



ΜΕΛΕΤΗ

ΙΟΥΛΙΟΣ

2025

ΜΕΛΕΤΗ
ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ
ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ
ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗΣ

Περιεχόμενα

Περίληψη	1
1. Γενικά	4
1.1. Εισαγωγή - Δασικές Πυρκαγιές	4
1.2. Είδη δασικών πυρκαγιών	4
1.3. Μεσογειακά Οικοσυστήματα και Μεσογειακός τύπος Κλίματος	6
2. Σκοπός και προσέγγιση του έργου	12
3. Μεθοδολογία	12
3.1 Περιοχές Παρακολούθησης	13
3.2 Μέθοδοι Παρακολούθησης	13
3.3 Μέθοδος παρακολούθησης με χρήση δορυφορικής Τηλεπισκόπησης	16
3.4 Ο Δείκτης βλάστησης NDVI	16
4. Αποτελέσματα	19
4.1 Περιοχές έρευνας	19
4.1.1 Βόρεια Εύβοια	19
4.1.2 Μάνδρα Αττικής	29
4.1.3 Νήσος Ρόδος	40
4.1.4 Όρος Πάρνηθα (Αττική)	46
5. Συμπεράσματα	52
6. Βιβλιογραφία	54
Παράρτημα Ι	59



Πίνακες

Πίνακας 1: Παράδειγμα πρωτοκόλλου Advanced	15
Πίνακας 2: Τιμές απόκρισης του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης. (Πηγή: USGS)	18
Πίνακας 3: Περιοχές έρευνας.....	19
Πίνακας 4: Κλάσεις.....	20
Πίνακας 5: Πρωτόκολλο δειγματοληψίας επιφανειών	30
Πίνακας 6: Πρωτόκολλο δειγματοληψίας επιφανειών	31

Εικόνες

Εικόνα 1: Τύποι δασικών πυρκαγιών (Πηγή: Asian Forest Cooperation Organization)	5
Εικόνα 2: Απεικόνιση των Μεσογειακών Οικοσυστημάτων στον πλανήτη (Πηγή: https://www.sciencedirect.com/)	7
Εικόνα 3: Μηχανισμός Αναγέννησης με Σπέρματα χαλεπίου πεύκης (<i>Pinus halepensis</i>). (Λήψη Φωτογραφιών: Γιώργος Αθανασάκης, WWF Ελλάς)	8
Εικόνα 4: Μηχανισμός Αναβλάστησης ειδών δρυός (<i>Quercus</i> sp.) (Λήψη Φωτογραφιών: Γιώργος Αθανασάκης, WWF Ελλάς)	9
Εικόνα 5: Ορισμός Δειγματοληπτικής επιφάνειας με την μέθοδο των διατομών σε επιφάνεια 20x20μ. (Λήψη Φωτογραφιών: Γιώργος Αθανασάκης, WWF Ελλάς)	15
Εικόνα 6: Φασματική απόκριση του δείκτη NDVI. (Πηγή: USGS)	17
Εικόνα 7: Αναγέννηση χαλεπίου πεύκης ανά περιοχή	21
Εικόνα 8: Αναγέννηση Δρυός ανά περιοχή	22
Εικόνα 9: Αναβλάστηση διάφορων ειδών ανά περιοχή	23
Εικόνα 10: Αναγέννηση ψυχρόβιων κωνοφόρων στην περιοχή του Δρυώνα	24
Εικόνα 11: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας	25
Εικόνα 13: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας	26
Εικόνα 12: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας	26
Εικόνα 14: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας	27
Εικόνα 15: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 3 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας	27
Εικόνα 17: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας	28
Εικόνα 16: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 4 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας	28
Εικόνα 18: Διάγραμμα ποσοστού απεικόνισης ειδών φυτοκάλυψης στην καμένη έκταση	32
Εικόνα 19: Διάγραμμά απεικόνισης πυκνότητας πεύκων ανά επιφάνεια σε σχέση με τον βαθμό δριμύτητας καύσης	33
Εικόνα 20: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας	35
Εικόνα 21: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Μάνδρας	36

Εικόνα 22: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας.....	36
Εικόνα 24: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας.....	37
Εικόνα 23: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 1 χρόνο μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας.....	37
Εικόνα 26: Σημεία δειγματοληψίας NDVI σύμφωνα με την ιεράρχηση περιοχών που μπορεί να αντιμετωπίσουν προβλήματα στη φυσική τους αποκατάσταση στην καμένη έκτασή της Μάνδρας.....	38
Εικόνα 25: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Μάνδρας.....	38
Εικόνα 28: Διάγραμμά απεικόνισης τιμών NDVI στις θέσεις ιεράρχησης της καμένης έκτασης της Μάνδρας.....	39
Εικόνα 27: Διάγραμμά απεικόνισης τιμών NDVI σε πολλαπλές και μη πολλαπλές καμένες εκτάσεις της Μάνδρας.....	39
Εικόνα 29: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου.....	41
Εικόνα 30: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Ρόδου.....	42
Εικόνα 31: : Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου.....	42
Εικόνα 32: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 1 χρόνο μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου.....	43
Εικόνα 33: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου.....	43
Εικόνα 35: Σημεία δειγματοληψίας NDVI σύμφωνα με την ιεράρχηση περιοχών που μπορεί να έχουν πρόβλημα στη φυσική τους αποκατάσταση στην καμένη έκταση της Ρόδου.....	44
Εικόνα 34: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Ρόδου.....	44
Εικόνα 37: Διάγραμμά απεικόνισης τιμών NDVI στις θέσεις ιεράρχησης στη καμένη έκταση της Ρόδου.....	45
Εικόνα 36: Διάγραμμά απεικόνισης τιμών NDVI σε πολλαπλές και μη πολλαπλές καμένες εκτάσεις της Ρόδου.....	45
Εικόνα 38: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	47
Εικόνα 39: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	48
Εικόνα 40: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	48

Εικόνα 41: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 1 χρόνο μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	49
Εικόνα 42: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	49
Εικόνα 43: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	50
Εικόνα 44: Σημεία δειγματοληψίας NDVI σύμφωνα με την ιεράρχηση περιοχών που μπορεί να έχουν πρόβλημα στη φυσική τους αποκατάσταση στην καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	50
Εικόνα 45: Διάγραμμά απεικόνισης τιμών NDVI σε πολλαπλές και μη πολλαπλές καμένες εκτάσεις της Πάρνηθας	51
Εικόνα 46: Διάγραμμά απεικόνισης τιμών NDVI στις θέσεις ιεράρχησης στη καμένη έκταση της Πάρνηθας.....	51

Προτεινόμενη βιβλιογραφική αναφορά:

Γεωργιάδης Ν., Αθανασάκης Γ., Καλεβρά Ν., Τζηρίτης Ηλ., 2025. Μελέτη παρακολούθησης της φυσικής αναγέννησης μετά από σημαντικές πυρκαγιές του 2021 & 2023. WWF Ελλάς, Αθήνα.

Suggested citation:

Georgiadis N., Athanasakis G., Kalevra N., Tziritis El., 2025. Monitoring of natural regeneration after important fires from 2021 & 2023. WWF Greece, Athens.

Το έργο στο οποίο εντάσσεται η παρούσα μελέτη χρηματοδοτήθηκε από το Ίδρυμα Α. Γ. Λεβέντη. Μέρος των εργασιών παρακολούθησης της φυσικής αναγέννησης στη Β. Εύβοια χρηματοδοτήθηκε από την κα Έφφη Στρατάκη, μέλος του ΔΣ της ΜΚΟ «Δεσμός». Το WWF Ελλάς θα ήθελε να ευχαριστήσει και εδώ τους δύο χρηματοδότες για την πολύτιμη συνεισφορά τους.

Περίληψη

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα πλήττονται κάθε χρόνο από πυρκαγιές. Η φωτιά, σε κάποιες περιπτώσεις, αποτελεί φυσικό φαινόμενο και μέρος του κύκλου ζωής για μεγάλο μέρος αυτών των οικοσυστημάτων και, υπό προϋποθέσεις, συμβάλλει στην αναγέννηση της βλάστησης. Όταν όμως οι πυρκαγιές επαναλαμβάνονται πολύ συχνά, (πχ σε διάστημα λιγότερο από 20 χρόνια για τα πευκοδάση), διαταράσσεται σοβαρά η δυνατότητα φυσικής αναγέννησης. Ολοένα και πιο συχνά καίγονται όμως και δάση που δεν ανήκουν στην ευρύτερη κατηγορία των μεσογειακών οικοσυστημάτων. Δασικά οικοσυστήματα που απαντώνται σε υψηλότερα σημεία στη χώρα μας και αποτελούνται από είδη, που στην πλειονότητά τους δεν φέρουν μηχανισμούς φυσικής αναγέννησης.

Η παρούσα εργασία μελέτησε τη φυσική μεταπυρική αναγέννηση σε τέσσερις περιοχές που επλήγησαν σημαντικά από πυρκαγιές: το 2021 στη Βόρεια Εύβοια και το 2023 σε Ρόδο, Πάρνηθα και Μάνδρα Αττικής. Μέσω επιτόπιων δειγματοληψιών καταγράφηκαν οι πρώτες ενδείξεις φυσικής αναγέννησης και σε κάποιες περιπτώσεις, συσχετίστηκαν με αβιοτικούς παράγοντες (π.χ. γεωμορφολογία, προσανατολισμός, δριμύτητα καύσης). Τα αποτελέσματα δείχνουν ικανοποιητική αναγέννηση στις περισσότερες περιοχές.

Παράλληλα, αναλύθηκαν δορυφορικά δεδομένα Landsat 9 και υπολογίστηκε ο δείκτης βλάστησης NDVI στο πέρασμα των χρόνων. Η ανάλυση ανέδειξε σαφή βελτίωση της φυτοκάλυψης σε όλες τις περιοχές, επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα πεδίου. Ο συνδυασμός μεθόδων πεδίου και τηλεπισκόπησης επέτρεψε μια συνολική εκτίμηση της μεταπυρικής πορείας των, υπό παρακολούθηση, οικοσυστημάτων.

Extended Abstract

Mediterranean ecosystems are affected by wildfires every year. Fire, in some cases, is a natural phenomenon and part of the life cycle of many of these ecosystems and, under certain conditions, contributes to vegetation regeneration. However, when fires occur too frequently (e.g., at intervals of less than 20 years for pine forests), the capacity for natural regeneration is seriously disrupted. More and more frequently, forests that do not belong to the broader category of Mediterranean ecosystems are also burning. These are forest ecosystems found at higher elevations in Greece and consist of species that, for the most part, lack natural regeneration mechanisms.

This study examined natural post-fire regeneration in four areas that were severely affected by wildfires: in 2021 in Northern Evia and in 2023 in Rhodes, Mount Parnitha, and Mandra (Attica). Through field sampling, the first signs of natural regeneration were recorded and, in some cases, correlated with abiotic factors (e.g., geomorphology, slope orientation, fire severity). The results indicate satisfactory regeneration in most areas.

At the same time, Landsat 9 satellite data were analyzed and the NDVI vegetation index was calculated over time. The analysis revealed a clear improvement in vegetation cover in all areas, confirming the field observations. The combination of field and remote sensing methods enabled an overall assessment of the post-fire trajectory of the ecosystems under monitoring.

The main conclusions of the study are summarized as follows:

- Natural regeneration is observed as early as the first months after fire, mainly due to the mechanisms of Mediterranean species such as Aleppo pine, oaks, and maquis shrubs. This regeneration is especially vigorous in areas that burned for the first time or had not burned in the past 20 years.
- Fire severity and terrain morphology are critical factors differentiating regenerative dynamics. In areas with steep slopes and high fire severity, lower regeneration rates are observed, mainly due to seed bank removal and increased soil erosion.
- NDVI analysis recorded a remarkable increase in vegetation cover in all areas, in some cases even reaching higher values than pre-fire levels. This phenomenon is attributed to the dominance of herbaceous vegetation and young saplings, which exhibit higher spectral reflectance.

- In areas with cold-adapted conifers (fir, black pine), and also in some lower-elevation species like junipers, natural regeneration mechanisms are insufficient or absent, making artificial restoration interventions necessary in most cases.
- Repeated fire events within intervals shorter than 20 years significantly limit the regenerative capacity of ecosystems, a fact confirmed through both satellite analysis and field observations.
- Herbaceous species appear particularly resilient regardless of fire intensity, while woody species show clear differentiation depending on species, fire severity, and fire history.
- Monitoring natural regeneration through satellite data proved effective for the rapid assessment of large areas, while field visits confirmed the reliability of satellite findings.

Management observations

Data analysis suggests that in most areas, natural regeneration is progressing smoothly and extensive artificial interventions are not required. However, it is essential to:

- Continue monitoring for at least the first 5 years after each fire to assess the structure, composition, and long-term viability of the new vegetation,
- Carry out targeted interventions in areas with multiple burn events or in ecosystems of species that do not show signs of natural recovery,
- Prevent secondary pressures, such as uncontrolled grazing, illegal logging, and any kind of land use change, which could disrupt natural succession,
- Protect these areas from future fire incidents. The prevention and fire protection mechanism should prioritize areas undergoing natural regeneration so they are not burned again for at least 20 years.

Overall conclusions

The study confirms the natural resilience of Mediterranean ecosystems to fire, as long as natural fire-return cycles are respected and the ecological mechanisms are not overwhelmed. Similarly, it confirms the restoration challenges faced by species lacking natural regeneration mechanisms. Scientific monitoring of such phenomena is an essential tool for making evidence-based management and restoration decisions.

1. Γενικά

1.1. Εισαγωγή - Δασικές Πυρκαγιές

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα πλήττονται κάθε χρόνο από εκατοντάδες δασικές πυρκαγιές, μικρής ή μεγάλης έκτασης. Παρά τον καταστροφικό χαρακτήρα κάποιων εξ αυτών, πολλές πυρκαγιές μπορούν, υπό φυσιολογικές συνθήκες περιοδικότητας, να συμβάλλουν στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας. Τα μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα είναι σε μεγάλο βαθμό προσαρμοσμένα στη φωτιά και διαθέτουν φυσικούς μηχανισμούς αναγέννησης.

Στην Ελλάδα σήμερα, μόλις το 5% των πυρκαγιών οφείλεται σε φυσικά αίτια. Το υπόλοιπο 95% σχετίζεται με την ανθρώπινη δραστηριότητα και μάλιστα σε πολύ μεγαλύτερη συχνότητα από ότι παλαιότερα, όπου η φωτιά χρησιμοποιούνταν από τον άνθρωπο για διαχειριστικούς σκοπούς. Η ίδια εικόνα παρατηρείται και στην υπόλοιπη λεκάνη της Μεσογείου. Το φαινόμενο αυτό οδηγεί σε εξάντληση της φυσικής ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων και υποβάθμιση των δασών, όπως ήδη παρατηρείται σε πολλές περιοχές της Αττικής και της υπόλοιπης Ελλάδας. Ακόμα και τα δάση ορεινών περιοχών, εμφανίζουν πλέον αυξημένη τρωτότητα στις πυρκαγιές, γεγονός που καθιστά την αποκατάστασή τους ιδιαίτερα δύσκολη μιας και η πλειονότητα αυτών δεν φέρουν μηχανισμούς φυσικής αναγέννησης (πχ δάση ελάτης, μαύρης πεύκης).

Παλιότερα, η ελληνική ύπαιθρος κατοικούνταν από μεγάλους πληθυσμούς και τα δάση συντηρούνταν από παραδοσιακές δραστηριότητες όπως η ρητινοσυλλογή, η βοσκή, η ξύλευση και η μελισσοκομία. Η φωτιά επίσης χρησιμοποιούνταν ως ένα βαθμό για τη συντήρηση βοσκοτόπων. Η εγκατάλειψη της υπαίθρου και η συγκέντρωση του πληθυσμού στα αστικά κέντρα, οδήγησε στην εγκατάλειψη αυτών των πρακτικών, στην αύξηση της δασικής βιομάζας και στη συσσώρευση καύσιμης ύλης, γεγονός, που σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή που βιώνουμε, καθιστά τα οικοσυστήματα πιο ευάλωτα στις πυρκαγιές.

1.2. Είδη δασικών πυρκαγιών

Οι δασικές πυρκαγιές ταξινομούνται, μεταξύ άλλων, και ανάλογα με τη συμπεριφορά τους και τα στρώματα της βλάστησης που πλήττουν. Οι βασικές κατηγορίες είναι:

1. Πυρκαγιές Εδάφους (υπόγειες)

Καίνε τη συσσωρευμένη οργανική ύλη στην επιφάνεια του εδάφους, κυρίως σε δάση βορείων περιοχών ή σε περιοχές με τύρφη. Επειδή η οργανική ύλη μπορεί να εκτείνεται σε βάθος και να είναι φτωχά αεριζόμενη, οι πυρκαγιές αυτές συχνά σιγοκαίνε για μήνες,

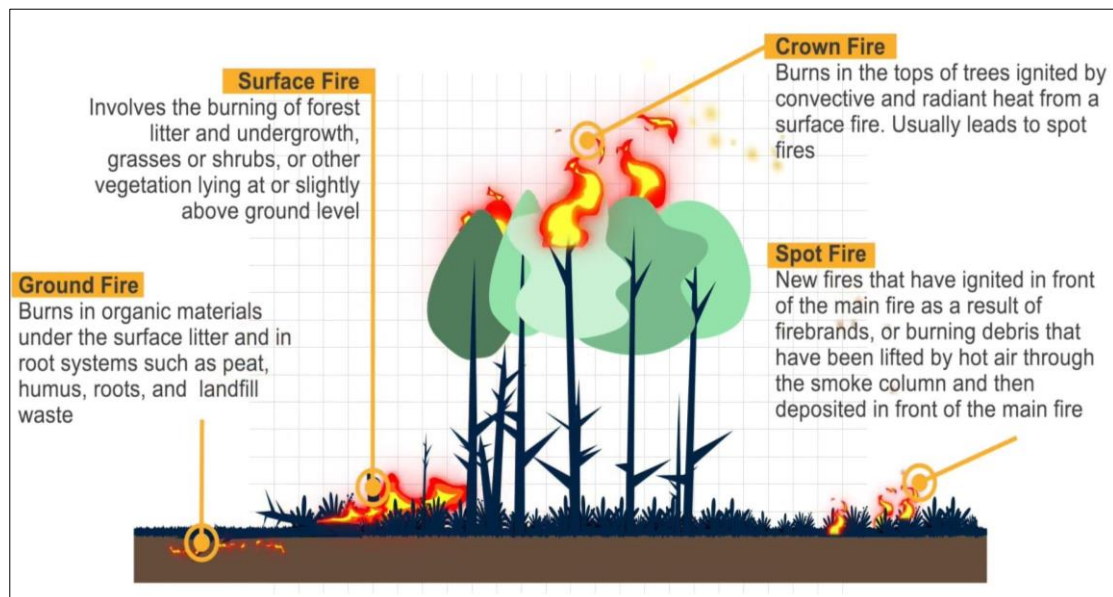
ακόμα και κάτω από βροχή ή χιόνι. Είναι ιδιαίτερα δύσκολες στην κατάσβεση και απαιτούν αναμόχλευση του εδάφους.

2. Έρπουσες Πυρκαγιές (Πυρκαγιές Επιφάνειας)

Καίνε το βελονοτάπητα, τον φυλλοτάπητα, τα ξερά κλαδιά, τη χαμηλή αναγέννηση και τους θαμνώνες ενώ αφήνουν άθικτα σε μεγάλο βαθμό, τα ψηλά δέντρα. Είναι συχνές στην Ελλάδα, ιδιαίτερα σε μακί και φρυγανικά οικοσυστήματα με υψηλή περιεκτικότητα σε αιθέρια έλαια σε περιοχές με μίξη διάσπαρτων ψηλών δέντρων.

3. Πυρκαγιές Κόμης (Επικόρυφες)

Σε πολλά μικτά υποκηπευτά και κηπευτά δάση, όταν υπάρχει πλούσιος υπόροφος οι φλόγες μεταφέρονται εύκολα στην κόμη των ψηλών δέντρων και προκαλούν έντονες πυρκαγιές και συνήθως πλήρη θανάτωση των φυτών. Εμφανίζονται κυρίως σε κωνοφόρα (τραχεία και χαλέπιος πεύκη), όπου το φύλλωμα είναι εύφλεκτο. Σε αυτές τις πυρκαγιές έχουμε έντονο το φαινόμενο των κηλιδώσεων όπου με τη βοήθεια του ανέμου, μικρά καίόμενα σωματίδια μεταφέρονται σε μεγάλη απόσταση, δημιουργώντας νέες εστίες.



Εικόνα 1: Τύποι δασικών πυρκαγιών (Πηγή: Asian Forest Cooperation Organization)

1.3. Μεσογειακά Οικοσυστήματα και Μεσογειακός τύπος Κλίματος

Τα μεσογειακά οικοσυστήματα αναπτύσσονται σε περιοχές με μεσογειακό τύπο κλίματος (ΜτΚ), που χαρακτηρίζεται από ήπιους, υγρούς χειμώνες και θερμά, παρατεταμένα και ξηρά καλοκαίρια. Το κλίμα αυτό συνοδεύεται συχνά από φτωχά, διαβρωμένα εδάφη, ενώ η βλάστηση είναι σκληρόφυλλη και προσαρμοσμένη στις δύσκολες συνθήκες της μειωμένης υγρασίας και της έλλειψης θρεπτικών στοιχείων. Παρά την εικόνα μια φτωχής φυτικής κάλυψης, τα οικοσυστήματα αυτά παρουσιάζουν υψηλή βιοποικιλότητα, παράλληλα όμως είναι πολύ ευάλωτα στις πυρκαγιές.

Το νερό είναι ο σημαντικότερος περιοριστικός παράγοντας, καθώς ενώ τον χειμώνα είναι σχετικά άφθονο, το καλοκαίρι η έλλειψή του καθορίζει την κατανομή και τη φυσιολογία της βλάστησης. Οι περιοχές με μεσογειακό κλίμα παρουσιάζουν έντονες εποχιακές διακυμάνσεις και χαμηλή διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, με εποχικά πρότυπα (Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, 1979).

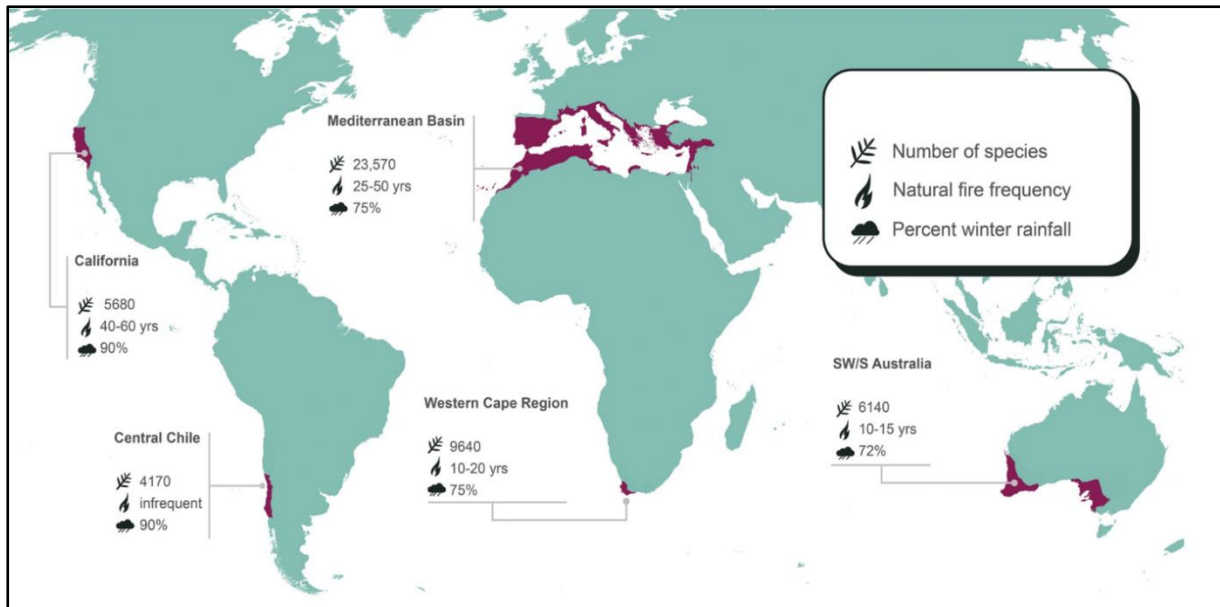
Ο μεσογειακός τύπος κλίματος συναντάται σε πέντε απομονωμένες γεωγραφικά περιοχές του πλανήτη, όλες στο νοτιοδυτικό άκρο ηπείρων και στα δύο ημισφαίρια:

- τη Μεσογειακή Λεκάνη,
- την Καλιφόρνια,
- την Κεντρική Χιλή,
- τη Νότια Αφρική (Ακρωτήριο της Καλής Ελπίδας),
- και τη νοτιοδυτική Αυστραλία.

Σύμφωνα με τον Aschman (1973), για να ταξινομηθεί ένα κλίμα ως μεσογειακό πρέπει:

1. να υπάρχουν δύο διακριτές περίοδοι – υγρή και ξηρή – με το 65% της βροχόπτωσης να συγκεντρώνεται στη χειμερινή περίοδο (Νοέμβριος–Απρίλιος στο βόρειο ημισφαίριο)
2. το ετήσιο ύψος βροχής να κυμαίνεται από 275–975 mm
3. τουλάχιστον ένας χειμερινός μήνας να έχει μέση θερμοκρασία κάτω των 15°C, και το ποσοστό παγετού να μην ξεπερνά το 3% του έτους.

Το κλίμα αυτό, που ο Köppen (1923) αποκάλεσε «κλίμα της ελιάς», συναντάται σε περιοχές μεταξύ 32° και 40° γεωγραφικού πλάτους, κυρίως στις δυτικές ακτές των ηπείρων.



Εικόνα 2: Απεικόνιση των Μεσογειακών Οικοσυστημάτων στον πλανήτη (Πηγή: <https://www.sciencedirect.com/>)

Τα φυτικά είδη που επιβιώνουν στο Μεσογειακό Τύπο Κλίματος (ΜτΚ) παρουσιάζουν κοινά μορφολογικά και οικολογικά χαρακτηριστικά, παρότι ανήκουν σε διαφορετικές φυλογενετικές ομάδες. Αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα συγκλίνουσας εξέλιξης, και τα οικοσυστήματα αυτά χαρακτηρίζονται ως «μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα (Biswell et al. 1952, Debano et al. 1967).

Η πιο αντιπροσωπευτική διάπλαση είναι οι μεσογειακοί θαμνώνες, οι οποίοι διαφοροποιούνται ανάλογα με τη διαθεσιμότητα υγρασίας:

- Στις πιο υγρές περιοχές κυριαρχούν αείφυλλα σκληρόφυλλα είδη (μακί),
- Στις ξηρότερες επικρατούν θάμνοι που είτε παρουσιάζουν εποχικό διμορφισμό του φυλλώματος, είτε είναι ξηρο-φυλλοβόλα (φρύγανα).

Εκτός των μεσογειακών θαμνώνων έντονη είναι και η παρουσία των πεύκων με κυρίαρχα στην Ελλάδα τα είδη της χαλεπίου και τραχείας πεύκης και σε περιορισμένη έκταση της κουκουναριάς. Η έντονη εποχικότητα του ΜτΚ προκαλεί ταχεία αποξήρανση της ποώδους και μέρους της ξυλώδους βιομάζας κάθε καλοκαίρι. Η συσσώρευση αυτής της ξηρής βιομάζας, σε συνδυασμό με τα χαμηλά ποσοστά αποικοδόμησης το καλοκαίρι, αυξάνει κατακόρυφα την ευφλεκτότητα των οικοσυστημάτων (Margaris 1981). Αυτός είναι και ο λόγος που οι πυρκαγιές σε μεσογειακούς θαμνώνες είναι συχνές, με μέσο κύκλο επιστροφής 20–25 ετών.

Όπως προαναφέρθηκε, τα περισσότερα από τα φυτικά είδη των μεσογειακών οικοσυστημάτων έχουν αναπτύξει ειδικούς προσαρμοστικούς μηχανισμούς αντιμετώπισης, έναντι στην

επαναλαμβανόμενη δράση της φωτιάς, εξασφαλίζοντας με αυτόν τον τρόπο την ανθεκτικότητα και την παρουσία τους στο χώρο και στο χρόνο. Οι δύο βασικοί μηχανισμοί είναι:

1. **Αναβλάστηση (βλαστητική αναγέννηση):** Τα φυτά αναπτύσσουν νέους βλαστούς είτε από υπόγειες δομές (ρίζες, ξυλοκόνδυλους, βολβούς), είτε και από υπέργεια τμήματα του φυτού που προστατεύονται από τη φωτιά. Εμφανίζεται σε πολλά δικοτυλήδονα, όπως το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), ο σχίνος (*Pistacia lentiscus*), οι κουμαριές (*Arbutus spp.*), τα ρείκια (*Erica spp.*) και φρύγανα όπως η αστοιβή (*Sarcopoterium spinosum*), η αφάνα (*Genista acanthoclada*) και η γαλαστοιβή (*Euphorbia acanthothamnus*).
2. **Φύτρωση σπερμάτων:** Πολλά είδη αναγεννώνται με εγκατάσταση νέων ατόμων μετά από σπορά. Αυτό μπορεί να συμβαίνει είτε από σπόρους που προϋπάρχουν στο έδαφος (σπερμοτράπεζα) όπως στα είδη της λαδανιάς (*Cistus spp.*), είτε από σπόρους που παραμένουν μετά τη φωτιά στους καρπούς όπως για παράδειγμα στους κώνους της χαλεπίου πεύκης. Τέλος, αναγέννηση μπορεί να προέλθει και από αποίκηση μέσω γειτονικών άκαυτων νησίδων. Τυπικά παραδείγματα το θυμάρι (*Coridothymus capitatus*), η άρκευθος (*Juniperus phoenicea*) η κουκουναριά κλπ.

Η ταχύτητα της μεταπυρικής αναγέννησης εξαρτάται από το είδος και τον μηχανισμό αναγέννησης. Για τα είδη που αναβλαστάνουν, το βάθος και η κατάσταση του ριζικού συστήματος καθώς και τα διαθέσιμα αποθέματα υδατανθράκων στους υπόγειους ιστούς παίζουν σημαντικό ρόλο (Jones & Laude, 1960).



Εικόνα 3: Μηχανισμός Αναγέννησης με Σπέρματα χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*).
(Λήψη Φωτογραφιών: Γιώργος Αθανασάκης, WWF Ελλάς)



Εικόνα 4: Μηχανισμός Αναβλάστησης ειδών δρυός (*Quercus* sp.) (Λήψη Φωτογραφιών: Γιώργος Αθανασάκης, WWF Ελλάς)

Συνολικά, η γνώση αυτών των μηχανισμών είναι κρίσιμη για την κατανόηση της μεταπυρικής δυναμικής και τον σχεδιασμό κατάλληλων στρατηγικών διαχείρισης. Στα **σπερμοαναγεννώμενα** είδη τα αρτίβλαστα εμφανίζονται μετά τις πρώτες βροχές του φθινοπώρου από τα σπέρματα. Ο λήθαργος των σκληροπεριβληματικών σπερμάτων που συγκροτούν τις μόνιμες εδαφικές τράπεζες αίρεται είτε με θερμικό ερέθισμα (Keeley and Fotheringham 2000, Ferrandis et al. 2001, Papavassiliou and Arianoutsou 1993, Doussi and Thanos 1994), είτε λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων (Thanos and Rundel 1995, Pérez-Fernández and Rodríguez-Echeverría 2003), που αφθονούν στα καμένα εδάφη (Arianoutsou-Faraggitaki and Margaris 1982), είτε με την αλλαγή που προκαλείται εξαιτίας της απομάκρυνσης της κόμης των φυτών και της αύξησης της ποσότητας και της ποιότητας φωτός που φτάνει στο έδαφος, επηρεάζοντας τη φύτευση των σπερμάτων (Roy and Arianoutsou-Faraggitaki 1985) ή υπό την επίδραση του καπνού της φωτιάς (Dixon et al. 1995, Pérez-Fernández and Rodríguez-Echeverría 2003). Ορισμένα είδη των Μεσογειακών πεύκων διατηρούν τα σπέρματά τους σε κώνους που παραμένουν κλειστοί σχηματίζοντας επίγεια τράπεζα σπερμάτων. Τα πεύκα αυτά εμφανίζουν βραδύχωρη διασπορά σπερμάτων (serotinous pines). Οι υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται στην κόμη των δένδρων, κατά τη διάρκεια της φωτιάς, αποξηραίνουν τους κώνους και η ρητίνη που διατηρεί τα λέπια των κώνων κλειστά λιώνει, επιτρέποντας τη διασπορά των σπερμάτων (Leone et al. 1999, Thanos and Daskalaku 2000, Ne'eman et al. 2004). Η φύτευση των σπερμάτων ξεκινά το φθινόπωρο, μετά τις πρώτες βροχές, αφού επιτευχθεί η διάβρεξή τους. Ο αριθμός των εμφανιζόμενων αρτιβλάστων είναι ιδιαίτερα υψηλός, ωστόσο, μετά την πρώτη περίοδο ξηρασίας καταγράφεται συνήθως μεγάλη θνησιμότητα (Arianoutsou and Margaris 1981, Papavassiliou and Arianoutsou 1993, Daskalaku and Thanos 2004). Τυπικά παραδείγματα βραδύχωρης διασποράς σπερμάτων εμφανίζουν τα είδη *Pinus halepensis* (χαλέπιος πεύκη) και *Pinus brutia* (τραχεία πεύκη).

Οι οικολογικές επιπτώσεις της φωτιάς καθορίζονται από το καθεστώς της, δηλαδή τη συνδυασμένη δράση της συχνότητας, της έντασης, της εποχής και του μεγέθους της (Gill and Bradstock 2003). Από αυτά, η συχνότητα και η ένταση είναι οι κρίσιμότερες παράμετροι που καθορίζουν τις αποκρίσεις των φυτικών ειδών. Προκειμένου να εκτιμήσουμε τη δυνατότητα μακρόχρονης επιβίωσης των φυτών, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε όχι μόνον τις προσαρμοστικές στρατηγικές τους απέναντι σε ένα κανονικό καθεστώς φωτιάς, αλλά και πώς αυτά επηρεάζονται από ένα τροποποιημένο καθεστώς, π.χ. συχνότερες και εντονότερες φωτιές με μικρότερο μεσοδιάστημα μεταξύ τους. Η ικανότητα των ειδών να αποκρίνονται στη φωτιά είναι συνάρτηση του μεσοδιαστήματος που μεσολαβεί μεταξύ δύο διαδοχικών περιστατικών, δεδομένου ότι κάθε είδος απαιτεί συγκεκριμένο χρόνο προκειμένου να αναπληρώσει είτε τα αποθέματα υδατανθράκων του, όταν αναγεννάται βλαστητικά, είτε το αναπαραγωγικό του δυναμικό όταν αναγεννάται με φύτευση σπερμάτων (Arianoutsou 1998). Ο χρόνος αυτός ποικίλλει ανάλογα με το είδος όπως για παράδειγμα στα πεύκα, τα οποία φθάνουν στην πλήρη αναπαραγωγική τους ηλικία από τα 15 – 20 έτη. Εάν συμβεί ένα δεύτερο περιστατικό φωτιάς πριν την αναπαραγωγική ωρίμανση των σπερμοαναγεννώμενων φυτών, τότε αναμένονται δραματικές αλλαγές στη σύνθεση της χλωρίδας και στη δομή της βλάστησης (Arianoutsou et al. 2002, 2011, Goudelis et al. 2008). Το ίδιο ισχύει και για τα είδη που αναβλαστάνουν, για τα οποία απαιτείται χρόνος αναπλήρωσης των αποθεμάτων υδατανθράκων τους. Ωστόσο, κάποια είδη έχουν ιδιαίτερα υψηλή ικανότητα αναβλάστησης, ανεξάρτητα από τη συχνότητα της φωτιάς. Το πουρνάρι (*Quercus coccifera*) είναι μια τέτοια χαρακτηριστική περίπτωση (Trabaud 1991a, Delitti et al. 2005). Η ένταση της φωτιάς είναι η άλλη κρίσιμη παράμετρος. Επηρεάζει την πορεία της αναγέννησης αλλά, ενδεχομένως, και τη δυνατότητα φύτευσης των σπερμάτων, όπως φαίνεται και από τα δεδομένα της παρούσας μελέτης. Η ένταση της φωτιάς εκφράζεται ως το ποσό της θερμότητας που εκλύεται κατά το πέρασμα της φωτιάς από μια συστάδα βλάστησης. Το ποσό αυτό είναι συνάρτηση πολλών παραμέτρων ανάμεσα στις οποίες οι πιο σημαντικές είναι το ποσό του καυσίμου υλικού, η υγρασία του καυσίμου, η κατακόρυφη και οριζόντια κατανομή του κ.λπ. Τα φυτά «αντιλαμβάνονται» την ένταση της φωτιάς μέσα από το ποσό της απελευθερούμενης ενέργειας και τη διάρκεια του περιστατικού. Οι έντονες φωτιές συνήθως θανατώνουν τα αναβλαστάνοντα είδη, χωρίς ωστόσο να επηρεάζουν την εξέλιξη της αναγέννησης τους, καθώς αυτή καθορίζεται από τους διαθέσιμους υδατάνθρακες που υπάρχουν στις ρίζες των υπογείων δομών τους και προστατεύονται από τη φωτιά. Έχει βρεθεί πως η φύτευση των σπερμάτων κάποιων ειδών είτε προωθείται, είτε μειώνεται από την σχετικά υψηλή θερμοκρασία που μπορεί να αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια της φωτιάς (π.χ. Arianoutsou and Margaritis 1981, Thanos and Georgiou 1988, Doussi and Thanos 1994, Keeley and Bond 1997, Αθανασάκης κ.α. 2024).

Το διάστημα για να αρχίσουν και να ολοκληρωθούν οι κρίσιμες αυτές φάσεις στην ανάκαμψη του οικοσυστήματος είναι περίπου δύο χρόνια. Στο διάστημα αυτό, τα φυτά που αναγεννώνται παρουσιάζουν ιδιαίτερα ενεργοποιημένους ρυθμούς αύξησης, εκμεταλλευόμενα τον ανοιχτό χώρο και αξιοποιώντας την αυξημένη διαθεσιμότητα των θρεπτικών ιόντων που βρίσκονται στη στάχτη. Οι φυτοκοινότητες μπορούν σταδιακά να επανέλθουν στην προπυρική κατάσταση. Ο απαιτούμενος χρόνος επανάκαμψης και αποκατάστασης των φυτοκοινοτήτων των Μεσογειακών οικοσυστημάτων κυμαίνεται από λίγα χρόνια για τους θαμνώνες (φρύγανα και μακί) έως τρεις με τέσσερις δεκαετίες για τα πευκοδάση (Arianoutsou 1998, Zagas et al. 2004). Σε κάθε περίπτωση, η πορεία της αναγέννησης και ανάκαμψής τους δεν ακολουθεί το τυπικό πρότυπο της διαδοχής διαφορετικών ομάδων φυτών από τα αρχικά έως και τα τελικά στάδια, αλλά το πρότυπο της λεγόμενης «αυτοδιαδοχής» (Hanes 1971), σύμφωνα με το οποίο η πλειονότητα των ειδών που συνθέτουν τις φυτοκοινότητες των τελικών σταδίων αναγεννώνται αμέσως μετά τη φωτιά, συμμετέχοντας στη σύνθεση των φυτοκοινοτήτων καθ' όλη την πορεία της μεταπυρικής αναγέννησής τους. Κατά συνέπεια, η δυναμική τής βλάστησης είναι κυρίως αποτέλεσμα των διαδοχικών μεταβολών στην αφθονία και την κάλυψη των ειδών αυτών. Υπάρχουν ομάδες φυτών, όπως τα ετήσια ψυχανθή, που παρουσιάζουν υψηλή αφθονία και κάλυψη κατά τα πρώτα μεταπυρικά έτη (Παπαβασιλείου 2001), αφού η φύτευσή τους ευνοείται από τη δράση της φωτιάς, και των οποίων η συμμετοχή στη δομή των φυτοκοινοτήτων περιορίζεται στη συνέχεια, ενώ η ομάδα των ξυλωδών αναρριχώμενων ειδών [π.χ. ο αρκουδόβατος (*Smilax aspera*)] παρουσιάζει το αντίθετο πρότυπο, με παρουσία από το πρώτο μεταπυρικό έτος, αλλά μέγιστη αφθονία και κάλυψη στα τελικά στάδια (Καζάνης 2005). Αν, για κάποιο λόγο, οι μηχανισμοί επανάκαμψης «μπλοκαριστούν», το πρότυπο της αυτοδιαδοχής παύει να ισχύει και προκύπτει υποβάθμιση των οικοσυστημάτων λόγω υποεκπροσώπησης κάποιων φυτικών ομάδων και λόγω αδυναμίας ή ανεπαρκούς αναγέννησης (Kazanis and Arianoutsou 2004b). Στην Ελλάδα, πολύ συχνά, η φυσική πορεία αναγέννησης των Μεσογειακών οικοσυστημάτων ανακόπτεται κυρίως από την ανεξέλεγκτη βόσκηση, αλλά και την χωρίς σχέδιο ξύλευση που γίνονται στα πρώτα κρίσιμα στάδια της μεταπυρικής αναγέννησης, με αποτέλεσμα την ανασχεση ή αλλαγή της πορείας επανάκαμψης.

2. Σκοπός και προσέγγιση του έργου

Οι καταστροφικές πυρκαγιές του 2021 έκαψαν περισσότερα από 1.800.000 στρ. και του 2023 έκαψαν περισσότερα από 1.600.000 στρ., ενώ για πρώτη φορά επηρεάστηκαν σε τόσο μεγάλη έκταση (700.000 στρ) συνολικά 29 Προστατευόμενες Περιοχές. Μετά από μια πυρκαγιά τα δασικά οικοσυστήματα περνούν σε μια φάση αυτοδιαδοχής όσον αφορά την αποκατάσταση της βλάστησης τους, δηλαδή τα είδη που επικρατούσαν πριν την φωτιά αναμένεται να κάνουν την εμφάνισή τους στα πρώτα μεταπυρικά έτη. Τόσο η σύνθεση (χλωρίδα) όσο και η δομή της μελλοντικής τους βλάστησης εξαρτώνται από μια σειρά παραγόντων όπου οι σημαντικότεροι είναι η ικανότητα των ειδών που κάηκαν να αναγεννηθούν φυσικά όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, αλλά και αν η συγκεκριμένη περιοχή έχει πληγεί ξανά από πυρκαγιές τα τελευταία 20 χρόνια. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα δασικά οικοσυστήματα στη Μεσογειακή Λεκάνη φέρουν μηχανισμούς που τους επιτρέπουν να αναγεννηθούν με φυσικό τρόπο. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις ειδών που δεν μπορούν να τα καταφέρουν με αποτέλεσμα να χρειάζεται ανθρώπινη επέμβαση (τεχνητή αναδάσωση) τις περισσότερες φορές. Η επόμενη μέρα και οι αποφάσεις των αρμόδιων αρχών για τη δημιουργία ενός υγιούς και ανθεκτικού δασικού οικοσυστήματος, μέσω της παρακολούθησης, της προστασίας και της διαχείρισης της φυσικής αναγέννησης, όσο και της ορθής τεχνητής αποκατάστασης απαιτούν τεκμηριωμένη γνώση και ολοκληρωμένη εφαρμογή. Σκοπός του έργου ήταν η παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης σημαντικών περιοχών τόσο για τη διασφάλισή της, όσο και για ερευνητικούς σκοπούς. Η παρακολούθηση πραγματοποιήθηκε από τη δασική ομάδα του χερσαίου προγράμματος του WWF Ελλάς μέσα από μια σειρά διεξοδικών επιτόπιων επισκέψεων και καταγραφών στο πεδίο, αλλά και την ανάλυση δεδομένων από απόσταση με τη βοήθεια των δαστημικών συστημάτων παρατήρησης της γης κάνοντας χρήση μεθόδων τηλεπισκόπησης. Η επιλογή των περιοχών που βρέθηκαν υπό καθεστώς παρακολούθησης έγινε λαμβάνοντας υπόψη μια σειρά σημαντικών κριτηρίων όπως η οικολογική αξία της περιοχής, η έκταση της πυρκαγιάς, το ιστορικό πυρκαγιών στην περιοχή και τέλος ο τύπος βλάστησης.

3. Μεθοδολογία

Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει 2 στάδια:

- Εργασίες πεδίου με εφαρμογή πρωτοκόλλου 2 τύπων (Rapid & Advanced).
- Διαχρονική μεταπυρική παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησής της βλάστησης υπολογίζοντας τον φασματικό δείκτη βλάστησης NDVI με χρήση χρονοσειρών δορυφορικών δεδομένων.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για την παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης στο πεδίο ήταν:

- Μετροταινία (Οριοθέτηση της περιοχής ερευνάς για το advanced πρωτόκολλο)
- Κλισίμετρο (Υπολογισμός της κλίσης των πρανών)
- Πυξίδα (Υπολογισμός του προσανατολισμού των πρανών)
- GPS (Συντεταγμένες Χ,Υ στο Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα ΕΓΣΑ'87)
- Φωτογραφική Μηχανή (Οπτική πληροφορία)
- Σημειωματάριο και χρήση laptop (Καταγραφή πρωτογενών δεδομένων που λαμβάνονταν από τις επιτόπιες έρευνες πεδίου)

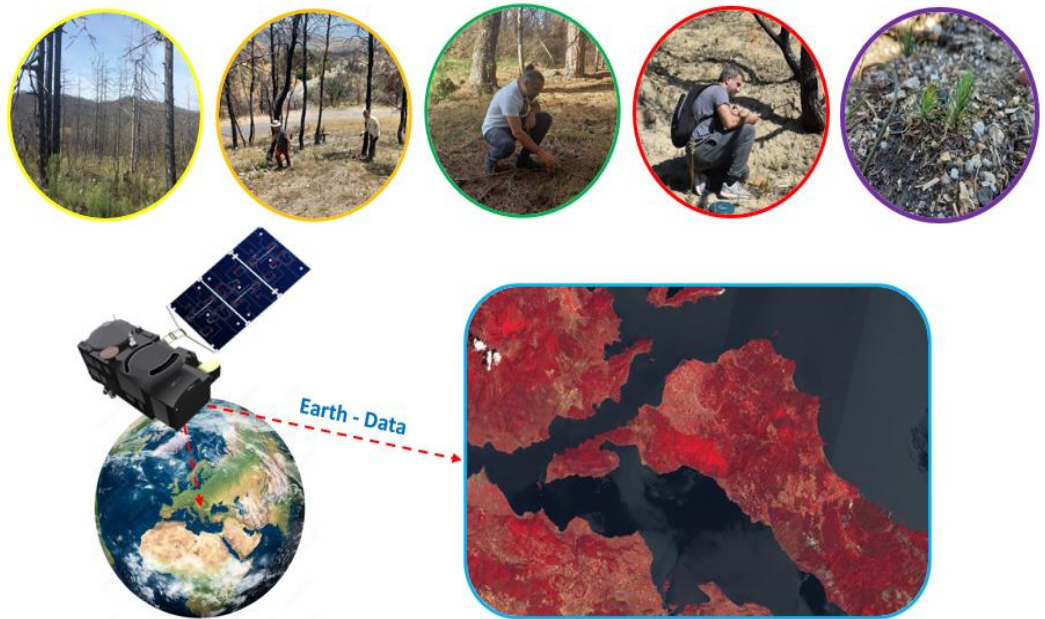
Κλασική μέθοδος

✓ Εφαρμογή Πρωτοκόλλου



Καινοτομία

✓ Διαστημική Τεχνολογία
(Συλλογή δεδομένων από το διάστημα)



3.1 Περιοχές Παρακολούθησης

Οι περιοχές που επιλέχθηκαν για την παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης αποτελούν σημαντικές δασικές εκτάσεις που επλήγησαν κατά τις αντιπυρικές περιόδους του 2021 και 2023.

Επιλέχθηκαν 4 περιοχές, ήτοι:

- Βόρεια Εύβοια (χρήση Πρωτόκολλου Rapid + Δορυφορική Τηλεπισκόπηση)
- Αττική - Μάνδρα (2 επιφάνειες με χρήση Πρωτόκολλου Advanced + Δορυφορική Τηλεπισκόπηση)
- Αττική - Πάρνηθα (Δορυφορική Τηλεπισκόπηση με επιβεβαιώσεις πεδίου)
- Ρόδος (Δορυφορική Τηλεπισκόπηση με επιβεβαιώσεις πεδίου)

3.2 Μέθοδοι Παρακολούθησης

Όπως αναφέρθηκε επιλέχθηκαν 2 μέθοδοι επιτόπιας παρακολούθησης αναλόγως την περιοχή.

Η πρώτη αφορά στις περιοχές της Βόρειας Εύβοιας που εφαρμόστηκε η μέθοδος πρωτοκόλλου Rapid στο πεδίο καθώς και η διαχρονική μεταπυρική παρακολούθηση από απόσταση με χρήση της δορυφορικής Τηλεπισκόπησης. Ο λόγος για την επιλογή αυτή είχε να κάνει κυρίως με τη πολύ μεγάλη έκταση που επηρέασε η πυρκαγιά. Έτσι αποφασίστηκε να μελετηθούν δειγματοληπτικά πολύ μεγαλύτερες επιφάνειες με τη χρήση μακροσκοπικών παρατηρήσεων. Οι επισκέψεις για την παρακολούθηση και τη συμπλήρωση του πρωτοκόλλου πραγματοποιήθηκαν σε 4 χρονικές περιόδους, το φθινόπωρο του 2021, το φθινόπωρο του 2022, το φθινόπωρο του 2023 και το φθινόπωρο του 2024. Το πρωτόκολλο περιλάμβανε κωδικοποιημένες πληροφορίες για τις κατηγορίες: ταυτότητα περιοχής, βασικά στοιχεία δειγματοληπτικής καμένης περιοχής, ύπαρξη κτηνοτροφίας και βόσκησης, γεωλογία και εδαφολογία, γενικές τοπιακές παράμετροι, διαχειριστικές προτάσεις και καταγραφή παράνομων ενεργειών (που κάποιες από αυτές οδήγησαν σε καταγγελίες προς τις αρμόδιες αρχές). Περισσότερα στοιχεία για το πρωτόκολλο αυτό μπορούν να βρεθούν στο Παράρτημα Ι.

Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιήθηκε στις περιοχές της Δυτικής Αττικής και συγκεκριμένα στην περιοχή της Μάνδρας. Στην περιοχή της Μάνδρας στο όρος Πατέρας έπειτα από αυτοψία της δασικής ομάδας του WWF Ελλάς επιλέχτηκαν 2 δειγματοληπτικές επιφάνειες εντός πληγείσας έκτασης με τα ίδια βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά, αλλά με διαφορετικό βαθμό δριμύτητας καύσης (Μέτρια και Υψηλή) από την πυρκαγιά του 2023 όπου κατέκαψε 110.000 στρέμματα. Στη συγκεκριμένη περιοχή μελέτης εφαρμόσαμε τη μέθοδο των διατομών σε δύο επιφάνειες 20x20μ. Στις θέσεις αυτές πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες σε 2 χρονικές περιόδους (*Καλοκαίρι 2024 και Καλοκαίρι 2025*) με σκοπό να καταγραφεί η πυκνότητα των πεύκων και η κάλυψη της βλάστησης γενικά. Επιπλέον, εκτός από τη συνολική κάλυψη της βλάστησης, διακρίναμε κάποιες συνιστώσες της βλάστησης που καταγράφονται είτε στις διαχρονικές μελέτες μεταπυρικής δυναμικής των μεσογειακών πευκοδασών (Καζάνης 2005), είτε σε μελέτες αξιολόγησης της επιτυχούς ή όχι μεταπυρικής αναγέννησης των δασικών αυτών οικοσυστημάτων (Arianoutsou et al., 2011). Οι συνιστώσες αυτές είναι η υπόλοιπη ξυλώδης βλάστηση και η ποώδης βλάστηση. Για κάθε επιφάνεια λήφθηκαν συντεταγμένες με GPS. Σε κάθε επιφάνεια δειγματοληψίας επίσης ελήφθησαν και χρονοσειρές δορυφορικών δεδομένων τηλεπισκόπησης.

Πίνακας 1: Παράδειγμα πρωτοκόλλου Advanced

	Επιφάνεια	
Θέση (20x20)		
Ημερομηνία		
Συνολική Καλυψη (%)		
Ξυλώδη Κάλυψη (%)		
Πωύδη Κάλυψη (%)		
Αριθμός Πεύκων		
Ζωντανά Πεύκα		
Αποξηραμένα Πεύκα		
Πυκνότητα Πεύκων / m ²		
Επιβίωση Πεύκων (%)		
Τύπος Βλάστησης		
Γεωλογικό Υπόβαθρο		
Υψόμετρο (m)		
Προσανατολισμός Πρανών (°)		
Τοπογραφικές Κλίσεις (°)		
Ιστορικό Πυρκαγιών < 20 Έτη		



Εικόνα 5: Ορισμός Δειγματοληπτικής επιφάνειας με την μέθοδο των διατομών σε επιφάνεια 20x20μ. (Λήψη Φωτογραφιών: Γιώργος Αθανασάκης, WWF Ελλάς)

3.3 Μέθοδος παρακολούθησης με χρήση δορυφορικής Τηλεπισκόπησης

Η μεταπυρική παρακολούθηση του ρυθμού αναγέννησης της βλάστησης με χρήση δορυφορικών εικόνων πραγματοποιήθηκε παίρνοντας τυχαία σημεία στο χάρτη εντός των πληγείσων περιοχών. Στη συνέχεια λαμβάνοντας χρονοσειρές δορυφορικών δεδομένων τεσσάρων χρονικών σημείων (πριν την πυρκαγιά, αμέσως μετά την πυρκαγιά, 1 χρόνο μετά, 2 και 3 χρόνια μετά και πάντα την ίδια εποχή για να ελαχιστοποιήσουμε πιθανόν σφάλματα που οφείλονται στις εποχιακές διακυμάνσεις, υπολογίσαμε τον φασματικό δείκτη βλάστησης **NDVI** ανά χρονική περίοδο. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στη δορυφορική παρακολούθηση σε περιοχές με πολλαπλά καμένες εκτάσεις < 20 ετών για την εξέλιξη και ανταπόκριση της συνολικής αναγέννησης της βλάστησης. Ο απώτερος σκοπός της μεθόδου ήταν η λήψη γρήγορων, αλλά έγκυρων αποτελεσμάτων από απόσταση για την πορεία της εξέλιξης της φυσικής αναγέννησης της βλάστησης, ειδικότερα στα πρώτα μεταπυρικά έτη, τα οποία είναι κρίσιμα για την αποκατάσταση της εκάστοτε πληγείσας έκτασης και την αποφυγή μεταπυρικών αρνητικών φαινομένων όπως διάβρωση, πλημμύρες και κατολισθήσεις. Τα δεδομένα αυτά επιβεβαιώθηκαν με επισκέψεις στο πεδίο.

3.4 Ο Δείκτης βλάστησης NDVI

Ο κανονικοποιημένος δείκτης βλάστησης υπολογίζει τη ζωτικότητα της βλάστησης με βάση την πυκνότητα του θόλου των δασών. Η αρχή που βασίζεται είναι: "η χρωστική των φύλλων των φυτών, η χλωροφύλλη, απορροφά σε υψηλά ποσοστά το ορατό φως (από 0,7 έως 0,11 nm). Εάν η ανακλώμενη ακτινοβολία στο εγγύς υπέρυθρο μήκος κύματος είναι πολύ περισσότερη απ' ό,τι στο ορατό μήκος κύματος, τότε η βλάστηση στο συγκεκριμένο εικονοστοιχείο πιθανόν να είναι πυκνή" (Carlson & Ripley, 1997). Η μαθηματική σχέση του δείκτη αυτού είναι:

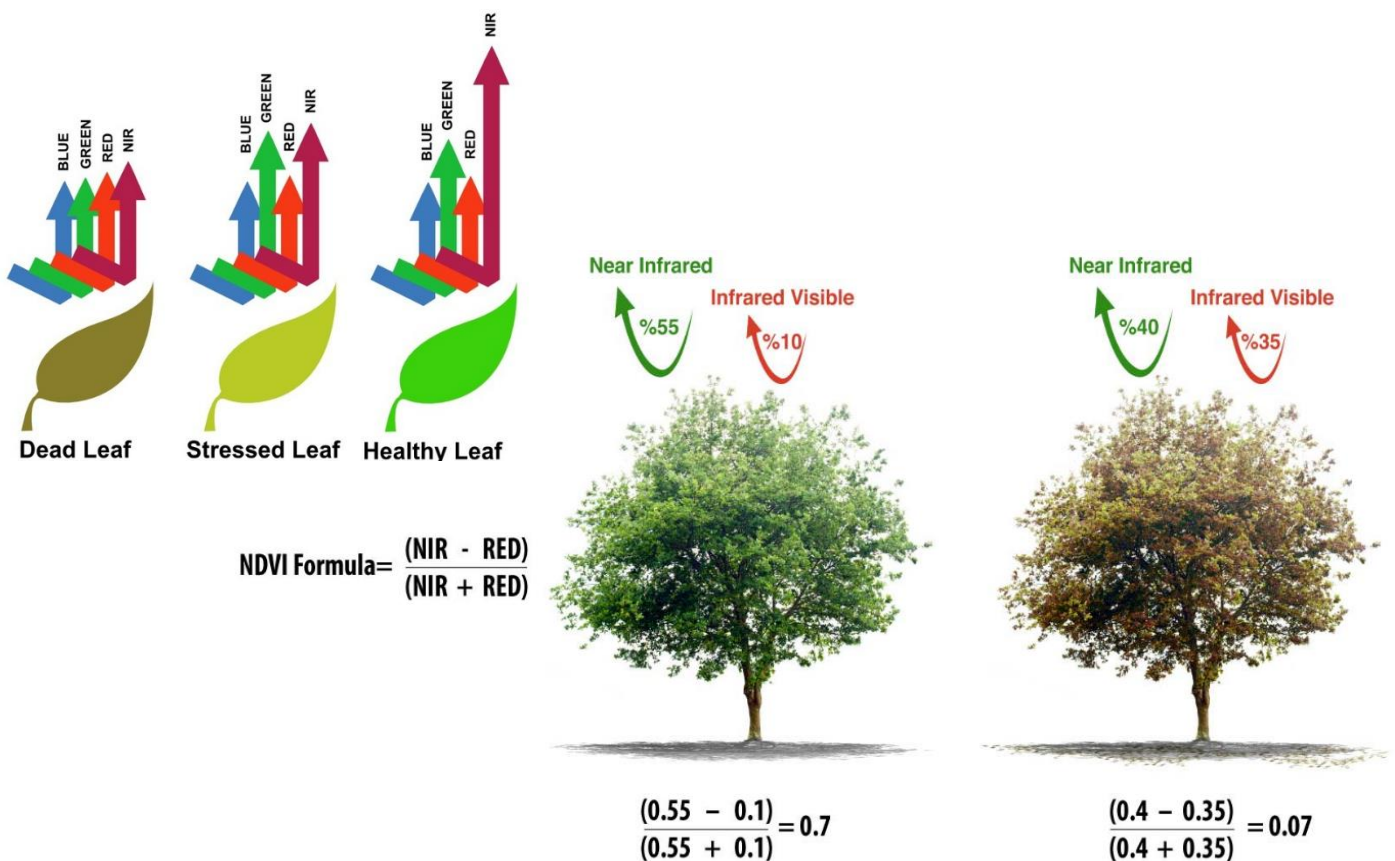
$$NDVI = (NIR-RED)/(NIR+RED)$$

Όπου NIR το εγγύς υπέρυθρο 1 κανάλι και RED το κόκκινο κανάλι. Οι τιμές του δείκτη κυμαίνονται από -1 έως 1. Αρνητικές τιμές υποδηλώνουν συνήθως την παρουσία σύννεφων, χιονιού, νερού ή περιοχών χωρίς βλάστηση. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του δείκτη, τόσο μεγαλύτερη είναι και η πυκνότητα της βλάστησης στο εικονοστοιχείο, με τις τιμές σε εύκρατα και τροπικά δάση να πλησιάζουν το 1. Στα δάση κωνοφόρων, που αποτέλεσαν και το μεγαλύτερο μέρος των περιοχών παρακολούθησής μας, οι τιμές του δείκτη είναι χαμηλότερες, λόγω των χαρακτηριστικών του φυλλώματος (βελονοειδή φύλλα με διαφορετική αντανάκλαση στο φάσμα). Αντίθετα, άλλα είδη όπως τα ποώδη φυτά ή τα πλατύφυλλα δενδρώδη και θαμνώδη είδη εμφανίζουν συνήθως υψηλότερες τιμές. Αυτό εξηγεί γιατί στα 2-3 πρώτα χρόνια μετά τη φωτιά, όταν η σύνθεση της βλάστησης περιλαμβάνει σημαντική συμμετοχή ποωδών φυτών, αλλά και νεαρών δενδρυλλίων κωνοφόρων που παρουσιάζουν διαφορετική φασματική αντανάκλαση σε σχέση με τα ώριμα δέντρα, οι τιμές του δείκτη συχνά εμφανίζονται αυξημένες σε σύγκριση με την προπυρική κατάσταση. Το φαινόμενο αυτό καταγράφηκε και στα υπό μελέτη δάση της παρούσας εργασίας.

Ο **NDVI** χρησιμοποιείται για:

- παρακολούθηση του φαινολογικού κύκλου διαφόρων τύπων βλάστησης
- αξιολόγηση περιόδων ξηρασίας
- καταγραφή καμένων εκτάσεων
- παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης και υγείας των δασών

Ωστόσο ο δείκτης NDVI, σε αρκετές περιπτώσεις μπορεί να έχει υψηλές τιμές, αλλά αυτές να προέρχονται από βλάστηση που δεν αποτελείται από είδη που οδηγούν στην πρότερη κατάσταση. Γι' αυτόν τον λόγο είναι καλό να συνοδεύεται με δειγματοληπτικές επιβεβαιώσεις στο πεδίο, ώστε να μπορεί κάποιος να κατανοήσει τη δομή, αλλά και τα είδη της βλάστησης που καταγράφει και να προβλέψει τη μεταπυρική πορεία της βλάστησης.



Εικόνα 6: Φασματική απόκριση του δείκτη NDVI. (Πηγή: USGS)

Πίνακας 2: Τιμές απόκρισης του κανονικοποιημένου δείκτη βλάστησης. (Πηγή: USGS)

Ταξινόμηση του Δείκτη NDVI	Είδος Κάλυψης	Πυκνότητα Κάλυψης με Βλάστηση
NDVI≤0	Σύννεφα, Χιόνια Νερό, Κτίσματα, Δρόμοι	Καθόλου
0<NDVI≤0,1	Άγονο Έδαφος, Κτίσματα, Δρόμοι, Βραχώδες, Αμμώδες	Καθόλου
0,1<NDVI≤0,2	Έδαφος Ακάλυπτο, Κτίσματα, Δρόμοι, Αραιοί Θάμνοι	Πολύ Χαμηλή
0,2<NDVI≤0,3	Χαμηλοί Θάμνοι, Λιβάδι	Μέτρια
0,3<NDVI≤0,4	Βλάστηση, Καλλιέργειες, Δάσος	Υψηλή
0,4<NDVI≤0,5	Βλάστηση, Καλλιέργειες, Δάσος	Πολύ Υψηλή
NDVI>0,5	Καλλιέργειες, Δάσος	Πάρα Πολύ Υψηλή

4. Αποτελέσματα

4.1 Περιοχές έρευνας

Πίνακας 3: Περιοχές έρευνας

Περιοχή μελέτης	Ημερομηνία έναρξης πυρκαγιάς	Καμένη έκταση σε στρέμματα	Ποσοστό καμένων δασών και δασικών εκτάσεων (%)
Βόρεια Εύβοια	3 Αυγούστου 2021	508.887	96,4%
Μάνδρα (Αττική)	17 Ιουλίου 2023	116.000	91,7%
Ρόδος	18 Ιουλίου 2023	177.000	84,9%
Πάρνηθα	22 Αυγούστου 2023	61.000	90,3%

Οι παραπάνω περιοχές επιλέχθηκαν με βάση την έκτασή τους, το ιστορικό των πυρκαγιών και τη γενική αξία τους για τη φύση και τον άνθρωπο. Σημειώνεται ότι η μεγάλη πυρκαγιά του Έβρου το 2023 καλύφθηκε σε όλα τα επίπεδα από εξειδικευμένη μελέτη που εκπόνησε το WWF Ελλάς¹. Μελέτη διαχειριστικών κατευθύνσεων για την αποκατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων της περιοχής Έβρου μετά την πυρκαγιά του 2023. WWF Ελλάς, Αθήνα, Μάιος 2024. Mapping study and prioritization of the areas affected by forest fires in the fire season 2023. WWF Greece, Athens. αλλά και από ερευνητικά προγράμματα παρακολούθησης της αναγέννησης που βρίσκονται σε ισχύ κατά τη διάρκεια συγγραφής της παρούσας.

4.1.1 Βόρεια Εύβοια

Στην περιοχή της Βόρειας Εύβοιας εφαρμόστηκαν δυο μέθοδοι για την καταγραφή της φυσικής αναγέννησης μετά την καταστροφική πυρκαγιά του 2021 που άφησε πίσω της 508.887 στρέμματα καμένης έκτασης, από τα οποία το 96,4% ήταν δασικές εκτάσεις με κυρίαρχο είδος την χαλέπιο πεύκη. Η μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η εφαρμογή σύντομου (rapid) πρωτοκόλλου και η χρήση δορυφορικών δεδομένων Landsat (NASA). Στην περιοχή επιλέχθηκαν 8 ευρείες επιφάνειες στις οποίες έγινε μακροσκοπική επιτόπια παρακολούθηση με τη χρήση του σχετικού πρωτοκόλλου, ενώ αποτέλεσαν και τις περιοχές επιβεβαίωσης του δείκτη NDVI. Οι επιφάνειες αυτές βρίσκονταν στις περιοχές της Στροφιλιάς, της Αγίας Άννας, της Κερασιάς, των Παπάδων, του Ρετσινόλακου, της Φαράκλας, ενώ στον Δρυμώνα, λόγω της

ύπαρξης και ψυχρόβιων κωνοφόρων, που δεν φέρουν μηχανισμούς φυσικής αναγέννησης, επιλέχθηκαν δύο επιφάνειες.

Εφαρμογή πρωτοκόλλου (Αποτελέσματα)

Με βάση το πρωτόκολλο η αναγέννηση χωρίστηκε σε 4 κλάσεις:

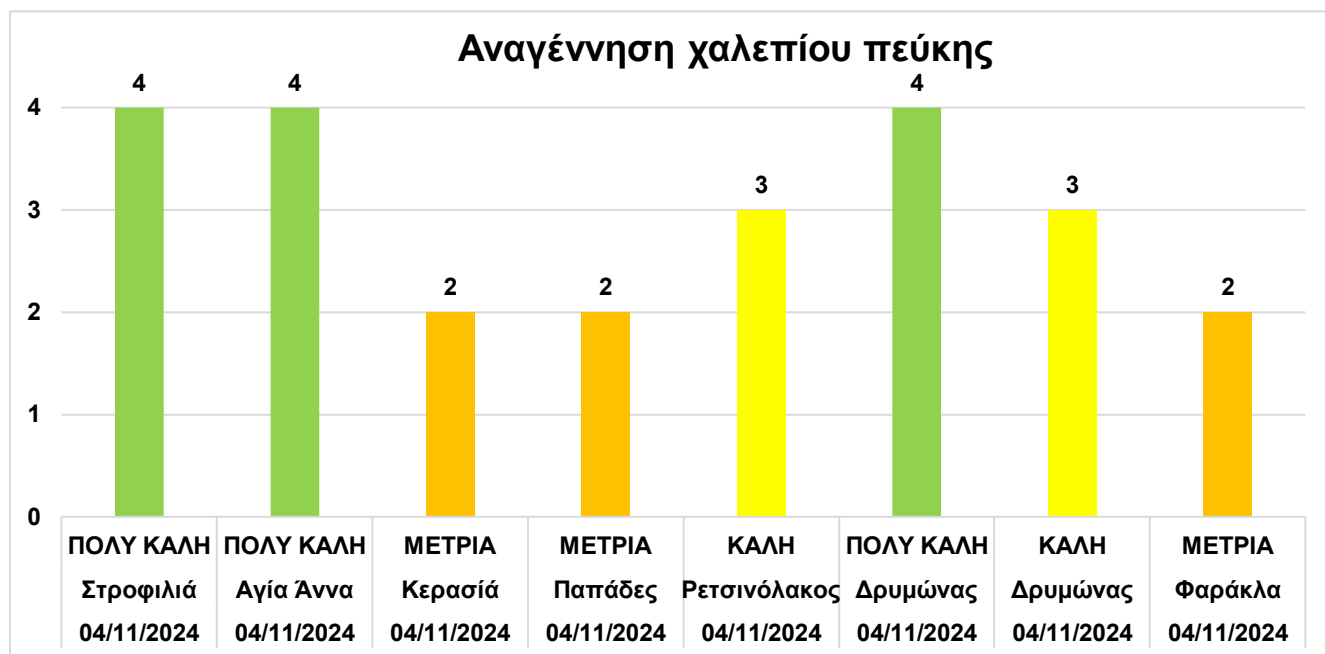
Πίνακας 4: Κλάσεις

ΠΟΛΥ ΚΑΛΗ: 4
ΚΑΛΗ: 3
ΜΕΤΡΙΑ: 2
ΜΙΚΡΗ/ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΙΚΗ: 1

Η **χαλέπιος πεύκη**, είδος προσαρμοσμένο στις μεσογειακές πυρκαγιές, επιδεικνύει μηχανισμούς φυσικής αναγέννησης μέσω **σεροτινικών κώνων**, οι οποίοι ανοίγουν με τη θερμότητα της πυρκαγιάς και απελευθερώνουν σπόρους. Η ταξινόμηση των περιοχών σε κλάσεις (Πολύ Καλή – Καλή – Μέτρια – Μικρή) αναδεικνύει ότι:

- Στις **5 από τις 8 περιοχές** η αναγέννηση είναι ικανοποιητική έως εξαιρετική, γεγονός που επιβεβαιώνει την **ανθεκτικότητα** του είδους.
- Στις **3 περιοχές με μέτρια αναγέννηση**, οι αιτίες είναι:
 - ο η πολύ υψηλή δριμύτητα της πυρκαγιάς (που κατέστρεψε τους σπόρους)
 - ο η έλλειψη ώριμων κώνων πριν την πυρκαγιά (π.χ. νεαρά δέντρα σε πολλαπλά καμένες εκτάσεις)
 - ο και κυρίως οι κλίσεις, η έλλειψη κατάλληλου εδαφικού στρώματος (μεγάλο ποσοστό πετρώδους στρώματος), αλλά και οι μικροκλιματικές συνθήκες οι οποίες σχετίζονται κυρίως με την έκθεση που σε κάποιες περιπτώσεις δεν ευνόησαν τη βλάστηση.

Η γενική εικόνα υποδεικνύει ότι **δεν απαιτούνται επεμβάσεις αναδάσωσης** στην πλειονότητα των καμένων εκτάσεων, αλλά στοχευμένη παρακολούθηση, διαχείριση και ενίσχυση εκεί όπου η φυσική αναγέννηση θα υπολείπεται τα επόμενα χρόνια.

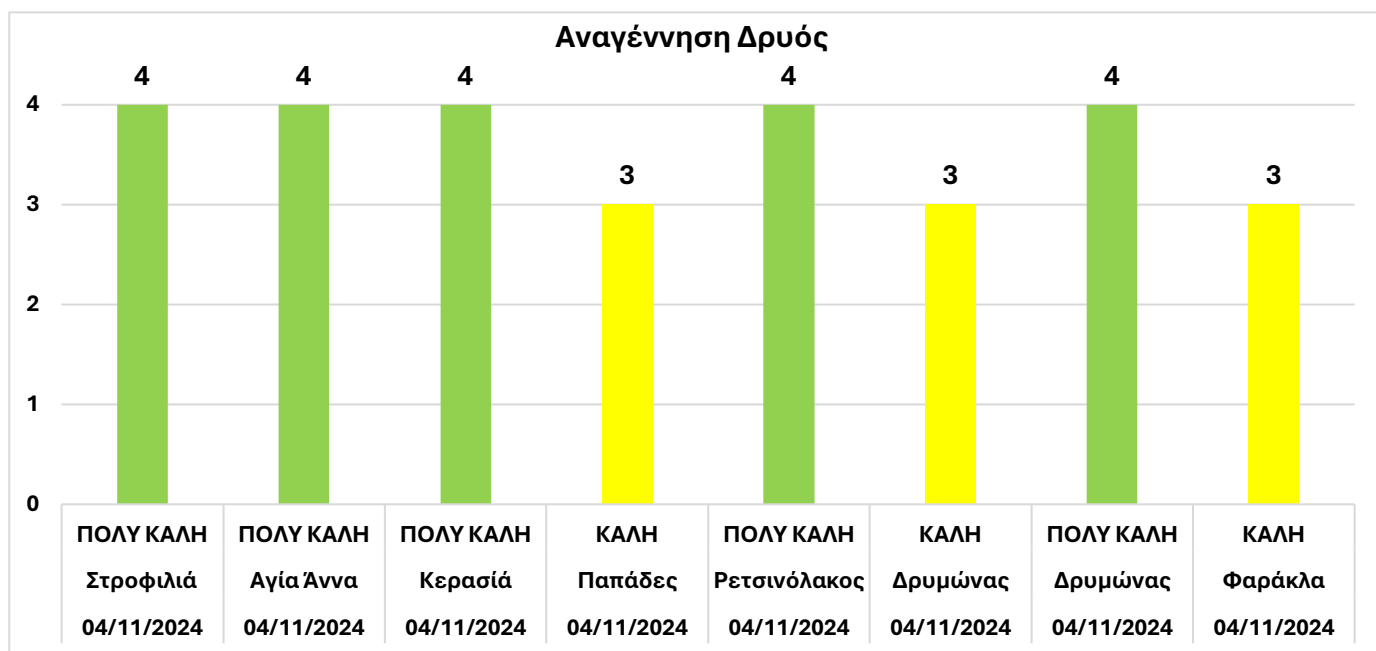


Εικόνα 7: Αναγέννηση χαλεπίου πεύκης ανά περιοχή

Οι **δρύες** εμφανίζουν **βλαστητική αναγέννηση μέσω παραβλαστών**, που ξεκινούν από υπόγειες δομές (ριζώματα, λαιμούς). Πρόκειται για έναν **ανθεκτικότατο μηχανισμό** απέναντι στις πυρκαγιές, ανεξάρτητα από την έντασή τους.

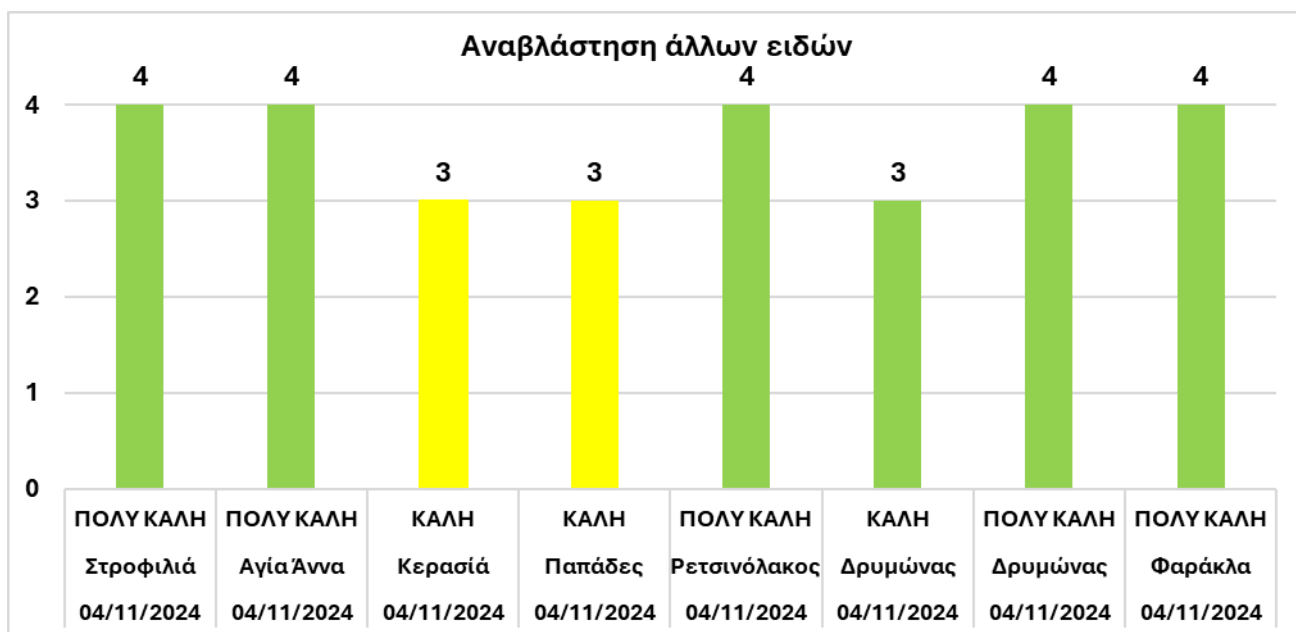
Η σταθερή και επιτυχής αναβλάστηση σε **όλες τις θέσεις** παρακολούθησης δείχνει:

- Την **προσαρμοστικότητα των δρυών** στις πυρκαγιές, ειδικά σε οικότοπους όπου κυριαρχούν είδη όπως *Quercus coccifera* ή *Q. Pubescens*, αλλά και στις περιοχές που φύτεται η ενδημική Ευβοϊκή δρύς (*Q. Euboica*).
- Τη σημασία της διατήρησης αυτών των ειδών ως **δομικό στοιχείο της μεταπυρικής διαδοχής**.



Εικόνα 8: Αναγέννηση Δρυός ανά περιοχή

Τα υπόλοιπα είδη μακίας και φρυγανικής βλάστησης, αλλά και τα είδη που φύονται κοντά σε υδάτινα στοιχεία (παραρεμάτια και υγροτοπική βλάστηση) παρουσίασαν υψηλή φυσική αναγέννηση από το πρώτο κιόλας έτος. Αυτά τα είδη διαθέτουν **ανθεκτικά υπόγεια και υπέργεια όργανα** (ριζώματα, ξυλοποιημένους λαιμούς) και αναβλαστάνουν γρήγορα. Αυτός ο τύπος αναγέννησης οδηγεί συχνά σε **εκρηκτική ανάπτυξη θαμνοειδούς βλάστησης** τα πρώτα 1–3 χρόνια.



Εικόνα 9: Αναβλάστηση διάφορων ειδών ανά περιοχή

Τα είδη *Abies cephalonica* (ελάτη) και *Pinus nigra* (μαύρη πεύκη) που φύονται στις δύο περιοχές παρακολούθησης που επιλέχθηκαν στον Δρυμώνα **δεν έχουν προσαρμογές στην πυρκαγιά:**

- Δεν έχουν σεροτινικούς κώνους
- Καταστρέφονται εύκολα ακόμη και από μέσης έντασης πυρκαγιές
- Δεν παρουσιάζουν αναβλάστηση

Αυτό έχει ως αποτέλεσμα:

- **Σημαντική απώλεια των ώριμων ατόμων**
- **Ανεπαρκή αναγέννηση** και σχεδόν πάντα την ανάγκη χρήσης τεχνητών παρεμβάσεων για την αποκατάστασή τους

Στα όρια των οικότονων που συνορεύουν αυτά τα είδη με τη χαλέπιο πεύκη, που είναι είδος θερμόβιο, φαίνεται σταδιακά να εισέρχεται αυτή και δεν αποκλείεται στο μέλλον να κυριαρχήσει. Αυτό φάνηκε και στις δύο περιοχές που επιλέχθηκαν για παρακολούθηση στον Δρυμώνα. Η **προοδευτική εισβολή της χαλεπίου πεύκης** σε οικότοπους ψυχρόβιων ειδών εγείρει κρίσιμα ερωτήματα για την **αλλαγή της φυτοκοινωνικής σύνθεσης** και τη **μελλοντική σταθερότητα αυτών των οικοσυστημάτων**, λόγω:

- κλιματικής πίεσης
- αλλαγών στην καύσιμη ύλη
- μεταβολών στο μικροκλίμα



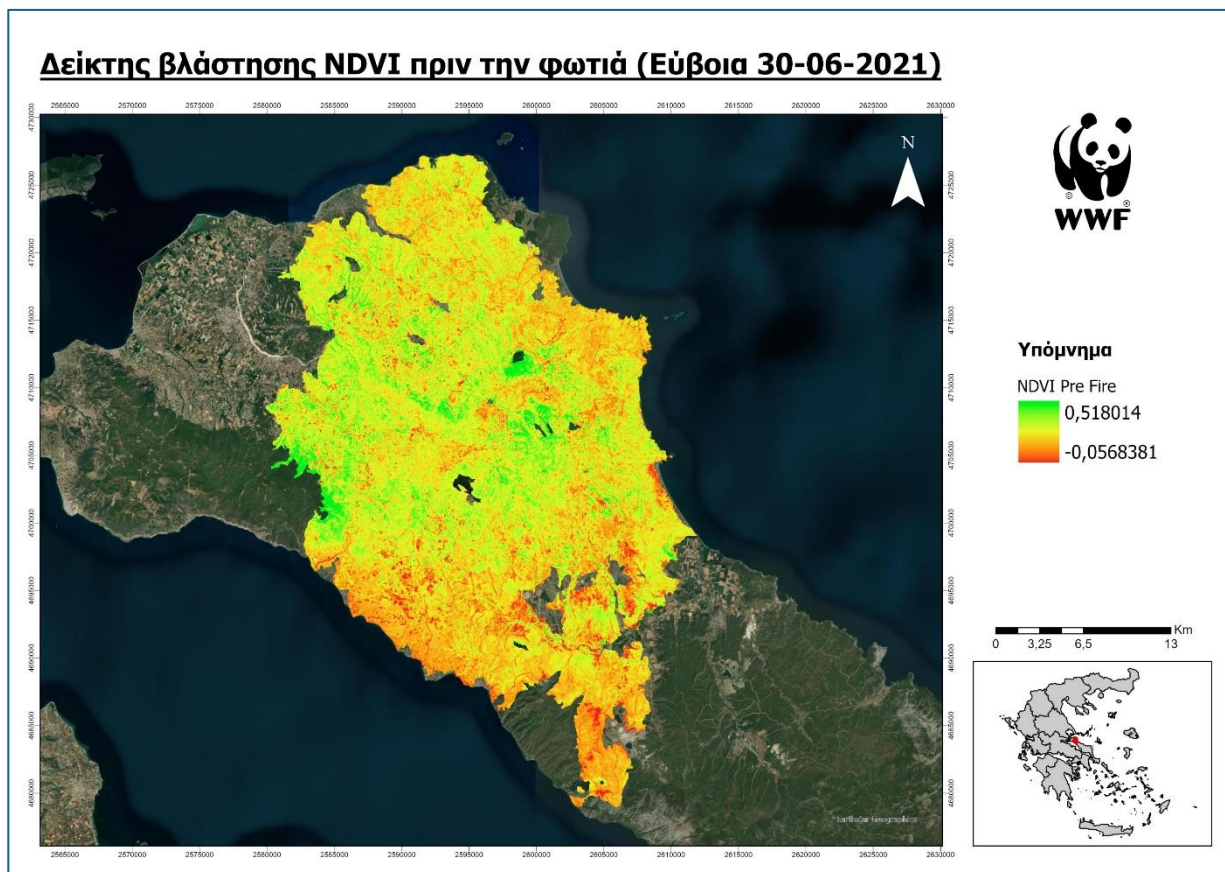
Εικόνα 10: Αναγέννηση ψυχρόβιων κωνοφόρων στην περιοχή του Δρυμώνα

Εφαρμογή δορυφορικής τηλεπισκόπησης (Αποτελέσματα)

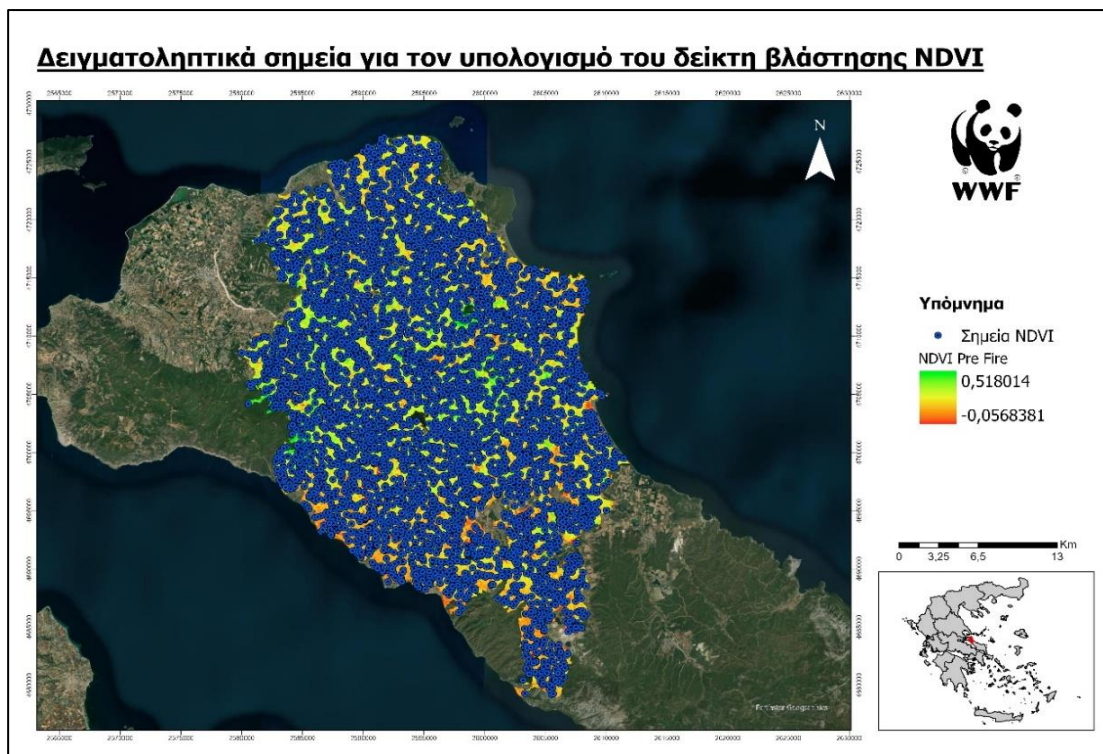
Όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο της μεθοδολογίας, υπολογίστηκε ο δείκτης βλάστησης NDVI από δορυφορικά δεδομένα Landsat 9 σε ολόκληρη την καμένη έκταση με τυχαία δειγματοληψία 5.000 σημείων που πάρθηκαν εντός δορυφορικής εικόνας σε σύστημα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών σε 5 χρονικές περιόδους με σκοπό να καταγραφεί ο βαθμός της συνολικής αναγέννησης. Η μέθοδος συνοδεύτηκε από επιτόπιες επιβεβαιώσεις στο πεδίο για την καταγραφή της βλάστησης που αποτυπώθηκε από τον δείκτη.

Από τις μετρήσεις που προέκυψαν παρατηρείται μια αύξηση του δείκτη NDVI από την τιμή 0,07 που κυμαινόταν ο δείκτης αμέσως μετά την πυρκαγιά σε 0,34 τέσσερα χρόνια μετά (328% αύξηση). Μάλιστα ο δείκτης 4 χρόνια μετά είναι μεγαλύτερος από ότι ακριβώς πριν τη φωτιά (0,27). Αυτό, όπως αναφέρεται και στο κεφάλαιο επεξήγησης του δείκτη NDVI, (βλ. κεφ. 3.4, σελ. 21) οφείλεται στο γεγονός ότι στα δάση κωνοφόρων, που αποτελούν και το μεγαλύτερο μέρος των οικοσυστημάτων της Β. Εύβοιας που επλήγησαν από την πυρκαγιά, οι τιμές του δείκτη είναι χαμηλότερες όταν αυτά είναι ώριμα, λόγω των χαρακτηριστικών του φυλλώματος (βελονοειδή σκούρα φύλλα με διαφορετική αντανάκλαση στο φάσμα). Έτσι με την εμφάνιση στη μεταπυρική βλάστηση αυξημένου αριθμού ποωδών φυτών και πλατύφυλλων, αλλά και νεαρών δενδρυλλίων κωνοφόρων που παρουσιάζουν διαφορετική φασματική αντανάκλαση σε σχέση με τα ώριμα δέντρα, οι τιμές του δείκτη εμφανίζονται αυξημένες σε σύγκριση με την προπυρική κατάσταση.

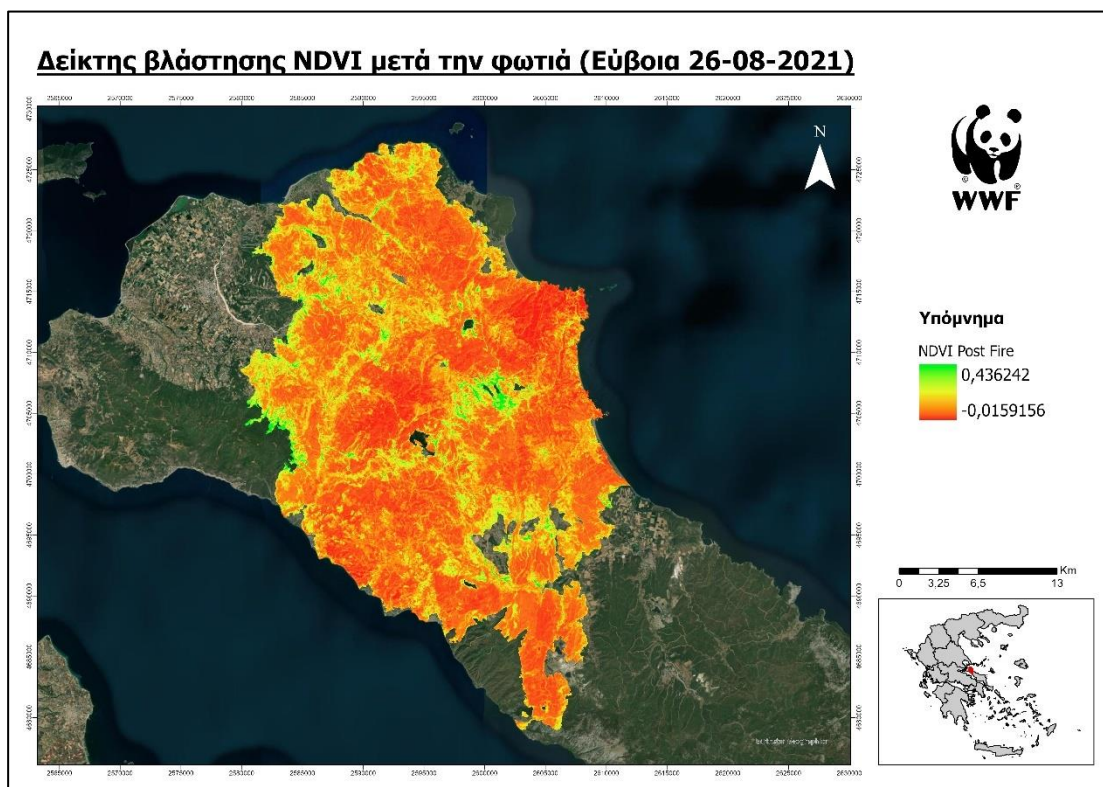
Ο δείκτης NDVI καθώς και η σύσταση της βλάστησης για τη Β. Εύβοια επιβεβαιώθηκαν από αυτοψίες στο πεδίο, οι οποίες, όπως αναφέρθηκε, έδειξαν ότι η συνολική αναγέννηση εξελίσσεται ικανοποιητικά στην πλειονότητα των δασικών οικοσυστημάτων με εξαίρεση αυτών που αποτελούνταν από ψυχρόβια κωνοφόρα (ελάτη και μαύρη πεύκη). Στις εικόνες 11 – 16 παρουσιάζονται οι χάρτες του δείκτη NDVI για την πυρκαγιά της Β. Εύβοιας.



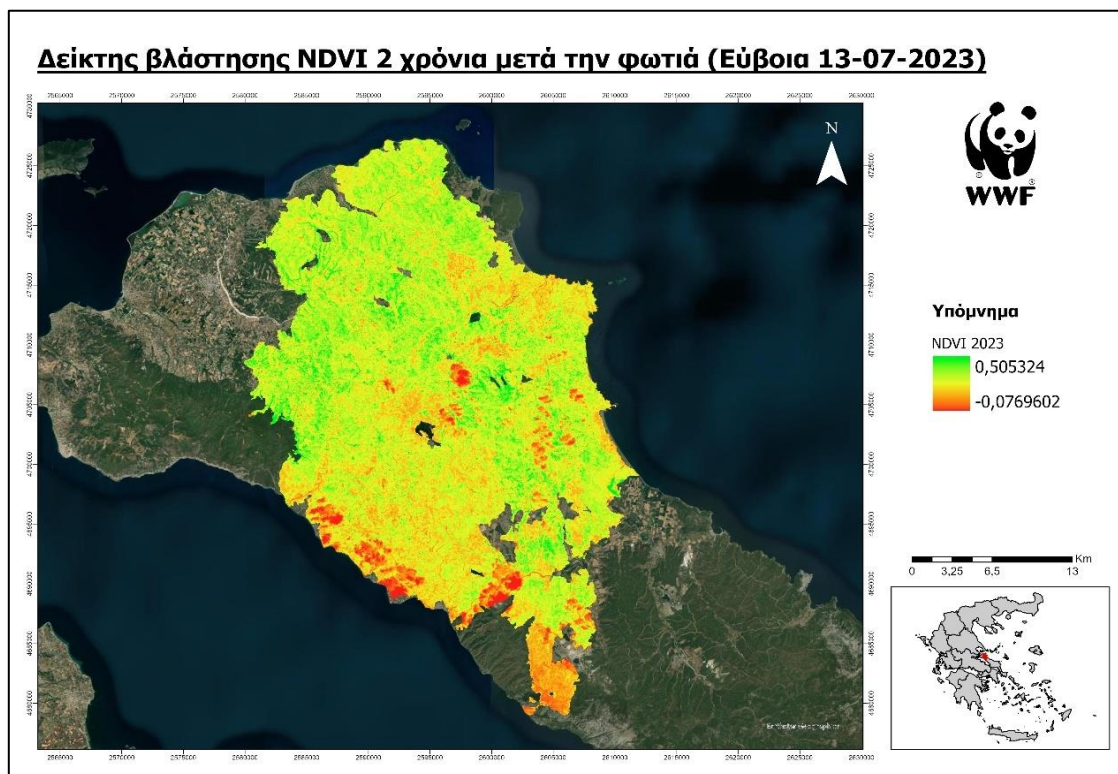
Εικόνα 11:Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας



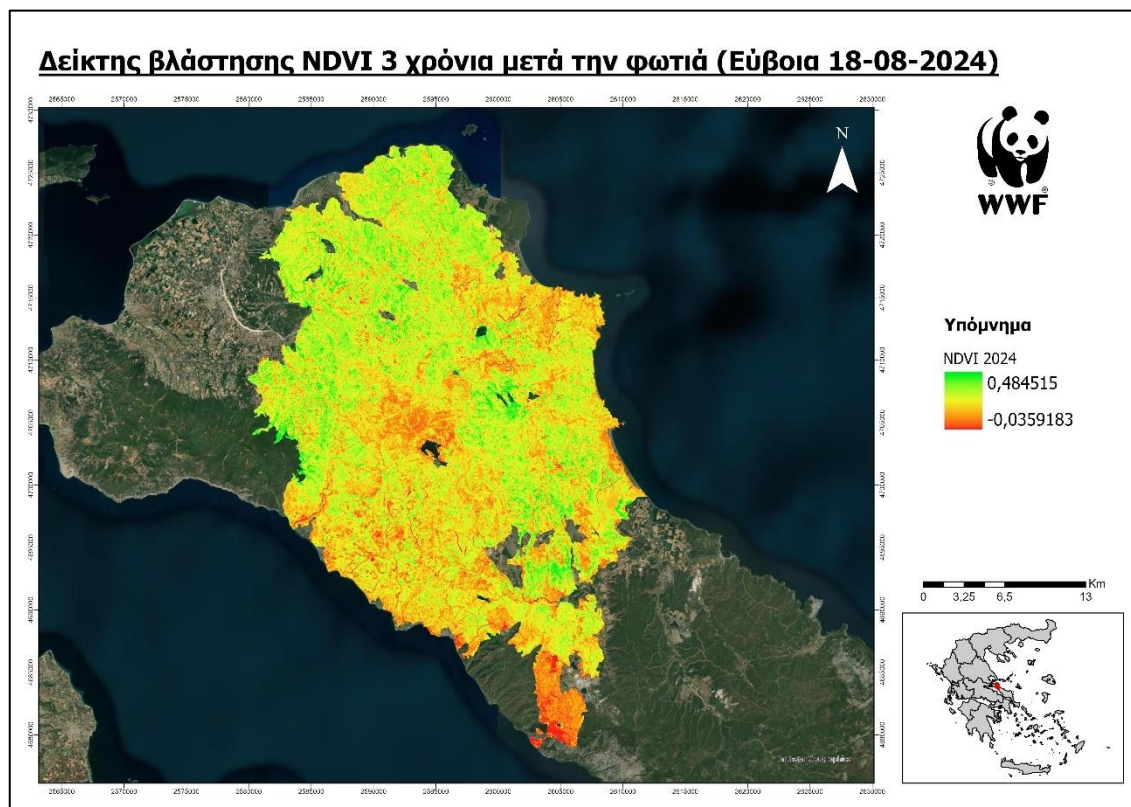
Εικόνα 13: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας



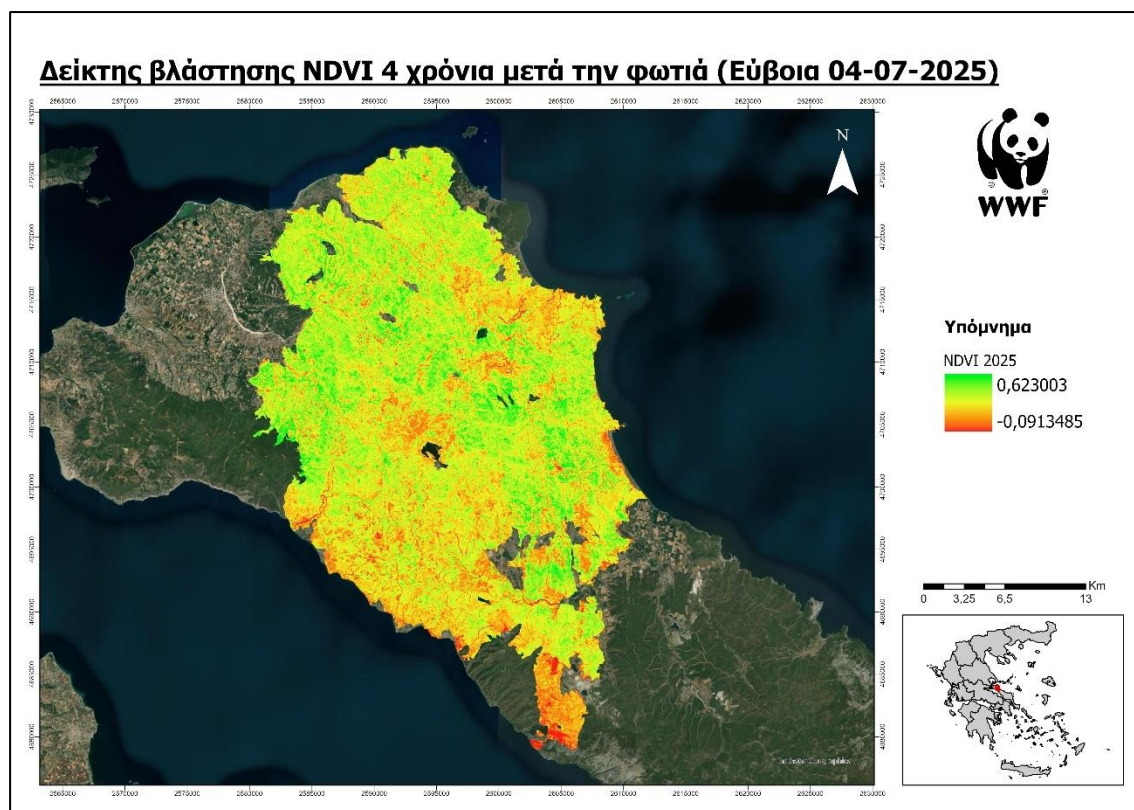
Εικόνα 12: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας



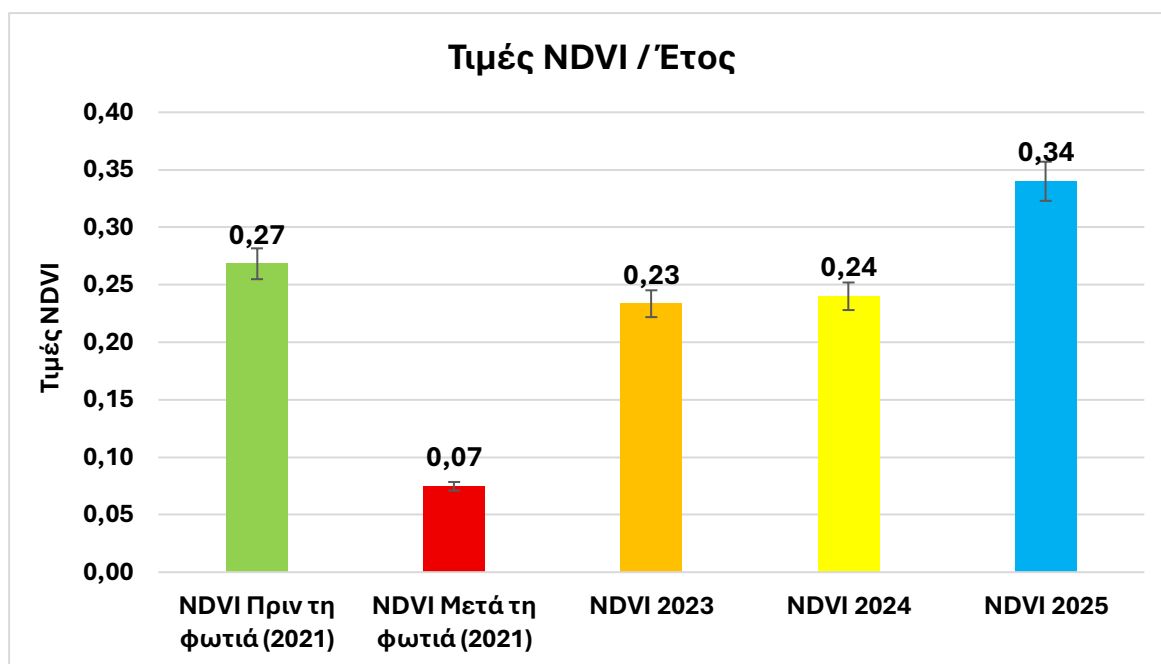
Εικόνα 14: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας



Εικόνα 15: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 3 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας



Εικόνα 17: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 4 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας



Εικόνα 16: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Βόρειας Εύβοιας

4.1.2 Μάνδρα Αττικής

Η πυρκαγιά του 2023 στη Μάνδρα Αττικής αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα επεισόδια οικολογικής διαταραχής στην Αττική τα τελευταία χρόνια, με **116.000 στρέμματα καμένων εκτάσεων**, εκ' των οποίων το **91,7%** ήταν **δασικές εκτάσεις**, κυρίως **χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*)**. Για την καταγραφή της μεταπυρικής φυσικής αναγέννησης εφαρμόστηκαν:

- Πρωτόκολλο πεδίου-βασισμένο στη μέθοδο με διατομές (20x20 μ)
- Ανάλυση δορυφορικών δεδομένων Landsat (NDVI)

Η εστίαση σε **δύο επιφάνειες με παρόμοια βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηριστικά**, αλλά **διαφορετική δριμύτητα καύσης** επιτρέπει μια συγκριτική αξιολόγηση στην αναγέννηση και την εξαγωγή συμπερασμάτων γι' αυτήν σε πολλές άλλες θέσεις.

Εφαρμογή πρωτοκόλλου (Αποτελέσματα)

Από τις μετρήσεις μας στο πεδίο σε δύο χρονικές περιόδους (καλοκαίρι 2024 και καλοκαίρι 2025) σε δύο επιφάνειες με τα ίδια βιοτικά και αβιοτικά χαρακτηρίστηκα, αλλά με διαφορετικό βαθμό δριμύτητας καύσης, παρατηρήσαμε ότι η συνολική αναγέννηση παρουσιάζει καλύτερη δυναμική στην επιφάνεια που κάηκε με μέτρια δριμύτητα, ειδικότερα στη κατηγορία των ξυλωδών σε σχέση με την υψηλή δριμύτητα. Τα ποώδη είδη φαίνεται να μην επηρεάζονται σε κανέναν βαθμό δριμύτητας, με αποτέλεσμά να παρουσιάζουν ικανοποιητική εμφάνιση και στις δύο επιφάνειες.

Επιφάνεια 1

Πίνακας 5: Πρωτόκολλο δειγματοληψίας επιφανειών

	Επιφάνεια 1	
Θέση (20x20)	Μέτρια Δριμύτητα	
Ημερομηνία	26/6/2024	18/6/2025
Συνολική Κάλυψη (%)	70	80
Ξυλώδη Κάλυψη (%)	60	70
Ποώδη Κάλυψη (%)	10	10
Αριθμός Πεύκων	700	812
Ζωντανά Πεύκα	698	812
Αποξηραμένα Πεύκα	2	0
Πυκνότητα Πεύκων / m²	1,75	2,03
Επιβίωση Πεύκων (%)	99,7	100
Τύπος Βλάστησης πριν τη φωτιά	Ωριμο Πευκοδάσος	Ωριμο Πευκοδάσος
Γεωλογικό Υπόβαθρο	Ασβεστόλιθος	Ασβεστόλιθος
Υψόμετρο (m)	398	398
Προσανατολισμός Πρανών (°)	Νότιος	Νότιος
Τοπογραφικές Κλίσεις (°)	25	25
Ιστορικό Πυρκαγιών < 20 Έτη	1	1

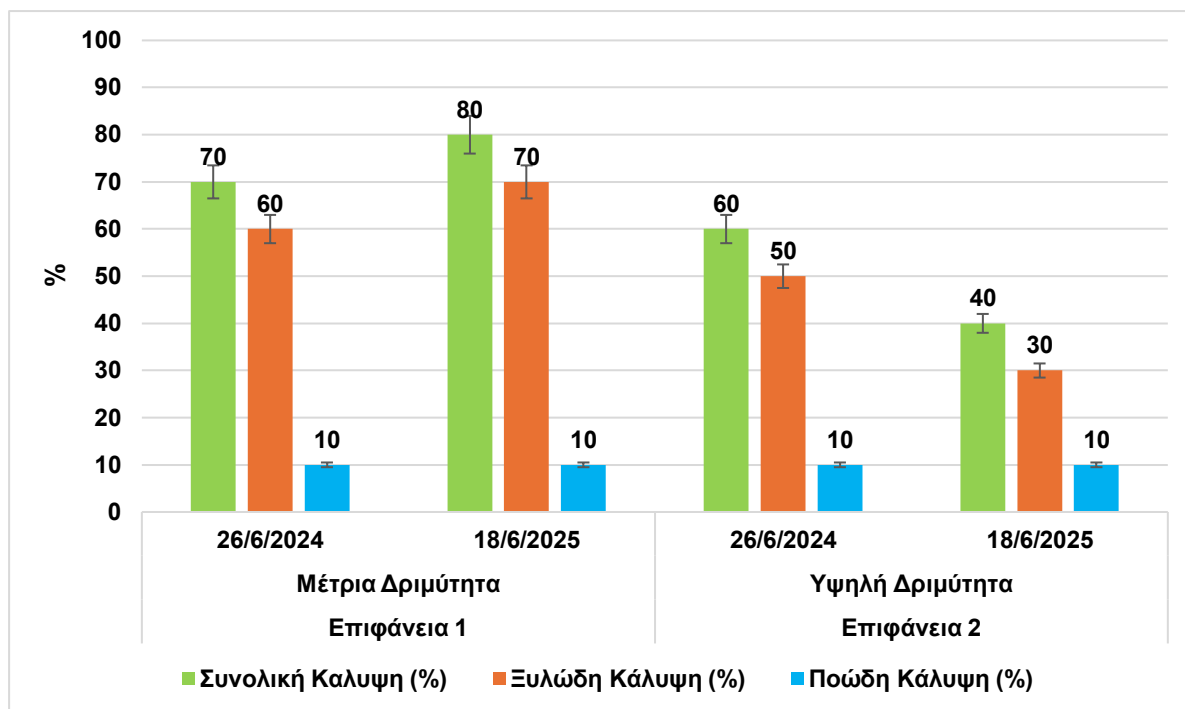
Συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87	
X	Y
457487,19	4225562,64

Επιφάνεια 2

Πίνακας 6: Πρωτόκολλο δειγματοληψίας επιφανειών

	Επιφάνεια 2	
Θέση (20x20)	Υψηλή Δριμύτητα	
Ημερομηνία	26/6/2024	18/6/2025
Συνολική Κάλυψη (%)	60	40
Ξυλώδη Κάλυψη (%)	50	30
Πωώδη Κάλυψη (%)	10	10
Αριθμός Πεύκων	278	181
Ζωντανά Πεύκα	278	175
Αποξηραμένα Πεύκα	0	6
Πυκνότητα Πεύκων / m ²	0,70	0,43
Επιβίωση Πεύκων (%)	100	96,6
Τύπος Βλάστησης πριν τη φωτιά	Ωριμο Πευκοδάσος	Ωριμο Πευκοδάσος
Γεωλογικό Υπόβαθρο	Ασβεστόλιθος	Ασβεστόλιθος
Υψόμετρο (m)	398	398
Προσανατολισμός Πρανών (°)	Νότιος	Νότιος
Τοπογραφικές Κλίσεις (°)	30	30
Ιστορικό Πυρκαγιών < 20 Έτη	1	1

Συντεταγμένες ΕΓΣΑ'87	
X	Y
457487,19	4225562,64



Εικόνα 18: Διάγραμμα ποσοστού απεικόνισης ειδών φυτοκάλυψης στην καμένη έκταση

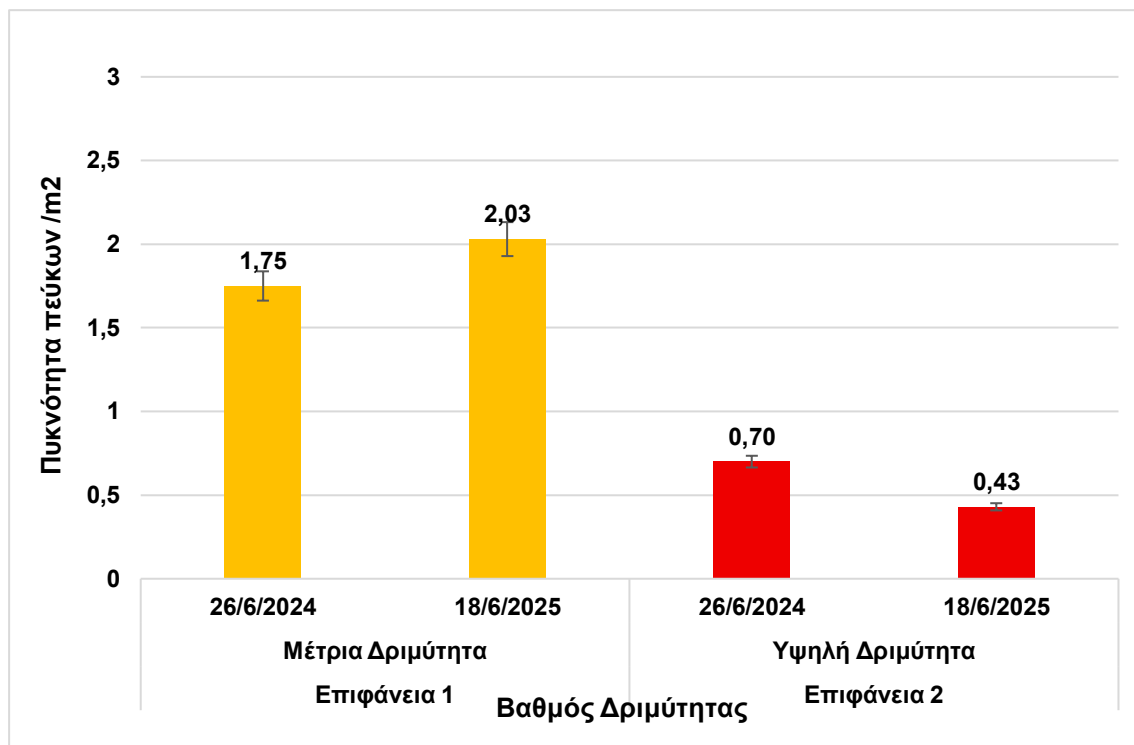
Σύμφωνα με τις μελέτες και τη σχετική βιβλιογραφία των Arianoutsou et al. (2007, 2011), & Poirazidis et al. (2012) για να εκτιμήσουμε το δυναμικό της μεταπυρικής αναγέννησης κατηγοριοποιήσαμε την πυκνότητα των νεαρών πεύκων σε 3 κλάσεις:

- **< 0,1 άτομα/μ²**, με το δυναμικό αναγέννησης να χαρακτηρίζεται χαμηλό
- **0,1 – 0,5 άτομα/μ²**, με το δυναμικό αναγέννησης να χαρακτηρίζεται μέτριο
- **>0,5 άτομα/μ²**, με το δυναμικό αναγέννησης να χαρακτηρίζεται υψηλό

Η αναγεννητική δυναμική σύμφωνα με την ταξινόμηση των Arianoutsou et al. (2007) για τις δύο περιοχές είναι:

- **2,03 άτομα/μ²** για την επιφάνεια που κάηκε με μέτρια δριμύτητα, που υποδεικνύει εξαιρετική φυσική αναγέννηση και μάλιστα αυξημένη κατά τη δεύτερη καταγραφή και
- **0,43 άτομα/μ²** για την επιφάνεια που κάηκε με υψηλή δριμύτητα, που δείχνει ένα μέτριο δυναμικό στη φυσική αναγέννηση, αλλά και κάποια θνησιμότητα κατά τη δεύτερη καταγραφή. Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι τα πολύ υψηλά επίπεδα θερμότητας κατά τη διάρκεια της πυρκαγιάς πιθανώς κατέστρεψαν μεγάλο μέρος του σπορικού δυναμικού και του σποροστρώματος.

- Συμπερασματικά, φαίνεται πως η **δριμύτητα καύσης** λειτουργεί ως **κρίσιμος ρυθμιστής της μεταπυρικής αναγέννησης**. Ενώ τα ποώδη είδη φαίνεται να παραμένουν σταθερά, η δυναμική των ξυλωδών ειδών – και κυρίως της χαλεπίου πεύκης – είναι σαφώς **υψηλότερη σε περιοχές με μέτρια δριμύτητα**. Το φαινόμενο αυτό φαίνεται να είναι ακόμα πιο έντονο στην τραχεία πεύκη (Γεωργιάδης & Τζηρίτης προσωπικές παρατηρήσεις στη Νήσο Σάμο, Καζάνης 2023)



Εικόνα 19: Διάγραμμα απεικόνισης πυκνότητας πεύκων ανά επιφάνεια σε σχέση με τον βαθμό δριμύτητας καύσης

Αυτή η διαφοροποίηση έχει ιδιαίτερη σημασία για:

- **Τον σχεδιασμό παρεμβάσεων αποκατάστασης:** Περιοχές με υψηλή δριμύτητα ίσως απαιτούν ενίσχυση (π.χ. εμπλουτιστικές φυτεύσεις) και σίγουρα θα πρέπει να τίθενται υπό καθεστώς παρακολούθησης για τη μεταπυρική εξέλιξη της βλάστησης.
- **Την προσαρμογή στην κλιματική κρίση:** Αν οι πυρκαγιές τείνουν να είναι όλο και πιο έντονες, είδη όπως η χαλέπιος και η τραχεία πεύκη ενδέχεται να αντιμετωπίσουν προβλήματα σε τοπικό επίπεδο.

Εφαρμογή δορυφορικής τηλεπισκόπησης (Αποτελέσματα)

Για την αποτίμηση της μεταπυρικής βλάστησης στην περιοχή της Μάνδρας, χρησιμοποιήθηκε επίσης ο φασματικός δείκτης βλάστησης NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), ο οποίος υπολογίστηκε από δορυφορικά δεδομένα Landsat 9. Η ανάλυση έγινε σε ευρεία χωρική κλίμακα που περιλάμβανε το σύνολο της καμένης έκτασης, με τη χρήση τυχαίας δειγματοληψίας 5.000 σημείων, ώστε να διασφαλιστεί η στατιστική επάρκεια των αποτελεσμάτων. Η παρακολούθηση πραγματοποιήθηκε σε τέσσερις διακριτές χρονικές περιόδους, προκειμένου να αποτυπωθεί δυναμικά η εξέλιξη της φυσικής αναγέννησης.

Στο διάγραμμα της εικόνας 25 απεικονίζεται η σταδιακή αύξηση του δείκτη NDVI, ο οποίος από την ιδιαίτερα χαμηλή τιμή των 0,08 αμέσως μετά την πυρκαγιά —που αντιστοιχεί πρακτικά σε απουσία πράσινης βλάστησης— ανήλθε σε 0,22 δύο έτη αργότερα. Η αύξηση αυτή, που αντιστοιχεί σε περίπου 175%, υποδηλώνει σημαντική φυσική αναγέννηση της βλάστησης, παρότι ο δείκτης παραμένει σε χαμηλότερα επίπεδα σε σχέση με τις μη καμένες περιοχές ή ώριμα δάση. Εντούτοις, η πορεία είναι ενθαρρυντική και δείχνει ικανοποιητική αποκατάσταση, η οποία επιβεβαιώθηκε και στο πεδίο αναφορικά με τις καμένες εκτάσεις που αποτελούνταν από ώριμα πευκοδάση και πλατύφυλλα είδη.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση μεταξύ εκτάσεων που έχουν καεί μόνο μία φορά και εκείνων που έχουν υποστεί πολλαπλές πυρκαγιές μέσα σε διάστημα μικρότερο των 20 ετών. Όπως φαίνεται στο **Διάγραμμα της εικόνας 27**, οι μη πολλαπλά καμένες περιοχές παρουσιάζουν σημαντικά υψηλότερες τιμές NDVI, γεγονός που υποδηλώνει ταχύτερη και πλουσιότερη αναγέννηση. Η χρόνια επαναλαμβανόμενη διαταραχή από τις πυρκαγιές μειώνει τη φυσική ικανότητα των οικοσυστημάτων για ανάκαμψη, λόγω εξάντλησης των αποθεμάτων αναγέννησης στο έδαφος (σπόροι, βλαστοί κ.λπ.) και υποβάθμισης του εδαφικού υποστρώματος.

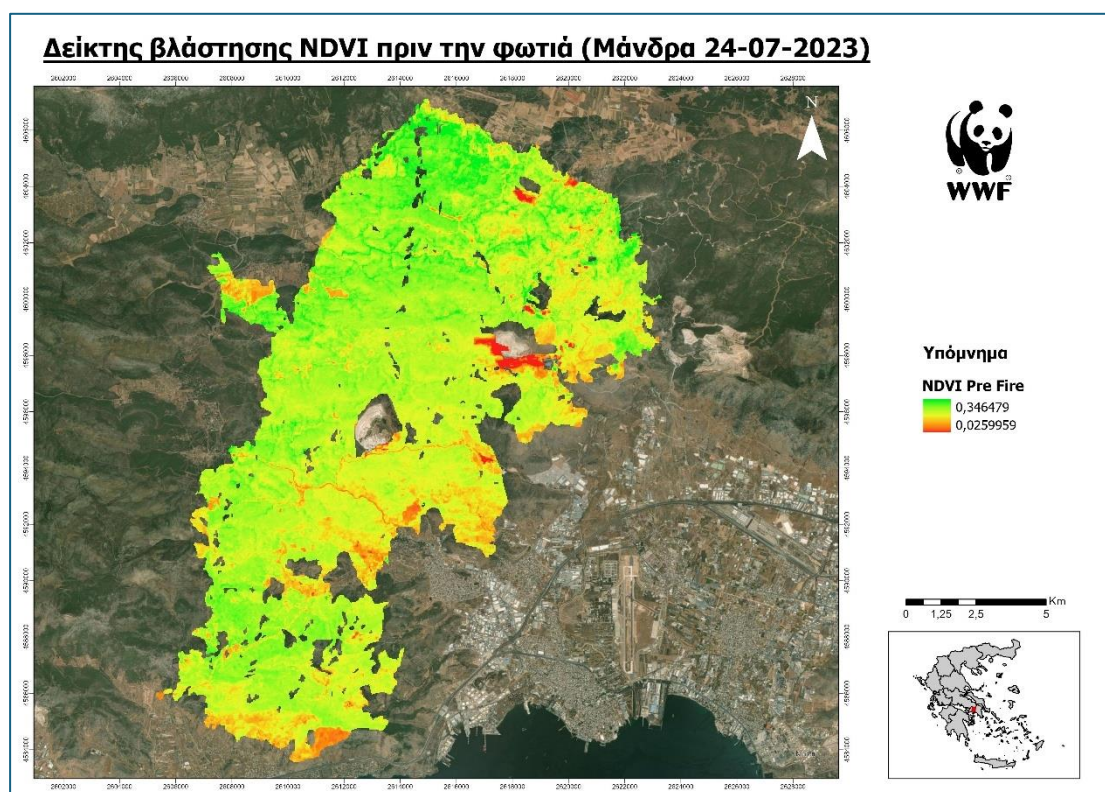
Σε πιο λεπτομερή ανάλυση που έγινε για την περιοχή της Μάνδρας Αττικής, τα αποτελέσματα διαφοροποιούνται περαιτέρω ανάλογα με τη μορφολογία του εδάφους, τη φυτική σύνθεση, το ιστορικό των πυρκαγιών και τις κλίσεις. Συγκεκριμένα, στις εκτάσεις χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*) με έντονες κλίσεις (50–100%), η αναγέννηση εξελίσσεται πολύ καλύτερα όπου δεν έχει προηγηθεί δεύτερη καύση σε διάστημα μικρότερο των 20 ετών.

Αντιθέτως, η χαμηλότερη αναγέννηση παρατηρείται σε εκτάσεις όπου κυρίαρχο είδος ήταν η άρκευθος (*Juniperus sp.*). Το είδος αυτό δεν διαθέτει μηχανισμούς ενεργούς μεταπυρικής αναγέννησης, με αποτέλεσμα η επαναφορά του να εξαρτάται αποκλειστικά από την παρουσία άκαυτων ατόμων στην ευρύτερη περιοχή, που θα παρέχουν σπόρους για τη μελλοντική αναγέννηση.

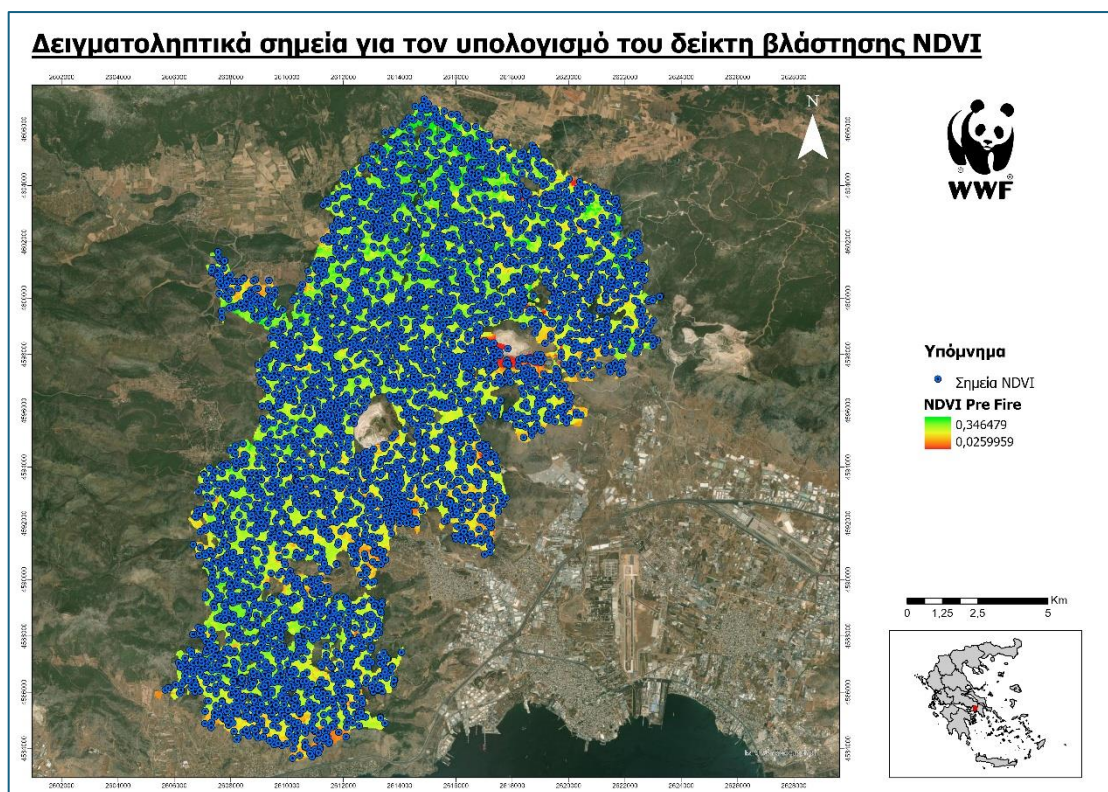
Αυτό αναδεικνύει τη σημασία της διατήρησης αδιάσπαστων, άκαυτων «πυρήνων βιοποικιλότητας» μέσα σε καμένες περιοχές.

Συνολικά, οι παρακάτω εικόνες και τα διαγράμματα καταδεικνύουν ότι οι φυσικές διαδικασίες αναγέννησης ενεργοποιούνται μεν, αλλά επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη συχνότητα και την ένταση των πυρκαγιών, τη σύνθεση της βλάστησης και τις τοπικές γεωμορφολογικές συνθήκες.

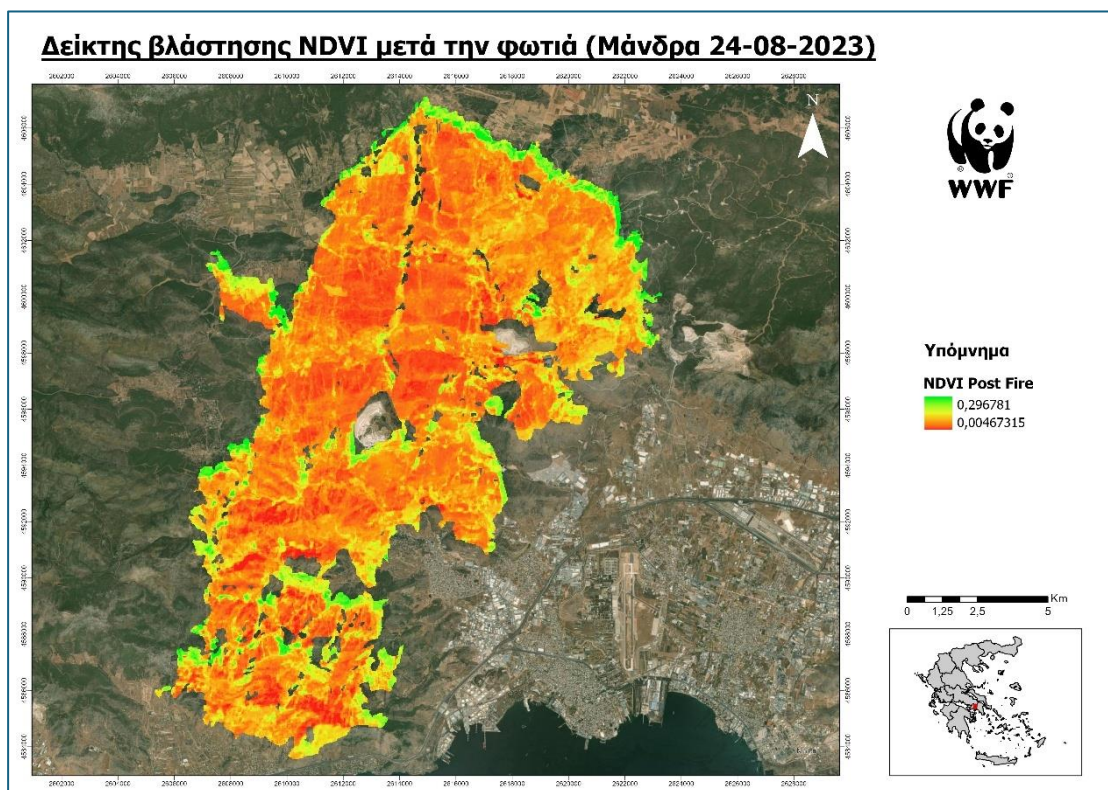
Οι δορυφορικές εικόνες που συνοδεύουν τα αποτελέσματα, παρουσιάζουν χωρική διαφοροποίηση στην αναγέννηση. Οι φωτεινότερες περιοχές (με υψηλότερες τιμές NDVI) αντιστοιχούν σε εκτάσεις με μεγαλύτερη αναγέννηση, ενώ οι πιο σκούρες περιοχές αποτυπώνουν τις ζώνες όπου η επαναφορά της βλάστησης είναι ακόμα περιορισμένη.



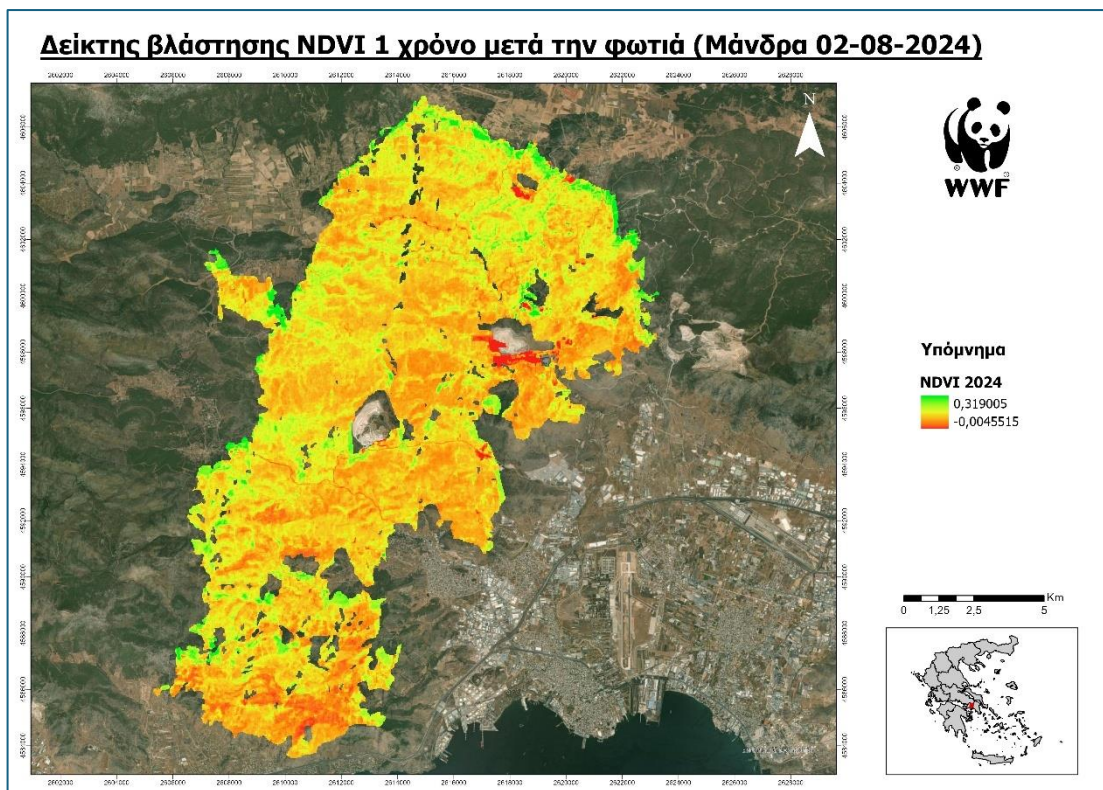
Εικόνα 20: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας



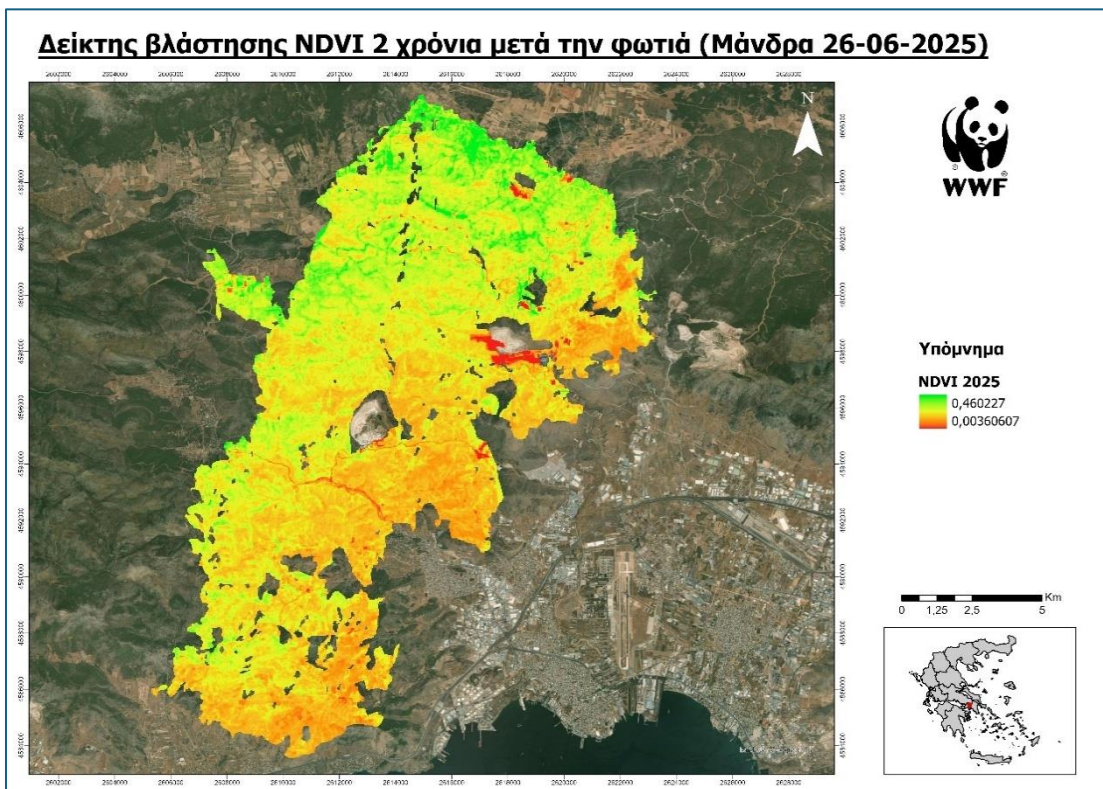
Εικόνα 21: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Μάνδρας



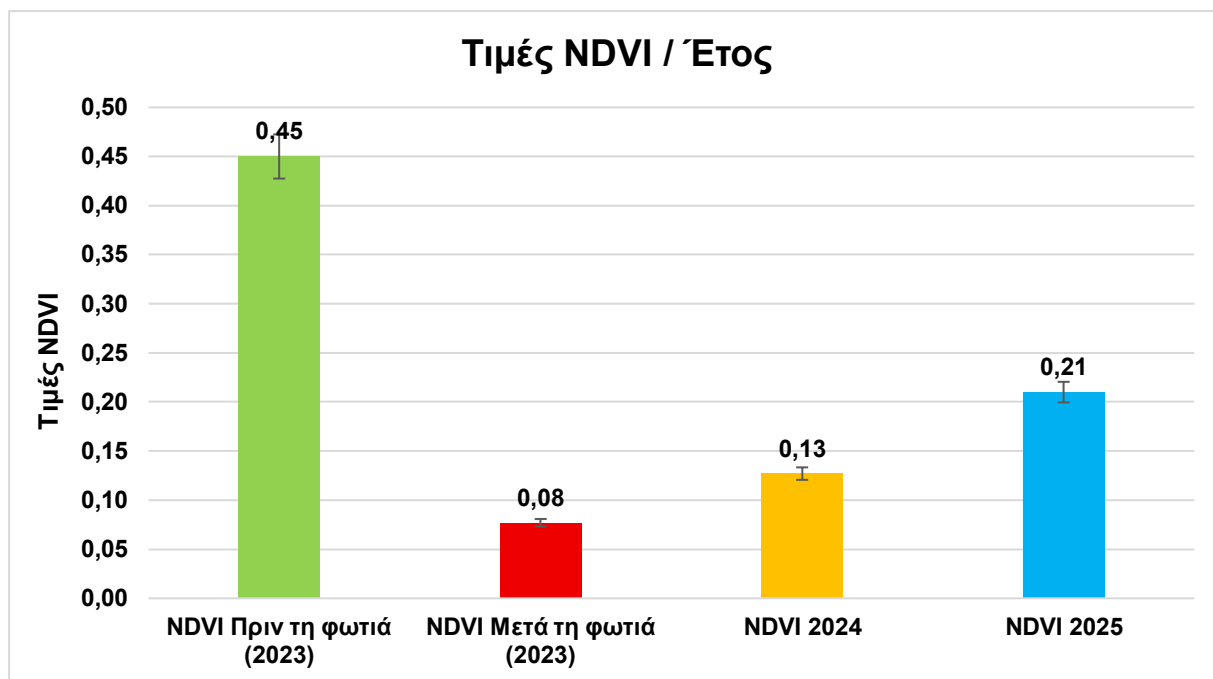
Εικόνα 22: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας



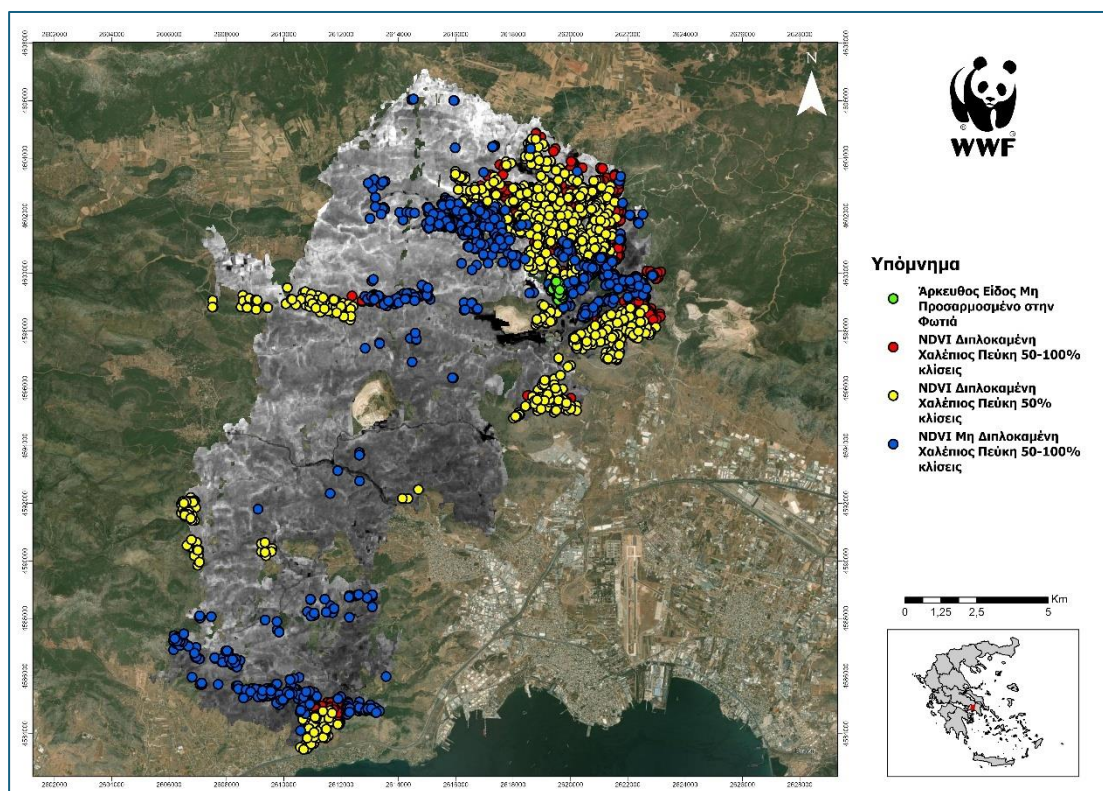
Εικόνα 24: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 1 χρόνο μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας



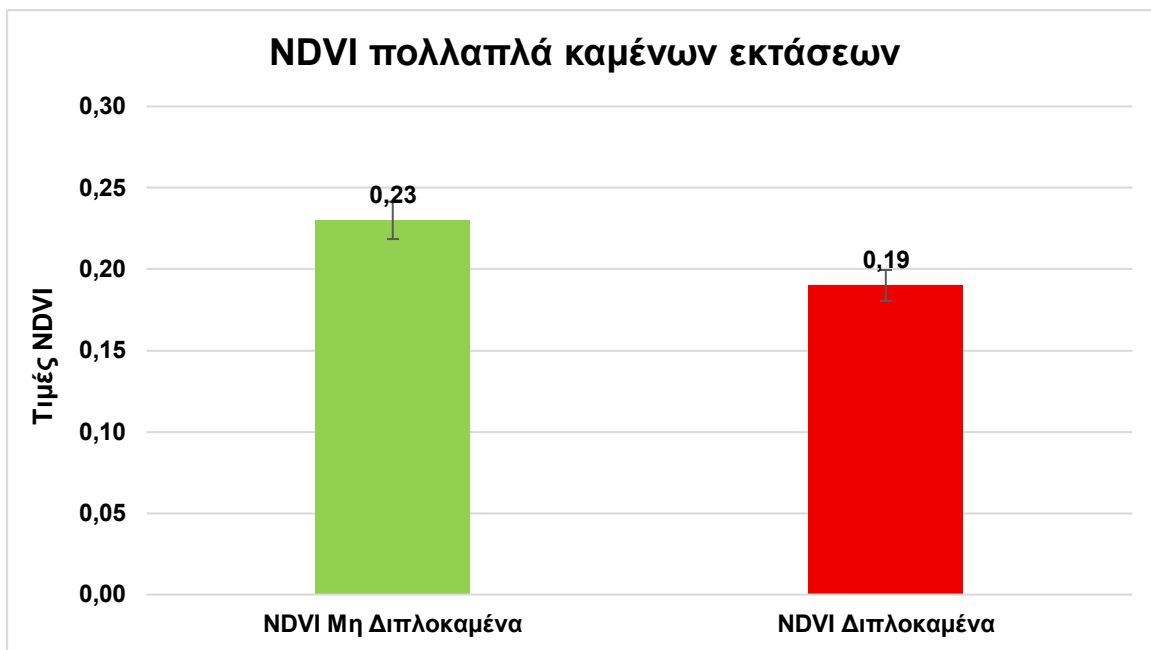
Εικόνα 23: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Μάνδρας



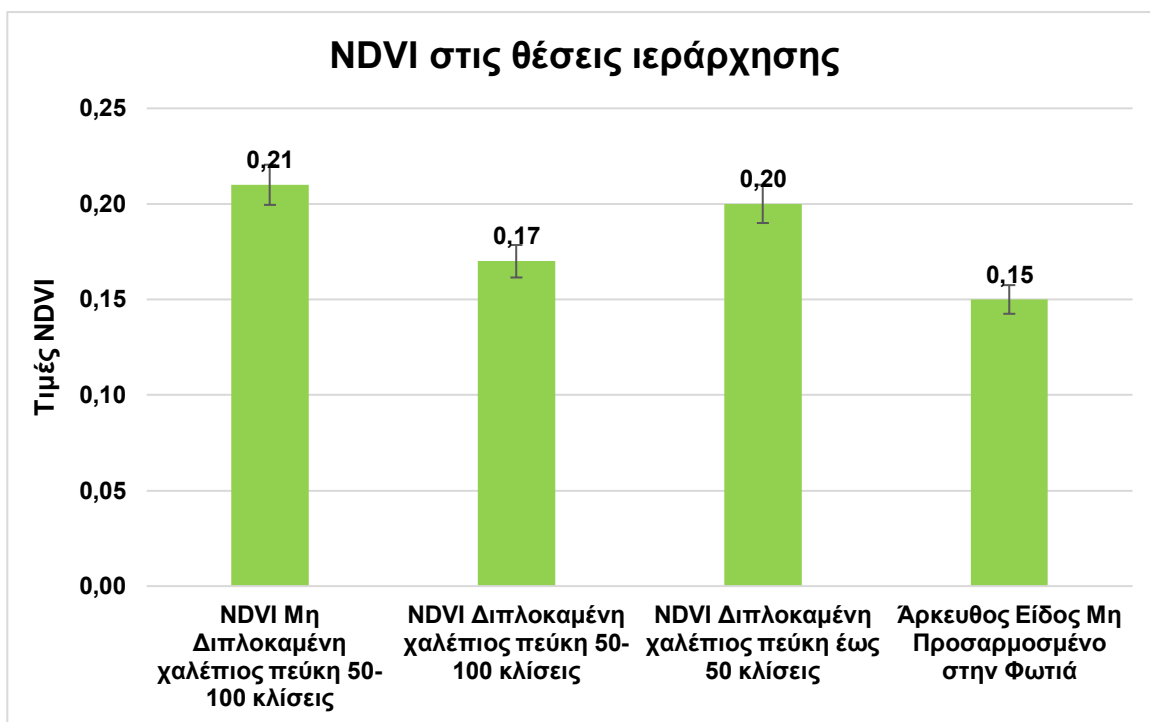
Εικόνα 26: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Μάνδρας



Εικόνα 25: Σημεία δειγματοληψίας NDVI σύμφωνα με την ιεράρχηση περιοχών που μπορεί να αντιμετωπίσουν προβλήματα στη φυσική τους αποκατάσταση στην καμένη έκτασή της



Εικόνα 28: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI σε πολλαπλές και μη πολλαπλές καμένες εκτάσεις της Μάνδρας



Εικόνα 27: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI στις θέσεις ιεράρχησης της καμένης έκτασης της Μάνδρας

Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει πως οι περιοχές που ιεραρχήθηκαν βάσει των πιθανών προβλημάτων που μπορεί να αντιμετωπίσει η φυσική αναγέννησή τους, θα πρέπει να μπουν υπό καθεστώς μακροσκοπικής παρακολούθησης για τουλάχιστον 5 έτη μετά την πυρκαγιά, γιατί πιθανώς να χρειαστούν ανθρώπινη βοήθεια για την επανάκαμψή τους.

4.1.3 Νήσος Ρόδος

Στο νησί της Ρόδου η καταστροφική πυρκαγιά του 2023 άφησε πίσω της 177.000 στρέμματα καμένης έκτασης από τα οποία το 84,9% ήταν δασικές εκτάσεις με κυρίαρχο είδος την τραχεία πεύκη. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης είναι η χρήση του δείκτη NDVI με χρονοσειρές δορυφορικών δεδομένων Landsat (NASA) σε συνδυασμό με αυτοψίες πεδίου.

Εφαρμογή δορυφορικής τηλεπισκόπησης (Αποτελέσματα)

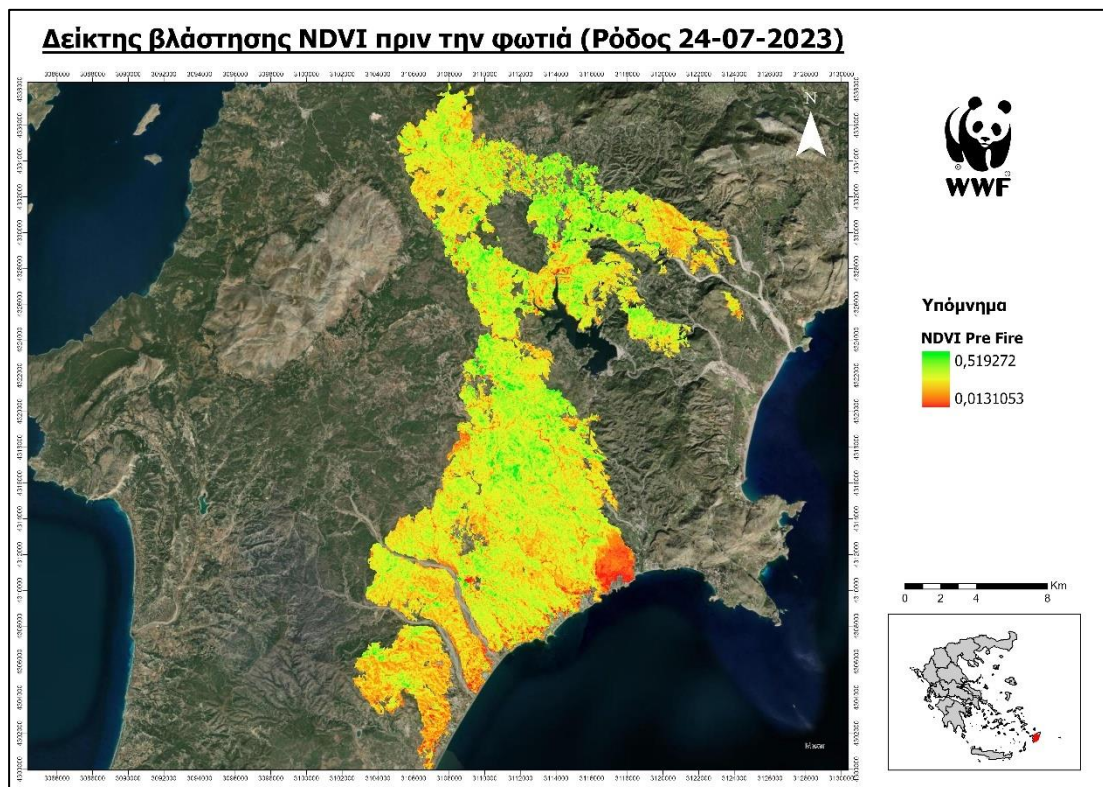
Όπως και στις υπόλοιπες περιοχές, υπολογίστηκε ο δείκτης βλάστησης NDVI από δορυφορικά δεδομένα Landsat 9 σε ολόκληρη την καμένη έκταση με τυχαία δειγματοληψία 5.000 σημείων σε 4 χρονικές περιόδους με σκοπό να καταγραφεί ο βαθμός της συνολικής αναγέννησης.

Από τις μετρήσεις που προέκυψαν (Χάρτες 29 - 33 και Διάγραμμα της εικόνας 34) παρατηρείται μια αύξηση του δείκτη NDVI από την τιμή 0,07 που κυμαινόταν ο δείκτης αμέσως μετά την πυρκαγιά σε 0,20 δύο χρόνια μετά (186% αύξηση). Το δεδομένο αυτό επιβεβαιώθηκε και από τις επισκέψεις πεδίου όπου παρατηρήθηκε πως η συνολική αναγέννηση κινείται σε ικανοποιητικό επίπεδο.

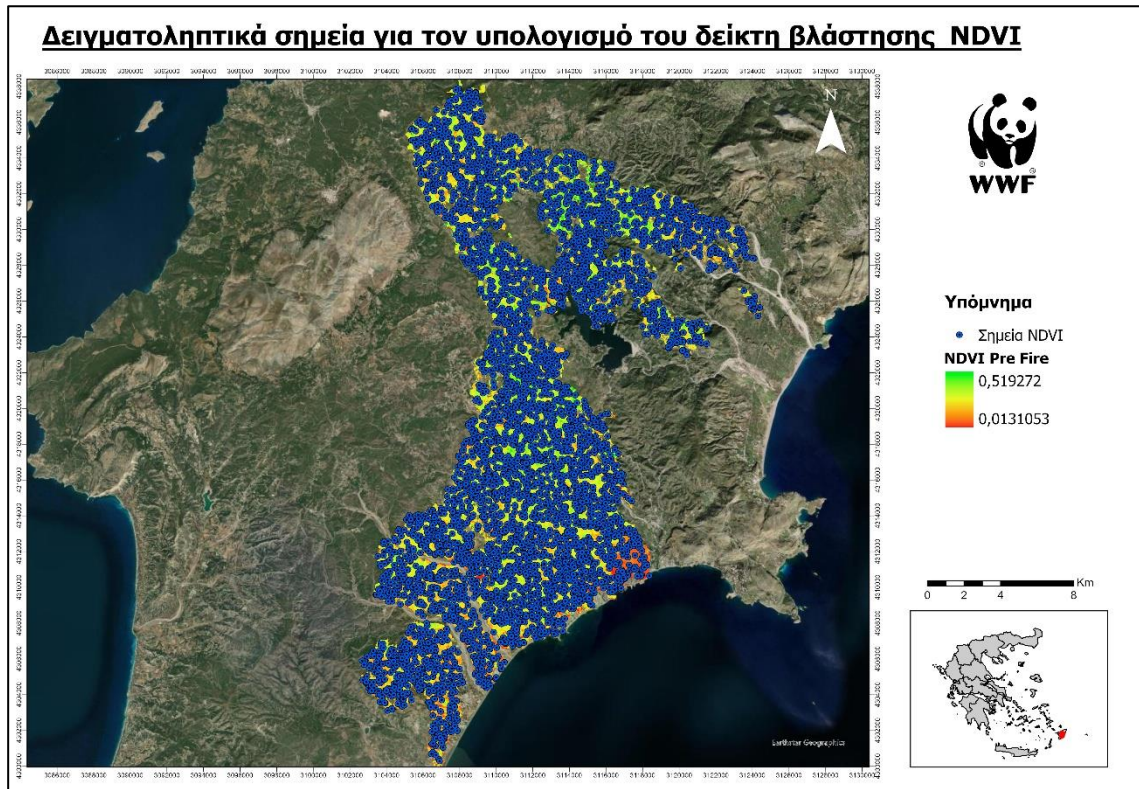
Στις μη πολλαπλά καμένες εκτάσεις παρατηρείται υψηλότερη αναγέννηση όπως καταγράφει ο φασματικός δείκτης βλάστησης NDVI σε σχέση με τις περιοχές που έχουν καεί πολλαπλά σε διάστημα μικρότερο των 20 ετών (Διάγραμμα της εικόνας 36).

Όπως και στην περίπτωση της Μάνδρας, η πυρκαγιά της Ρόδου μελετήθηκε και ιεραρχήθηκε σε σχέση με τη μορφολογία του εδάφους, τη φυτική σύνθεση, το ιστορικό των πυρκαγιών και τις κλίσεις. Από τις μετρήσεις του δείκτη NDVI στις θέσεις ιεράρχησης στην περιοχή της Ρόδου προκύπτει ότι στις μη διπλοκαμένες εκτάσεις τραχείας πεύκης με κλίσεις έως 50% φαίνεται ότι η αναγέννηση πηγαίνει πολύ καλύτερα σε σχέση με τις διπλοκαμένες εκτάσεις, αλλά και τις διπλοκαμένες εκτάσεις με κλίσεις 50 – 100%. Για την επιβεβαίωση της εικόνας στη Ρόδο, θα χρειαστεί περισσότερη διερεύνηση και αυτοψίες πεδίου, αλλά και δορυφορικές παρατηρήσεις τα επόμενα χρόνια για μια πιο τεκμηριωμένη εικόνα της κατάστασης της περιοχής. Τέλος η χαμηλότερη αναγέννηση παρατηρείται στις εκτάσεις όπου κυρίαρχο είδος ήταν η άρκευθος, κάτι που συμβαίνει, όπως αναφέρθηκε, γιατί το συγκεκριμένο είδος δεν διαθέτει μηχανισμούς

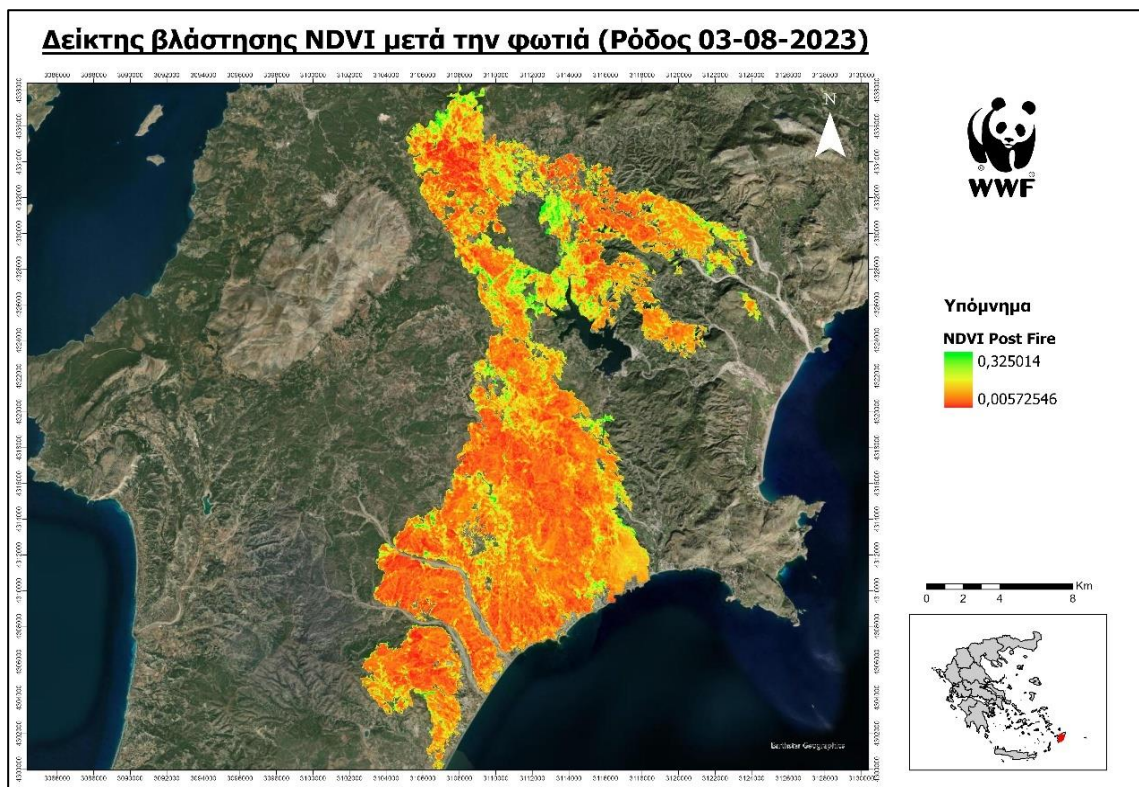
αναγέννησης. Η αναγέννηση του είδους εξαρτάται από τους εναπομείναντες άκαυτους πληθυσμούς.



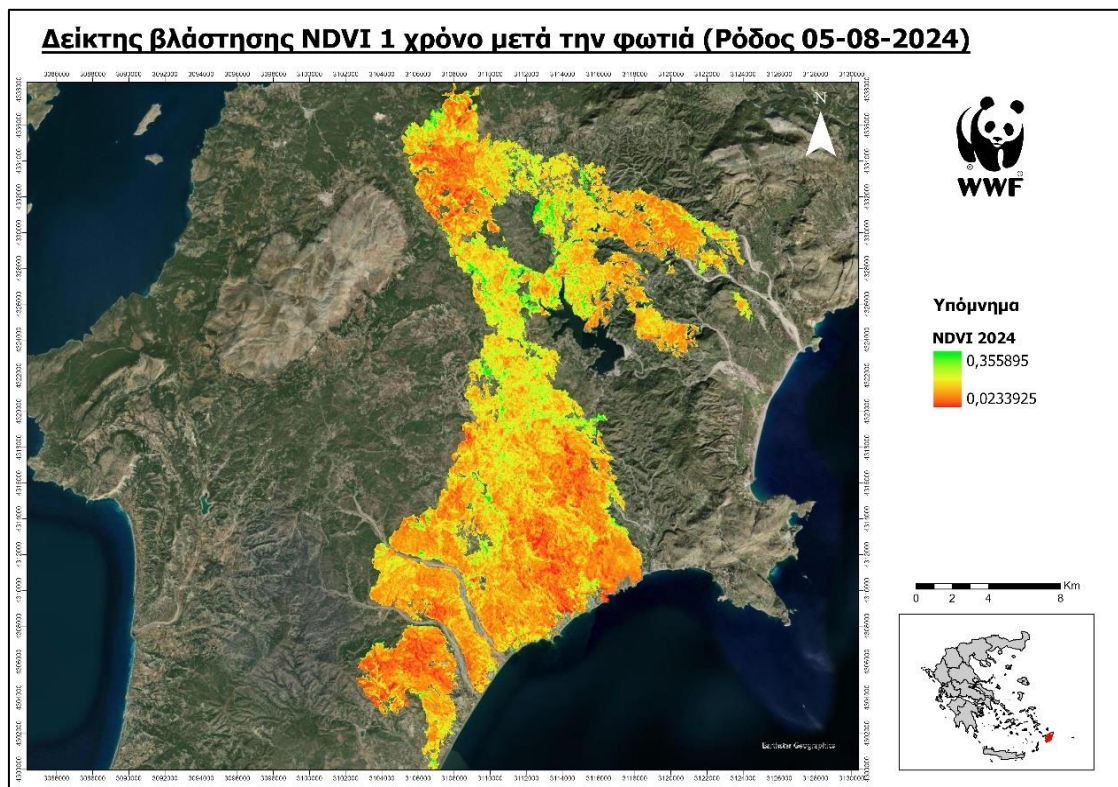
Εικόνα 29: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου



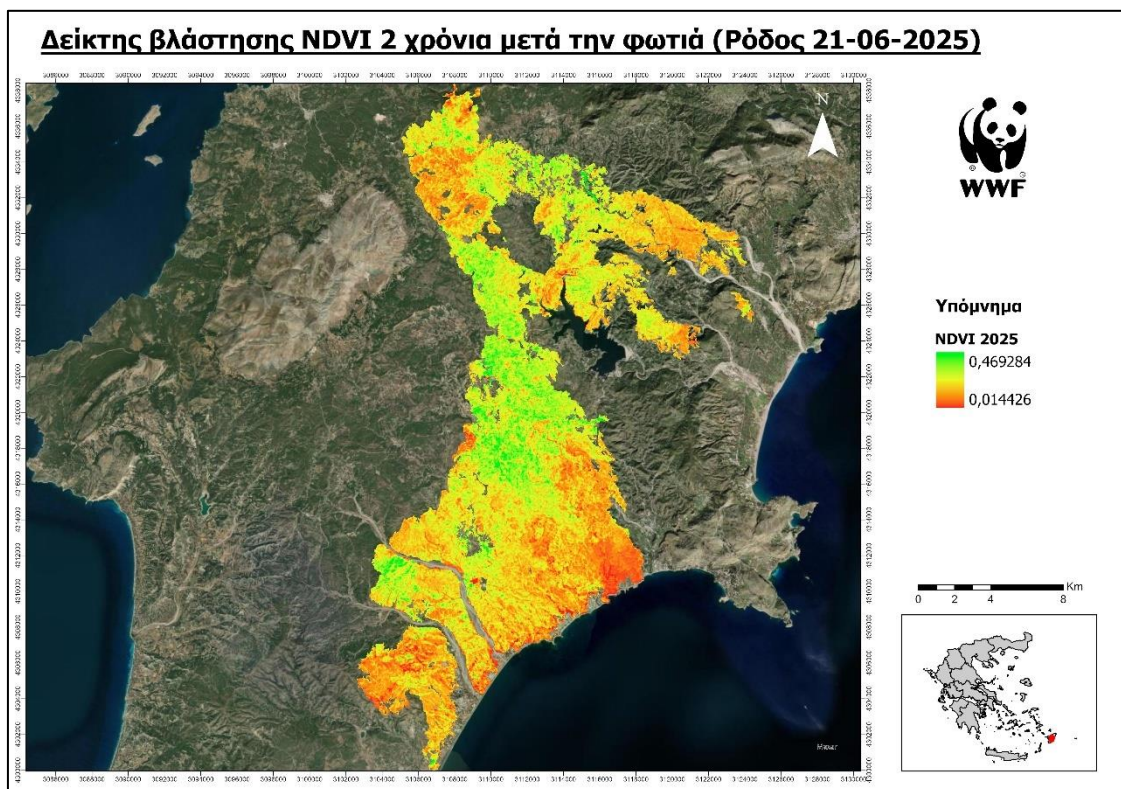
Εικόνα 30: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Ρόδου



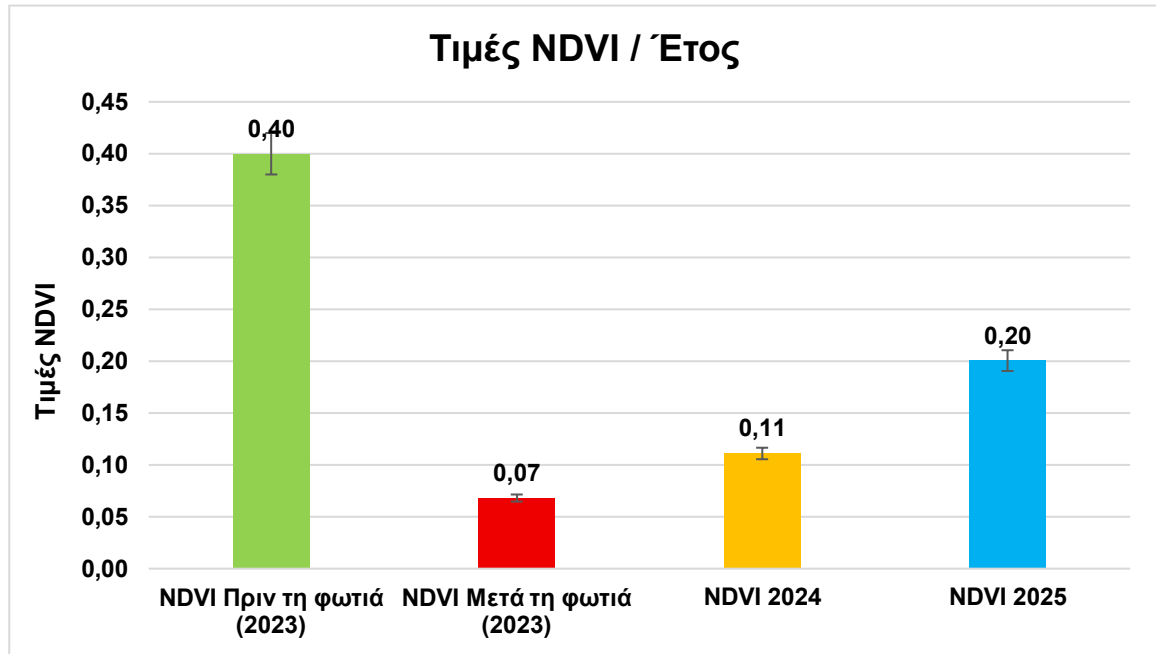
Εικόνα 31: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου



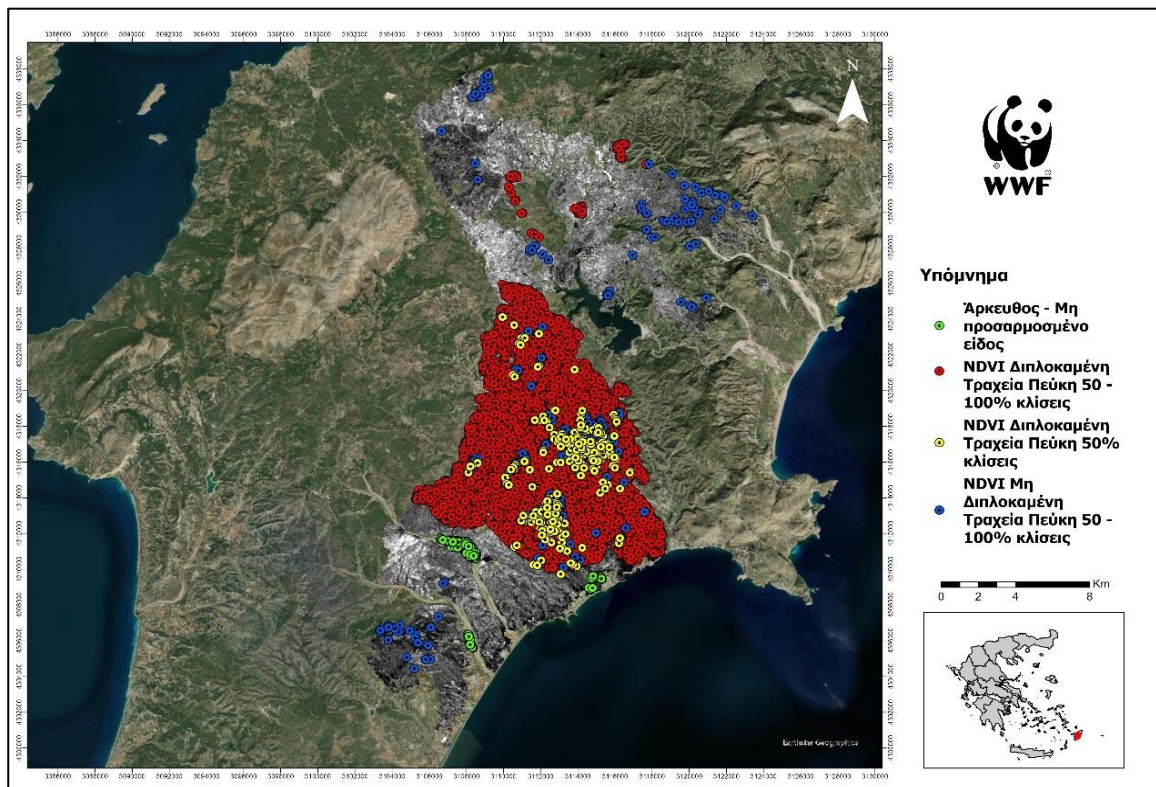
Εικόνα 32: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 1 χρόνο μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου



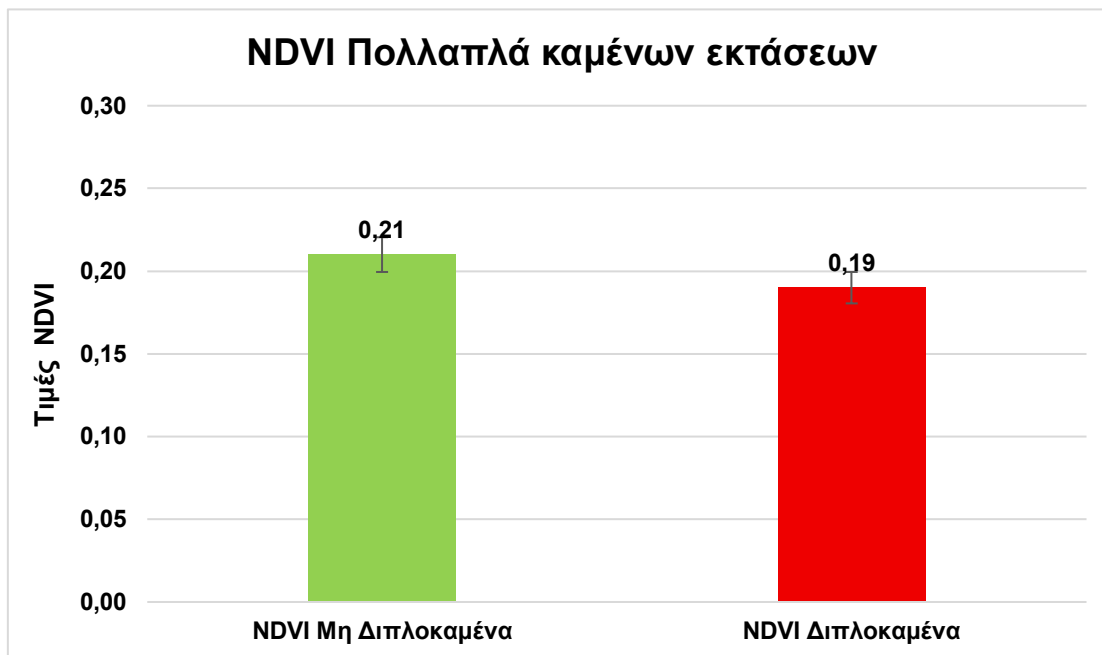
Εικόνα 33: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Ρόδου



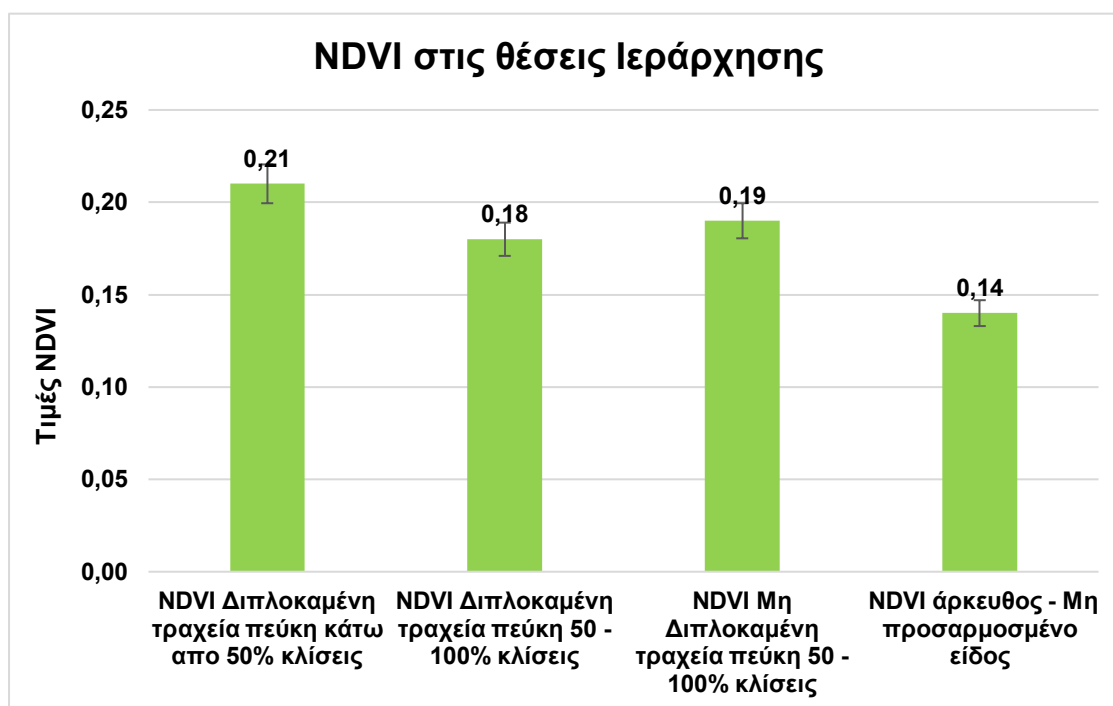
Εικόνα 35: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Ρόδου



Εικόνα 34: Σημεία δειγματοληψίας NDVI σύμφωνα με την ιεράρχηση περιοχών που μπορεί να έχουν πρόβλημα στη φυσική τους αποκατάσταση στην καμένη έκταση της Ρόδου



Εικόνα 37: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI σε πολλαπλές και μη πολλαπλές καμένες εκτάσεις της Ρόδου



Εικόνα 36: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI στις θέσεις ιεράρχησης στη καμένη έκταση της Ρόδου

4.1.4 Όρος Πάρνηθα (Αττική)

Στην περιοχή του όρους Πάρνηθα η καταστροφική πυρκαγιά του 2023 άφησε πίσω της 61.000 στρέμματα καμένης έκτασης από τα οποία το 90,3% ήταν δασικές εκτάσεις με κυρίαρχο είδος την τραχεία πεύκη. Η Πάρνηθα είναι μία από τις πολλές περιοχές της Αττικής που έχουν πληγεί πολύ από δασικές πυρκαγιές τα τελευταία χρόνια με κίνδυνο την αδυναμία φυσικής ανάκαμψης των οικοσυστημάτων της. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για την παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης είναι η χρήση του δείκτη NDVI με χρονοσειρές δορυφορικών δεδομένων Landsat (NASA) και αυτοψίες πεδίου.

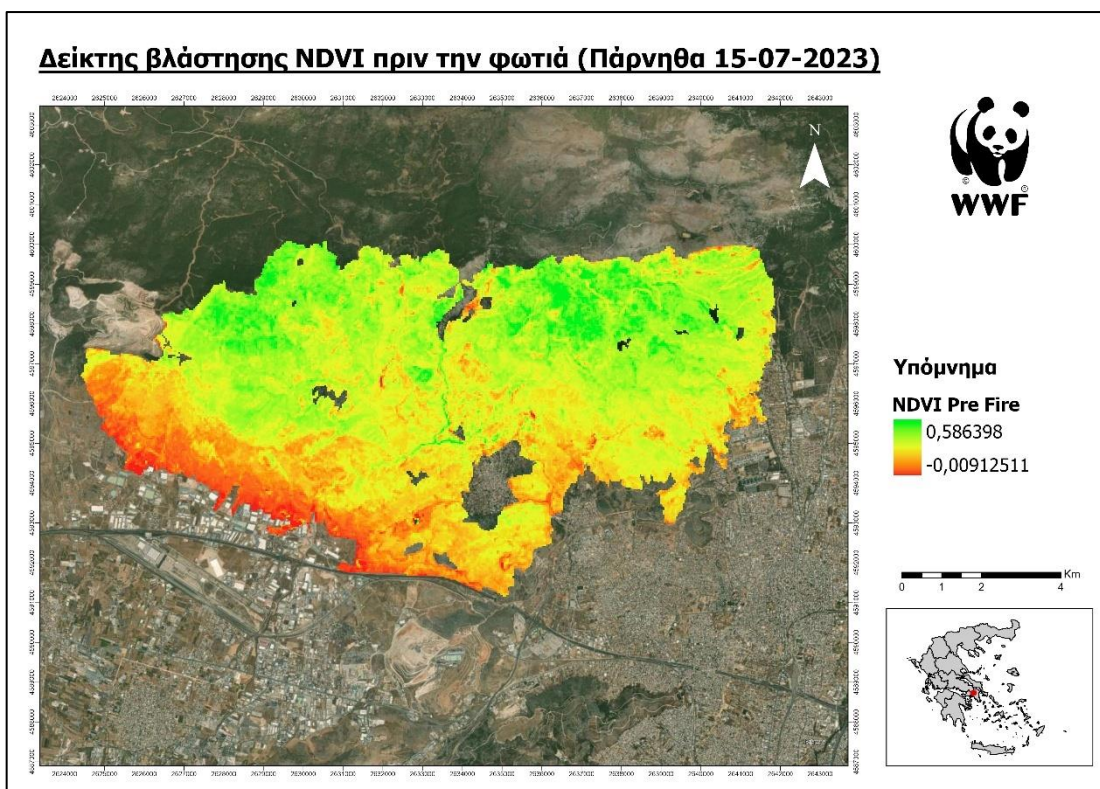
Εφαρμογή δορυφορικής τηλεπισκόπησης (Αποτελέσματα)

Όπως και στις προηγούμενες περιπτώσεις, υπολογίστηκε ο δείκτης βλάστησης NDVI από δορυφορικά δεδομένα Landsat 9 σε ολόκληρη την καμένη έκταση. Η ανάλυση βασίστηκε σε τυχαία δειγματοληψία 5.000 σημείων, καλύπτοντας τέσσερις διαφορετικές χρονικές περιόδους που περιλάμβαναν το άμεσο μεταπυρικό στάδιο και τα δύο πρώτα χρόνια αποκατάστασης.

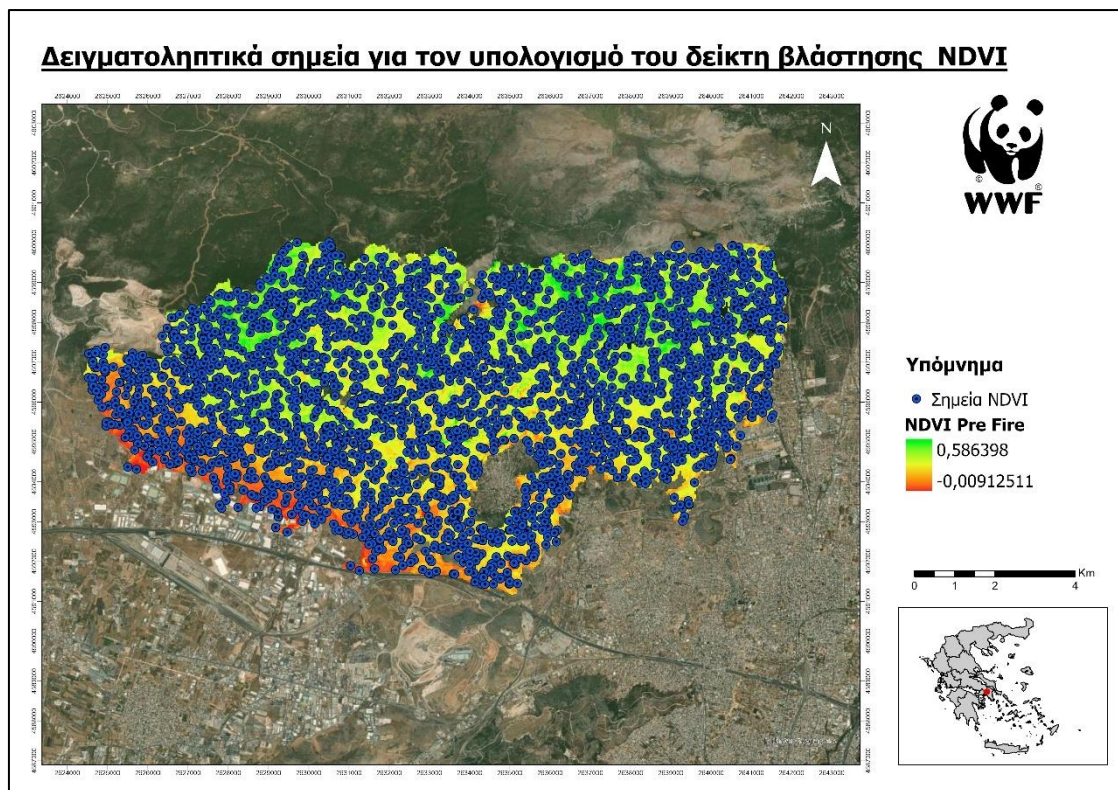
Όπως αποτυπώνεται στους Χάρτες 38 - 42 και στο Διάγραμμα της εικόνας 43, οι τιμές του δείκτη NDVI εμφανίζουν σταθερή αυξητική τάση στο σύνολο της περιοχής. Συγκεκριμένα, αμέσως μετά την πυρκαγιά, ο δείκτης καταγράφηκε σε χαμηλά επίπεδα (περίπου 0,07), αντανakλώντας τη σχεδόν πλήρη καταστροφή της φυτοκάλυψης. Δύο χρόνια αργότερα, η μέση τιμή του NDVI ανήλθε στο 0,20, καταγράφοντας αύξηση της τάξης του 186%, γεγονός που υποδηλώνει σημαντική πρόοδο στη φυσική αποκατάσταση του φυτικού καλύμματος και την επανεγκατάσταση πρωτογενών φυτικών ειδών. Η συνολική αναγέννηση της βλάστησης κρίνεται ικανοποιητική, αν και ετερογενής σε διαφορετικά μορφολογικά και οικολογικά περιβάλλοντα εντός της καμένης περιοχής.

Όπως και στις περιπτώσεις της Μάνδρας και της Ρόδου, η πυρκαγιά της Πάρνηθας μελετήθηκε και ιεραρχήθηκε επιπρόσθετα και σε σχέση με τη μορφολογία του εδάφους, τη φυτική σύνθεση, το ιστορικό των πυρκαγιών και τις κλίσεις (Εικόνα 44). Από την ανάλυση αυτή προκύπτει ότι στις εκτάσεις που έχουν καεί μόνο μία φορά τα τελευταία 20 έτη και παρουσιάζουν μεγάλες κλίσεις (50–100%), η φυσική αναγέννηση εξελίσσεται ικανοποιητικά, πιθανότατα λόγω της διατήρησης σπερμάτων στο έδαφος και της ευνοϊκής μικροκλιματικής σταθερότητας που διατηρούν οι πιο δύσβατες περιοχές στην περιοχή της Πάρνηθας. Αντίθετα, στις εκτάσεις που έχουν καεί περισσότερες από μία φορές (διπλοκαμένες εκτάσεις), η αναγέννηση εμφανίζεται περιορισμένη, ιδιαίτερα στις περιοχές με μεγάλες κλίσεις, όπου παρατηρείται αυξημένη απορροή, απομάκρυνση σπερμάτων και εδαφικού υλικού λόγω διάβρωσης. Σε αυτές τις περιπτώσεις, καλύτερες συνθήκες αναγέννησης καταγράφονται σε περιοχές με μικρότερες κλίσεις (έως 50%), όπου οι απώλειες σπερμάτων λόγω επιφανειακής απορροής είναι μικρότερες και οι συνθήκες εδαφικής σταθερότητας ευνοούν τη φυσική αναγέννηση (Διάγραμμα της εικόνας 46).

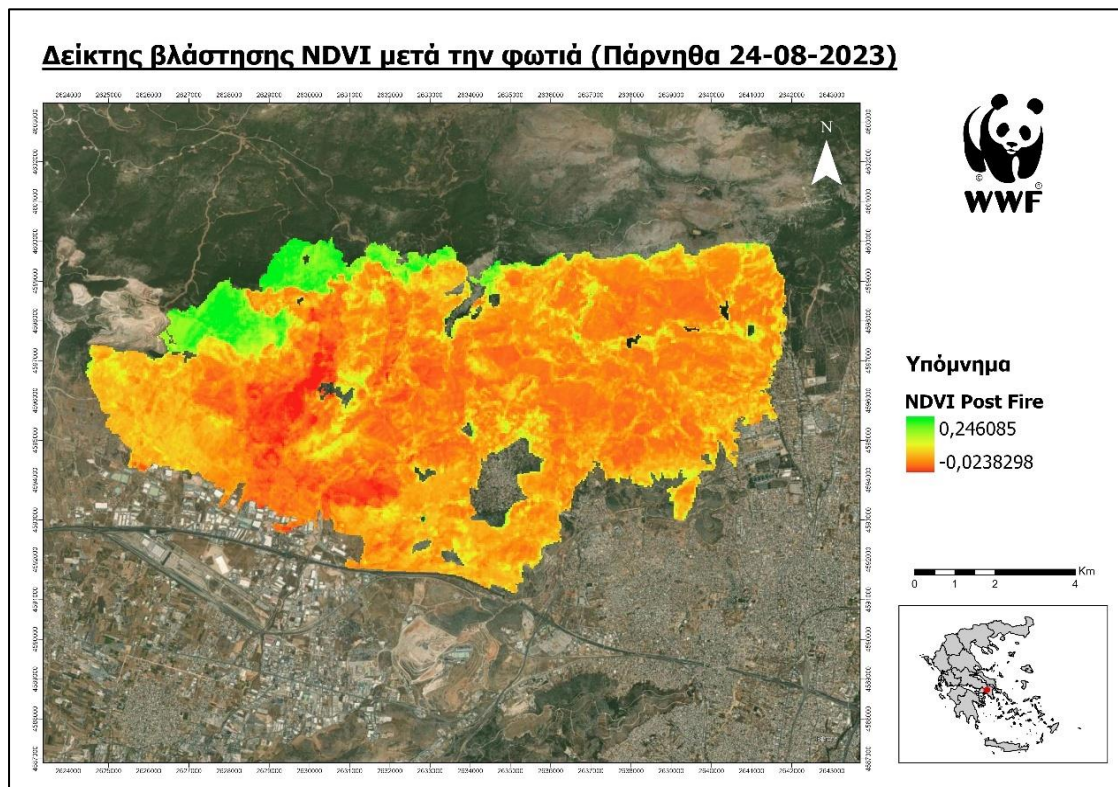
Συνοψίζοντας, από τη χαρτογράφηση και ανάλυση του δείκτη NDVI στις περιοχές ιεράρχησης της Πάρνηθας προκύπτει ότι οι εκτάσεις που έχουν υποστεί λιγότερες πυρκαγιές (ή που δεν έχουν καεί πολλαπλά μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα, κάτω των 20 ετών) εμφανίζουν σαφώς υψηλότερα ποσοστά φυσικής αναγέννησης. Αντίθετα, οι πολλαπλά καμένες περιοχές δείχνουν μειωμένη αναγεννητική ικανότητα, επιβεβαιώνοντας τον αρνητικό συσχετισμό μεταξύ συχνότητας πυρκαγιών και φυσικής αποκατάστασης (βλ. Διάγραμμα της εικόνας 45). Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει πως οι περιοχές που ιεραρχήθηκαν βάσει των πιθανών προβλημάτων που μπορεί να αντιμετωπίσει η φυσική αναγέννησή τους, θα πρέπει να μπουν υπό καθεστώς μακροσκοπικής παρακολούθησης για τουλάχιστον 5 έτη μετά την πυρκαγιά, γιατί πιθανώς να χρειαστούν ανθρώπινη βοήθεια για την επανάκαμψή τους.



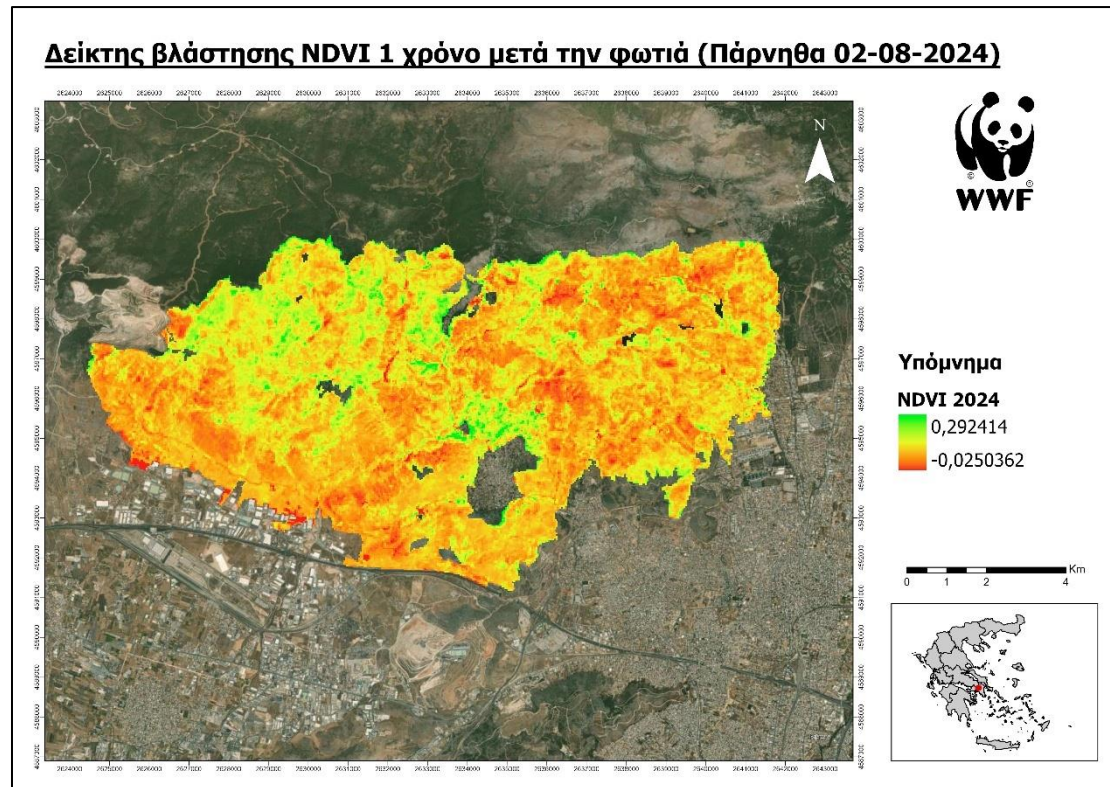
Εικόνα 38: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI πριν την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας



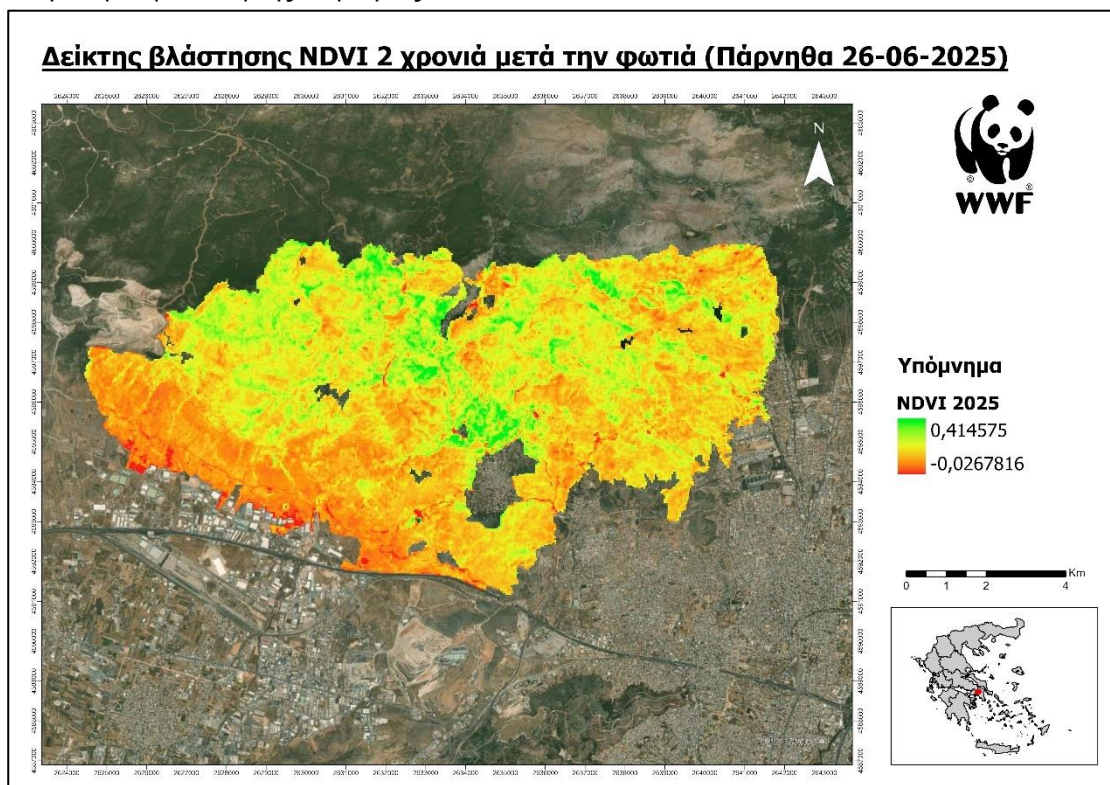
Εικόνα 39: Δειγματοληπτικά σημεία για τον υπολογισμό του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI στην καμένη έκταση της Πάρνηθας



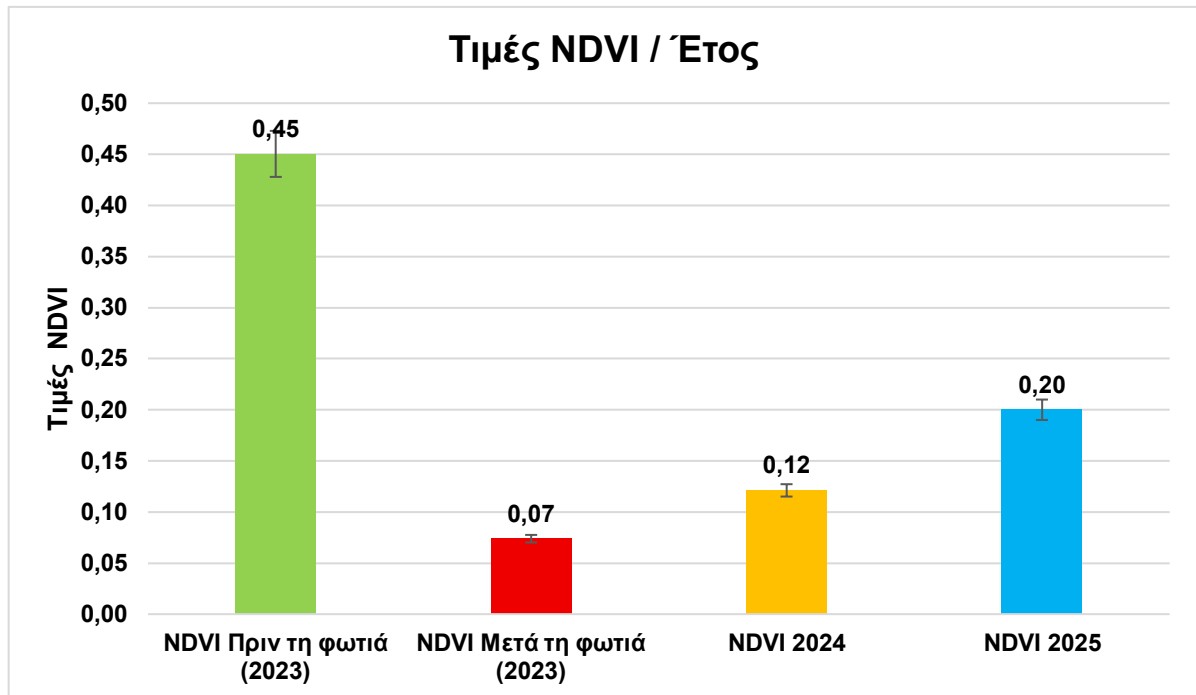
Εικόνα 40: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας



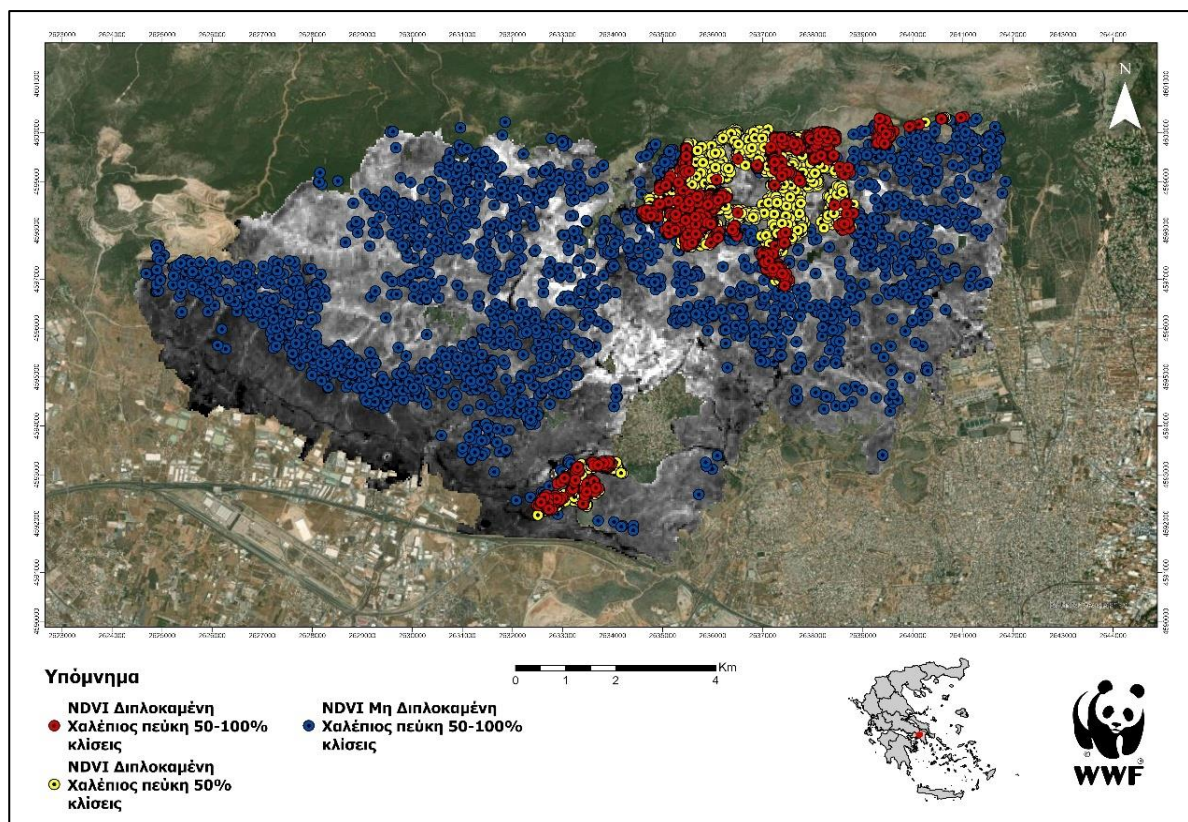
Εικόνα 41: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 1 χρόνο μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας



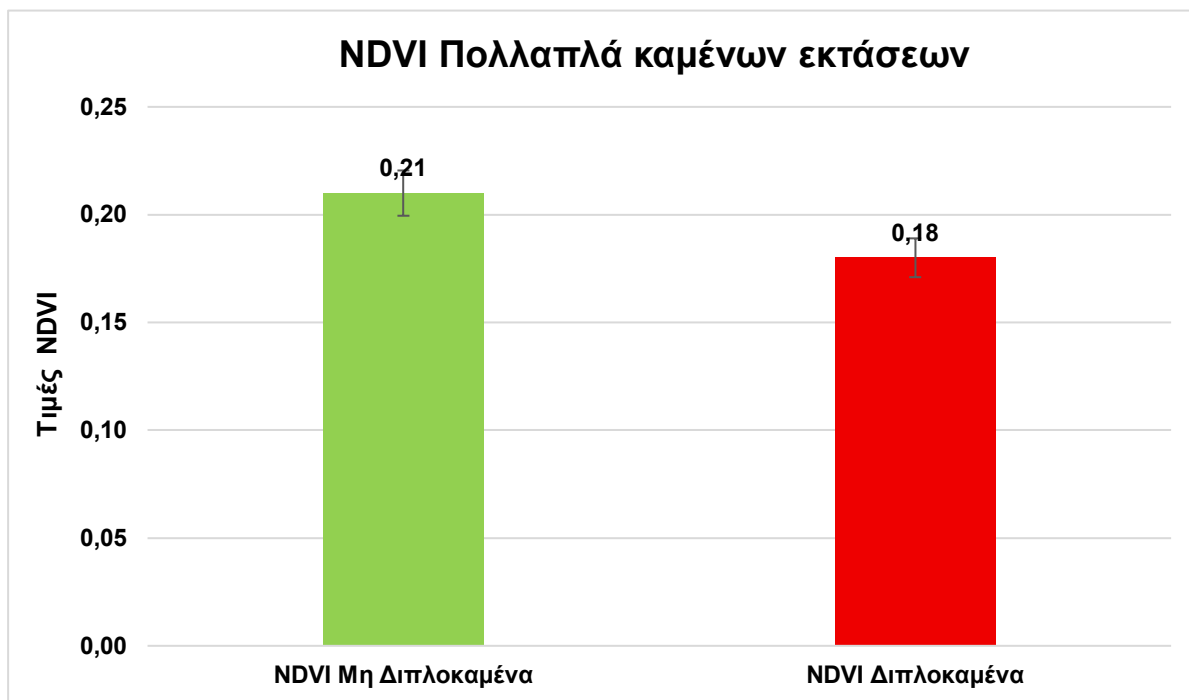
Εικόνα 42: Υπολογισμός του φασματικού δείκτη βλάστησης NDVI 2 χρόνια μετά την πυρκαγιά στην καμένη έκταση της Πάρνηθας



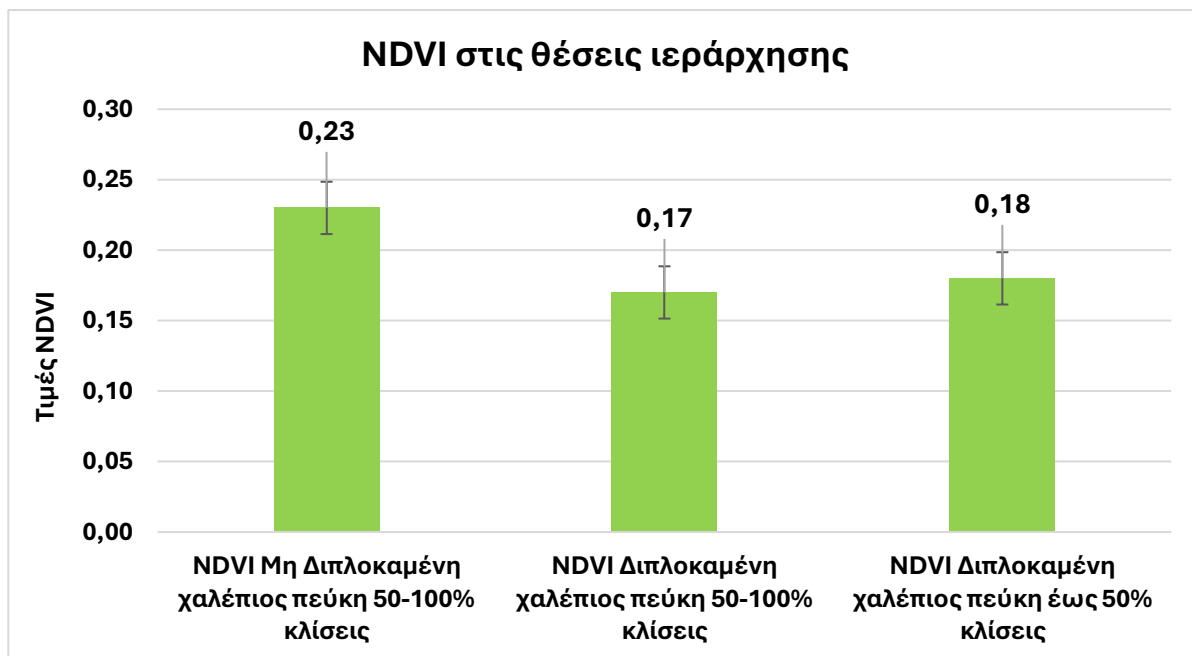
Εικόνα 43: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI ανά έτος στην καμένη έκταση της Πάρνηθας



Εικόνα 44: Σημεία δειγματοληψίας NDVI σύμφωνα με την ιεράρχηση περιοχών που μπορεί να έχουν πρόβλημα στη φυσική τους αποκατάσταση στην καμένη έκταση της Πάρνηθας



Εικόνα 45: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI σε πολλαπλές και μη πολλαπλές καμένες εκτάσεις της Πάρνηθας



Εικόνα 46: Διάγραμμα απεικόνισης τιμών NDVI στις θέσεις ιεράρχησης στη καμένη έκταση της Πάρνηθας

5. Συμπεράσματα

Η παρούσα μελέτη ανέδειξε τη δυναμική και τις ιδιαιτερότητες της φυσικής αναγέννησης σε αντιπροσωπευτικά μεσογειακά οικοσυστήματα που επλήγησαν από μεγάλες δασικές πυρκαγιές τα έτη 2021 και 2023. Η συνδυαστική χρήση μεθοδολογιών πεδίου και δορυφορικής τηλεπισκόπησης επέτρεψε την ολοκληρωμένη παρακολούθηση της μεταπυρικής πορείας τεσσάρων κρίσιμων περιοχών: της Βόρειας Εύβοιας, της Μάνδρας Αττικής, της Πάρνηθας και της Ρόδου.

Τα βασικά συμπεράσματα συνοψίζονται ως εξής:

- Η φυσική αναγέννηση παρατηρείται ήδη από τους πρώτους μεταπυρικούς μήνες, κυρίως λόγω των μηχανισμών που διαθέτουν τα μεσογειακά είδη, όπως η χαλέπιος πεύκη, οι δρύες και οι θάμνοι της μακίας. Η αναγέννηση αυτή είναι ιδιαίτερα έντονη στις περιοχές που κάηκαν για πρώτη φορά ή δεν έχουν καεί ξανά τα τελευταία 20 χρόνια.
- **Η δριμύτητα της πυρκαγιάς και η μορφολογία του εδάφους αποτελούν κρίσιμους παράγοντες διαφοροποίησης της αναγεννητικής δυναμικής.** Σε εκτάσεις με μεγάλη κλίση και υψηλή δριμύτητα καύσης, παρατηρούνται χαμηλότερα ποσοστά αναγέννησης, κυρίως λόγω της απομάκρυνσης του σπορικού δυναμικού και της αυξημένης εδαφικής διάβρωσης.
- **Η ανάλυση του δείκτη NDVI κατέγραψε εντυπωσιακή αύξηση της φυτοκάλυψης σε όλες τις περιοχές, φτάνοντας ακόμα και σε υψηλότερες τιμές από τις προπυρικές σε ορισμένες περιπτώσεις.** Το φαινόμενο αυτό αποδίδεται στην επικράτηση ποώδους βλάστησης και νεαρών δενδρυλλίων, που παρουσιάζουν υψηλότερη φασματική αντανάκλαση.
- Σε περιοχές με ψυχρόβια κωνοφόρα (ελάτη, μαύρη πεύκη), αλλά και σε κάποια είδη χαμηλότερων υψομέτρων όπως η άρκευθος, οι μηχανισμοί φυσικής αναγέννησης είναι ανεπαρκείς ή ανύπαρκτοι, καθιστώντας, τις περισσότερες φορές, απαραίτητες τις τεχνητές παρεμβάσεις αποκατάστασης στο μέλλον.
- **Η επαναλαμβανόμενη δράση της φωτιάς σε διάστημα μικρότερο των 20 ετών περιορίζει σημαντικά την αναγεννητική ικανότητα των οικοσυστημάτων,** γεγονός που επιβεβαιώθηκε τόσο μέσω δορυφορικής ανάλυσης όσο και επιτόπιων παρατηρήσεων.

- Τα ποώδη είδη εμφανίζονται ιδιαίτερα ανθεκτικά ανεξαρτήτως της έντασης της φωτιάς, ενώ τα ξυλώδη είδη παρουσιάζουν σαφή διαφοροποίηση ανάλογα με το είδος, τη δριμύτητα και το ιστορικό των πυρκαγιών.
- Η παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης μέσω δορυφορικών δεδομένων αποδείχθηκε αποτελεσματική για τη γρήγορη αποτύπωση της κατάστασης μεγάλων εκτάσεων, ενώ η επιβεβαίωση με επιτόπιες επισκέψεις επιβεβαίωσε την εγκυρότητα των δορυφορικών ευρημάτων.

Διαχειριστικές επισημάνσεις

Η ανάλυση των δεδομένων υποδεικνύει ότι στις περισσότερες περιοχές η φυσική αναγέννηση εξελίσσεται ομαλά και δεν απαιτούνται εκτεταμένες τεχνητές επεμβάσεις. Ωστόσο, είναι απαραίτητη:

- Η συνέχιση της παρακολούθησης τουλάχιστον μέχρι τα 5 πρώτα έτη μετά από κάθε πυρκαγιά, για την αποτίμηση της δομής, της σύστασης και της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας της νέας βλάστησης,
- Η στοχευμένη παρέμβαση σε περιοχές με πολλαπλές καύσεις ή σε οικοσυστήματα ειδών που δεν εμφανίζουν σημάδια φυσικής ανάκαμψης,
- Η πρόληψη δευτερογενών πιέσεων, όπως η ανεξέλεγκτη βόσκηση η παράνομη υλοτομία, η κάθε είδους αλλαγή χρήσης γης, που θα μπορούσαν να εκτρέψουν τη φυσική διαδοχή.
- Η προστασία των περιοχών αυτών από την εκδήλωση νέων πυρκαγιών. Θα πρέπει ο μηχανισμός πρόληψης και πυροπροστασίας να θέσει ως προτεραιότητα τις περιοχές που βρίσκονται υπό διαδικασία φυσικής αναγέννησης ώστε να μην καούν ξανά για 20 έτη

Συνολικά συμπεράσματα

Η μελέτη επιβεβαιώνει τη φυσική ανθεκτικότητα των μεσογειακών οικοσυστημάτων απέναντι στις πυρκαγιές, εφόσον τηρούνται οι φυσιολογικοί κύκλοι επανάληψης και δεν υπερβαίνεται η αντοχή των οικολογικών μηχανισμών τους. Αντίστοιχα, επιβεβαιώνονται τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν στην αποκατάστασή τους τα είδη που δεν φέρουν μηχανισμούς φυσικής αναγέννησης. Η επιστημονική παρακολούθηση τέτοιων φαινομένων αποτελεί απαραίτητο εργαλείο για τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων διαχείρισης και αποκατάστασης.

6. Βιβλιογραφία

Alphan, H. & Derse, M.A. (2013). Change detection in Southern Turkey using normalized difference vegetation index (NDVI). *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 21(1): 12-18. doi:10.3846/16486897.2012.663091.

Arianoutsou, M. (1998). Aspects of Demography in Post-Fire Mediterranean Plant Communities of Greece. In: *Landscape Disturbance and Biodiversity in Mediterranean-Type Ecosystems.*, Rundel P.W., Montenegro, G., Jaksic, F.M. (eds). *Ecological Studies*, vol 136.

Arianoutsou-Faraggitaki M. and Margaris N.S. (1981). Early stages of regeneration after fire in a phryganic ecosystem. I. Regeneration by seed germination. *Biologia Ecologia Mediterranea* 8: 119-128.

Arianoutsou, M. and Thanos, C.A. (1996). Legumes in the Fire-Prone Mediterranean Regions: an Example From Greece. *International Journal of Wildland Fire* 6: 77-82.

Arianoutsou, M. and Ne'eman, G. (2000). Post-Fire Regeneration of natural *Pinus halepensis* forests in the eastern Mediterranean basin. In: *Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*, G. Ne'eman & L. Trabaud (eds.), 269-289. Leiden, the Netherlands: Backhuys Publishers.

Arianoutsou, M. and Vilà, M. (2013). Fire and Invasive Plant Species in the Mediterranean Basin. *Israel Journal of Ecology & Evolution* 58: 195-203. doi:10.1560/IJEE.58.2-3.195.

Arianoutsou M., Kazanis D., Kokkoris Y., Skourou P. (2002). Land-use interactions with fire in Mediterranean *Pinus halepensis* landscapes of Greece: patterns of biodiversity. In: Viegas, D.X. (ed.), *Proceedings of the 4th International Conference of Forest Fire Research*, Luso, Portugal (CD-ROM edition).

Arianoutsou M., Christopoulou A., Kazanis D., Tountas Th., Ganou E., Bazos I., Kokkoris I., (2010). Effects of fire on high altitude coniferous forests of Greece. VI International Conference on Forest Fire Research. D.X. Viegas (Ed.), electronic edition.

Aschman H. (1973). Distribution and peculiarity of Mediterranean ecosystems. In: di Castri F. and Mooney H. (eds.), *Mediterranean Type Ecosystems*, Springer-Verlag, Berlin, pp 11-19

Arianoutsou, M. (2019). Assessing the impact of different landscape features on post-fire forest recovery with multitemporal remote sensing data: the case of Mount Taygetos (southern Greece). *International Journal of Wildland Fire* 28(7): 521-532. doi:10.1071/WF18153.

Daskalakou, E.N. and Thanos, C.A. (1996). Aleppo Pine (*Pinus halepensis*) Postfire Regeneration: the Role of Canopy and Soil Seed Banks» *International Journal of Wildland Fire* 6: 59-66. <https://doi.org/10.1071/WF9960059>

Daskalakou, E.N. and Thanos, C.A. (1997). Post-fire establishment and survival of Aleppo pine seedlings. *Forest Fire Risks and Management, Proceedings of the European school of climatology and natural hazards, Chalkidiki, Greece*, pp. 357-368.

Debano L.F., Osborn J.F., Krammes J.S., Letry J. (1967). Soil wettability and wetting agents. Our current knowledge of the problem. USDA, Forest Service, Research Paper, PSW-43, Berkeley, USA.

De las Heras, J., Martínez-Sánchez, J.J., González-Ochoa, A.I., Ferrandis, P., Herranz, J.M. (2002). Establishment of *Pinus halepensis* Mill. saplings following fire: effects of competition with shrub species. *Acta Oecologica* 23(2): 91-97. [https://doi.org/10.1016/S1146-609X\(02\)01138-4](https://doi.org/10.1016/S1146-609X(02)01138-4).
Díaz-Delgado, R., Lloret, F

Kazanis, D. and Arianoutsou, M. (1996). Vegetation Composition in a Post-Fire Successional Gradient of *Pinus halepensis* Forests in Attica, Greece. *International Journal of Wildland Fire* 6: 83-91. doi:10.1071/WF9960083.

Kazanis, D. and Arianoutsou, M. (2002). Long term post-fire dynamics of *Pinus halepensis* forests of Central Greece: plant community patterns. *Book of Abstracts of the 4th International conference on Forest Fire research*. Luso, Portugal (Millpress), electronic edition, 18-23.

Kazanis, D. and Arianoutsou, M. (2004a). Long-term post-fire vegetation dynamics in *Pinus halepensis* forests of Central Greece: A functional group approach. *Plant Ecology* 171: 101–121. <https://doi.org/10.1023/B:VEGE.0000029376.15741.b4>.

Kazanis, D., and M. Arianoutsou (2004b). Factors determining low Mediterranean ecosystems resilience to fire: The case of *Pinus halepensis* forests. In: M. Arianoutsou and V.P. Papanastasis, (eds). *Ecology, Conservation and Management of Mediterranean Climate Ecosystems*. Millpress, (electronic edition)

Kazanis D., Gimeno T., Pausas J., Vallejo R., Arianoutsou M. (2007). Characterization of fire vulnerable *Pinus halepensis* ecosystems in Spain and Greece. In: Leone V. & Lovreglio R. (eds.),

Mallinis G. and Koutsias N. (2012) Comparing ten classification methods for burned area mapping in a Mediterranean environment using Landsat TM satellite data. *International Journal of Remote Sensing* 33: 4408–4433.

Mallinis G., Mitsopoulos I., Chrysafi I. (2018) Evaluating and comparing Sentinel 2A and Landsat-8 Operational Land Imager (OLI) spectral indices for estimating fire severity in a Mediterranean pine ecosystem of Greece. *GIScience & Remote Sensing* 55: 1–18.

Moravec J. (1990). Regeneration of NW African *Pinus halepensis* forests following fire. *Vegetatio* 87: 29-36.

Papavassiliou, S. and Arianoutsou M. (1993). Regeneration of the leguminous herbaceous vegetation following fire in a *Pinus halepensis* forest of Attica, Greece, In: L. Trabaud and R. Prodon (Eds), *Fire in Mediterranean Ecosystem*, pp 119-126. *Ecosystem Research Report* no 5, Commission of the European Communities, 441p.

Pausas J.G. and Vallejo VR. (1999). The role of fire in European Mediterranean Ecosystems. In: Chuvieco E. (ed.), *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*, Springer-Verlag, pp. 3-16.

Pausas J.G., Carbo E., Caturla RN., Gil JM., Vallejo R. (1999). Post-fire regeneration patterns in the eastern Iberian Peninsula. *Acta Oecologica* 20: 499- 508.

Pausas, J.G., Ouadah, N., Ferran, A., Gimeno, T., Vallejo, R. (2002). Fire severity and seedling establishment in *Pinus halepensis* woodlands, eastern Iberian Peninsula. *Plant Ecology*, 169: 205–213. <https://doi.org/10.1023/A:1026019528443>.

Proceedings of the international workshop MEDPINE 3: conservation, regeneration and restoration of Mediterranean pines and their ecosystems, pp. 131-142. Bari: CIHEAM. <http://om.ciheam.org/article.php?IDPDF=800324>.

Poirazidis, K.S., K. Zografou, P. Kordopatis, D.P. Kalivas, M. Arianoutsou, D. Kazanis, E. Korakaki, (2012). A GIS-based integrated approach predicts accurately post-fire Aleppo pine regeneration at regional scale. *Annals of Forest Science* 69:519–529.

Psomiadis E., Athanasakis G., Chatziantoniou A. (2017). High-resolution Earth Observation data and spatial analysis for burn severity evaluation and post-fire effects assessment in the Island of Chios, Greece. *Proceedings of SPIE (Remote Sensing- Earth Resources and Environmental*

Remote Sensing/GIS Applications), The International Society for Optical Engineering, 10428, 104281P (Warsaw) doi: 10.1117/12.2278271.

Rodriguez-Garcia, E., Gratzner, G., & Bravo, F. (2011). Climatic variability and other site factor influences on natural regeneration of *Pinus pinaster* Ait. in Mediterranean forests. *Annals of Forest Science*, 68: 811-823. doi:10.1007/s13595-011-0078-y.

Rodríguez-García, E., Santana, V. M., Alloza, J. A., Vallejo, V.R. (2022). Predicting natural hyperdense regeneration after wildfires in *Pinus halepensis* (Mill.) forests using prefire site factors, forest structure and fire severity. *Forest Ecology and Management*, 512: 120164. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2022.120164>.

Rother, M. T., and Veblen, T. T. (2016). Limited conifer regeneration following wildfires in dry Ponderosa pine forests of the Colorado Front Range. *Ecosphere*, 7(12): e01594. <https://doi.org/10.1002/ecs2.1594>.

Roy, D.P., Boschetti, L., Trigg, S.N. (2006). Remote sensing of fire severity: assessing the performance of the normalized burn ratio. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 3(1): 112-116. doi:10.1109/LGRS.2005.858485.

Saracino A. and Leone V. (1993). Natural regeneration 2 and 4 years after fire of *Pinus halepensis* Miller in dunal environment. In: Trabaud L. and Prodon R. (eds.), *Fire in Mediterranean Ecosystems*, Ecosystems Research Report no 5, Commission of the European Communities.

Sever L., Leach J., Bren L. (2012). Remote sensing of post-fire vegetation recovery; a study using Landsat 5 TM imagery and NDVI in North-East Victoria. *Journal of Spatial Science*, 57(2): 175-191. doi:10.1080/14498596.2012.733618.

Solans Vila, J.P. and Barbosa, P. (2010). Post-fire vegetation regrowth detection in the Deiva Marina region (Liguria-Italy) using Landsat TM and ETM+ data. *Ecological Modelling*, 221: 75-84. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2009.03.011>.

Tavsanoğlu, C. (2008). The Effect of Aspect on Post-Fire Recovery of a Mixed Lebanon Cedar-Anatolian Black Pine Forest: After the First 5 Years. *Asian Journal of Plant Sciences*, 7: 696-699.

Thanos C.A. and Doussi M.A. (2000). Postfire regeneration of *P. brutia* forests. In: *Ecology, Biogeography and Management of Pinus halepensis and P. brutia Forest Ecosystems in the Mediterranean Basin*, Ne'eman G. & Trabaud L., 291-301. Leiden, The Netherlands: Backhuys Publishers.

Thanos, C.A., Daskalaku, E.N., Nikolaidou, S. (1996). Early post-fire regeneration of a *Pinus halepensis* forest on Mount Parnis, Greece. *Journal of Vegetation Science*, 7: 273-280. <https://doi.org/10.2307/3236328>.

Thanos C.A., Gerorghiou K. Kadis C., Pantazi C. (1992). Cistaceae: a plant family with hard seeds. *Israel Journal of Botany* 41: 251-263.

Thanos C.A., Marcou S., Christodoulakis D., Yannitsaros A. (1989). Early Postfire regeneration in *Pinus brutia* forest ecosystem of Samos island (Greece). *Acta OEcologica* 10: 79-94.

Ελληνική βιβλιογραφία

Αθανασάκης Γ., Καλεβρά Ν., Τζηρίτης Ηλ., Γεωργιάδης Ν., 2023. Μελέτη χαρτογραφικής αποτύπωσης και ιεράρχησης περιοχών που επηρεάστηκαν από τις δασικές πυρκαγιές της αντιπυρικής περιόδου 2023. WWF Ελλάς, Αθήνα.

Αριανούτσου-Φαραγγιτάκη, Μ. και Καζάνης, Δ. (2012). Ο οικολογικός ρόλος της φωτιάς στα χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας. Το Δάσος - Μια Ολοκληρωμένη Προσέγγιση, των Καρέτσος Γ., Κατσαδωράκης Γ. Παπαγεωργίου Α.Χ., 103-116. WWF Ελλάς.

Δασκαλάκου Β. (1996). Οικοφυσιολογία της μεταπυρικής αναγέννησης της Χαλεπίου πεύκης (*Pinus halepensis*), Διδακτορική διατριβή, ΕΚΠΑ, 212σελ.

Καζάνης Δ. (2005). Μεταπυρική διαδοχή δασών *Pinus halepensis* Mill.: Πρότυπα στη δυναμική της βλάστησης. Διδακτορική διατριβή. ΕΚΠΑ. 363σελ.

Καϊλίδης Δ. (1993). Δασικές Πυρκαγιές. Τρίτη έκδοση. Εκδόσεις Γιαχούδη – Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.

Νέζης Ν. (1983). Τα βουνά της Αττικής. Εκδόσεις Πιτσιλάς, 166 σελίδες.

Νέζης Ν. (2022). Στοιχεία 1500 δασικών πυρκαγιών και αναδασωτέων εκτάσεων στην Αττική κατά τα έτη 1974-2021. 156 σελίδες, ISBN 978-960-91377-4-4

Ντάφης Σ.Α. (1987). Οικολογία των δασών Χαλεπίου και Τραχείας πεύκης. Πρακτικά Επιστημονικής Συνάντησης της Ελληνικής Δασολογικής Εταιρείας με θέμα: Δάση Χαλεπίου και Τραχείας πεύκης: Οικολογία, Διαχείριση και Αξιοποίηση. Χαλκίδα, σελίδες 17-25.

ΣΟΥΡΒΑΣ Γ., ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ Γ., ΠΟΪΡΑΖΙΔΗΣ Κ., ΞΟΦΗΣ Π., ΑΡΙΑΝΟΥΤΣΟΥ Μ., ΓΑΛΑΤΣΙΔΑΣ Σ., ΜΠΑΚΑΛΟΥΔΗΣ Δ., ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ Ν. 2024. Μελέτη διαχειριστικών κατευθύνσεων για την αποκατάσταση των δασικών οικοσυστημάτων της περιοχής Έβρου μετά την πυρκαγιά του 2023. WWF Ελλάς, Αθήνα, Μάιος 2024

Παράρτημα Ι

Υπόμνημα για την χρήση του Rapid Πρωτόκολλο που χρησιμοποιήθηκε στην παρακολούθηση της φυσικής αναγέννησης μετά την πυρκαγιά τους 2021 στην Β. Εύβοια

Α. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ

- **No:** νούμερο επιφάνειας
- **Date:** ημερομηνία επίσκεψης
- **Νομός** (πρώην νομοί)
- **Δήμος**
- **Δημοτικό Διαμέρισμα**
- **Code:** μπαίνει ένας κωδικός με 6 λατινικούς χαρακτήρες και 3 νούμερα.

Τα 3 πρώτα γράμματα του κωδικού αντιστοιχούν στο (πρώην) νομό, τα 3 επόμενα είναι τα αρχικά του ΔΔ (δημοτικού διαμερίσματος) και τα 3 τελευταία ψηφία είναι ο αριθμός της επιφάνειας. Π.χ αν έχουμε το πρώτο πρωτόκολλο στη Λίμνη Ευβοίας ο κωδικός διαμορφώνεται ως εξής: **EUBLIM001**

- **Αρ. Φωτος** σημειώνουμε τον αριθμό των φωτογραφιών που τραβήξαμε σε κάθε επιφάνεια, όπως αυτές φαίνονται στην Φωτογραφική Μηχανή (πχ από 203-214)
- **Συντεταγμένες:** Λαμβάνουμε ένα σημείο όσο πιο κεντρικά στην επιφάνεια που μελετάμε.
- **Μέσο υψόμετρο:** (κλίμακα: 1=0-400μ. 2=400-800μ. 3= >800)
- **Μέση κλίση:** 1= μικρή 0-30%, 2= μεσαία 30-60%, 3= μεγάλη >60%)
- **Έκθεση:** (B, A, N, Δ, BA, BΔ, NA, NΔ)

B1. ΚΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

- **Τύπος βλάστησης:** καμένου δάσους που προϋπήρχε βάσει του κυρίαρχου είδους (1=Πεύκη, 2=Δρυς, 3=Μακία, 4=Ψυχρόβια κωνοφόρα 5=χαμηλή φρυγανική και ποώδη βλάστηση)
- **Ιστορικό φωτιάς**
(1= διπλοκαμένη (μέσα στα τελευταία 20 χρόνια) 2= δεν έχει ξανακαεί τα τελευταία 20 χρόνια)
Από τη μελέτη Τζαμτζή ή αν αφορά στην Εύβοια από επικοινωνία με ντόπιους ή από στοιχεία δασαρχείων
- **Αναγέννηση:** κυρίως Πεύκης Χαλεπίου/Τραχείας
(1= μικρή/προβληματική, 2=μέτρια, 3=καλή, 4=πολύ καλή)
- **Αναβλάστηση Δρυών**
- **Αναβλάστηση:** υπολοίπων –ξυλωδών κυρίως- φυτών
- **Παρουσία λίθων**
(Κλίμακα: 1= 0-25%, 2= 25-50%, 3= 50-75%, 4= 75-100%)

B2. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ

- **Ύπαρξη Στανών:** (1= Ναι, 2= Όχι)
- **Βόσκηση:** (1= καθόλου, 2=λίγη, 3=μέτρια, 4=έντονη)

B3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ -ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ

- **Διάβρωση**
(1= καθόλου, 2= λίγη, 3= μέτρια, 4=έντονη)
- **Τύπος διάβρωσης**
(1= χαραδρωτική, 2= επιφανειακή, 3= και τα δύο)
- **Ποσοστό διάβρωσης επί του Δ.Δ.**
- **Κατολισθήσεις**
(1= ναι, 2= όχι)

- **Πετρώδες έδαφος (% επί της συνολικής έκτασης)**

Γ. ΤΟΠΙΟ

- **Ποικιλότητα τοπίου**

(1= μικρή, 2= μέτρια, 3= μεγάλη)

Συνεκτικότητα (Μεταξύ των διαφορετικών τύπων ενδιαιτημάτων)

(1=ναι, 2=όχι)

- **Χαρακτηριστικές μορφές τοπίου χρήσιμες για χλωρίδα και πανίδα**

π.χ εγκαταλειμμένες αγροτικές κατοικίες που λειτουργούν ως ιδανικός βιότοπος νυχτερίδων, υγρά λιβάδια που υποστηρίζουν πλήθος ενδημικών αρθροπόδων, βραχώδεις εξάρσεις που λειτουργούν ως καταφύγιο για τα αρπαχτικά κτλ.

Σχόλια, καταγγελίες & Διαχειριστικές Προτάσεις

Προβλήματα που εντοπίστηκαν κατά τη διάρκεια της συμπλήρωσης του πρωτοκόλλου και στη συνέχεια μέτρα διαχείρισης αυτών που πιθανά να αναβαθμίσουν ή να βελτιώσουν την επιφάνεια.

Α. ΓΕΝΙΚΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ											
No	Date	Νομός	Δήμος	Δ.Δ.	Κωδ. Πρωτ.	Αρ Φωτος	Χ	Ψ	Μέσο Υψόμετρο	Μέση Κλίση	Έκθεση
Β1. ΚΑΜΕΝΗ ΠΕΡΙΟΧΗ											
Τύπος Βλάστησης	Ιστορικό Φωτιάς		Αναγέννηση (Πεύκη)		Αναβλάστηση (Δρυς)		Αναβλάστηση άλλων ειδών		Παρουσία λίθων		
Β2. ΑΚΑΥΤΕΣ ΔΑΣΙΚΕΣ ΝΗΣΙΔΕΣ									3. ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ		
Υπαρξη Νησίδων	Αρ Φωτος	Χ	Ψ	Τύπος βλάστησης	Κατανομή νησίδων		Υπαρξη στανών	Βόσκηση			
Β4. ΓΕΩΛΟΓΙΑ - ΕΔΑΦΟΛΟΓΙΑ						Γ. ΤΟΠΙΟ					
Διάβρωση	Τύπος διάβρωσης	% διάβρωσης επί της επιφάνειας	Κατολισθήσεις	% Πετρώδες έδαφος επί της επιφάνειας	Ποικιλότητα τοπίου	Συνεκτικό τητα	Μορφές τοπίου				