

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/375182817>

Μελέτη οικολογικών επιπτώσεων της εφαρμογής προδιαγεγραμμένης καύσης στο πιλοτικό έργο της Χίου: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

Conference Paper · October 2023

CITATIONS

0

READS

16

15 authors, including:



Evangelia Korakaki

Forest Research Institute of Athens

41 PUBLICATIONS 612 CITATIONS

SEE PROFILE



Miltiadis Athanasiou

Hellenic Agricultural Organization - Demeter

58 PUBLICATIONS 78 CITATIONS

SEE PROFILE



Gavriil Xanthopoulos

Hellenic Agricultural Organization - "DIMITRA" - Institute of Mediterranean Forest ...

156 PUBLICATIONS 3,622 CITATIONS

SEE PROFILE



Alexandra Solomou

Forest Research Institute of Athens

111 PUBLICATIONS 461 CITATIONS

SEE PROFILE



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

21ου Πανελλήνιου Δασολογικού Συνεδρίου

«Προστασία δασικών οικοσυστημάτων και φυσικού περιβάλλοντος-Οικολογική και κοινωνικοοικονομική αποκατάσταση πυρόπληκτων περιοχών»

**Επιμέλεια Έκδοσης: Μαρίνα Χαβενετίδου,
Ιωάννης Σπανός, Θεοχάρης Ζάγκας,
Διονύσιος Γαϊτάνης, Τσιρούκης Αχιλλέας, Ουρούζη Αγγελική**

Λουτρά Αιδηψού, 22-25 Οκτωβρίου 2023

ΔΙΟΡΓΑΝΩΤΗΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΑΣΟΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ

ΑΙΓΙΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΣΥΝΔΙΟΡΓΑΝΩΤΕΣ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΣΤΕΡΕΑΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΔΗΜΟΣ ΙΣΤΙΑΙΑΣ-ΑΙΔΗΨΟΥ

ΔΗΜΟΣ ΛΙΜΝΗΣ-ΜΑΝΤΟΥΔΙΟΥ-ΑΓΙΑΣ ΑΝΝΑΣ

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ (ΓΕΩΤΕΕ)

ΕΛΓΟ -ΔΗΜΗΤΡΑ

ΧΟΡΗΓΟΙ

ΠΡΑΣΙΝΟ ΤΑΜΕΙΟ

ΣΤ' ΚΥΝΗΓΕΤΙΚΗ ΟΜΟΣΠΟΝΔΙΑ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ (ΚΟΜΑΘ)

ΕΝΩΣΗ ΔΑΣΙΚΗΣ ΙΔΙΟΚΤΗΣΙΑΣ ΕΛΛΑΔΑ

ALFA WOOD GROUP

ISBN: 978-618-84551-3-9

ΔΙΟΡΓΑΝΩΤΗΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΑΣΟΛΟΓΙΚΗ ΕΤΑΙΡΕΙΑ



ΑΙΓΙΔΑ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Θεματική Ενότητα: Προστασία Δασών-Δασικές Πυρκαγιές

**ΜΕΛΕΤΗ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ
ΠΡΟΔΙΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΗΣ ΚΑΥΣΗΣ ΣΤΟ ΠΙΛΟΤΙΚΟ ΕΡΓΟ ΤΗΣ
ΧΙΟΥ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

**Κορακάκη, Ευαγγελία^{1*}; Αθανασίου, Μιλτιάδης²; Ξανθόπουλος, Γαβριήλ¹; Σολωμού,
Αλεξάνδρα¹; Αβραμίδου, Ευαγγελία¹; Προύτσος, Νικόλαος¹; Καρέτσος, Γεώργιος¹;
Μιχόπουλος, Παναγιώτης¹; Καούκης, Κωνσταντίνος¹; Μπουρλέτσικας, Αθανάσιος¹;
Μάντακας, Γεώργιος¹; Σαζεΐδης, Χριστόδουλος³; Ξαγοράρης, Χρήστος³; Φύλλας, Νικόλαος³;
Τζηρίτης, Ηλίας⁴**

¹Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός "ΔΗΜΗΤΡΑ", Ινστιτούτο Μεσογειακών Δασικών Οικοσυστημάτων, Τέρμα Αλκμάνος, Τ.Κ. 11528, Ιλίσια – Αθήνα, ekorakaki@elgo.gr.

²Wildfire Management Consulting and Training, Θωμά Παλαιολόγου 8, Τ.Κ. 13673, Αθήνα, info@m-athanasiou.gr

³Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Διαχείρισης Βιοποικιλότητας, Κτήριο «Ξενία Α», Λόφος Πανεπιστημίου, Τ.Κ. 81100, Μυτιλήνη, sazeides@env.aegean.gr.

⁴WWF Ελλάς, Χερσαίο Πρόγραμμα, Χαριλάου Τρικούπη 119-121, Τ.Κ. 11473 Αθήνα, e.tziritis@wwf.gr

*e-mail: e.korakaki@fria.gr

Περίληψη

Η προδιαγεγραμμένη καύση αποτελεί ένα σημαντικό διαχειριστικό εργαλείο, το οποίο μπορεί να έχει ευεργετικές επιδράσεις, όπως η μείωση του κινδύνου από πυρκαγιές του οικοσυστήματος και η βελτίωση της υγείας του. Η παρακολούθηση των επιπτώσεων από την εφαρμογή της μεθόδου, είναι πολύ σημαντική ώστε να βελτιώνονται οι προδιαγραφές χρήσης της και να ελαχιστοποιούνται οι πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι μεσοπρόθεσμες επιπτώσεις της εφαρμογής της προδιαγεγραμμένης καύσης, σε μεσογειακού τύπου δασικά οικοσυστήματα στη Χίο. Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή της προδιαγεγραμμένης καύσης δεν επιφέρει σημαντικές μεταβολές στις φυσιολογικές λειτουργίες της βλάστησης και στις εδαφικές ιδιότητες, ενώ υπάρχουν ενδείξεις αύξησης της φυτικής ποικιλότητας.

Λέξεις κλειδιά: μεσογειακά δασικά οικοσυστήματα, υδατικό δυναμικό, εδαφικές ιδιότητες, φυτική ποικιλότητα, πρόληψη δασικών πυρκαγιών.

Εισαγωγή

Η προδιαγεγραμμένη καύση (ΠΚ), αποτελεί ένα εργαλείο διαχείρισης της βλάστησης το οποίο μπορεί να εξυπηρετήσει ποικιλία διαχειριστικών στόχων, όπως την πρόληψη δασικών πυρκαγιών, τη βελτίωση οικοτόπων, βοσκοτόπων, την προστασία της βιοποικιλότητας, τον έλεγχο ή τον μετριασμό ασθενειών και εντόμων (Fernandes κ.α. 2013, Valkó κ.α. 2016, Alcañiz κ.α. 2018). Ωστόσο, είναι σημαντικό να αξιολογηθεί η επίδραση της εφαρμογής της ΠΚ στο φυσικό περιβάλλον, καθώς και να παραχθούν επιστημονικά δεδομένα τα οποία θα αξιοποιηθούν για τη δημιουργία οδηγιών και προδιαγραφών που θα διασφαλίζουν την ορθή, ασφαλή και αποδοτική χρήση της μεθόδου.

Η ΠΚ θεωρείται ότι δεν έχει σημαντικές επιπτώσεις στα διάφορα στοιχεία του δασικού οικοσυστήματος, λόγω της χαμηλής έντασης της φωτιάς (Cawson κ.α. 2012). Ωστόσο, ο αριθμός των εργασιών που μελετούν τις μεσοπρόθεσμες και μακροπρόθεσμες επιπτώσεις της ΠΚ στη Μεσογειακή βλάστηση είναι ακόμα περιορισμένες και πολλές φορές τα αποτελέσματά τους είναι αντικρουόμενα (Alcañiz κ.α. 2018). Επομένως, είναι σημαντικό να συνεχίσουμε να μελετούμε τη

συμπεριφορά της ΠΚ και τις επιπτώσεις της, ώστε να μπορέσουμε να συνεισφέρουμε ουσιαστικά στη δημιουργία και βελτίωση των προδιαγραφών για την εφαρμογή της και να επιτύχουμε το επιδιωκόμενο αποτέλεσμα της πρόληψης των δασικών πυρκαγιών, μέσω της μείωσης της καύσιμης ύλης, με έναν ασφαλή και οικολογικά αποδεκτό τρόπο.

Στην παρούσα εργασία διερευνούμε τις μεσοπρόθεσμες επιπτώσεις της εφαρμογής της ΠΚ, σε μεσογειακού τύπου δασικά οικοσυστήματα στη Χίο, μελετώντας τις φυσιολογικές λειτουργίες της βλάστησης, ποικίλες εδαφικές ιδιότητες και την εξέλιξη της φυτικής και επιγενετικής ποικιλοτήτας, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εφαρμογή ΠΚ.

Υλικά και Μέθοδοι

Περιοχή Μελέτης

Η παρούσα μελέτη υλοποιήθηκε πιλοτικά στο νησί της Χίου (Athanasίου κ.α., 2022). Η προδιαγεγραμμένη καύση (ΠΚ) εφαρμόστηκε τον Φεβρουάριο, τον Απρίλιο και τον Δεκέμβριο του 2022 και τον Μάρτιο του 2023, εκτός των αντιπυρικών περιόδων, σε δημόσιες ή δημοτικές δασικές εκτάσεις και δάση της Χίου. Παρακολούθησαμε τις οικολογικές επιπτώσεις της εφαρμογής της καύσης σε 9 πειραματικές επιφάνειες (ΠΕ), συνολικής έκτασης περίπου 40 στρεμμάτων, οι οποίες αντιπροσωπεύουν τους παρακάτω δασικούς τύπους:

- συστάδες τραχείας πεύκης με φρυγανική βλάστηση στον υπόροφο (3 ΠΕ)
- συστάδες τραχείας πεύκης με βελονοτάπητα στον υπόροφο (2 ΠΕ)
- περιοχές με φρυγανική βλάστηση (χωρίς ανώροφο, 2 ΠΕ)
- περιοχές με μακία βλάστηση (χωρίς ανώροφο, 1 ΠΕ)
- περιοχές με αναγέννηση τραχείας πεύκης (χωρίς ανώροφο, αντιπυρική ζώνη, 1 ΠΕ)

Ο αριθμός των ΠΕ ποικίλει από τέσσερις έως εννέα, ανάλογα με τη μελετώμενη παράμετρο και τις απαιτήσεις της σε χρόνο προετοιμασίας και μέτρησης. Σε κάθε περίπτωση έχει μελετηθεί τουλάχιστον μία ΠΕ ανά δασικό τύπο, πλην της επιφάνειας με αναγέννηση τραχείας πεύκης, στην οποία δεν μελετήθηκε η εδαφική αναπνοή, ο ρυθμός αποσύνθεσης και διήθησης του νερού στο έδαφος και οι δείκτες μικροβιακής βιομάζας, λόγω περιορισμών σε χρόνο και πόρους.

Μέθοδοι – Μελετώμενες παράμετροι

Κατά την υλοποίηση του πιλοτικού ερευνητικού έργου, μελετήθηκε σειρά παραμέτρων πριν, κατά τη διάρκεια και μετά την εφαρμογή ΠΚ, με σκοπό να:

- Να υποστηριχθούν οι αποφάσεις για την εφαρμογή της ΠΚ, ώστε με την επιθυμητή συμπεριφορά φωτιάς να επιτευχθούν, με ασφάλεια, τα επιδιωκόμενα αποτελέσματα.
- Να καταγραφούν τα χαρακτηριστικά της καύσης και άλλων αβιοτικών παραγόντων, με στόχο τη δημιουργία οδηγιών και προδιαγραφών χρήσης της μεθόδου.
- Να αξιολογηθεί η επίδραση της εφαρμογής ΠΚ στο φυσικό περιβάλλον.

Ακολουθεί πιο αναλυτική περιγραφή της μεθοδολογίας ανά κατηγορία παραμέτρων που μελετήθηκαν:

Παρακολούθηση της υδατικής κατάστασης της βλάστησης

Αξιολογήθηκε η υδατική κατάσταση της βλάστησης και η απόκρισή της στις συνθήκες που δημιουργεί η ΠΚ, στις 9 ΠΕ, με στόχο την εκτίμηση της ευφλεκτικότητά της βλάστησης, αλλά και την κατανόηση των μηχανισμών απόκρισης και προσαρμογής της βλάστησης στην ξηρασία. Η υδατική κατάσταση των φυτών εκτιμήθηκε με τη χρήση φορητού οργάνου μέτρησης υδατικού δυναμικού φυτών (stem water potential), μέσω της μεθόδου του θαλάμου πίεσης Scholander (Boyer 1967), ενώ για την μελέτη της μεταβολής της υδατικής κατάστασης των ατόμων τραχείας πεύκης, χρησιμοποιήθηκε και η μέθοδος της θερμικής μεταφοράς για τον προσδιορισμό της ροής των φυτικών χυμών (Granier 1985). Η μέθοδος της θερμικής μεταφοράς εμφανίζει συγκριτικά πλεονεκτήματα σε σχέση με άλλες τεχνικές (Κορακάκη & Ραδόγλου 2009) και εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα, σε δάσος χαλεπίου Πεύκης στην Κασσάνδρα Χαλκιδικής (Fotelli κ.α. 2019, Korakaki & Fotelli 2021).

Παρακολούθηση των μεταβολών της υγρασίας και της θερμοκρασίας στο έδαφος

Για τη διερεύνηση της αλληλεπίδρασης της υγρασίας του εδάφους με τη συμπεριφορά της φωτιάς, της επίδρασης της ΠΚ στη θερμοκρασία του εδάφους και τη σημασία αυτών για την εφαρμογή της ΠΚ, έγιναν μετρήσεις όσον αφορά την υγρασία του εδάφους, τη θερμοκρασία του εδάφους και τις μετεωρολογικές συνθήκες. Συγκεκριμένα, έγινε συνεχής καταγραφή της θερμοκρασίας εδάφους, κατά τη διάρκεια της καύσης, σε βάθος 2, 6, 10 και 20 cm από την επιφάνεια του εδάφους, σε τρεις θέσεις για κάθε δοκιμή της ΠΚ στις 9 ΠΕ. Στα ίδια σημεία όπου έγιναν οι μετρήσεις θερμοκρασίας, πραγματοποιήθηκαν επίσης σημειακές μετρήσεις υγρασίας εδάφους, πριν και μετά τη φωτιά. Η ένταση της φωτιάς καταγράφηκε φωτογραφικά μέσω του μήκους φλόγας.

Παρακολούθηση εδαφικής αναπνοής, ρυθμού αποσύνθεσης και δεικτών μικροβιακής βιομάζας

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις εδαφικής αναπνοής με τη χρήση του αναλυτή ανταλλαγής αερίων Licor Li-8100 (Lincoln, NE, USA), σε έξι ΠΕ, έπειτα από την εγκατάσταση στο έδαφος τεσσάρων πλαστικών κολλάρων, 24 ώρες πριν την ΠΚ, εσωτερικής διαμέτρου 10 cm. Τα δύο τοποθετήθηκαν εντός της περιοχής που πραγματοποιήθηκε η καύση και δύο εκτός, με το ένα δίπλα από τον μάρτυρα. Η εδαφική αναπνοή μετρήθηκε ακριβώς πριν την εφαρμογή ΠΚ και μετά το πέρας 24 ωρών από την καύση. Ταυτόχρονα με τις μετρήσεις της εδαφικής αναπνοής τοποθετήθηκαν φακελάκια τσαγιού, σε παρακείμενες θέσεις, και εφαρμόστηκε η μέθοδος Tea Bag Index, με βάση το πρωτόκολλο των Keuskamp κ.α. (2013) για τον προσδιορισμό του ρυθμού αποσύνθεσης. Για τον προσδιορισμό του μικροβιακού άνθρακα εφαρμόστηκε η μέθοδος απολύμανσης-εκχύλισης (Vance κ.α. 1987). Οι μετρήσεις εδαφικής αναπνοής και ρυθμού αποσύνθεσης επαναλήφθηκαν τρεις και έξι μήνες μετά την ΠΚ. Για το μικροβιακό άζωτο χρησιμοποιήθηκαν τα εκχυλίσματα που προέκυψαν από την ανάλυση του μικροβιακού άνθρακα και στην συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος Kjeldhal (Bremner 1960).

Αποτύπωση του ρυθμού της διήθησης του νερού στο έδαφος

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις του ρυθμού διηθητικότητας του νερού σε τέσσερις ΠΕ, στις οποίες διενεργήθηκε η προδιαγεγραμμένη καύση, τον Απρίλιο 2022, ήτοι ΧΑΔΑ (ΠΕ με μακκία βλάστηση), ΑΙΠΟΣ (ΠΕ τραχείας πεύκης με βελονοτάπητα στον υπόροφο) και ΡΕΣΤΑ (1ΠΕ με φρυγανική βλάστηση και 1 ΠΕ τραχείας πεύκης με φρυγανική βλάστηση στον υπόροφο). Σε κάθε ΠΕ εγκαταστάθηκαν τρία σημεία όπου μετρήθηκε η διηθητικότητα πριν και μετά την εφαρμογή της ΠΚ. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε mini disk infiltrometer διαμέτρου 4,5 cm και δημιουργήθηκε σχετικό σκαρίφημα των σημείων μέτρησης και παρακολούθησης των μεταβολών των εδαφικών χαρακτηριστικών, τα οποία σημάνθηκαν με κόκκινη ταινία και μεταλλικό στύλο ύψους 0,5 m.

Μετρήσεις διαφοροποιήσεων θρεπτικών στοιχείων, άνθρακα και κοκκομετρικής σύστασης και παρακολούθηση εδαφικής διάβρωσης

Από τις εννέα ΠΕ, συλλέχθηκαν δείγματα εδαφών μέχρι το βάθος των 20 cm, αφού απομακρύνθηκαν οι ξηρές βελόνες και φύλλα από τον τάπητα του εδάφους. Στις πέντε από τις εννέα επιφάνειες, που έχουν εκτεθεί σε μία περίοδο χειμερινών βροχοπτώσεων, συλλέχθηκαν δείγματα και μετά την εφαρμογή ΠΚ. Τα εδάφη ξηράθηκαν, κοσκινίστηκαν και κάποια αλέσθηκαν σε σφαιρόμυλο για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων του οργανικού άνθρακα, του αζώτου και του ανθρακικού ασβεστίου. Μετρήθηκαν το pH (ηλεκτρομετρικά) και η αγωγιμότητα του εδαφικού διαλύματος (BAI 1984) και προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις του οργανικού άνθρακα, των ανταλλάξιμων κατιόντων Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} και K^{+} , του οργανικού + αμμωνιακού αζώτου (N), του ελεύθερου ανθρακικού ασβεστίου (CaCO_3), των αμμωνιακών ιόντων και των νιτρικών ιόντων (Benton Jones 2001). Η μηχανική σύσταση εκτιμήθηκε με τη μέθοδο του υδρομέτρου (Bouyoukos 1951). Οι συγκεντρώσεις όλων των εδαφικών παραμέτρων εκφράστηκαν σε ξηρό στον αέρα έδαφος.

Στις εννέα ΠΕ που πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες εδαφών, τοποθετήθηκαν μεταλλικά καρφιά ακριβώς μετά την ολοκλήρωση της προδιαγεγραμμένης καύσης με σκοπό να μετρηθεί η εδαφική διάβρωση. Η τοποθέτηση έγινε σε τρεις θέσεις ανά ΠΕ και οι πρώτες μετρήσεις θα πραγματοποιηθούν το καλοκαίρι 2024.

Παρακολούθηση της εξέλιξης της φυτικής ποικιλότητας

Για την αξιολόγηση των επιπτώσεων των προδιαγεγραμμένων καύσεων στη βιοποικιλότητα, πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες για την καταγραφή των αυτοφυών φυτικών ειδών. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τετράγωνα δειγματοληπτικά πλαίσια (1m x 1m) εντός και εκτός 7 ΠΕ (2 ΠΕ με μακία βλάστηση / Χαδά, Σκλαβιά; 2 ΠΕ /συστάδες τραχείας πεύκης με βελονοτάπητα στον υπόροφο / Αίπος, Κορακάρι; 2 ΠΕ με φρυγανική βλάστηση / Ρεστά, Βολισσός, 1 ΠΕ Δρυός με φυλλοτάπητα στον υπόροφο / Αγ. Γεώργιος) της περιοχής έρευνας, την εαρινή περίοδο (Απρίλιο) του έτους 2022 και μετρήθηκε ο πλούτος των αυτοφυών φυτικών ειδών. Η καταγραφή επαναλήφθηκε μετά την εφαρμογή ΠΚ, τον Απρίλιο 2023 στις 3 ΠΕ (Χαδά, Ρεστά, Αίπος), ενώ στις υπόλοιπες 4 ΠΕ θα πραγματοποιηθεί τον Απρίλιο 2024, καθώς σε αυτές οι καύσεις ολοκληρώθηκαν τον Μάρτιο 2023.

Μελέτη επιγενετικής βιοποικιλότητας

Η μελέτη της επιγενετικής ποικιλότητας πραγματοποιήθηκε σε άτομα τραχείας πεύκης, σε 3ΠΕ που περιλαμβάνουν ανώροφο τραχείας πεύκης, καθώς και σε 1 ΠΕ που περιλαμβάνει μακία βλάστηση. Στη τελευταία συλλέχθηκαν δείγματα (φυτικός ιστός) από αγριελιά (*Olea oleaster*), σχίνο (*Pistacia lentiscus*), πουρνάρι (*Quercus coccifera*), κουμαριά (*Arbutus unedo*), ασπάλαθο (*Calicotome villosa*) και λαδανιά (*Cistus creticus*). Οι δειγματοληψίες έγιναν πριν και μετά τη προδιαγεγραμμένη καύση, με στόχο να συνδυαστούν τα αποτελέσματα της επιγενετικής ποικιλότητας με την υδατική τους κατάσταση των δειγμάτων πριν και μετά τη φωτιά. Ο φυτικός ιστός που συλλέχθηκε μεταφέρθηκε στο εργαστήριο για την ομογενοποίηση των δειγμάτων με υγρό άζωτο και την εκχύλιση DNA. Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος MSAP (methylation sensitive amplified polymorphisms) με σκοπό να βρεθούν συσχετίσεις του υδατικού δυναμικού με το επιγενετικό προφίλ των φυτών.

Αποτελέσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται κάποια προκαταρκτικά αποτελέσματα, καθώς οι αναλύσεις κάποιων παραμέτρων (όπως επιγενετικής ποικιλότητας, διάβρωσης, βιοποικιλότητας, κ.λπ.) είναι ακόμα σε εξέλιξη. Η παρακολούθηση της εδαφικής διάβρωσης αναμένεται να πραγματοποιηθεί το Φθινόπωρο 2023. Αντίστοιχα, η παρακολούθηση της βιοποικιλότητας θα επαναληφθεί τον Μάιο 2024, οπότε και θα ολοκληρωθεί.

Υδατική κατάσταση βλάστησης

Το **υδατικό δυναμικό** στις ΠΕ με μακία βλάστηση και φρύγανα, παρουσιάζει τη μέση μέγιστη τιμή του (λιγότερο αρνητική) πριν την ανατολή του ηλίου (predawn) και συνεχίζει να μειώνεται σταδιακά μέχρι να φτάσει την ελάχιστη τιμή του, κατά τις μεσημβρινές ώρες (midday) οπότε και είναι μεγαλύτερες οι διαπνευστικές απώλειες της βλάστησης. Στα δείγματα φυτικού ιστού που συλλέχθηκαν μέσα από την επιφάνεια που εφαρμόστηκε η ΠΚ, από άτομα που είχαν «καψαλιστεί», το υδατικό δυναμικό παρουσίασε μία σημαντική αύξηση, με τιμές παρόμοιες με αυτές πριν εφαρμοστεί η καύση (Σχήμα 1). Αντιθέτως, στα δείγματα φυτικού ιστού που συλλέχθηκαν από την περιφέρεια της επιφάνειας που εφαρμόστηκε η ΠΚ, το υδατικό δυναμικό συνέχισε τη μειούμενη διακύμανση, όπως αναμένεται να συμβεί κατά τις μεσημβρινές ώρες τις ημέρας (Σχήμα 1). Στις ΠΕ που πραγματοποιήθηκε προδιαγεγραμμένη καύση σε βελονοτάπητα, στον υπόροφο συστάδας τραχείας πεύκης, το υδατικό δυναμικό των ατόμων πεύκης φαίνεται να μην επηρεάστηκε καθόλου από τη φωτιά.



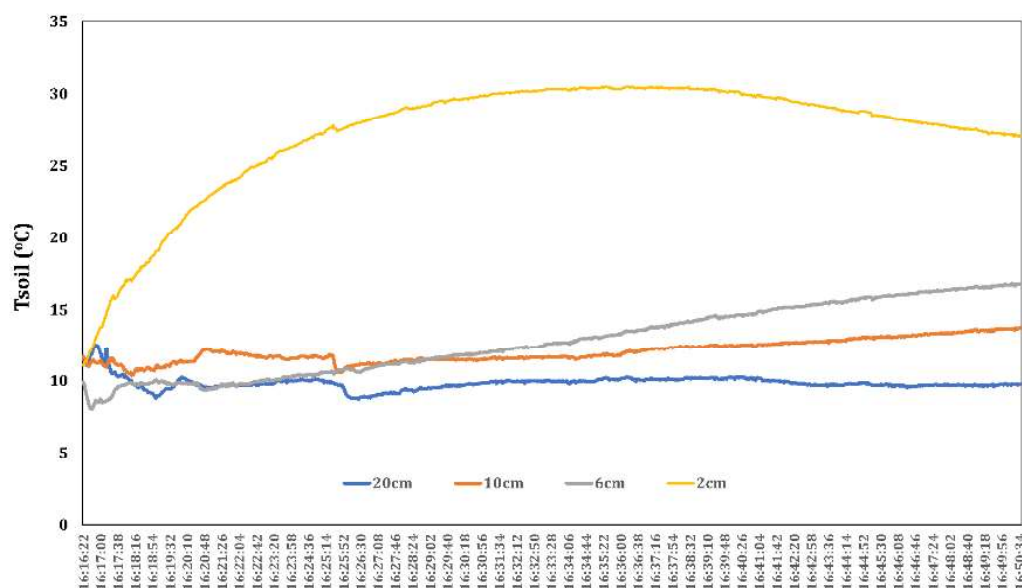
Σχήμα 1. Διακύμανση υδατικού δυναμικού μακκίας βλάστησης, βλαστών που συλλέχθηκαν πριν την ανατολή του ηλίου, πριν και μετά την εφαρμογή ΠΠ.

Figure 1. Fluctuation of water potential in maquis, on tissues collected before dawn, before and after the application of prescribed burning.

Εδαφικές παράμετροι

Όσον αφορά στη θερμοκρασία και στην υγρασία εδάφους, στην ΠΕ με φρύγανα, δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των χειρισμών (μάρτυρας, καμένο), κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Στην ΠΕ με μακκία βλάστηση, παρά τις φαινομενικές διαφορές στη θερμοκρασία εδάφους, εντούτοις δεν βρέθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των χειρισμών, ενώ όσον αφορά στην υγρασία η μοναδική διαφορά μεταξύ μάρτυρα και καμένου, παρατηρήθηκε κατά τον μήνα Απρίλιο. Όμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και στην ΠΕ με βελονοτάπητα με ανώροφο τραχείας πεύκης, όπου οι θερμοκρασίες μεταξύ των χειρισμών, κατά τους μήνες των μετρήσεων δεν παρουσιάζουν διαφορές και μόνο κατά τον Απρίλιο εμφανίζεται διαφορά στην υγρασία του εδάφους. Αξίζει να σημειωθεί ότι όπου παρατηρήθηκε υγρασιακή διαφορά, οι υψηλότερες τιμές μετρήθηκαν στις καμένες περιοχές.

Κατά την παρακολούθηση της θερμοκρασίας εδάφους σε τέσσερα βάθη, 2, 6, 10 και 20 cm από την επιφάνεια του εδάφους, παρατηρήθηκε αύξηση μόνο στο επιφανειακό έδαφος (2 cm, Σχήμα 2), σε όλους του δασικούς τύπους.



Σχήμα 2. Διακύμανση της θερμοκρασίας εδάφους κατά τη διάρκεια εφαρμογής προδιαγεγραμμένης καύσης, σε τέσσερα βάθη, σε επιφάνεια βελονοτάπητα με ανώροφο τραχείας πεύκης.

Figure 2. Fluctuation of soil temperature during the application of prescribed burning at four different soil depths, on a needle-covered area with an overstory of *Pinus brutia*.

Σχετικά με το ρυθμό διήθησης του νερού στο έδαφος, βρέθηκε πολύ μικρός στην ΠΕ με βελονοτάπητα στον υπόροφο και τραχεία πεύκη στον ανώροφο, από 0,120 έως 0,834 cm/h. Στην ΠΕ με φρύγανα, οι μετρήσεις ήταν λίγο υψηλότερες και κυμάνθηκαν από 1,051 έως 2,237 cm/h. Αντίστοιχες ήταν και οι μετρήσεις στην μία ΠΕ με μακία βλάστηση, με τιμές της υδραυλικής αγωγιμότητας που κυμάνθηκαν από 1,334 έως 2,512 cm/h.

Στα φρύγανα (Σχήμα 3Α) βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά της εδαφικής αναπνοής μόνο κατά τον μήνα Ιούλιο, με υψηλότερη μέση τιμή στα σημεία με ΠΚ. Ομοίως, στη μακία βλάστηση (Σχήμα 3Β) υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, με τον Απρίλιο και τον Ιούλιο να εμφανίζουν στατιστικά υψηλότερες τιμές στις καμένες εκτάσεις. Ο ρυθμός αποσύνθεσης, στην ΠΕ με βελονοτάπητα και ανώροφο τραχείας πεύκης, εμφανίζει υψηλότερες τιμές στις καμένες εκτάσεις μόνο κατά τη σύγκριση των χειρισμών κατά τον ίδιο μήνα, αλλά όχι μεταξύ των μηνών.

Σχετικά με τα μικροβιακά χαρακτηριστικά των εδαφών, εμφανίζεται μείωση τόσο στον μικροβιακό άνθρακα, όσο και στο μικροβιακό άζωτο, σε όλες τις υπό μελέτη περιοχές κατά τον μήνα Απρίλιο, ακριβώς μετά την καύση, αλλά οι τιμές του επανέρχονται μετά την πάροδο τριών μηνών, στο επίπεδο αυτών προ της ΠΚ.

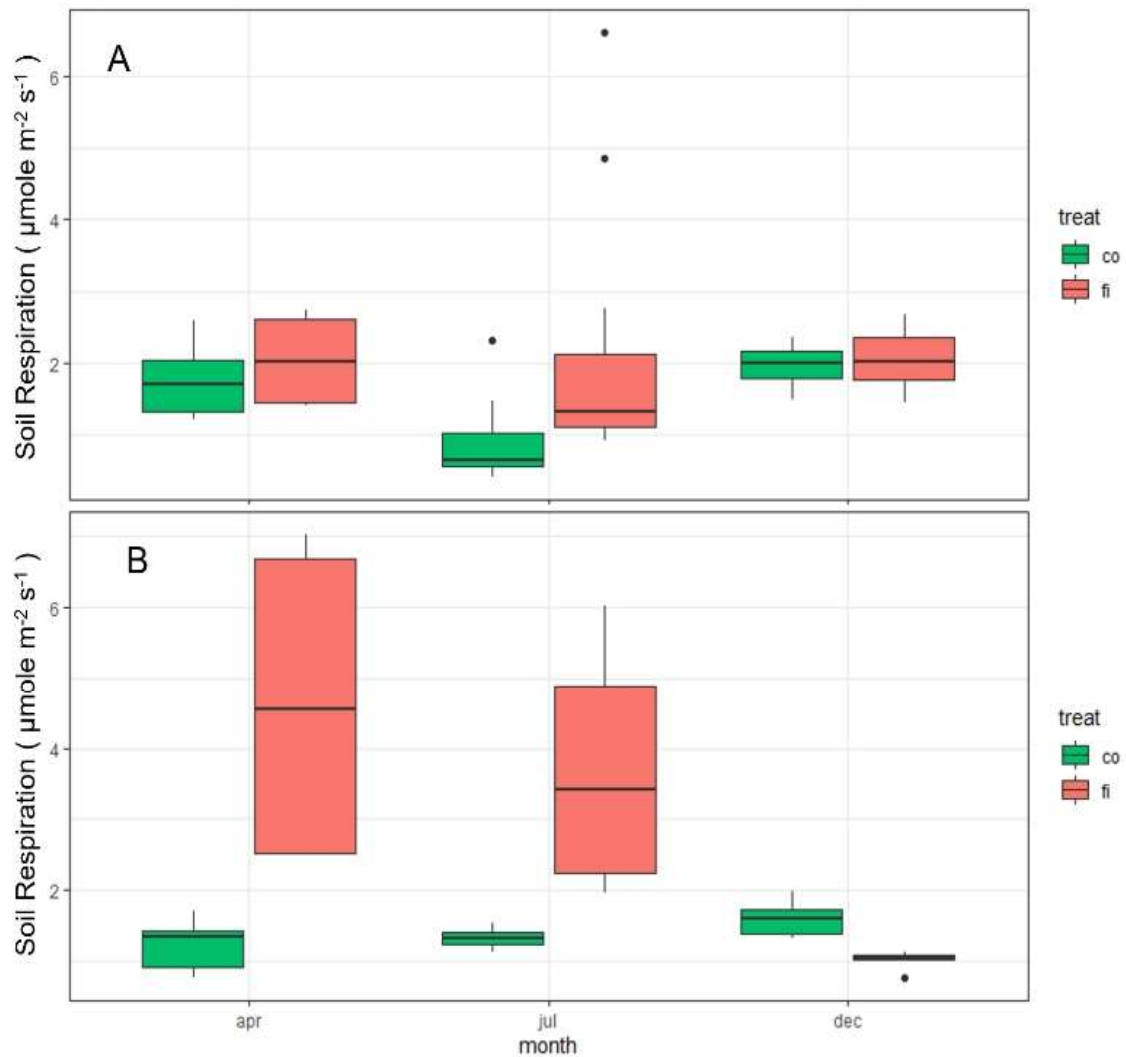
Η συγκέντρωση του οργανικού άνθρακα μειώθηκε σημαντικά, μετά την καύση, σε δύο μόνο περιοχές, στα Ρεστά (φρύγανα) και στον Αγ. Στέφανο (βελονοτάπητας με ανώροφο τραχείας πεύκης). Στην πρώτη μειώθηκε και η αναλογία C/N, ενώ στη δεύτερη περιοχή μειώθηκε ταυτόχρονα και το διαθέσιμο άζωτο του εδάφους. Τέλος, στην περιοχή των Ρεστών και του Αίπου (βελονοτάπητας με ανώροφο τραχείας πεύκης), αυξήθηκαν σημαντικά και οι συγκεντρώσεις των ασβεστίου και μαγνησίου. Ενδεικτικά, στον πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των εδαφικών αναλύσεων μαζί με τη στατιστική σύγκριση των παραμέτρων μετά και πριν την εφαρμογή της ΠΚ, σε μία ΠΕ με φρύγανα (Πίνακας 1).

Χλωριδική και επίγενετική ποικιλότητα

Συνολικά στην περιοχή μελέτης, προσδιορίστηκαν 100 είδη φυτικά είδη που συμμετέχουν στη χλωρίδα των 7 επιλεγμένων ΠΕ της περιοχής έρευνας και εκπροσωπούν 40 οικογένειες. Στις 3 ΠΕ, πριν την εφαρμογή της ΠΚ, καταγράφηκαν 67 φυτικά είδη που ανήκουν σε 28 οικογένειες, ενώ μετά την εφαρμογή της ΠΚ καταγράφηκαν 75 φυτικά είδη που ανήκουν σε 30 οικογένειες.

Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της συσχέτισης της επιγενετικής ποικιλότητάς με το υδατικό δυναμικό δείχνουν θετική συσχέτιση, γεγονός που υποδηλώνει την αύξηση της επιγενετικής ποικιλότητας όταν το φυτά χάνουν υδατικό δυναμικό μετά τη φωτιά. Τα

αποτελέσματα αναμένεται να ενισχυθούν όταν η ανάλυση ολοκληρωθεί.



Σχήμα 3. Θηκόγραμμα εδαφικής αναπνοής ανά περιοχή, μήνα και χειρισμό. Α) φρύγανα, Β) μακία, (co) πριν την φωτιά και μάρτυρας και (fi) καμένη περιοχή.
Figure 3. Boxplot of soil respiration per study area, month and treatment. A) phrygana, B) maquis, (co) pre-fire and control, and (fi) burned area.

Πίνακας 1. Ιδιότητες εδαφών της περιοχής Ρεστών (φρύγανα) μετά (8/4/2023) και πριν (13/4/22) τη χρήση του προδιαγεγραμμένου πυρός.

Table 1. Soil properties at Resta (Phrygana) after (8/4/2023) and before (13/4/2022) the use of prescribed fire.

Μετά	pH	Οργ. C (%)	Ολικό N (g/kg)	Οργ. N(g/kg)	Αμμ. N(mg/kg)	Νιτ. N(mg/kg)	C/N	Αγωγ.(μ S/cm)	Άργιλ. οξ(%)	Ca(me q/100 g εδ.)	Mg(m eq/100 g εδ.)	K(meq /100 g εδ.)	Na(meq/ 100 g εδ.)
Μέσος όρος	7,5	1,27 α	2,06	2,05	5,92	10,5	6,2 α	443	14,4	9,42	1,44	0,38	0,10
Παραλλ/τα	(6)	(24)	(24)	(12)	(42)	(60)	(24)	(25)	(8)	(35)	(14)	(12)	(7)
Πριν													
Μέσος όρος	8,0	3,31 β	1,75	1,72	6,99	21,7	20 β	529	12,1	11,4	1,31	(0,26)	0,10

Παραλλ/τα	(3)	(20)	(19)	(10)	(10)	(47)	(35)	(50)	(21)	(57)	(13)	(38)	(18)
-----------	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Η παραλλακτικότητα σε ποσοστά (%) της τυπικής απόκλισης επί του μέσου όρου. Διαφορετικά γράμματα στην ίδια στήλη σημαίνουν στατιστική διαφορά για τουλάχιστον 0,05 επίπεδο πιθανότητας. Απουσία γραμμάτων σημαίνει μη στατιστική σημαντικότητα.

Variability is expressed in percentages (%) of standard deviation over the average values. Different letters in the same column mean statistical difference for at least 0.05% probability level. The absence of letters means non-statistical significance.

Συζήτηση – Συμπεράσματα

Η χρήση φωτιάς χαμηλής έντασης κατά τις προδιαγεγραμμένες καύσεις εξυπηρέτησε τον στόχο μείωσης της καύσιμης ύλης και της συντήρησης αντιπυρικών και στεγασμένων ζωνών. Σύμφωνα με τα ως τώρα αποτελέσματα της παρακολούθησης των μεσοπρόθεσμων οικολογικών επιπτώσεων δεν υπήρξαν ενδείξεις ότι επηρεάζονται αρνητικά οι λειτουργίες του οικοσυστήματος τραχείας πεύκης στις στεγασμένες ζώνες, ούτε εκείνες της γειτνιάζουσας θαμνώδους ή δενδρώδους βλάστησης. Μάλιστα η αύξηση στο υδατικό δυναμικό που παρατηρήθηκε, σε άτομα θαμνώδους βλάστησης, που είχαν «καψαλιστεί», θα μπορούσε να αποτελεί ένα προσαρμοστικό μηχανισμό που εμφανίζουν τα φυτά, στις απότομες, σχετικά υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύχθηκαν κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της ΠΚ, κλείνοντας τα στόματα τους στην επιφάνεια του φύλλου, με σκοπό την οικονομία νερού και την αποφυγή απότομων διαπνευστικών απωλειών.

Στις ΠΕ που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις διηθητικότητας, εξαιτίας της απολύτου ελεγχόμενης έντασης της καύσης δεν φαίνεται να δημιουργήσαν υδατοαπωθητικό στρώμα. Σε παρόμοια αποτελέσματα έχουν καταλήξει οι εργασίες των Vadilonga κ.α. (2008) στην Καταλονία (Ανατολική Ισπανία) και Fernández κ.α. (2008) στην Γαλικία (Βόρεια Ισπανία), σύμφωνα με τα οποία εντοπίστηκαν μικρές και μη σημαντικές μεταβολές στη διηθητικότητα των εδαφών που υποβλήθηκαν σε χαμηλής έντασης πυρκαγιές.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων για την εδαφική αναπνοή κατά τον Ιούλιο έχουν δείξει μη στατιστικά σημαντική αύξηση στις καμένες περιοχές, συμφωνώντας με έρευνες που έχουν διεξαχθεί σε διαφορετικά οικοσυστήματα (Wüthrich κ.α., 2002). Η κατά κανόνα αύξηση της αναπνοής του εδάφους θα μπορούσε να οφείλεται στην αύξηση της δραστηριότητας των φυτών για μεταφορά θρεπτικών από τις ζωντανές ρίζες προς τον ριζικό κόμβο για δημιουργία νέας βλάστησης, προς αντικατάσταση της καμένης. Σε κάθε περίπτωση, κατά τον Δεκέμβριο η αναπνοή του εδάφους φαίνεται να επανέρχεται στα φυσιολογικά επίπεδα σε σχέση με τον μάρτυρα, υποδεικνύοντας την πιθανή επαναφορά των λειτουργιών του εδάφους.

Ο ρυθμός αποσύνθεσης εμφάνισε κάποιες μεταβολές μετά την εφαρμογή της ΠΚ, εντούτοις δεν παρουσιάζεται κάποιο μοτίβο αύξησης ή μείωσης του σε σχέση με την μη καμένη περιοχή. Ωστόσο, με το πέρασ τριών μηνών εμφανίζεται μείωση των ρυθμών αποσύνθεσης, κάτι αναμενόμενο κατά τους ξηρότερους μήνες του έτους, χωρίς όμως να υπάρχει ιδιαίτερη διαφοροποίηση μεταξύ καμένου και μάρτυρα.

Οι δείκτες μικροβιακής βιομάζας εμφανίζουν μη στατιστικά σημαντική μείωση στις καμένες περιοχές σε σχέση με τους μάρτυρες. Παρά την μείωση φαίνεται ότι, στο έδαφος έχει διατηρηθεί η ισορροπία των μικροοργανισμών, αφού και οι δύο αυτοί δείκτες (μικροβιακός άνθρακας και άζωτο) φαίνεται να επανέρχονται στα επίπεδα του μάρτυρα κατά το επόμενο τρίμηνο.

Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα έδειξαν ότι η εφαρμογή ΠΚ δεν επιφέρει σημαντικές μεταβολές στις βασικές ιδιότητες των εδαφών. Μετά την καύση ο οργανικός άνθρακας μειώθηκε σημαντικά σε 2 μόνο ΠΕ, γεγονός που αποδεικνύει ότι μειώθηκε η καύσιμη ύλη. Στην πρώτη μειώθηκε και η αναλογία C/N, πράγμα θετικό για τη γονιμότητα των εδαφών. Στην δεύτερη όμως περιοχή μειώθηκε ταυτόχρονα και το διαθέσιμο άζωτο του εδάφους, πράγμα που μπορεί να επιφέρει συνέπιες στη γονιμότητα του. Ωστόσο, κάτι τέτοιο πρέπει να διερευνηθεί περαιτέρω με μελλοντικές δειγματοληψίες και αναλύσεις στην περιοχή του Αγ. Στεφάνου, δεδομένου ότι μετά από κάποιο χρονικό διάστημα συχνά επανέρχεται η αρχική κατάσταση. Τέλος, σε μερικές περιπτώσεις αυξήθηκαν σημαντικά και οι συγκεντρώσεις των ασβεστίου και μαγνησίου, το οποίο είναι θετικό γιατί εμπλουτίζεται το έδαφος με αυτά τα θρεπτικά στοιχεία.

Όσον αφορά την φυτική ποικιλότητα, παρατηρήθηκε αύξηση του πλούτου των φυτικών ειδών μετά την εφαρμογή της ΠΚ στις 3 ΠΕ. Αυτό πιθανόν οφείλεται στην ενεργοποίηση της φύτευσης σπερμάτων της εδαφικής τράπεζας από τη θερμότητα της φωτιάς.

Συμπερασματικά η συνολική εδαφική δραστηριότητα φαίνεται να παραμένει ισορροπημένη μετά την εφαρμογή των ΠΚ. Ωστόσο, θα ήταν χρήσιμο να πραγματοποιηθούν περισσότερες μετρήσεις σε βάθος χρόνου για να μπορέσουν να εκτιμηθούν οι μακροπρόθεσμες επιπτώσεις και να εκτιμηθεί εάν τα εδάφη εξακολουθούν να βρίσκονται σε ισορροπία και αν η παρατηρούμενη αύξηση της φυτικής ποικιλότητας παραμένει ως εύρημα.

Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς επιθυμούν να ευχαριστήσουν την εταιρία Procter&Gable που χρηματοδότησε το παρόν έργο. Την Γενική Διεύθυνση Δασών και Δασικού Περιβάλλοντος/ΥΠΠΕΝ και ιδιαίτερα τη Διεύθυνση Δασών Χίου που υποστήριξαν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση με κάθε πρόσφορο μέσο. Επίσης, την Περιφερειακή Διοίκηση Πυροσβεστικών Υπηρεσιών Βορείου Αιγαίου, την Πυροσβεστική Υπηρεσία Χίου και τον Δήμο Χίου για την αμέριστη τεχνική συμπαράσταση και όλους τους εθελοντές της Ομάδας Εθελοντικής Δράσης Χίου «Όμικρον» που δίχως αυτούς η υλοποίηση του έργου θα ήταν αδύνατη. Επίσης, ευχαριστούμε τους ανώνυμους κριτές για την αξιολόγησή και βελτίωση της εργασίας.

Abstract

Prescribed burning is an important management tool that can have beneficial effects, such as reducing the fire risk and promoting ecosystem health. Monitoring the impacts of its application is crucial to improve standards and procedures for the use of the prescribed fire and minimize potential negative effects on the natural environment. In this study, the short-term effects of prescribed burning were examined in Mediterranean-type forest ecosystems on the island of Chios. Preliminary results showed that the application of prescribed burning did not cause significant changes in vegetation's physiological functions and soil properties, while there were indications of increased plant diversity.

Βιβλιογραφία

- Alcañiz, M., Outeiro, L., Francos, M., Úbeda, X., 2018. Effects of prescribed fires on soil properties: a review. *Sci. Total Environ.* 613–614, 944–957.
- Athanasίου M., Bouchounas T., Korakaki E., Tziritis E., Xanthopoulos G., Sitara S. 2022. Introducing the use of fire for wildfire prevention in Greece: pilot application of prescribed burning in Chios Island. In *proc. of the 9th Int. Conf. on Forest Fire Research: Advances in Forest Fire Research & 17th Int. Wildland Fire Safety Summit*, 11-18/11/2022, Coimbra, Portugal. D. G. Viegas, Editor. ADAI/CEIF, University of Coimbra, Portugal. Abstract p. 169, full text on CD (p. 1487-1494), https://doi.org/10.14195/978-989-26-2298-9_227.
- B.A.I. (Booker Agriculture International) 1984. Tropical soil manual, Booker Agriculture International Limited, London.
- Benton Jones J.Jr. 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press, London.
- Bouyoukous, G. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal.* 430: 434-437.
- Boyer J. S. 1967. Leaf Water Potentials Measured with a Pressure Chamber. *Plant Physiol.* 42(1): 133–137. Doi: 10.1104/pp.42.1.133
- Bremner, J. M. 1960. Determination of nitrogen in soil by the Kjeldahl method. *The Journal of Agricultural Science*, 55(1), 11-33.
- Cawson, J.G., Sheridan, G.J., Smith, H.G., Lane, P.N.J. 2012. Surface Runoff and Erosion after Prescribed Burning and the Effect of Different Fire Regimes in Forests and Shrublands: A Review. *Int. J. Wildland Fire*, 21, 857–872.
- Fernandes, P.M., Davies, M.G., Ascoli, D., Fernández, C., Moreira, F., Rigolot, E., Stoof, C.R., Vega, J.A., Molina, D., 2013. Prescribed burning in southern Europe: developing fire management in a dynamic landscape. *Front. Ecol. Environ.* 11, 4–14.
- Fernández, C., Vega, J., Fonturbel, T., Jiménez, E., Pérez, J., 2008. Immediate effects of prescribed burning, chopping and clearing on runoff, infiltration and erosion in a shrubland area in Galicia (NW Spain). *Land Degrad. Dev.* 19, 502–515.

- Fotelli, M.N., Korakaki, E., Paparrizos, S.A., Radoglou, K., Awada, T., Matzarakis, A., 2019. Environmental Controls on the Seasonal Variation in Gas Exchange and Water Balance in a Near-Coastal Mediterranean *Pinus halepensis* Forest. *Forests* 10: 313.
- Granier, A., 1985. A new method of sap flow measurement in tree stems. *Ann. Sci. For.* 42: 193–200.
- Keuskamp, J.A., Dingemans, B.J.J., Lehtinen, T., Sarneel, J.M., Hefting, M.M., 2013. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods EcolEvol* 4, 1070–1075. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12097>
- Korakaki, E. and Fotelli, M.N., 2021. Sap Flow in Aleppo Pine in Greece in Relation to Sapwood Radial Gradient, Temporal and Climatic Variability. *Forests*:12: 2.
- Κορακάκη, Ε., Ραδόγλου, Κ., 2009. Σύγχρονες τεχνολογίες προσδιορισμού της ροής χυμών στα δασικά οικοσυστήματα. Εφαρμογές στην Ελλάδα. Επιστημονική Επετηρίδα του Τμήματος Δασολογίας και Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών Πόρων Δ.Π.Θ. Τόμος 2, 41-56.
- Tolhurst KG, Flinn DW. 1992. Ecological impacts of fuel reduction burning in dry sclerophyll forest: first progress report. Melbourne (Australia):Department of Conservation and Environment, Victoria. Forest Research Report No. 349.
- Vadilonga, T., Ubeda, X., Germann, P., Lorca, M., 2008. Effects of prescribed burnings on soil hydrological parameters. *Hydrol. Process.* 22, 4249–4256.
- Valkó, O., Deák, B., Magura, T., Török, P., Kelemen, A., Tóth, K., Horváth, R., Nagy, D.D., Debnár, Z., Zsigrai, G., Kapocsi, I., Tóthmérész, B., 2016. Supporting biodiversity by prescribed burning in grasslands - a multi-taxa approach. *Sci. Total Environ.* 572, 1377–1384.
- Vance, E. D., Brookes, P. C., & Jenkinson, D. S. 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. *Soil biology and Biochemistry*, 19(6), 703-707.
- Wüthrich, C., Schaub, D., Weber, M., Marxer, P., Conedera, M., 2002. Soil respiration and soil microbial biomass after fire in a sweet chestnut forest in southern Switzerland. *Catena* 48:201–215.