes, VEA), που δίνουν στοιχεία για τη δομή και τη λειτουργία του οικοσυστήματος. Αυτές είναι (Aronson, et al., 1993):

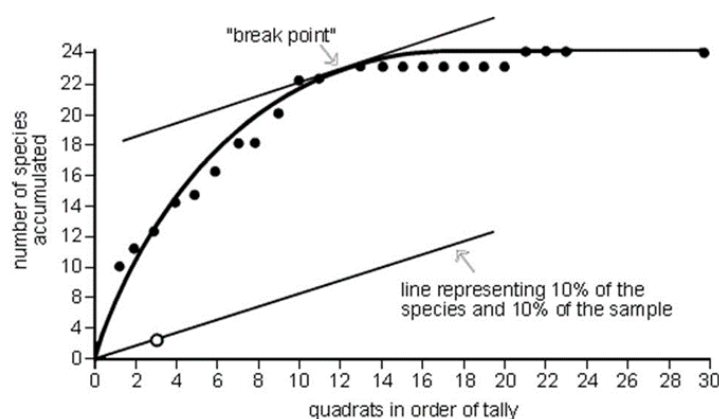
- Η **alpha (α) ποικιλότητα** πολυετών και ετήσιων ειδών, που αφορά την ποικιλομορφία των ειδών σε μια περιοχή ή οικοσύστημα και συνήθως εκφράζεται με τον πλούτο των ειδών σε εκείνο το οικοσύστημα. Η α ποικιλότητα μπορεί να μετρηθεί με τη μέθοδο των επαναλαμβανόμενων πλαισίων δειγμάτων (*quadrat* ή *relevé*). Τα πολυετή είδη συνήθως χαρακτηρίζουν οικοσυστήματα σε ωριμότερα και σταθερότερα στάδια, σε σχέση με τα ετήσια, αλλά μπορεί και να εισβάλουν σε λιβαδικά οικοσυστήματα ποωδών ειδών, μετά από παρατεταμένη διαταραχή. Θα πρέπει να γίνεται διάκριση των πολυετών ειδών σε ποώδη και ξυλώδη είδη.
- Η **beta (β) ποικιλότητα**, που εξετάζει τη μεταβολή της ποικιλότητας ειδών μεταξύ δύο ή περισσότερων διαφορετικών οικοσυστημάτων και υπολογίζεται μετρώντας τον αριθμό των ειδών που είναι μοναδικά για κάθε ένα από τα οικοσυστήματα που εξετάζονται, κατά μήκος μιας περιβαλλοντικής βαθμίδας. Η β ποικιλότητα μειώνεται καθώς υποβαθμίζεται ένα οικοσύστημα.
- Η **κάλυψη από βλάστηση**, ανά φυτικό είδος και συνολικά, με τη χρήση επαναλαμβανόμενων πλαισίων δειγμάτων (*quadrat* ή *relevé*).
- Το **φάσμα βιολογικών μορφών** κατά Raunkiaer (1937) ως παράγοντας της δομής ενός οικοσυστήματος. Έχει φανεί ότι με την υποβάθμιση των οικοσυστημάτων μειώνεται και το φάσμα των απαντώμενων βιολογικών μορφών.
- Τα **θεμέλια είδη** για τη δομή και λειτουργία του οικοσυστήματος. Η απώλεια θεμέλιων ειδών επιταχύνει την υποβάθμιση και την απώλεια άλλων ειδών. Τα θεμέλια είδη μπορεί να χρησιμοποιηθούν για την τροποποίηση της τροχιάς διαδοχής του οικοσυστήματος, καθώς μπορεί να επανεισασθούν ή να ενισχυθούν μετά από γεγονότα διαταραχής ενός οικοσυστήματος.
- Η **ξηρή εναέρια βιομάζα** κατά το τέλος της κύριας βλαστητικής περιόδου και η **παραγωγικότητα του οικοσυστήματος**, δηλαδή η ξηρή εναέρια βιομάζα ανά μονάδα χρόνου. Έχει παρατηρηθεί πως με την εξέλιξη της υποβάθμισης ενός οικοσυστήματος, μειώνεται και η παραγωγικότητά του.
- Η **οργανική ουσία του εδάφους**, η οποία σχετίζεται με την παραγωγικότητα του οικοσυστήματος, τη δομή του εδάφους, την ικανότητα εγκατάστασης νέων φυταρίων κ.α.

- Ο **συντελεστής απόδοσης βροχής**, που αφορά την ποσότητα του νερού που απορροφάται προς τα βαθύτερα στρώματα του εδάφους και αποτελεί ένδειξη της συνθήκης της επιφάνειας του εδάφους. Ο συντελεστής σχετίζεται ισχυρά με την παρουσία κρουστών στην επιφάνεια του εδάφους, που σχηματίζονται σε υποβαθμισμένα οικοσυστήματα και αποτρέπουν τη διείσδυση νερού προς το έδαφος.
- Η **διάρκεια της περιόδου διαθεσιμότητας του νερού**, που μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση τενσιόμετρου προσδιορισμού εδαφικής αναρρόφησης ή δυνατότητας.

Για μέτρηση των παραμέτρων, όπως η α και β ποικιλότητα, η κάλυψη από βλάστηση, η εναέρια βιομάζα κ.α. λαμβάνονται τυχαία, επαναλαμβανόμενα δείγματα με τη χρήση πλαισίων (quadrat ή relevé). Το μέγεθος των πλαισίων εξαρτάται από τη βιολογική μορφή και συνήθως χρησιμοποιούνται μεγαλύτερα πλαίσια, 20 x 20 m για μεγάλα δέντρα, 5 x 5 m για μικρά δέντρα και θάμνους και μικρότερα 1 x 1 m για ποώδη βλάστηση.

Οι θέσεις δειγματοληψίας των πλαισίων παίζουν σημαντικό ρόλο στη μεθοδολογία παρακολούθησης, για την εξαγωγή αντιπροσωπευτικών αποτελεσμάτων. Τα πλαίσια πρέπει να τοποθετούνταν τυχαία στη περιοχή μελέτης, με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτυγχάνεται η καλύτερη διασπορά των δειγμάτων στον πληθυσμό υπο μελέτη. Η τυχαιοποίηση μπορεί να ακολουθεί τα μοντέλα: 1) απλής τυχαίας δειγματοληψίας με σύστημα συντεταγμένων ή κελιών σε κάναβο, 2) στρωματοποιημένης τυχαίας δειγματοληψίας, 3) συστηματοποιημένης δειγματοληψίας με τυχαίο σημείο έναρξης, 4) περιορισμένης τυχαίας δειγματοληψίας και 5) δειγματοληψίας συστάδων, με βάση τη μέγεθος της περιοχής μελέτης, την ποικιλία ενδαιτημάτων κ.α. (Elzinga, et al., 1998).

Για τον προσδιορισμό του απαραίτητου αριθμού των πλαισίων δειγμάτων σχεδιάζεται καμπύλη κορεσμού των ανευρισκόμενων ειδών, η οποία σχηματίζεται από τη σχέση δύο παραμέτρων: τον αριθμό των πλαισίων και τον αριθμό των ειδών που προστίθενται σε κάθε μέτρηση. Το σημείο κορεσμού προσδιορίζεται με βάση τον κανόνα του 10%, δηλαδή όταν μια αύξηση του αριθμού των δειγμάτων κατά 10%, αποδίδει λιγότερο από 10% νέα είδη. Το σημείο κορεσμού είναι το σημείο τομής της καμπύλης ανευρισκόμενων ειδών με μια ευθεία που ορίζεται από την αρχή των αξόνων (0,0) και το σημείο με συντεταγμένες στο 10% του αριθμού των ειδών και το 10% του αριθμού των πλαισίων. Μετά το σημείο κορεσμού λαμβάνονται μετρήσεις σε δέκα ακόμη πλαίσια δείγματα και έπειτα σταματούν (Terrestrial vegetation monitoring protocols, 1999).



Εικόνα 72: Παράδειγμα σχεδιασμού καμπύλης κορεσμού ανευρισκόμενων ειδών για το υπολογισμό των απαραίτητων δειγματοληπτικών μονάδων

Στο πλαίσιο της παρακολούθησης με τη χρήση πλαισίων δειγμάτων μπορεί να χρησιμοποιηθούν και εναέριες φωτογραφίες, συγκεκριμένων πλαισίων (photoplots) ή και φωτογραφίες τοπίου, που λαμβάνονται στο ίδιο σημείο, με ίδιο κάδρο (photopoints), έτσι ώστε να είναι συγκρίσιμες σε βάθος ετών (Elzinga, et al., 1998). Η εξέλιξη, την τελευταία δεκαετία, των μεθόδων εναέριας, ψηφιακής φωτογραμμετρίας, για την παραγωγή μετρητικών ορθοφωτομωσائيκών, με τη χρήση μη επανδρωμένων εναέριων οχημάτων (drones), μπορεί να αποτελέσει ένα σημαντικό εργαλείο σε αυτή τη κατεύθυνση.

Παράλληλα με τα παραπάνω θα πρέπει να καταγράφονται στοιχεία της φαινολογίας και της φυσιολογίας, όπως η έναρξη και διάρκεια της βλαστητικής περιόδου, της άνθησης, της σποροποίησης κ.α. Η προσαρμογή της φυσιολογίας και φαινολογίας των φυτών για την επιβίωση κάτω από συνθήκες υδατικής καταπόνησης, μπορεί να υποδείξει τα περιθώρια ανεκτικότητας του πληθυσμού σε κλιματικές μεταβολές (Abbott & Le Maitre, 2010).

Επιπλέον, για την κατανόηση της βιοκοινότητας αλλά και την παρακολούθηση αλλαγών σε αυτή θα πρέπει να υπολογίζονται δείκτες βιοποικιλότητας. Οι δείκτες βιοποικιλότητας εκφράζουν παραμέτρους της δομής μιας κοινότητας, που συναρτάται από τον αριθμό των ειδών, που συμμετέχουν σε αυτή αλλά και από τη σχετική τους αφθονία (Washington, 1984). Ως κοινότητα εννοείται μια σύνθεση οργανισμών που συνυπάρχουν και αλληλοεπηρεάζονται ως προς την κατανομή και αφθονία (Connell & Slatyer, 1977). Οι δείκτες βιοποικιλότητας υπολογίζονται από τις δειγματοληπτικές καταγραφές **Invalid source specified**.

Το ενδιαφέρον γύρω από τη βιοποικιλότητα αφορά το αν σχετίζεται με τη σταθερότητα μιας κοινότητας, όπου η σταθερότητα εκφράζει την αντίσταση σε διαταραχή, δηλαδή η ικανότητα μιας κοινότητας να παραμένει όμοια παρά τις μεταβολές του περιβάλλοντος (Pielou, 1975; MacArthur, 1955) ή την ικανότητα μια κοινότητας να επανέλθει στην πρότερη κατάσταση μετά από μια διαταραχή, δηλαδή η ανάπτυξη δυνάμεων που τείνουν να επαναφέρουν μια κοινότητα στην αρχική της φάση (Krebs, 1972; Margalef, 1968). Ο McNaughton (1978) υποστηρίζει ότι κοινότητες με υψηλότερη βιοποικιλότητα πιθανώς να είναι περισσότερο σταθερές, σε σχέση με λιγότερο ποικίλες κοινότητες. Οι φτωχότερες κοινότητες συνήθως χαρακτηρίζονται από έντονες αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών και η ένταση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των ειδών μειώνεται καθώς αυξάνεται η βιοποικιλότητα. Έτσι η υψηλή βιοποικιλότητα μπορεί να προκαλέσει σταθερότητα, αλλά όχι σε όλες τις περιπτώσεις (Washington, 1984).

Οι δείκτες βιοποικιλότητας χρησιμοποιούνται στην προστασία και διαχείριση των οικοσυστημάτων (Magurran, 1996) και βοηθούν στην ανίχνευση αλλαγών σε αυτά (Washington, 1984). Είναι χρήσιμο να υπολογίζονται διαφορετικοί δείκτες ποικιλότητας, καθώς αυτοί παρουσιάζουν διαφορετική ευαισθησία στην αφθονία ή σπανιότητα των ειδών και μπορεί να μην παρουσιάζουν την ίδια ευαισθησία στην ανίχνευση αλλαγών. Δύο από τους πιο σημαντικούς και ευρέως χρησιμοποιούμενους δείκτες ποικιλότητας είναι οι δείκτες Shannon-Wiener και Simpson. Για τον υπολογισμό των δεικτών αυτών χρησιμοποιείται η σχετική αφθονία των ειδών που συμμετέχουν στην κοινότητα, $P_i = N_i / N$, όπου N_i ο αριθμός ατόμων ή η κάλυψη ή το ξηρό βάρος του είδους i και N το σύνολο των ατόμων ή της κάλυψης ή το ξηρό βάρος όλων των ειδών.

Ο δείκτης ποικιλότητας Simpson (1949) υπολογίζεται ως:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^n P_i^2$$

Ο δείκτης Simpson, εκφράζει την πιθανότητα δύο άτομα που θα παρθούν τυχαία να ανήκουν σε διαφορετικό είδος και εξαρτάται περισσότερο από τα «άφθονα» είδη και είναι λιγότερο ευαίσθητος στα σπάνια είδη (Washington, 1984) και παίρνει τιμές από 0 έως 1.

Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener (Shannon & Weaver, 1949) υπολογίζεται ως:

$$H' = - \sum_i^S P_i \ln P_i$$

Ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener μετρά το βαθμό αβεβαιότητας στην πρόβλεψη του είδους που ανήκει ένα άτομο, είναι ευαίσθητος στα σπάνια είδη και συνηθέστερα κινείται μεταξύ των τιμών 1,5 έως 3,5 και σπάνια ξεπερνάει την τιμή 4,5 (Margalef, 1972).

Επιπλέον, οι δείκτες ισομέρειας (evenness index) μετράνε την ομοιογένεια της κατανομής των ατόμων στα είδη της κοινότητας:

$$E = H' \ln S_{\text{obs}}^{-1}$$

όπου H' ο δείκτης ποικιλότητας Shannon-Wiener και S_{obs} ο αριθμός των καταγεγραμμένων ειδών. Ο δείκτης ομοιογένειας παίρνει τιμές από 0 έως 1, όπου τιμή 1 αντανakλά μία βιοκοινότητα όπου όλα τα είδη παρουσιάζουν την ίδια σχετική αφθονία (Magurran, 1996).

Τέλος, ένας από τους παλαιότερους και βασικότερους δείκτες της ποικιλότητας μια κοινότητας είναι ο αριθμός των ειδών που συμμετέχουν ή αλλιώς ο πλούτος των ειδών (species richness). Ο αριθμός των καταγεγραμμένων ειδών (S_{obs}) θεωρείται ο ελάχιστος αριθμός ειδών που υπάρχουν στην βιοκοινότητα, καθώς η δειγματοληπτική καταγραφή περικλείει το σφάλμα ότι πιθανότατα κάποια είδη δεν καταγράφηκαν. Έτσι, μπορεί να υπολογιστεί ένας εκτιμητής του πλούτου των ειδών S_e , με τη μέθοδο Jack-Knife, με βάση τον αριθμό των καταγεγραμμένων ειδών S_{obs} , (Heltshie & Forrester, 1983), όπου:

$$S_e = S_{obs} + k (n-1) n^{-1}$$

για n : αριθμός δειγματοληπτικών μονάδων και k : αριθμός ειδών που βρέθηκαν σε ένα μόνο δείγμα (μοναδικά είδη).

Συστηματική παρακολούθηση της συμπεριφοράς των υλικών

Αισθητήρες Καταγραφής

Στην αγορά υπάρχουν διάφοροι αισθητήρες κυρίως θερμοκρασίας και υγρασίας που έχουν χρησιμοποιηθεί σε ανάλογες μελέτες προστασίας χώρων πολιτιστικής κληρονομιάς. Μερικοί από αυτούς είναι των εταιρειών HOBO, iButton, LSI LASTEM οι οποίοι μάλιστα πληρούν τις προδιαγραφές που τίθενται από τους ευρωπαϊκούς κανονισμούς EN 15758/2010 και EN 16242/2012 [34], [35].

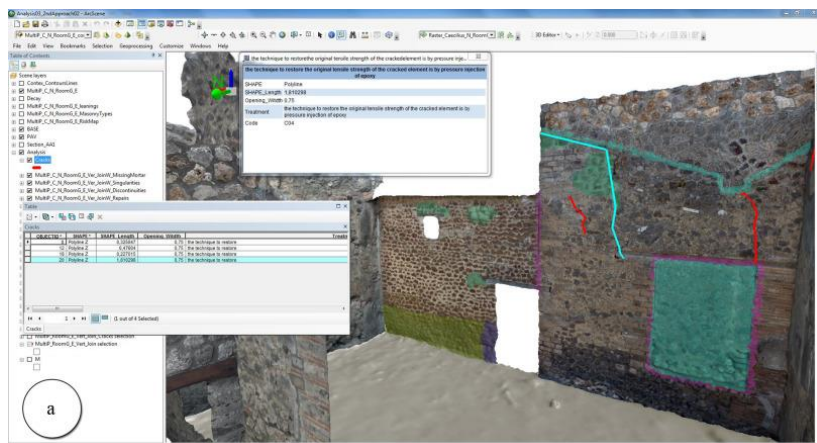


Εικόνα 73: Αισθητήρας θερμοκρασίας HOBO RX3000.



Εικόνα 74: Αισθητήρας βροχοπτώσεων (αριστερά) και θερμοκρασίας και σχετικής υγρασίας (δεξιά) της LSI Lastem ([htt](http://www.lastem.com)), ([htt1](http://www.lastem.com)).

Έπειτα, προτείνεται η ενσωμάτωση των αποκτημένων δεδομένων από την παρακολούθηση των παραπάνω κλιματικών παραγόντων, σε συνδυασμό με τα δεδομένα των κλιματικών αλλαγών, των τοπογραφικών στοιχείων, των υλικών και των φθορών των μνημείων που έχουν συλλεχθεί από την συνολική μελέτη, σε ένα σύστημα GIS. Η επεξεργασία των δεδομένων με κατάλληλα μαθηματικά μοντέλα μπορεί να προσδώσει σημαντικές πληροφορίες για την εξέλιξη των φθορών, όπως την υποχώρηση των επιφανειών, τη βιολογική φθορά και την κρυστάλλωση των αλάτων στα μνημεία του χώρου [38].



Εικόνα 75: 3D απεικόνιση και περιγραφή σε GIS των τύπων φθορών τοίχου μνημείου (Campanaro, Landeschi, & Leander Touati, 2016).

In situ παρακολούθηση των υλικών των μνημείων με μη καταστρεπτικές μεθόδους

Οι μέθοδοι που θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για την *In situ* παρακολούθηση των υλικών των μνημείων με μη καταστρεπτικές μεθόδους είναι: διεισδυτικά υγρά, μαγνητικά σωματίδια, ραδιογραφία, υπέρηχοι και υπέρυθρη θερμογραφία. Τα διεισδυτικά υγρά και τα μαγνητικά σωματίδια ανιχνεύουν επιφανειακές ατέλειες όπως δυσδιάκριτες μικρορωγμές [39]. Με χρήση υπερήχων και υπέρυθρης θερμογραφίας είναι δυνατή η ανίχνευση εξωτερικών και εσωτερικών ατελειών, της έναρξης και της διάδοσης ρωγμών, των αποκολλήσεων, της υγρασίας και της διάβρωσης των δομικών υλικών [40]. Η μέθοδος της ραδιογραφίας μπορεί να εφαρμοστεί σε αρχιτεκτονικά μέλη με περιορισμένο πάχος αλλά προσδίδει λεπτομερείς πληροφορίες για εσωτερικές και εξωτερικές ατέλειες, του μικροπορώδους και των εγκλεισμάτων των επιφανειών [41]. Συνιστάται η παρακολούθηση του μνημείου ανά τακτά χρονικά διαστήματα και η συγκέντρωση των αποτελεσμάτων της σε μία ενιαία βάση δεδομένων. Η βάση αυτή πέρα από την καταγραφή της κατάστασης του εκάστοτε μνημείου θα βοηθήσει έμπρακτα και όλους του μηχανικούς, συντηρητές, ερευνητές και αρχαιολόγους στην αποτελεσματικότερη προστασία και συντήρηση του αρχαιολογικού χώρου ενάντια στην κλιματική αλλαγή και το χρόνο [42].



Εικόνα 76: Υπέρυθρες θερμικές κάμερες: (α) LWIR θερμική κάμερα FLIR ThermoCAM T360, με FPA 320x240 pixels, φασματική απόκριση 7.5–13 μm . (β) MWIR θερμική κάμερα CEDIP/JADE με ανιχνευτή InSb και FPA 320x240 pixels, φασματική απόκριση 3.6–5.0 μm (Ματίκας, 2015).



Εικόνα 77: Φορητή συσκευή μέτρηση ταχύτητας υπερήχων TICO.

Γ.1 Επιπλέον κατευθυντήριες γραμμές/εξειδικεύσεις σε μέτρα που στοχεύουν στη διαχείριση της βλάστησης και στην αποκατάσταση των φθορών των υλικών

Διαχείριση της βλάστησης με στόχο τη βελτίωση της ανθεκτικότητας του αρχαιολογικού χώρου

α) Ολοκληρωμένη διαχείριση ζιζανίων

Είναι πολύ σημαντικό να συνεχιστεί η εφαρμογή των αποψιλώσεων στο μέλλον με τρόπο συστηματικό, για την προστασία του χώρου και πιθανώς και η εισαγωγή νέων μεθόδων περιορισμού, στο πλαίσιο ενός προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης ζιζανίων. Το πρόγραμμα διαχείρισης της βλάστησης, υποδεικνύεται από την κατανομή των βιολογικών μορφών, που φύονται στους αρχαιολογικούς χώρους, καθώς σχετίζεται με το είδος των προβλημάτων που δημιουργούνται σε αυτούς. Η γνώση της οικολογίας των φυτών στόχων είναι πολύ σημαντική, για το σχεδιασμό του προγράμματος επεμβάσεων ζιζανιοκτονίας (Mortensen, 2000), ενώ οι επεμβάσεις περιορισμού βλάστησης στους αρχαιολογικούς χώρους, θα πρέπει να επαναλαμβάνονται περιοδικά, ανάλογα με τον βλαστητικό κύκλο των αυτοφυών ειδών (Caneva, et al., 2008).

Ένα ετήσιο πρόγραμμα επεμβάσεων με στόχο την πλήρη αποτροπή σχηματισμού σπόρου από τα θερόφυτα προτείνεται ως βέλτιστη λύση για την, σε βάθος χρόνου, μείωση της δαπάνης ζιζανιοκτονίας και αύξηση της αποτελεσματικότητας της μεθόδου. Για τα θερόφυτα τα στάδιο του σπόρου είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς αφορά την επιβίωση του πληθυσμού (Holst & Rasmussen, 2007). Για την καταπολέμηση των θερόφυτων σε παραγωγικές καλλιέργειες έχει προταθεί και εφαρμόζεται η παντελής αποτροπή σχηματισμού σπόρου (No Seed Threshold). Η μέθοδος αυτή έχει ως στόχο να μειώσει το δυναμικό των σπόρων του εδάφους και φαίνεται να μειώνει σε βάθος χρόνου το κόστος της ζιζανιοκτονίας, στα πλαίσια ενός προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης (Mortensen, 2000; Norris, 1999). Μικρότεροι πληθυσμοί ζιζανίων απαιτούν λιγότερο εντατικές επεμβάσεις για τον έλεγχο τους σε επιθυμητά επίπεδα (Mortensen, 2000). Παράλληλα όμως, οι εντατικοποιημένες επεμβάσεις εφαρμόζονται σε ορισμένα τμήματα του αγρού, με σημαντικούς πληθυσμούς ζιζανίων, ενώ σε άλλα τμήματα, όπου δεν υπάρχει εντατική ανάγκη, μειώνονται, με στόχο και τη μείωση του κόστους (Mortensen, 2000).

Με βάση τα παραπάνω προτείνεται ο γεωγραφικός καταμερισμός του προγράμματος καταπολέμησης ζιζανίων στον αρχαιολογικό χώρο, όπου στη ζώνη άμεσης γειτνίασης με το μνημείο και στους χώρους κίνησης επισκεπτών, οι επεμβάσεις περιορισμού των θερόφυτων θα στοχεύουν στην αποτροπή σχηματισμού σπόρου, που αποτελεί τη βάση για την ανανέωση των πληθυσμών των ετησίων ποωδών ειδών. Έτσι σε βάθος χρόνου αναμένεται να μειωθεί σταδιακά ο αναγκαίος αριθμός επεμβάσεων και το κόστος εφαρμογής.

Στις υπόλοιπες επιφάνειες, δηλαδή σε περιοχές του χώρου που δεν είναι προσβάσιμες από το κοινό και είναι μακριά από αρχιτεκτονικά κατάλοιπα μνημείων, προτείνεται η δημιουργία ζωνών μετάβασης (buffer zones), όπου θα αφήνεται η εποχική βλάστηση να ολοκληρώνει τον βλαστητικό της κύκλο, προκειμένου να προστατευθεί η βιοποικιλότητα του χώρου. Στις ζώνες μετάβασης θα πρέπει να εφαρμόζεται κοπή και απομάκρυνση των ξερών υπολειμμάτων, μετά την ολοκλήρωση του βλαστητικού κύκλου και την ξήρανση των στελεχών, για την προστασία από πυρκαγιές, κατά τη διάρκεια της αντιπυρικής περιόδου.

Όσον αφορά τις προτεινόμενες μεθόδους, που μπορούν να εφαρμοστούν στο πλαίσιο ενός τέτοιου προγράμματος, προτείνονται κατά προτεραιότητα, μέτρα αποδεκτά στο πλαίσιο της βιολογικής γεωργίας (ΚΥΑ 8197/90920, ΦΕΚ 1883/Β/1-8-2013), όπως η αποψίλωση με μηχανικά μέσα, η φλόγιση και ηλιοαπολύμανση. Όπως αναφέρθηκε η αποψίλωση με μηχανικά μέσα, συνήθως με χορτοκοπτικά και το βοτάνισμα με το χέρι, είναι η συνηθέστερη μέθοδος περιορισμού ζιζανίων, σε αρχαιολογικούς χώρους της χώρας μας, με μακρά παράδοση στην Αρχαιολογική Υπηρεσία (Κανέλλου, 2019).

Εναλλακτικά, για τον περιορισμό ζιζανίων σε ελεύθερες επιφάνειες αρχαιολογικών χώρων μπορεί να χρησιμοποιηθεί η φλόγιση, που αφορά σε έκθεση των ιστών του φυτού σε φλόγα, που παράγεται σε

ειδική κατασκευή, φλόγιστρο και διοχετεύεται μέσω ειδικής κεφαλής (Lague, et al., 2001)(Εικόνα 78). Η φλόγιση είναι μέθοδος που εφαρμόζεται κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Το πρόγραμμα επεμβάσεων φλόγισης πρέπει να ξεκινάει από τον Οκτώβριο έως το Φεβρουάριο και να βασίζεται στις εποχικές διαφορές μεταξύ των περιοχών, που οδηγούν σε διαφορές στις περιόδους ανάπτυξης των ζιζανίων. Το πρόγραμμα επεμβάσεων φλόγισης θα πρέπει να ξεκινάει μόλις η βλάστηση ξεπεράσει τα 10 cm μέσο ύψος και να επαναλαμβάνεται τέσσερις φορές, ανά 2 έως 3 εβδομάδες, όταν υπάρχει αναβλάστηση 10 έως 15 cm (Κανέλλου, 2019; Kanellou, et al., 2017; Datta & Knezevic, 2013; Knezevic & Ulloa, 2007). Η παρουσία ξηρής βιομάζας όπως φυλλοστρώμνη ή κλαδιά, θα πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν πριν τις επεμβάσεις φλόγισης. Προς αυτή την κατεύθυνση προτείνεται η εφαρμογή των επεμβάσεων φλόγισης να γίνονται μια ημέρα μετά από τοπική βροχή, εφόσον όμως δεν υπάρχουν σταγονίδια στα φύλλα.

Οι επεμβάσεις φλόγισης μπορούν να περιορίσουν σημαντικά τη βλάστηση για τις πρώτες 100 ημέρες της χειμερινής βλαστητικής περιόδου, οι οποίες είναι και οι μέρες με την αφθονότερη βλάστηση, στο Μεσογειακό κλίμα. Η έρευνα έδειξε ότι οι επεμβάσεις φλόγισης μείωσαν την κάλυψη από ζιζάνια κατά 95% σε πειραματικούς αγρούς σε τρεις αρχαιολογικούς χώρους και το μέσο ύψος της βλάστησης και την παραγόμενη βιομάζα κατά περίπου 90%.



Εικόνα 78: Εφαρμογή φλόγισης σε πειραματικό τεμάχιο

Με την εφαρμογή προγράμματος φλόγισης μπορεί να εξασφαλιστεί άνετη πρόσβαση των επισκεπτών, οπτική επαφή με τα μνημεία και προστασία των μνημείων από πιθανές πυρκαγιές, λόγω της σημαντικής μείωσης της παραγόμενης βιομάζας (Κανέλλου, 2019). Παρ' όλα αυτά, είναι σημαντικό να σχεδιάζονται οι επεμβάσεις με βάση την περίοδο βλάστησης και τη σύνθεση του πληθυσμού των ζιζανίων ξεχωριστά για κάθε χώρο (Κανέλλου, 2019; Kanellou, et al., 2017). Οι εφαρμογές φλόγισης μπορούν να συνδυαστούν με άλλες μεθόδους περιορισμού ζιζανίων ως μέρος προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης ζιζανίων, ιδίως σε χρονιές όπου οι καιρικές συνθήκες δεν ευνοούν τη φλόγιση (πολύ βροχερές περιόδους).

Επιπλέον, για τον περιορισμό των ζιζανίων, μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος της ηλιοαπολύμανσης. Το πρόγραμμα περιλαμβάνει την κάλυψη με διαφανές πλαστικό της περιοχής που είναι επιθυμητή η καταπολέμηση ζιζανίων, κατά τη διάρκεια του θέρους, Ιούλιο έως Αύγουστο. Η επέμβαση επιφέρει την πλήρη αποτροπή ανάδυσης των ζιζανίων για τρεις έως τέσσερις μήνες, την επόμενη χειμερινή βλαστητική περίοδο. Πριν τη διάστρωση γίνεται διάνοιξη αυλάκων περιφερικά των τεμαχίων, για την παράχωση των πλαστικών φύλλων και η άρδευση του εδάφους μέχρι του σημείου κορεσμού. Αυτό προκαλεί την αύξηση της θερμοκρασίας του εδάφους, λόγω της διάχυσης και παγίδευσης της ηλιακής ακτινοβολίας, κάτω από το πλαστικό, σε συνθήκες υψηλής υγρασίας, που προκαλεί το θερμικό θάνατο των σπόρων (Candido, et al., 2011; Horowitz, et al., 1983). Η διάρκεια κάλυψης του εδάφους είναι περίπου έξι εβδομάδες (Bond & Grundy, 2001) και η Ελλάδα είναι κατάλληλη για την εφαρμογή της μεθόδου, καθώς οι υψηλές θερμοκρασίες κατά τη διάρκεια του θέρους, ευνοούν την αποτελεσματική εφαρμογή της (Αντωνίου, 1995), ενώ οι Vizantinopolos και Katranis (1993) αναφέρουν υψηλή αποτελεσματικότητα της μεθόδου έναντι των ζιζανίων στη χώρα μας. Τα ετήσια χειμερινά ζιζάνια ε-

λέγχονται πολύ αποτελεσματικά από την ηλιοαπολύμανση, καθώς οι σπόροι των ειδών αυτών βλαστάνουν σε χαμηλές θερμοκρασίες και είναι ευαίσθητοι σε υψηλές θερμοκρασίες εδάφους, οπότε κατά την ηλιοαπολύμανση θανατώνονται οι σπόροι χωρίς να έχουν βλαστήσει (Elmore, 1991), ή οι σπόροι βλαστάνουν λόγω των χαμηλότερων απαιτήσεων σε θερμοκρασία και τα φυτά θανατώνονται. Η πειραματική εφαρμογή της μεθόδου απέδωσε 90% έλεγχο των ζιζανίων για ένα μήνα και άνω του 60%, για τους επόμενους δύο μήνες, κατά τη διάρκεια της βλαστητικής περιόδου. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμόζεται στο πλαίσιο ενός προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης ζιζανίων με στόχο να μειωθεί το δυναμικό των σπόρων του εδάφους και να αποδυναμωθούν οι πληθυσμοί των ζιζανίων, σε συγκεκριμένες περιοχές του αρχαιολογικού χώρου, κατόπιν σχεδιασμού. Η τράπεζα σπόρων του εδάφους είναι πολύ σημαντική για την επιμονή των ειδών και αποτελεί το κλειδί για τον έλεγχο των ζιζανίων (Κανέλλου, 2019).

Πάνω στα μέλη των μνημείων η ανάπτυξη φυτικών ειδών προκαλεί κυρίως μηχανικές καταπονήσεις, η σοβαρότητα των οποίων συνδέεται με τη βιολογική μορφή, κατά τη σειρά Θερόφυτα<Ημικρυπτόφυτα<Γεώφυτα<Χαμαίφυτα<Φανερόφυτα (Motti & Stinca, 2011; Raunkiaer, 1937). Η σύγχρονη θεωρία για τη διαχείριση βλάστησης στους αρχαιολογικούς χώρους με στόχο την προστασία των μνημείων, ορίζει ότι επεμβάσεις αφαίρεσης βλάστησης θα πρέπει να γίνονται μόνο όταν υπάρχει μεγάλη πιθανότητα πρόκλησης βλάβης για το μνημείο, για λόγους προστασίας της βιοποικιλότητας (Nimis *et al.*, 1992, Arino & Saiz-Jimenez, 1996, Celesti Grapow & Blasi, 2003, Caneva *et al.*, 2008). Για τις επεμβάσεις πάνω στα κατάλοιπα προτείνεται η απομάκρυνση μόνο των ειδών με υψηλό Δείκτη Επικινδυνότητας (Signorini, 1996), κατά τη σειρά Θερόφυτα<Ημικρυπτόφυτα<Γεώφυτα<Χαμαίφυτα<Φανερόφυτα, με στόχο τη μείωση της δαπάνης των εφαρμογών και την προστασία της βιοποικιλότητας των φυτοκοινωνιών.

Η ασφαλέστερη μέθοδος επίλυσης τους προβλήματος είναι η απομάκρυνση ειδών με υψηλό Δείκτη Επικινδυνότητας από το σημείο, συμπεριλαμβανομένων και των ριζών. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με βοτάνισμα μόνο κατά τα πολύ πρώιμα στάδια ανάπτυξης των πολυετών ειδών, πριν την εγκατάσταση του ριζικού συστήματος σε μεγάλο βάθος. Τα πολυετή είδη εφόσον αναπτυχθούν και σχηματίσουν ξυλώδεις βλαστούς, είναι δύσκολο να απομακρυνθούν ολόκληρα με βοτάνισμα, ενώ οι ιστοί που δεν ήταν δυνατό να απομακρυνθούν μπορεί να ξαναδώσουν βλάστηση από λανθάνοντες οφθαλμούς (Caneva, *et al.*, 2008; Lisci, *et al.*, 2003). Έτσι, στις περιπτώσεις όπου έχουν αναπτυχθεί ξυλώδεις βλαστοί, για την αποτελεσματική θανάτωση και απομάκρυνση θάμνων και δενδρυλλίων, από μέλη μνημείου, απαιτούνται εφαρμογές ακριβείας με ζιζανιοκτόνο (Caneva, *et al.*, 2008; Lisci, *et al.*, 2003). Η εφαρμογή ακριβείας με ζιζανιοκτόνο, για την εξόντωση θάμνων και δενδρυλλίων, συνίσταται σε ειδικές μεθόδους διανομής του ζιζανιοκτόνου σκευάσματος (Mishra, *et al.*, 1995). Μία μέθοδος (stump treatment) αφορά σε αποκοπή του υπέργειου τμήματος του φυτού, στο ύψος του λαιμού, και στη συνέχεια επάλειψη της τομής με διάλυμα ζιζανιοκτόνου. Μία ακόμη μέθοδος είναι η έγχυση του ζιζανιοκτόνου στο εσωτερικό του στελέχους (injection treatment)(Εικόνα 79). Για την εφαρμογή της μεθόδου γίνεται και πάλι αποκοπή του υπέργειου μέρους του φυτού και στη συνέχεια ανοίγονται τρήματα με δράπανο στο στέλεχος, μία οπή ανά 2 cm διαμέτρου του στελέχους, και με σύριγγα γίνεται έγχυση του διαλύματος (Caneva, *et al.*, 2008). Η μέθοδος αυτή θεωρείται πιο κατάλληλη για φυτά μεγαλύτερου μεγέθους, με διάμετρο λαιμού πάνω από 8 cm (Mishra, *et al.*, 1995). Τα διαλύματα ζιζανιοκτόνου που χρησιμοποιούνται σε τέτοιες επεμβάσεις πρέπει να είναι πυκνά (Caneva, *et al.*, 2008).



Εικόνα 79: Εφαρμογή ακριβείας με ζιζανιοκτόνο (injection treatment) για την εξόντωση αείλανθου με διάμετρο κορμού 15 cm, σε αρχαιολογικό χώρο

Η εφαρμογή ακριβείας με ζιζανιοκτόνο εξασφαλίζει την προστασία του μνημείου και του περιβάλλοντος, αφού δεν διαρρέει πλεονάζουσα ποσότητα διαλύματος στη γύρω περιοχή. Η εφαρμογή αυτή προστατεύει τα είδη που δεν προσκαλούν προβλήματα στο μνημείο, επιτρέποντας τη στοχοποίηση μόνο των επικίνδυνων φυτών. Η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί για την εξάλειψη επιθετικών ξενικών ζιζανίων, όπως ο αείλανθος, που φτωχοποιούν τη βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων στα οποία εγκαθίστανται. Οι Meloche and Murphy (2006) επίσης συνέκριναν μεθόδους καταπολέμησης του αείλανθου και βρήκαν ότι το ξερίζωμα νεαρών δενδρυλλίων μείωσε κατά 50% τον αριθμό των παραφυάδων, η αποκοπή των στελεχών χωρίς καμία άλλη επέμβαση αύξησε κατά 160% τον αριθμό των παραφυάδων, ενώ βέλτιστα αποτελέσματα επιτεύχθηκαν με την αποκοπή των στελεχών, σε συνδυασμό με επάλειψη της τομής με ζιζανιοκτόνο, που μείωσε κατά 90% τον αριθμό των παραφυάδων (Meloche & Murphy, 2006). Η πειραματική εφαρμογή της μεθόδου για την εξόντωση θάμνων και δενδρυλλίων σε αρχαιολογικό χώρο της χώρας μας, μετά από την αφαίρεση της κόμης του υποκειμένου, είτε με επάλειψη της τομής, είτε με έγχυση στο εσωτερικό του στελέχους είχε 100% επιτυχία σε φυτά κάπαρης και αείλανθου, εξαλείφοντας το σοβαρό πρόβλημα των μηχανικών καταστροφών από την ανάπτυξη ριζών μέσα στις αρχαίες κατασκευές. Αντίθετα, η απλή αποκοπή στελεχών χωρίς την εφαρμογή ζιζανιοκτόνου, οδήγησε στην αναβλάστηση των ιστών και στην εκ νέου ανάπτυξη των δενδρυλλίων (Κανέλλου, 2019).

β) Χαρτογράφηση καύσιμης ύλης

Η χαρτογράφηση της καύσιμης ύλης, βάσει μοντέλων, συμμετέχει στην εκτίμηση του κινδύνου έναρξης, αλλά και της προσομοίωσης έντασης και εξάπλωσης μιας πυρκαγιάς. Οι χάρτες καύσιμης ύλης περιφερειακής και τοπικής κλίμακας συμβάλουν στην πρόληψη και διαχείριση πυρκαγιών σε τοπικό επίπεδο. Όπως αναφέρθηκε στην εισαγωγή στα μοντέλα καύσιμης ύλης υπολογίζονται παράμετροι που αφορούν το είδος βλάστησης, την ποσότητα φυλλώματος, τη μάζα και το πάχος των νεκρών φυτικών υπολειμμάτων στο έδαφος, το μέσο ύψος βλάστησης, το ποσοστό κάλυψης από θάμνους και χόρτα και το φορτίο καύσης που εξαρτάται από τη διάμετρο των βλαστών των φυτών. Σήμερα, για τη χαρτογράφηση καύσιμης ύλης χρησιμοποιούνται μοντέλα και το πιο ολοκληρωμένο σύνολο αποτελείται από 40 μοντέλα καύσιμης ύλης (M.K.Y.) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μοντέλα πρόβλεψης δασικών πυρκαγιών (Πουλάκη, 2016).

Τα μοντέλα (Πίνακας 22) που ανέπτυξαν οι Scott & Burgan (2005) που βασίστηκαν στα προηγούμενα μοντέλα του Rothermel (1972) μπορούν να εισαχθούν στο σύστημα πρόβλεψης πυρκαγιάς BEHAVE και έχουν ως παραμέτρους (Πίνακας 23):

- Το φορτίο καυσίμου ανά μέγεθος και κατηγορία βλάστησης
- Την αναλογία ζωντανής ξυλώδους και θαμνώδους σε σχέση με τη νεκρή βιομάζα, ανά μονάδα επιφάνειας προς όγκο
- Το πάχος του καυσίμου στρώματος (fuel bed)
- Την περιεχόμενη υγρασία της νεκρής καύσιμης ύλης

- Το φορτίο θερμότητας της ζωντανής και νεκρής καύσιμης ύλης

Πίνακας 22: Μοντέλα καύσιμης ύλης (M.K.Y.) βάσει των Scott & Burgan (2005)

M.K.Y.	Περιγραφή
GR1, GR2, GR3, GR4, GR5, GR6, GR7, GR8, GR9	Ποώδης βλάστηση, αποτελούμενη από αμιγώς αγρωστώδη είδη ή μίγμα αγρωστωδών και πλατύφυλλων ειδών
GS1, GS2, GS3, GS4	Μίγμα ποωδών ειδών και θάμνων με έως 50% κάλυψη από θάμνους
SH1, SH2, SH3, SH4, SH5, SH6, SH7, SH8, SH9	Θαμνώνας με τουλάχιστον 50% κάλυψη
TU1, TU2, TU3, TU4, TU5	Ποώδης βλάστηση και θάμνοι σε συνδυασμό με στρώμα από νεκρή βιομάζα από κόμεις δέντρων
TL1, TL2, TL3, TL4, TL5, TL6, TL7, TL8, TL9	Πεσμένη νεκρή ξυλεία κάτω από κόμεις δάσους
SB1, SB2, SB3, SB4	Υπολείμματα υλοτομίας ή συντρίμια από έντονους ανέμους
NB1, NB2, NB3, NB8, NB9	Υλικά που δεν καίγονται

Πίνακας 23: Παράμετροι μοντέλων καύσιμης ύλης

Κωδ.	Φορτίο καυσίμου					Τύπος υτέλου	Επιφάνεια προς όγκος			Πάχος του καύ-Περιεχόμενη Φορτίο θερ- σιμου στρώμα-υγρασία ύλης μότητας τος (ft) (%) (BTU/lb)		
	1-hr	10-hr	100-hr	Live herb	Live woody		μο-Dead 1-hr	Live herb	Live woody			
GR1	0,10	0,00	0,00	0,30	0,00	dynamic	2200	2000	9999	0,4	15	8000
GR2	0,10	0,00	0,00	1,00	0,00	dynamic	2000	1800	9999	1,0	15	8000
GR3	0,10	0,40	0,00	1,50	0,00	dynamic	1500	1300	9999	2,0	30	8000
GR4	0,25	0,00	0,00	1,90	0,00	dynamic	2000	1800	9999	2,0	15	8000
GR5	0,40	0,00	0,00	2,50	0,00	dynamic	1800	2600	9999	1,5	40	8000
GR6	0,10	0,00	0,00	3,40	0,00	dynamic	2200	2000	9999	1,5	40	9000
GR7	1,00	0,00	0,00	5,40	0,00	dynamic	2000	1800	9999	3,0	15	8000
GR8	0,50	1,00	0,00	7,30	0,00	dynamic	1500	1300	9999	4,0	30	8000
GR9	1,00	1,00	0,00	9,00	0,00	dynamic	1800	1600	9999	5,0	40	8000
GS1	0,20	0,00	0,00	0,50	0,65	dynamic	2000	1800	1800	0,9	15	8000
GS2	0,50	0,50	0,00	0,60	1,00	dynamic	2000	1800	1800	1,5	15	8000
GS3	0,30	0,25	0,00	1,45	1,25	dynamic	1800	1600	1600	1,8	40	8000
GS4	1,90	0,30	0,10	3,40	7,10	dynamic	1800	1600	1600	2,1	40	8000
SH1	0,25	0,25	0,00	0,15	1,30	dynamic	2000	1800	1600	1,0	15	8000
SH2	1,35	2,40	0,75	0,00	3,85	N/A	2000	9999	1600	1,0	15	8000
SH3	0,45	3,00	0,00	0,00	6,20	N/A	1600	9999	1400	2,4	40	8000
SH4	0,85	1,15	0,20	0,00	2,55	N/A	2000	1800	1600	3,0	30	8000
SH5	3,60	2,10	0,00	0,00	2,90	N/A	750	9999	1600	6,0	15	8000
SH6	2,90	1,45	0,00	0,00	1,40	N/A	750	9999	1600	2,0	30	8000
SH7	3,5	5,30	2,20	0,00	3,40	N/A	750	9999	1600	6,0	15	8000
SH8	2,05	3,40	0,85	0,00	4,35	N/A	750	9999	1600	3,0	40	8000
SH9	4,50	2,45	0,00	1,55	7,00	dynamic	750	1800	1500	4,4	40	8000
TU1	0,20	0,90	1,50	0,20	0,90	dynamic	2000	1800	1600	0,6	20	8000
TU2	0,95	1,80	1,25	0,00	0,20	N/A	2000	9999	1600	1,0	30	8000
TU3	1,10	0,15	0,25	0,65	1,10	dynamic	1800	1600	1400	1,3	30	8000
TU4	4,50	0,00	0,00	0,00	2,00	N/A	2300	9999	2000	0,5	12	8000
TU5	4,00	4,00	3,00	0,00	3,00	N/A	1500	9999	750	1,0	25	8000
TL1	1,00	2,20	3,60	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	0,2	30	8000

TL2	1,40	2,30	2,20	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	0,2	25	8000
TL3	0,50	2,20	2,80	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	0,3	20	8000
TL4	0,50	1,50	4,20	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	0,4	25	8000
TL5	1,15	2,50	4,40	0,00	0,00	N/A	2000	9999	1600	0,6	25	8000
TL6	2,40	1,20	1,20	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	0,3	25	8000
TL7	0,30	1,40	8,10	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	0,4	25	8000
TL8	5,8	1,40	1,10	0,00	0,00	N/A	1800	9999	9999	0,3	35	8000
TL9	6,65	3,30	4,15	0,00	0,00	N/A	1800	9999	9999	0,6	35	8000
SB1	1,50	3,00	11,00	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	1,0	25	8000
SB2	4,50	4,25	4,00	0,00	0,00	N/A	2000	9999	1600	1,0	25	8000
SB3	5,50	2,75	3,00	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	1,2	25	8000
SB4	5,25	3,50	5,25	0,00	0,00	N/A	2000	9999	9999	2,7	25	8000

Συντήρηση και αποκατάσταση των φθορών των υλικών

– Απομάκρυνση βιολογικών επικαθίσεων

Προτού γίνει εφαρμογή μεθόδων για τον καθαρισμό των λίθων που έχουν διαβρωθεί από βιολογικά αίτια, είναι απαραίτητη η ταυτοποίηση των μικροοργανισμών που έχουν αναπτυχθεί ώστε να βρεθούν τα κατάλληλα βιοκτόνα που θα χρησιμοποιηθούν. Τα βιοκτόνα αυτά πρέπει να είναι άχρωμα, μη τοξικά για τον άνθρωπο και μη διαβρωτικά για το λίθο. Συνήθως, χρησιμοποιείται ένα υδατικό διάλυμα βιοκτόνου του οποίου η συγκέντρωση αλλάζει ανάλογα με την ένταση της φθοράς και η εφαρμογή επαναλαμβάνεται όσες φορές χρειαστεί. Εναλλακτικά, μπορεί να γίνει χρήση πάστας με άργιλο, χαρτί ή μεθυλοκυτταρίνη [44]. Σε όλες τις περιπτώσεις έπειτα πρέπει να γίνει ξέπλυμα με απιονισμένο νερό. Ως βιοκτόνο στον αρχαιολογικό χώρο της Αρχαίας Μεσσήνης έχει χρησιμοποιηθεί το Desogen με την μέθοδο της επάλειψης (αφέθηκε να δράσει για μία εβδομάδα) η χρήση του ήταν ικανοποιητική επομένως σε επόμενο καθαρισμό θα μπορούσε να εφαρμοστεί εκ νέου.

– Στερέωση - Αδιαβροχοποίηση

Η μέθοδος της στερέωσης με τη μέθοδο του εμποτισμού, τροποποιεί την εσωτερική δομή του λίθου, δημιουργώντας ένα «δίκτυο» που επανενώνει τους χαλαρούς δεσμούς των πόρων του υποστρώματος. Το υλικό εμποτισμού, ανάλογα με τη σύσταση του και το μηχανισμό στερέωσης, μειώνει σε ορισμένο βαθμό το πορώδες του λίθου, ενδυναμώνοντας έτσι το υπόστρωμα στο οποίο έχει εισχωρήσει. Η βέλτιστη στερέωση επιτυγχάνεται όταν οι πόροι του υποστρώματος πληρώνονται μερικώς έτσι ώστε να επιτυγχάνεται αφενός η διαπνοή του λίθου και αφετέρου η μείωση της υδατο-απορροφητικότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να αποφεύγεται ο κίνδυνος εγκλωβισμού νερού στους πόρους, κάτι που θα είχε τις γνωστές συνέπειες της δράσης του νερού στα πετρώματα [45].

Οι εργασίες για την στερέωση γίνονται ώστε να αυξηθεί η συνοχή των λίθων που έχουν υποστεί διάβρωσης. Η στερέωση συνιστάται όχι μόνο για τα τμήματα των λίθων που έχουν υποστεί φθορά αλλά και των συμπαγών σημείων, ώστε να αυξηθούν η συνεκτικότητα και τα μηχανικά χαρακτηριστικά του συνολικού όγκου του λίθου. Το βάθος στο οποίο θα εισχωρήσουν τα στερεωτικά υλικά εξαρτάται από το πορώδες του λίθου, το μοριακό βάρος και το ιξώδες του στερεωτικού, τις χημικές δράσεις που αυτό προκαλεί και τον τρόπο εκτέλεσης της εργασίας.

Όσον αφορά τις συντηρήσεις στερέωσης που έχουν πραγματοποιηθεί στους ψαμμίτες του αρχαιολογικού χώρου όπως έχει προαναφερθεί έχει γίνει η χρήση του Tegonakon V100 με επάλειψη στην επιφάνειά τους. Αρχικά πριν την διαδικασία επάλειψης έγινε αραίωση του υλικού με διαλύτη White Spirit. Η χρήση του υλικού αυτού αποσκοπούσε στην ενίσχυση του εσωτερικού της μάζας του λίθου και την βελτίωση των μηχανικών της ιδιοτήτων. Το υλικό αυτό έχει ως πλεονέκτημα ότι επιτρέπει την

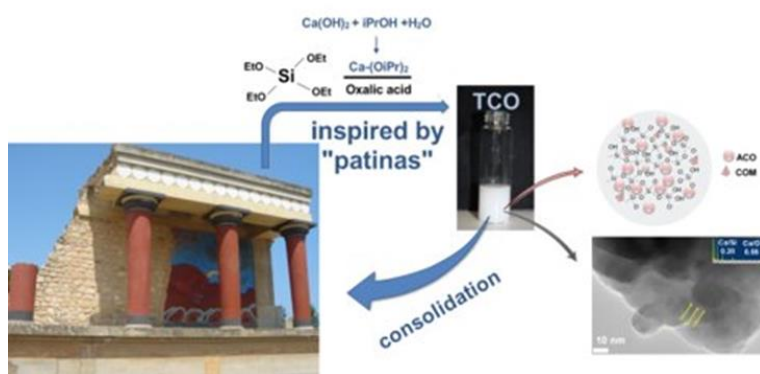
αναπνοή του λίθου και μειώνει το ενδεχόμενο εγκλωβισμού της υγρασίας στους πόρους του. Παρ' ολ' αυτά προγενέστερες εφαρμογές έδειξαν ότι τα μειονεκτήματα του είναι αξιοσημείωτα :

- μεγάλη χρωματική αλλοίωση,
- δυσκολία στην εφαρμογή,
- έντονη οσμή κατά την χρήση,
- δεν προσφέρει αδιαβροχοποίηση στους λίθους.

Με βάση τα προαναφερθέντα μειονεκτήματα του υλικού αυτού, σε επόμενες συντηρήσεις πρέπει να χρησιμοποιηθεί στερεωτικό υλικό το οποίο να πληροί βασικά κριτήρια όπως:

1. να είναι μη τοξικό και φιλικό προς το περιβάλλον,
2. να είναι εύκολο στην χρήση του,
3. να προσφέρει αδιαβροχοποίηση στο λίθο,
4. να μην αλλοιώνει τις αισθητικές παραμέτρους του λίθου.

Με βάση τα παραπάνω, για τις συντηρήσεις στερέωσης των ψαμμιτών προτείνεται το καινοτόμο νανοσύνθετο **μη τοξικό υλικό SurfaPore FX SB** με βάση το τετρααιθοξυ-σιλάνιο (Tetraethoxysilane - TEOS). Το TEOS αποτελεί έναν από τους ευρέως χρησιμοποιούμενους σταθεροποιητές και είναι η βάση των περισσότερων υπαρχόντων εμπορικών παραγόντων ενίσχυσης των πορωδών δομικών υλικών που έχουν υποστεί φθορά. Χρησιμοποιείται για την ενίσχυση των μηχανικών αντοχών των οικοδομικών επιφανειών και τη σταθεροποίηση των σαθρών, ευαίσθητων επιφανειών. Το TEOS υπόκειται σε διαδικασία δημιουργίας γέλης (sol-gel) με χημικούς δεσμούς πυριτίου-οξυγόνου (SiO_2) οι οποίοι αντικαθιστούν το αρχικό συνδετικό υπόστρωμα που έχει καταστραφεί από την διάβρωση. Επιπλέον, στο υλικό **SurfaPore FX SB** έχει ενσωματωθεί οξαλικό ασβέστιο, το οποίο βοηθά αφενός τη μη δημιουργία μικρορηγματώσεων της γέλης και αφετέρου προσδίδει συμβατότητα με τα λίθινα υποστρώματα. Επιπλέον, το οξαλικό ασβέστιο αποτελεί μια πιο σταθερή ένωση από το ανθρακικό ασβέστιο, καθιστώντας έτσι το στερεωτικό υλικό ακόμη πιο αποδοτικό. Το **SurfaPore FX** δημιουργήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ 2009 με κωδικό 09ΣΥΝ-42-789 (NANOΒΙΟΔΟΜΥΛ). Στο εμπόριο βρίσκεται σε δύο μορφές: το αλκοολούχο διάλυμα με διαλύτη την ισοπροπανόλη (SurfaPore FX SB) και το υδατικό (SurfaPore FX WB) με διαλύτη το νερό.



Εικόνα 80: Σχηματική απόδοση της σύνθεσης του SurfaPore FX SB.

Η καινοτομία του βασίζεται στην νανο- πυριτία και το νανο-οξαλικό ασβέστιο, που του προσδίδει βιομιμητικό χαρακτήρα, καθώς είναι εμπνευσμένο από τα συστατικά των καλύτερα διατηρημένων επιφανειακών στρωμάτων των αρχαίων μνημείων, γνωστά ως πάτινα. Τα στρώματα της πάτινας προέρχονται από βιολογικούς παράγοντες ή από την μετατροπή παλιότερων υλικών συντήρησης, προσφέροντας, λόγω της σκληρότητας και αδιαλυτότητας που παρουσιάζουν, προστασία στους δομικούς λίθους και τις μνημειακές επιφάνειες. Η συμβολή του οξαλικού ασβεστίου είναι ιδιαίτερα σημαντική στην επιφανειακή προστασία των μνημείων μέσω της δημιουργίας ενός λεπτού συμπαγούς, μη διαπερατού φιλμ. Το οξαλικό ασβέστιο ενισχύει την χημική συμβατότητα του πυριτικού προστατευτικού

προϊόντος με τις ανθρακικές επιφάνειες των δομικών λίθων προσφέροντας καθολικότερη προστασία στα μνημεία.

Επιπλέον, στο πλαίσιο του Ευρωπαϊκού Προγράμματος HORIZON2020, “InnovaConcrete Innovative materials and techniques for the conservation of 20th century concrete-based cultural heritage”, (2018-2020 GA N° 760858), έγινε σύνθεση μίας βελτιωμένης έκδοσης του υλικού με νέα χαρακτηριστικά. Στην διαδικασία σύνθεσης του SurfaPore FX SB με το TEOS ενσωματώθηκε πολύ-διμεθυλοσιλοξάνιο (Polydimethyl siloxane - PDMS) προσδίδοντας υδροφοβικά χαρακτηριστικά στο υλικό συνδυάζοντας έτσι και τη στερεωτική και προστατευτική δράση [46].



Εικόνα 81: Εμπορική συσκευασία του προϊόντος.

Στην Εικόνα 82 παρουσιάζεται ένας μνημειακός ψαμμιτικός λίθος, στον οποίο έχει γίνει εφαρμογή του προϊόντος SurfaPore FX SB με επάλειψη. Παρατηρείται ότι οι σταγόνες ύδατος (με οργανική χρωστική για να είναι ευδιάκριτες) δεν απορροφούνται από τους πόρους της επιφάνειας του λίθου, καταδεικνύοντας έτσι την επιτυχή αδιαβροχοποίηση αυτής. Πέραν της χρήσης του υλικού σε ψαμμιτικούς λίθους μπορεί να εφαρμοστεί σε ασβεστόλιθο, αλφά και άλλα δομικά υλικά [47], [48], [49].



Εικόνα 82: Ιστορικός ψαμμίτης με επιφανειακή εφαρμογή του υλικού στερέωσης.

Λόγω της επιβαρυνμένης κατάστασης των ψαμμιτών που είναι εκτεθειμένοι στις καιρικές συνθήκες προτείνεται η επανάληψη της εφαρμογής (ανά 4 – 5 έτη) και η παρακολούθηση της κατάστασης τους.

– Κονιάματα σφράγισης

Στην περίπτωση των ψαμμιτικών μελών, όπου υπάρχουν μεγάλες ρωγμές και οπές, προτείνεται ένα κονίαμα σφράγισης συμβατό με την ασβεσιτική σύσταση των λίθων. Οι κονίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και προσφέρουν φυσικοχημική και μηχανική συμβατότητα με τους λίθους είναι:

- Φυσική υδραυλική άσβεστος (Natural hydraulic lime, type NHL3.5, NHL-5)
- Υδράσβεστος (Calcitic Lime) με χρήση ποζολάνης, φυσικής ή τεχνητής, όπως θηραϊκή γη και μετακαλίνης αντίστοιχα.

Κατά περίπτωση, προτείνεται η προσθήκη λεπτόκοκκων αδρανών, για την αποφυγή ρηγματώσεων λόγω συρρίκνωσης. Η προσθήκη τριμμένου τοπικού πωρόλιθου θα μπορούσε να βοηθήσει στην αποχρώση του κονιάματος ώστε να μην εμφανίζει έντονη χρωματική διαφορά με τις εφαρμοζόμενες

επιφάνειες. Επιπλέον, τέτοιου είδους κονιάματα θα μπορούσαν να επίσης να χρησιμοποιηθούν και ως στεφανώματα περιμετρικής προστασίας των σωζόμενων επιχρισμάτων [25].

Εν αντιθέσει με τον ψαμμίτη που όπως προαναφέρθηκε χρήζει η συντήρηση του για την διασφάλιση της ακεραιότητας των αρχιτεκτονικών μελών που αποτελούνται από το πέτρωμα αυτό, οι ασβεστόλιθοι σύμφωνα με μελέτες έδειξαν ότι πρόκειται για ένα υλικό με μεγάλη αντοχή στο χρόνο. Παρόλα αυτά, σε αρκετά σημεία έχουν παρατηρηθεί οπές που χρήζουν πλήρωσης ή ακόμη και παλαιότερες πληρώσεις που έχουν αποκολληθεί. Προτείνεται, λοιπόν ένα αντίστοιχο κονίαμα για την σφράγιση των ασβεστόλιθων.

Η απόχρωση του κονιάματος θα εξαρτάται από το χρώμα του εκάστοτε αρχιτεκτονικού μέλους που θα συντηρηθεί και κατά περιπτώσεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και φυσικές χρωστικές για την επίτευξη του επιθυμητού αισθητικού αποτελέσματος.

Σε κάθε περίπτωση χρήσης κονιάματος αποκατάστασης, κρίνεται αναγκαίο η δοκιμαστική σύνθεσή του και ο εργαστηριακός του έλεγχος καθώς και η πιλοτική δοκιμή του.



Με την υποστήριξη:

