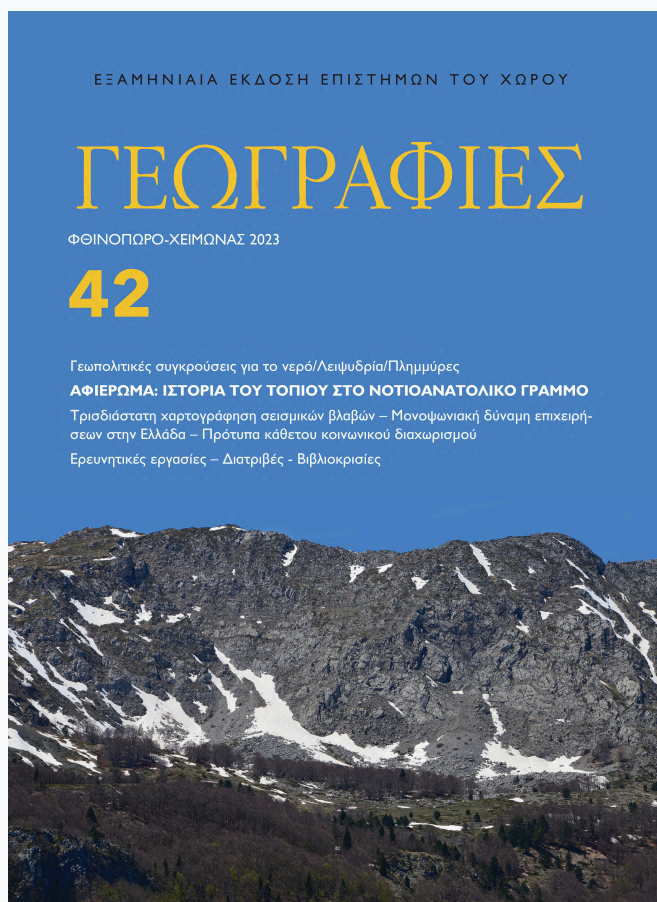


Γεωγραφίες

Αρ. 42 (2023)

Γεωγραφίες, Τεύχος 42, 2023



ΤΟ ΤΟΠΙΟ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ: ΤΑ ΑΡΧΕΙΑ ΤΩΝ
ΠΑΛΥΝΟΜΟΡΦΩΝ ΩΣ ΜΕΣΟ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΤΗΣ
ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ
ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ

*Σαμψών Παναγιωτήδης, Αναστασία Μαυρίδου,
Ελεάνα Συροπούλου*

ΤΟ ΤΟΠΙΟ ΣΤΟ ΧΡΟΝΟ: ΤΑ ΑΡΧΕΙΑ ΤΩΝ ΠΑΛΥΝΟΜΟΡΦΩΝ ΩΣ ΜΕΣΟ ΑΝΑΔΕΙΞΗΣ ΤΗΣ ΕΠΙΔΡΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΛΙΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΤΟΥ ΑΝΘΡΩΠΟΥ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ

Σαμπών Παναγιωτίδης,¹ Αναστασία Μαυρίδου,¹ Ελέανα Συροπούλου¹

Περίληψη

Η ανασύσταση του τοπίου στην ορεινή περιοχή του Γράμμου καλύπτει μια χρονική περίοδο περίπου 16000 ετών στο μεγαλύτερο μέρος της οποίας οι σημειούμενες αλλαγές διαμορφώνονται από το κλίμα, ενώ η ανθρώπινη δραστηριότητα, κυρίως μετακινούμενη κτηνοτροφία, γίνεται έντονα διακριτή κατά την τελευταία χιλιετία. Η ολοκληρωμένη αλληλουχία στην εξάπλωση, κυρίως υψομετρικά, των κύριων δασικών ειδών, πεύκης, δρυός, ελάτης, οξιάς μπορεί να διαγνωσθεί στο αντίστοιχο διάγραμμα γύρης. Η καθ' ύψος εξάπλωση των δύο τελευταίων δασικών γενών (πρώιμος-μέση Ολόκαινος) και η αντικατάσταση της ελάτης από την οξιά στα δασοόρια (μέση Ολόκαινος) ολοκληρώνουν τον κύκλο των αλλαγών στο τοπίο του Γράμμου. Ο Γράμμος, ως προστατευόμενη περιοχή του δικτύου NATURA 2000, καθώς και οι παρακείμενες κοιλάδες αποκτούν ιδιαίτερη σημασία, με όρους προστασίας, καθώς φαίνεται ότι ο ευρύτερος χώρος λειτούργησε στο παρελθόν ως καταφύγιο πολλών δασικών γενών, απέναντι στις δύσκολες κλιματικές συνθήκες της τελευταίας παγετώδους περιόδου.

Λέξεις κλειδιά: Γράμμος, παλυνολογία, διάγραμμα γύρης, παγετώδης

The landscape in time: palynomorph archives as indicators of its shaping by climate and human impact

Sampson Panajiotidis, Anastasia Mavridou, Eleana Syropoulou

Abstract

Reconstruction of past landscapes in the mountainous area of Grammos covers a period of almost 16000 years and depicts the strong impact of climate while human impact, in the form of transhumance, is visible over the last millennium. A sequential altitudinal expansion of the major trees, pine, oak, fir and beech can be traced throughout the entire pollen diagram. The upwards range shift of fir and beech (early-mid Holocene), accompanied by the replacement of the former by the latter (mid Holocene) particularly in high altitudes, where the forest limit zone is formed, completes landscape changes in Grammos. Grammos and its adjacent valleys, being a part of NATURA 2000 network of protected areas, becomes a very important site, in terms of protection, as the current study shows that it served as a refugium for several tree genera, providing shelter against the harsh climatic conditions of the last glacial period.

Εισαγωγή

Η βλάστηση αποτελεί το πιο σύνηθες και σταθερό δομικό στοιχείο του φυσικού τοπίου. Στις πιο πολλές περιπτώσεις απαρτίζεται από ένα μωσαϊκό διαφορετικών τύπων που αναγνωρίζονται π.χ. ως θαμνώνες, λιβάδια, δάση δρυός,

1. Εργαστήριο Δασικής Βοτανικής-Γεωβοτανικής, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, 541 24, Θεσσαλονίκη, Email: pansamp@for.auth.gr

οξιάς, πεύκης κ.ά. Το μωσαϊκό αυτό διαμορφώνουν αβι-
οτικοί παράγοντες όπως το κλίμα και το έδαφος καθώς
και βιοτικοί με κυριότερο τον άνθρωπο, οι επεμβάσεις
του οποίου τις τελευταίες αρκετές χιλιάδες έτη έχουν
διαμορφώσει σε μεγάλο βαθμό τη σημερινή κατάσταση.

Η διαχρονική ανίχνευση των ποιοτικών και ποσοτι-
κών μεταβολών των στοιχείων που συνθέτουν ένα μω-
σαϊκό βλάστησης είναι δυνατή λόγω της διατήρησης,
υπό υγρές συνθήκες, φυτικών και άλλων παλυνομόρφων
(γύρη σπερματοφύτων, σπόρια πτεριδόφυτων και βρύ-
ων, σπόρια μυκήτων κ.ο.κ.) τα οποία διασκορπίζονται
σε μορφή σκόνης (παλύνω= διασκορπίζω, πασπαλίζω)
και ενταφιάζονται σε τυρφώνες, έλη, λίμνες κ.α. Τα δι-
αγράμματα γύρης και λοιπών παλυνομόρφων (μη γυρε-
οπαλυνόμορφα), τα οποία απεικονίζουν όλες τις αλλαγές
στο χρόνο, συνιστούν το τελικό προϊόν μιας μακράς
διαδικασίας ανάκτησης, χημικής επεξεργασίας, αναγνώ-
ρισης και καταμέτρησής τους.

Στον ελληνικό χώρο η παρουσία του ανθρώπινου
πολιτισμού με τη μορφή ανάπτυξης της γεωργίας και
της κτηνοτροφίας γίνεται ορατή πολύ νωρίς στις χαμη-
λές ζώνες (παραλιακή, λοφώδης). Σημάδια ανιχνεύονται
έως και οκτώ χιλιάδες χρόνια πριν (Gassner κ.ά. 2020)
ενώ πολλές παραλιακές θέσεις καταδεικνύουν συνεχή
παραλία και επεμβάσεις του ανθρώπου στη βλάστηση
που συνδέονται με τη βόσκηση (π.χ. Athanasiadis 1975,
Kouli 2012, Panajiotidis και Papadopoulou 2016). Σε
ορεινές θέσεις η παρουσία του ανθρώπου γίνεται εντο-
νότερη, κατά διαστήματα, σε πολύ πρόσφατους χρόνους
(Gerasimidis κ.ά. 2008, 2009).

Αρκετές θέσεις στο βορειοελλαδικό χώρο και γύρω
από αυτόν (Willis 1992b, Bordon κ.ά. 2009, Panagiot-
opoulos κ.ά. 2013, Gassner κ.ά. 2020, Lawson κ.ά.
2005) έχουν προσφέρει διαγράμματα που ανιχνεύουν
αλλαγές της βλάστησης στη Μέγιστη (Last Glacial
Maximum) ή Τελική Παγετώδη περίοδο (Late Glacial
period). Τα διαγράμματα αυτά έχουν αναδείξει την πα-
ρουσία καταφυγίων για τη δασική ξυλώδη βλάστηση.
Ως καταφύγια χαρακτηρίζονται θύλακες (προστατευμέ-
νες κοιλάδες, ορεινές πλαγιές με νότια έκθεση, υγρές
ποτάμιες θέσεις) με μικρο-περιβαλλοντικές συνθήκες
που ευνοούν τη διατήρηση κωνοφόρων και ειδών της
εύκρατης ζώνης (Birks και Willis 2008). Στις θέσεις
αυτές συνήθως υποχωρούσε υψομετρικά μια σειρά από
δασικά γένη π.χ. ελάτη (*Abies*), ερυθρελάτη (*Picea*),
πεύκη (*Pinus*), οξιά (*Fagus*), τα οποία γειτνίαζαν με
γένη χαμηλότερων υψομέτρων π.χ. σχίνος (*Pistacia*),
φτελιά (*Ulmus*), σκλήθρο (*Alnus*), ιτιά (*Salix*), φιλύρα
(*Tilia*).

Η οροσειρά του Γράμμου, ενταγμένη στο δίκτυο

NATURA 2000, αποτελεί φυσικό σύνορο μεταξύ Ελ-
λάδας και Αλβανίας. Η περιοχή διαθέτει ένα μωσαϊκό
τύπων βλάστησης με ιδιαίτερο οικολογικό ενδιαφέρον,
το οποίο διαμορφώνεται από το ορεινό ανάγλυφο της
περιοχής με την ύπαρξη κοιλάδων όπως αυτή της Κο-
τύλης. Η περιοχή φέρει έντονα τα σημάδια της ανθρω-
πίνης δραστηριότητας κυρίως ως μετακινούμενη κτη-
νοτροφία, ενώ οι καλλιέργειες συγκεντρώνονται στα
χαμηλά μεσαία υψόμετρα.

Η παρούσα εργασία προσφέρει για πρώτη φορά στοι-
χεία, από μία υψηλή ορεινή θέση, για την πορεία της
χωροχρονικής εξέλιξης της βλάστησης στην περιοχή
του Γράμμου που έρχονται να συμπληρώσουν την ει-
κόνα για την ευρύτερη περιοχή της Δυτικής Μακεδονί-
ας και των Βαλκανίων (Bottema 1974, Willis 1992b,
Bordon κ.ά. 2009, Panagiotopoulos κ.ά. 2013, Gassner
κ.ά. 2020, Lawson κ.ά. 2005). Διερευνάται η λειτουργία
της ευρύτερης περιοχής (κοιλάδα Κοτύλης) ως καταφυ-
γίου των δασικών γενών και ο εντοπισμός ανθρωπογε-
νών πιέσεων στη βλάστηση της περιοχής.

Περιοχή έρευνας

Η οροσειρά του Γράμμου αποτελεί μέρος του Δικτύου
NATURA 2000 (GR1320002, Κορυφές όρους Γράμ-
μος). Η προστατευόμενη περιοχή έχει έκταση περίπου
34.000 εκταρίων (ha), οι δε σημαντικότεροι σε έκταση
δασικοί τύποι οικοτόπων είναι: της οξιάς (9110, 9130,
9140, 9150, 9270) με συνολική έκταση περίπου 6800
ha, της πεύκης (μαύρης, 9530) με έκταση περίπου 6800
ha, των δρυών (91M0, 9250) με συνολική έκταση περί-
που 6300 ha.

Άλλοι σημαντικοί τύποι οικοτόπων είναι οι: 3260
(302 ha) Βλάστηση πηγών τύπου *Ranunculion fluitantis*
και *Callitricho-Batrachion*, 4090 (2560 ha) Ενδημικοί
ορο-μεσογειακοί ερεικώνες, 6230 (7400 ha) χλοώδεις
διαπλάσεις με *Nardus* σε πυριτικά υποστρώματα της
ορεινής ζώνης.

Τα σημαντικότερα ξυλώδη είδη που απαντώνται
στους δασικούς οικοτόπους είναι τα: *Fagus sylvatica*
subsp. *sylvatica*, *Pinus nigra*, *Abies borisii-regis*, *Quer-
cus frainetto*, *Q. pubescens*, *Q. trojana*, *Ostrya carpi-
nifolia*. Χαρακτηριστικά ξυλώδη είδη των ίδιων οικοτό-
πων είναι και τα: *Fraxinus ornus*, *Acer* spp., *Tilia to-
mentosa*, *Platanus orientalis*, *Alnus glutinosa*, τα τελευ-
ταία δύο αποτελούν στοιχεία της βλάστησης ρεμάτων.

Μέθοδοι-υλικά

Λήψη ιζήματος

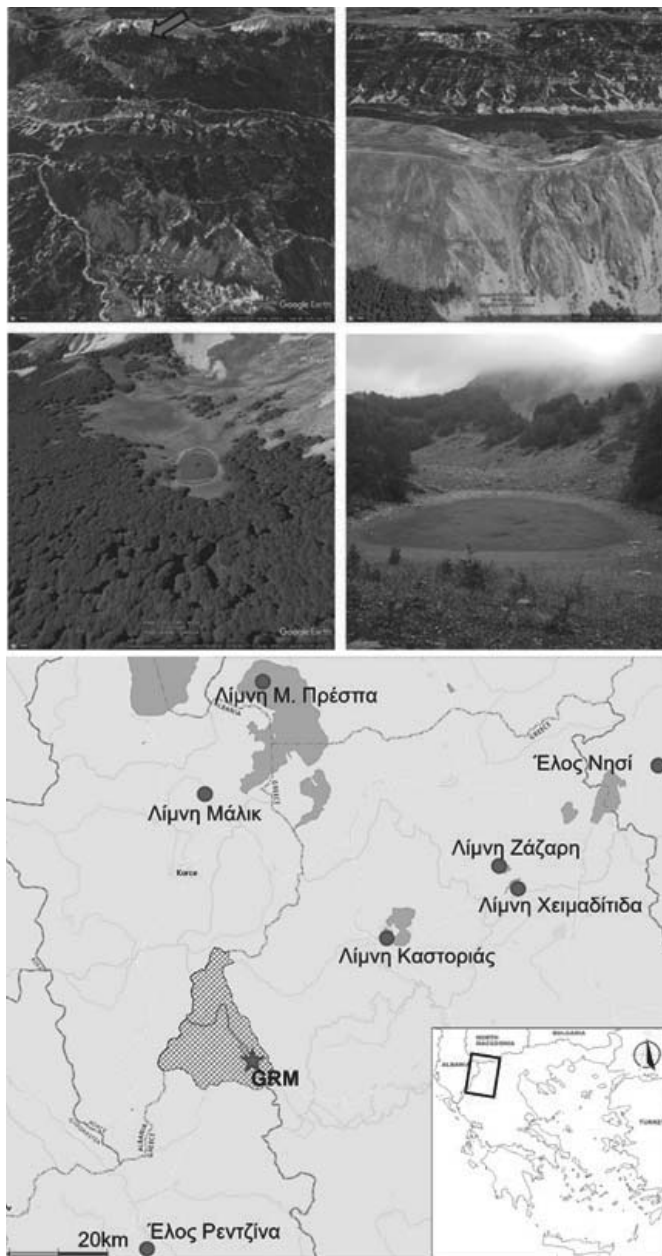
Με βάση σειρά κριτηρίων (ενδιαφέρον τοπίου και ιστορίας, δυνατότητα συνεργασιών, επισκεψιμότητα, οικολογική σημασία κ.ά.) επιλέχθηκε η περιοχή του **νότιου Γράμμου** (άνω λεκάνη Σαραντάπορου), με επίκεντρο την κοιλάδα της **Παλιάς Κοτύλης**, μαζί με τη ζώνη των καλλιεργειών, των λιβαδιών και των άλλων φυσικών και ανθρωπογενών τύπων βλάστησης που την περιβάλλουν.

Στα μέσα Οκτωβρίου του 2018 επιλέχθηκε θέση στην οποία σήμερα συναντάται εποχικό λιμνίο (Εικόνα 1). Το, σχεδόν κυκλικό, λιμνίο ($40^{\circ} 17.175' \text{B}$, $20^{\circ} 56.127' \text{A}$, υψόμετρο 1819 m) βρίσκεται επί των δασοορίων τα οποία διαμορφώνει η οξιά (*Fagus*) και σε θέση η οποία υποδέχεται γύρη από τις γύρω ορεινές περιοχές και την κοιλάδα της Κοτύλης (Εικόνα 1). Η λήψη του ιζήματος έγινε με τρυπάνι 'ρωσικού τύπου' (Russian type corer). Με τη μέθοδο αυτή συλλέχθηκε αλληλουχία πυρήνων συνολικού μήκους 332 cm. Τα δείγματα συσκευάστηκαν σε ημικυκλικής διατομής πλαστικούς σωλήνες, προκειμένου να παραμείνουν αδιατάρακτα και καλύφθηκαν με πλαστική μεμβράνη.

(Εδώ Εικόνα 1)

Επεξεργασία-συλλογή-καταγραφή παλυνομόρφων

Από το σύνολο του ιζήματος ελήφθησαν σε τακτά διαστήματα των 8 cm δείγματα σταθερού όγκου 1 cm^3 για να υποβληθούν σε χημική επεξεργασία, προς συγκέντρωση των παλυνομόρφων και εκτίμηση της ποσότητάς τους σε αυτά. Σε ακολουθίες βαθών με ιστορικό ενδιαφέρον (0-32 cm, οργανωμένη παρουσία και δραστηριότητα του ανθρώπου) ή οικολογικό (152-176 cm ταχεία εξάπλωση της οξιάς και 272-332 cm ψυχρή περίοδος πριν το Ολόκαινο), η δειγματοληψία του ιζήματος έγινε ανά 4 cm. Πριν την επεξεργασία τοποθετήθηκαν δισκία εξωτικού μάρτυρα (Stockmar 1971), σπόρια *Lycopodium clavatum*, προκειμένου να είναι δυνατός ο υπολογισμός τιμών συγκέντρωσης παλυνομόρφων στη μονάδα επιφάνειας (cm^2) και συσώρευσης στο χρόνο (έτος). Η χημική επεξεργασία των δειγμάτων (ακετόλυση), για την απομάκρυνση οργανικών και ανόργανων καταλοίπων και την παραλαβή όσο το δυνατόν καθαρών δειγμάτων παλυνομόρφων, ακολούθησε τυπικά πρωτόκολλα (Faegri και Iversen 1989) με διαδοχική χρήση κυρίως οξέων (HCl , HF 37%, CH_3COOH και μείγμα



Εικόνα 1. Περιοχή λήψης του ιζήματος (βέλος, κόκκινο περίγραμμα) για την παλυνολογική έρευνα και η σχετική θέση της ως προς τον παλαιό οικισμό της Κοτύλης. Θέσεις των πλησιέστερων παλυνολογικών ερευνών (κάτω μέρος εικόνας)

ακετόλης- 9:1 ανυδρίτης οξικού οξέως/ H_2SO_4).

Μέρος του δείγματος από κάθε βάθος αναλύθηκε για το περιεχόμενό του με τη βοήθεια OM (Οπτικό Μικροσκόπιο) Zeiss Axioskop 20. Η αναγνώριση και καταγραφή των παλυνομόρφων (γυρεόκοκκοι ξυλωδών [$\text{ΓΞ}=\text{AP}$, Arboreal Pollen], μη ξυλωδών-ποωδών [$\text{ΓΜ-Ξ}=\text{NAP}$, Non-Arboreal Pollen] τύπων, σπόρια πτεριδόφυτων [ΣΠ] και Μη Γυρεο-Παλυνόμορφα [ΜΓΠ] κυρίως άλη του γένους *Pediastrum*) σε μεγέθυνση $\times 400$

και όπου χρειάστηκε x650 ή x1000. Η αναγνώριση υποβοηθήθηκε από δείγματα αναφοράς του εργαστηρίου Δασικής Βοτανικής-Γεωβοτανικής, κλειδές ταυτοποίησης (Chester και Raine 2001, Beug 2004) και φωτογραφικούς άτλαντες (Reille 1992, 1995). Η αναγνώριση των διαφόρων *Pediastrum* taxa (είδη και ποικιλίες) έγινε με βάση τις εργασίες των Jankovská και Komárek (2000), Komárek και Jankovská (2001).

Οι ποσοστιαίες τιμές του κάθε τύπου γύρης σε κάθε δείγμα υπολογίστηκαν επί του συνόλου των γυρεόκοκκων των ξυλωδών και ποωδών τύπων γύρης. Στο άθροισμα αυτό δεν προσμετρήθηκαν οι γυρεόκοκκοι της τοπικής υγρόφιλης βλάστησης, ειδικά ο τύπος Cyperaceae που σε κάποια βάθη ήταν σε αφθονία. Το διάγραμμα ποσοστιαίων τιμών ΓΞ, ΓΜΞ, ΣΠ και ΜΓΠ κατασκευάστηκε με το λογισμικό TILIA-TGView (Grimm 2004). Η διάκριση ζωνών στο διάγραμμα έγινε με το ενσωματωμένο λογισμικό CONISS. Η ομαδοποίηση στηρίχθηκε στους τύπους των ΓΞ και ΓΜΞ που είχαν παρουσία μεγαλύτερη του 2% σε τουλάχιστον ένα δείγμα των αναλυθέντων. Η μέθοδος ομαδοποίησης στηρίχθηκε στο μετασχηματισμό των ποσοστιαίων τιμών και τον υπολογισμό της απόστασης χορδής (δείκτης ομοιότητας δύο δειγμάτων) μεταξύ αυτών. Επιπλέον των ποσοστιαίων τιμών υπολογίστηκαν οι τιμές συγκέντρωσης (αρ. παλυνομόρφων/cm³) και ρυθμού συσσώρευσης παλυνομόρφων (αρ. παλυνομόρφων /cm²/έτος). Οι τιμές συγκέντρωσης και συσσώρευσης του κάθε τύπου παλυνόμορ-

φου συνάγονται από τον αριθμό σπορίων *Lycopodium* που προστέθηκαν συνολικά σε κάθε δείγμα και καταμετρήθηκαν ειδικά σε κάθε πλακίδιο μικροσκόπησης.

Η τοπικά σταθμισμένη παλινδρόμηση (LOESS, Locally Estimated Scatterplot Smoothing, Cleveland 1979) χρησιμοποιήθηκε ώστε να δειχθεί η τάση στη μεταβολή των ποσοστιαίων τιμών και των τιμών ρυθμού συσσώρευσης γύρης (ΡΣΓ) σε συνάρτηση με το αντίστοιχο βάθος των αναλυθέντων δειγμάτων και να διερευνηθεί η σχέση των δύο τύπων τιμών.

Χρονολόγηση δειγμάτων – Μοντέλο ηλικίας βάθους

Για τη χρονολόγηση του συνολικού ιζήματος πραγματοποιήθηκαν 14 ραδιοχρονολογήσεις, με τη μέθοδο AMS ¹⁴C, στο Εργαστήριο CHRONOS (<http://14chrono.org/#>) του Πανεπιστημίου Queen του Μπέλφαστ. Οι ηλικίες βαθμονομήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού CALIB 7.0.1 (Stuiver κ.ά. 2017) και των καμπυλών βαθμονόμησης IntCal13 και IntCal20 (Reimer κ.ά. 2013, 2020). Το μοντέλο ηλικίας βάθους δημιουργήθηκε με το πακέτο RBacon (Blaauw και Christen 2011) του ανοιχτού λογισμικού RStudio (R Core team 2013). Χρησιμοποιήθηκαν οι 10 από τις 14 συνολικά χρονολογήσεις ενώ το ανώτερο σημείο του ιζήματος έλαβε την ηλικία 2018, χρονιά λήψης του πυρήνα.

Πίνακας 1. Αρχικές ηλικίες των 14 δειγμάτων ιζήματος που χρονολογήθηκαν με τη μέθοδο AMS ¹⁴C. Η τελευταία στήλη περιλαμβάνει τις βαθμονομημένες ηλικίες.

UBANo	Sample ID	Βάθος (cm)	Material Type	¹⁴ C Age	±	95.4 (± 2σ) cal BCE/CE
UBA-42292	GRM329	329	δείγμα τύρφης	13044	38	13867 - 13429
UBA-43096	GRM298	298	δείγμα τύρφης	6750	39	5723 - 5570
UBA-42291	GRM277	277	δείγμα τύρφης	9155	43	8530 - 8281
UBA-43097	GRM248	248	δείγμα τύρφης	8095	47	7313 - 6829
UBA-42290	GRM214	214	δείγμα τύρφης	7961	49	7042 - 6699
UBA-42289	GRM211-212	211.5	δείγμα τύρφης	7918	39	7028 - 6656
UBA-43098	GRM195	195	δείγμα τύρφης	7012	61	6007 - 5747
UBA-42288	GRM170	170	δείγμα τύρφης	5095	36	3968 - 3797
UBA-43099	GRM133	133	δείγμα τύρφης	4269	42	3011 - 2701
UBA-42287	GRM104	104	δείγμα τύρφης	3423	25	1869 - 1643
UBA-43100	GRM83	83	δείγμα τύρφης	2124	30	343 - 50
UBA-42286	GRM20	20	δείγμα τύρφης	2288	17	400 - 261
UBA-43101	GRM8	8	δείγμα τύρφης	2239	32	390 - 201
UBA-43102	GRM2	2	δείγμα τύρφης	917	25	*1038 - 1207

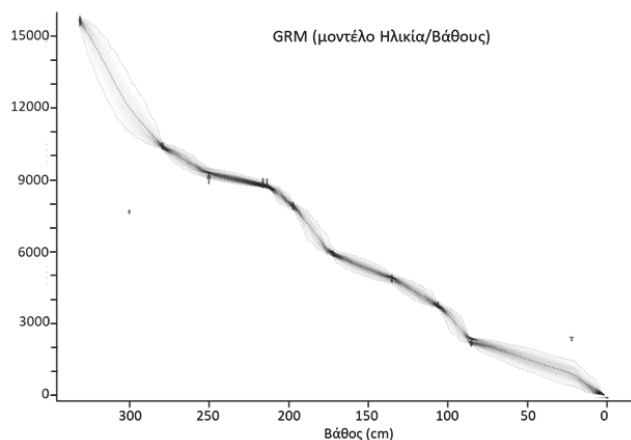
Αποτελέσματα-συζήτηση

Χρονολόγηση-Μοντέλο ηλικίας βάθους

Οι αρχικές τιμές δίνονται και οι βαθμονομημένες, μαζί με την πιθανότητα των χρονικών διαστημάτων στα οποία αντιστοιχούν, στον Πίνακα 1. Ο πυρήνας καλύπτει μια περίοδο περίπου 16.000 ετών, πριν από σήμερα (BP), περιλαμβάνει δε και την Τελική Παγετώδη περίοδο.

Το μοντέλο ηλικίας/βάθους διακρίνεται για φάσεις αργής και γρήγορης ιζηματογένεσης (Σχήμα 1). Χαρακτηριστική είναι η βαθύτερη ζώνη του μοντέλου με τον πιο αργό ρυθμό ιζηματογένεσης, όπου περίπου 55 cm (332-277 cm) ιζήματος συσσωρεύθηκαν σε μία περίοδο περίπου 5500 ετών (Σχήμα 1, Πίνακας 1). Τη ζώνη αυτή διαδέχεται η ζώνη με την ταχύτερη ιζηματογένεση στην οποία περίπου 60 cm (277-214 cm) συσσωρεύθηκαν σε ένα διάστημα περίπου 1500 ετών (Σχήμα 1, Πίνακας 1).

Σχήμα 1. Μοντέλο ηλικίας- βάθους για το σύνολο του ιζήματος από την περιοχή του Γράμμου, όπως αυτό δημιουργήθηκε με τη χρήση του εργαλείου PBACON (Blaauw and Christen 2011).



Βλάστηση και κλίμα

Η περιοχή λήψης του πυρήνα ιζήματος περιβάλλεται από μια σειρά θέσεων όπου έχουν διεξαχθεί ανάλογες έρευνες (Εικόνα 1). Οι θέσεις αυτές, οι περισσότερες εκ των οποίων περιλαμβάνονται σε μια περιοχή ακτίνας 70 χλμ., είναι: οι λίμνες Καστοριά, Χειμαδίτιδα (Bottema 1974), η λίμνη μεγάλη Πρέσπα (Panagiotopoulos κ.ά. 2013) η λίμνη Maliq (Denèfle κ.ά. 2000), το έλος Νησί (Lawson κ.ά. 2005), το έλος της Ρεντζίνας (Willis 1992b). Με την εξαίρεση του έλους της Ρεντζίνας (υπερ-θαλάσσιο ύψος 1800 m), όλες οι προαναφερθεί-

σες θέσεις βρίσκονται χαμηλότερα σε υπερθαλάσσια υψόμετρα μεταξύ περίπου 500 και 800 m.

Οι δύο πρώτες ζώνες του διαγράμματος (Σχήμα 2α και β), GRM1 και GRM2 περιλαμβάνουν την Τελική Παγετώδη περίοδο (Lateglacial period, 15.8-12.7 χιλιοετίες BP, GRM1 και GRM2a), μια μεταβατική περίοδο από την τελευταία Παγετώδη περίοδο προς την Ολόκαινο (μεταπαγετώδη) με σημαντικές κλιματικές ταλαντώσεις, την ψυχρή ενδιάμεση περίοδο γνωστή ως νεότερη Dryas (**Younger Dryas**, 12.8-11.7 χιλιοετίες BP, Gassner κ.ά. 2020) και τμήμα της πρώιμης φάσης της θερμής μεταπαγετώδους περιόδου του Ολοκαίνου (Early Holocene, 11-10 χιλιοετίες BP, GRM2b).

Η ζώνη GRM3 (Σχήμα 2α και β) περιλαμβάνει το υπόλοιπο της πρώιμης (10-8.2 χιλιοετίες BP) και μέρος της μέσης Ολοκαίνου περιόδου (8.2-5.5 χιλιοετίες BP), ενώ οι ζώνες GRM4 και GRM5 περιλαμβάνουν την υπόλοιπη μέση (5.5-4.2 χιλιοετίες BP) και τη νεότερη Ολόκαινο περίοδο (4.2 χιλιοετίες-σήμερα). Η διάκριση της Ολοκαίνου σε φάσεις ακολουθεί το σχήμα που υποδεικνύουν οι Walker κ.ά. 2019. Η παρουσίαση των αλλαγών της βλάστησης σε διακριτές φάσεις, που ακολουθεί, στηρίζεται στην ερμηνεία του διαγράμματος γύρης και *Pediastrum* (Σχήμα 2α και 2β αντίστοιχα).

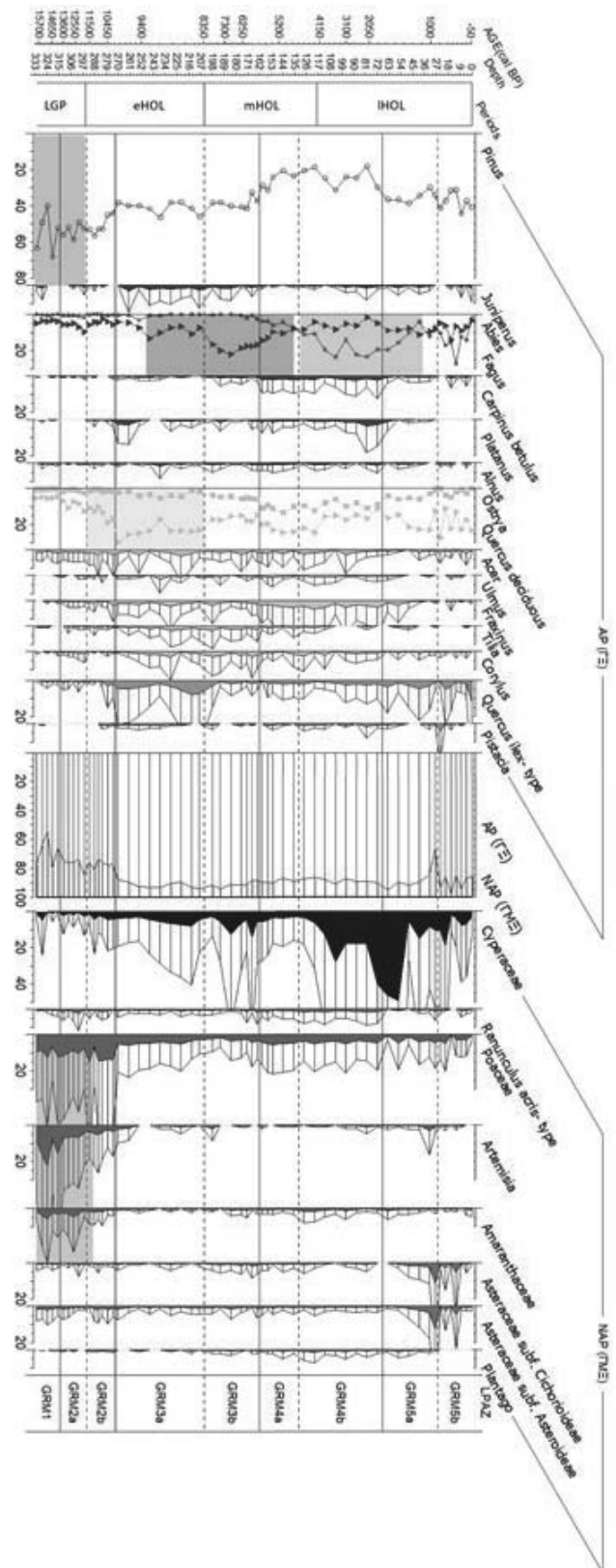
Τελική Παγετώδης περίοδος (Late Glacial Period-LGP, 15.8-11.5 χιλιοετίες BP)

Η Τελική Παγετώδης περίοδος εμφανίζει κλιματικές ταλαντώσεις που αποτυπώνονται στη σύνθεση της βλάστησης. Στην υποζώνη GRM1, στο διάστημα 15.8-15 χιλιοετίες BP (332-324 cm), έχουμε απότομη, έντονη πτωτική πορεία της δασικής βλάστησης (AP από 78% σε 55%) που την εκφράζει κυρίως η πεύκη (από 63% σε 40%) και αντίστοιχη αύξηση της κυρίως ποώδους στεπικής βλάστησης (ΓΜΞ από 20% σε 45%) την οποία εκφράζουν οι τύποι γύρης Poaceae (από 10% σε 16%), *Artemisia* (από 9% σε 23%), και λιγότερο ο τύπος Amaranthaceae (από 1.5% σε 6%). Το διάστημα αυτό αντιστοιχεί στην **Oldest Dryas** ψυχρή ταλάντωση με το κλίμα να χαρακτηρίζεται ως ψυχρό-ξηρό με κατακρημνίσματα <400 mm/yr (Bordon κ.ά. 2009). Στο διάστημα 324-320 cm (15-14.8 χιλιοετίες BP) μία αντιστροφή της κατάστασης είναι ορατή με τη δασική βλάστηση να ανακάμπτει σε ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα (AP, 80%), σε σχέση με την αρχή του διαγράμματος, ενώ η πεύκη εμφανίζει την υψηλότερη ποσοστιαία παρουσία στο διάγραμμα (περίπου 68%). Το διάστημα αυτό αντιστοιχεί στη θερμή κλιματική ταλάντωση **Bolling**, οι δε συνθήκες γίνονται περισσότερο θερμές-υγρές. Νέα, λιγό-

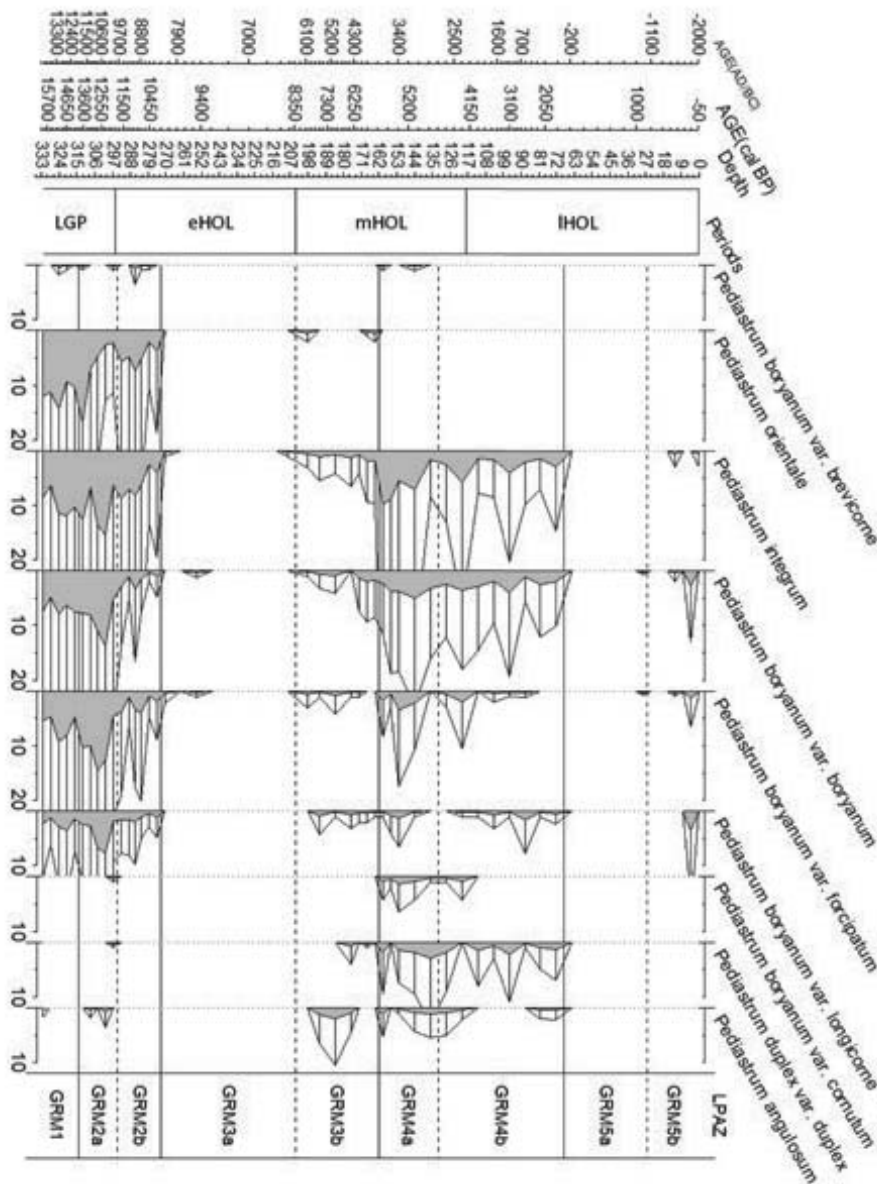
τερο έντονη, έξαρση της στεπικής βλάστησης σημειώνεται στο διάστημα 320-316 cm (14.8-14.1 χιλιετίες BP) κυρίως των τύπων *Artemisia* (από 7% σε 16%) και *Roaceae* (από 6% σε 12%) η οποία αντιστοιχεί στην ψυχρή ταλάντωση **Older Dryas**. Το διάγραμμα του Γράμμου είναι το μόνο στην περιοχή που εντοπίζει αυτή τη θερμοκρασιακή ταλάντωση μεταξύ των δυο ψυχρών Dryas περιόδων και της ενδιάμεσης θερμής (Bølling) και τις επιπτώσεις που αυτές έχουν στη δασική και στεπική βλάστηση.

Το ζεύγος **Allerød/Younger Dryas** (θερμή-υγρή, 13.9-12.8 χιλιετίες BP/ψυχρή-ξηρή, 12.8-11.5 χιλιετίες BP, GRM2a) είναι μία σύνθετη περίοδος κλιματικά, η οποία επηρεάζει άλλους δασικούς τύπους και όχι τόσο τα δάση πεύκης. Κυρίως οι φυλλοβόλες δρύες στην αρχή της Allerød φάσης (316 cm) ξεκινούν μία σχετικά απότομη αύξηση η οποία κορυφώνεται στο βάθος 308 cm (περίπου 13.2 χιλιετίες BP) με υπερ-διπλασιασμό των ποσοστών τους (<5% σε περίπου 11%) και ακολουθούνται από την ελάτη (κορύφωση στις 13.6 χιλιετίες BP, 312 cm) αλλά με σαφώς μικρότερου πλάτους αύξηση. Η ψυχρή περίοδος **Younger Dryas** επιδρά στις φυλλοβόλες δρύες με μια σύντομη πτώση στην αρχή, όχι ανάλογη της αύξησης που προηγήθηκε (από 11% σε 7.5% βάθος 304 cm) αλλά ακολουθεί μία αύξηση σε διπλάσια σχεδόν επίπεδα και μία διατήρηση σε αυτά με διακυμάνσεις. Η ελάτη αυξάνεται στην αρχή αυτής της φάσης με κορύφωση στο μέσο περίπου της περιόδου (11.8 χιλιετίες BP) αλλά μέχρι το τέλος της περιόδου τα ποσοστά της υποχωρούν εξίσου δραματικά (από 10% σε 5%, βάθος 288 cm).

Φαίνεται ότι η όλη μετάβαση προς την Ολόκαινο περίοδο είναι μία βαθμιαία διαδικασία με διακυμάνσεις εντός της **Younger Dryas** κάτι που παρατηρείται και στη γειτονική λίμνη Maliq (Bordon κ.ά. 2009). Μάλιστα, μία σύντομη θερμή-υγρή περίοδος που παρατηρείται στην περιοχή γύρω από την προαναφερθείσα λίμνη καταγράφεται σχεδόν την ίδια περίοδο (γύρω στις 11.8-9 χιλιετίες BP) στην περιοχή του Γράμμου όπου μία σειρά ξυλωδών ειδών (ελάτη, δρύες, οξιά, όστρια) καταγράφουν ταυτόχρονη αύξηση ενώ τα στεπικά στοιχεία υποχωρούν. Γενικότερα, οι ψυχρές-ξηρές συνθήκες φαίνεται να μην είναι ιδιαίτερα έντονες όπως στις προηγούμενες Dryas περιόδους. Η τάση για το πιο ισχυρό στεπικό στοιχείο, την *Artemisia*, είναι η συνεχής μείωση των ποσοστιαίων τιμών και των τιμών ΡΣΓ της (Σχήμα 3) γεγονός που υποδεικνύει υποχώρηση των ψυχρών-ξηρικών συνθηκών ενώ ταυτόχρονα αντικαθίσταται από τα πιο ανταγωνιστικά, σε συνθήκες υγρασίας, *Roaceae* των οποίων οι τιμές ΡΣΓ αυξάνουν. Το φάσμα



Σχήμα 2α. Διάγραμμα ποσοστιαίων τιμών (%) επιλεγμένων τύπων γύρης από τον πυρήνα του Γράμμου.



Σχήμα 2β. Μη-Γυρεο-Παλυνόμορφα (ΜΓΠ) κοινόβια του άλγους *Pediastrum*

των *Pediastrum* taxa υποστηρίζει τις κλιματικές ταλαντώσεις μεταξύ ψυχρών-θερμών περιόδων καθώς τα *P. orientale*, *P. boryanum* var *longicorne*, var *boryanum*, *P. integrum* είναι δείκτες κρύων υδάτινων σωμάτων, που παραπέμπουν σε ψυχρές συνθήκες (Komárek και Jankovská 2001, Xiang κ.ά. 2021) της Τελικής Παγετώδους και της πρώιμης Ολοκαίνου (Komárek και Jankovská 2001). Η αντικατάσταση του *P. orientale* από τα άλλα τρία taxa μπορεί να υποδεικνύει ταυτόχρονα αλλαγή του τροφικού καθεστώτος του λιμνίου αφού το πρώτο αναπτύσσεται σε καθαρά, κρύα νερά «ελεύθερα» άλλων φυτικών οργανισμών, ενώ τα άλλα τρία σε ολιγοτροφι-

κά έως δυστροφικά υδάτινα σώματα. Αυτό γίνεται φανερό στο βάθος 300 cm, όπου ο τύπος *Ranunculus acris*, αντιπρόσωπος της βλάστησης χαμηλής ροής υδάτων, εμφανίζει κορύφωση των ποσοστιαίων τιμών του ταυτόχρονα με τα τρία taxa *P. boryanum* var *longicorne*, var *boryanum*, *P. integrum*.

Ο Γράμμος καταφύγιο (*refugium*) της τελευταίας παγετώδους περιόδου

Σύμφωνα με τη Willis (1994) κατά την ψυχρή-ξηρή περίοδο των παγετώνων η ξυλώδης βλάστηση, κυρίως τα δενδρώδη είδη, βρίσκει καταφύγιο στα μεσαία υψόμετρα των ορεινών θέσεων όπου μια επιπλέον μικρή πτώση της ετήσιας θερμοκρασίας αντισταθμίζεται από μία υψηλότερη προσφορά υγρασίας, παράγοντας σημαντικός για αρκετά πλατύφυλλα δέντρα (π.χ. *Fraxinus* spp, *Ulmus* spp, *Acer* spp, *Tilia* spp), σε αντίθεση προς τις χαμηλές έως λοφώδεις περιοχές στις οποίες η ξηρασία είναι πολύ εντονότερη. Στο διάγραμμα της Ρεντζίνα (1800 m υπερθ. υψόμετρο) η Willis (1992) καταγράφει υψηλό αριθμό ξυλωδών γενών, πολύ υψηλότερο από

άλλες θέσεις λήψης που βρίσκονται σε πολύ χαμηλότερες, υψομετρικά, θέσεις. Στο συγκεκριμένο διάγραμμα καταγράφονται 12 τύποι γύρης ξυλωδών της εύκρατης ζώνης. Ένας ανάλογος αριθμός καταγράφεται και στο διάγραμμα του Γράμμου ενώ ξεχωρίζουν για την παρουσία τους τα γένη *Ostrya*, *Fraxinus*, *Acer*, *Tilia* και *Corylus*.

Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στην πολύ πρώιμη εμφάνιση της οξιάς, με δεδομένη την απομακρυσμένη θέση της κατά την Τελική Παγετώδη περίοδο, με ποσοστιαίες τιμές που φτάνουν στο επίπεδο του 3% περίπου (βάθος 296 cm) στοιχείο που υποδηλώνει την παρουσία του είδους με τη μορφή συστάδων στα χαμηλά, από άποψη υψομέτρου, δασοόρια της περιόδου. Στο διάγραμμα της λίμνης Ζάζαρη (Gassner κ.ά. 2020), ως

παράδειγμα, η οξιά πρωτοεμφανίζεται, παροδικά, (με ποσοστό <1%) στην αρχή της Ολοκαίνου, ενώ σε αυτό από τη Μεγάλη Πρέσπα (Panagiotopoulos κ.ά. 2013) σποραδικοί γυρεόκοκκοι εμφανίζονται στην αρχή της Τελικής Παγετώδους περιόδου (περίπου 16000 χρόνια BP). Από την άποψη αυτή το παρόν διάγραμμα αποκτά ιδιαίτερη σημασία καθώς αποτελεί το μόνο στην ευρύτερη περιοχή που «συλλαμβάνει» τη διατήρηση της οξιάς σε δυσμενείς κλιματικές συνθήκες με τιμές που υποδηλώνουν παρουσία συστάδων (Giesecke κ.ά. 2017).

Πρώιμη Ολόκαινος (Early Holocene eHOL, 11-8.2 χιλιαστές BP, GRM2b-GRM3a)

Η έναρξη της θερμής μεταπαγετώδους περιόδου της Ολοκαίνου σηματοδοτείται από την έντονα απότομη εξάπλωση των δρυοδασών με τις ποσοστιαίες τιμές να τριπλασιάζονται από περίπου 10% (285 cm) σε σχεδόν 30% (270 cm). Η κορυφή αυτή λαμβάνει χώρα μέσα σε περίπου 1000 χρόνια (11-10 χιλιαστές BP). Στη θέση των δασοορίων, η ελάτη τριπλασιάζει τις τιμές της, από 5% σε περίπου 15%, σε μεγαλύτερο βάθος χρόνου (11-9.2 χιλιαστές BP, βάθη 285-246 cm). Η ανοδική πορεία της ελάτης προς τη θέση δειγματοληψίας συνοδεύεται από την ταυτόχρονη αναρρίχηση της αρκεύθου (*Juniperus*). Οι κλιματικές συνθήκες της περιόδου είναι θερμές και στο μεγαλύτερο μέρος (10-8 χιλιαστές BP) ξηρές, στα χαμηλά υψόμετρα, όπως υποδηλώνουν οι τιμές του πρίνου (*Q. coccoifera*) με δύο μέγιστα 5% και 7% (10 και 8.6 χιλιαστές BP αντίστοιχα). Φαίνεται πως η διαθέσιμη υγρασία, πέραν της εποχικότητάς της, δεν παραμένει σε σταθερά επίπεδα αλλά παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Προς επίρρωση, σε ένα σύντομο επεισόδιο με αύξηση της διαθέσιμης υγρασίας που υποδηλώνεται από τις υψηλές τιμές του πλατάνου (*Platanus*), δεύτερο μέγιστο για όλο το διάγραμμα (3%, βάθος 262 cm) σημειώνεται νέα παροδική κορυφή για την οξιά με τιμή γύρω στο 4% (10-9.4 χιλιαστές BP, βάθη 270-254 cm). Η ελάτη είναι πιο ξηρανθεκτική (Gillerot κ.ά. 2020) από τη σκιοφιλή οξιά και εξαπλώνεται πιο γρήγορα στον ανοικτό χώρο από αυτή (καλύτερη διασπορά σπερμάτων). Ξηρές συνθήκες, κάτω από τις οποίες σημειώνεται και εκεί εξάπλωση της ελάτης, για το διάστημα 9200 με 7700 BP συνάγονται και από τη μελέτη των αλλαγών της στάθμης της λίμνης Accesa στη ΒΔ Ιταλία (Magny κ.ά. 2007).

Τα μεικτά δρυοδάση εμφανίζουν μεγάλη ποικιλότητα με πολλά διαφορετικά δενδρώδη-θαμνώδη γένη. Η Οστρία (*Ostrya*), η Φιλύρα, ο Φράξος (*Fraxinus*), η

Φτελιά, η Λεπτοκαρυά (*Corylus*), το Σφενδάμι (*Acer*) διαμορφώνουν το συγκεκριμένο μεικτό τύπο βλάστησης, αν και κάποια από αυτά (Σφενδάμι, Φράξος) αποτελούν στοιχεία και των δασών οξιάς/ελάτης. Η Φιλύρα σε αυτό το διάστημα (πρώιμη Ολόκαινος) εμφανίζει την πιο εκτεταμένη παρουσία της, καθώς στη μέση-πρόσφατη Ολόκαινο περιορίζεται σε μεγάλο βαθμό.

Μέση-Νεότερη Ολόκαινος (Mid-Late Holocene m-l HOL, 8.2 χιλιαστές BP-σήμερα, GRM3b, GRM4-5)

Στην αρχή της μέσης Ολοκαίνου η ελάτη διαμορφώνει τα δασοόρια γύρω από τη θέση δειγματοληψίας και καταγράφει τις υψηλότερες ποσοστιαίες τιμές που κορυφώνονται (περίπου 24%) στο μέσο της υποζώνης GRM3b (περίπου 7 χιλιαστές BP, βάθος 184 cm).

Το πιο σημαντικό γεγονός της μέσης Ολοκαίνου είναι η ταχεία εξάπλωση της οξιάς μέσα στη ζώνη της ελάτης, με την τελευταία να υποχωρεί στο υπόλοιπο του διαγράμματος. Η εξάπλωση ξεκινά περίπου στο όριο των ζωνών GRM3b-GRM4a (βάθος 164 cm, 5.8 χιλιαστές BP) με ποσοστό γύρω στο 5% και κορυφώνεται στις 3.6 χιλιαστές (104 cm, GRM4b) με ποσοστό 23%. Ταυτόχρονη είναι και η εξάπλωση του γαύρου (*Carpinus betulus*), συστατικό στοιχείο της ζώνης της οξιάς. Τα δύο δένδρα, που απαιτούν υγρασία στην ατμόσφαιρα, είχαν ήδη από την προηγούμενη περίοδο δείξει σημάδια της κοινής τους παρουσίας κυρίως στην αρχή και προς το τέλος της. Η αύξηση της υγρασίας συνάγεται από μια σειρά στοιχείων του διαγράμματος: Η συνεχής παρουσία του πλατάνου που κορυφώνεται, μέγιστο για το διάγραμμα, 2200 χρόνια BP (4%, βάθος 80 cm). Η εντυπωσιακά αυξημένη παρουσία των Cyperaceae, τοπικό στοιχείο του λιμνίου, η καμπύλη των οποίων δείχνει παρόμοια πορεία με αυτή της οξιάς και κορυφώσεις 25% και 50% στα 3.600 χρόνια και 1600 χρόνια BP (βάθη 104cm και 56cm αντίστοιχα). Η παρουσία τους υποδηλώνει υψηλή διαθέσιμη υγρασία αλλά και αυξημένη παροχή θρεπτικών στοιχείων στο λιμνίο. Η συνεχής καμπύλη, με τις υψηλότερες τιμές για όλο το διάγραμμα, του τύπου *Ranunculus* που αντιπροσωπεύει τη βλάστηση υδάτων χαμηλής ροής, συνηγορεί στην υψηλή διαθέσιμη υγρασία της περιόδου. Το φάσμα των *Pediastrum* διαφοροποιείται με την αντικατάσταση του ψυχρόβιου *P. orientale* από το *P. duplex* var. *duplex*. Ο συνδυασμός των *Pediastrum* taxa παραπέμπει σε ευτροφικές συνθήκες (ροή θρεπτικών στοιχείων προς το λιμνίο), αλκαλικό υδάτινο περιβάλλον και θερμές συνθήκες (Kovářek και Jankovská 2001, Xiang κ.ά. 2021).

Η εξάπλωση της οξιάς περίπου στην περίοδο 6-4

χιλιετίες BP παρατηρείται σε μία σειρά από διαγράμματα της περιοχής γύρω από τον Γράμμο όπως στις λίμνες Maliq (Denèfle κ.ά. 2012), Ζάζαρη (Geissner κ.ά. 2020), Πρέσπα (Panagiotopoulos κ.ά. 2013), Χειμαδίτιδα (Bottema 1974) αλλά και ευρύτερα στα Βαλκάνια (Tonkon κ.ά. 2008, λίμνη Trilistnika) και τη Μεσόγειο (Azuares κ.ά. 2018). Σε όλες τις προαναφερθείσες περιπτώσεις η οξιά επεκτείνεται σε χρόνο ύστερο της ελάτης την οποία και αντικαθιστά στο κοινό χώρο εξάπλωσης. Η αύξηση της υγρασίας την οποία εκτιμούν και μοντέλα κλιματικών αλλαγών βασισμένα σε παλυνολογικά δεδομένα, με αρχή την περίοδο 6.5-5.5 χιλιετίες BP καθώς και η μεγέθυνση της αυξητικής περιόδου (Bartlein κ.ά. 2011) ενισχύουν το ρόλο της κλιματικής αλλαγής ως κύριου παράγοντα της γρήγορης εξάπλωσης της οξιάς, η οποία ως πιο σκιανθεκτικό είδος εκτοπίζει την ελάτη.

Η δεύτερη πιο σημαντική αλλαγή είναι η εξάπλωση της όστριας ή/και του ανατολικού γαύρου στο διάστημα 7-2 χιλιετίες BP, με τις κορυφαίες τιμές να εντοπίζονται κυρίως στο διάστημα 5.5-2.4 χιλιετίες BP. Η εξάπλωση μπορεί να αποδοθεί στην αύξηση της υγρασίας (Gobet κ.ά. 2000) αλλά και σε πιθανή διάνομιση των δρυοδασών, από τον άνθρωπο, η οποία ευνοεί την εξάπλωση της όστριας (Willis 1992a, Gobet κ.ά. 2000, Gassner κ.ά. 2020). Η θέση του λιμνίου (1819 m a.s.l.) λαμβάνει σήμα από μία περιοχή αρκετών δεκάδων χιλιομέτρων μέσα στην οποία εντοπίζονται οι λίμνες Ζάζαρη (Gassner κ.ά. 2020, 64km BA), Καστοριά (Bottema 1974, 40km BA) και Γκραμούστη (Willis 1992a, 55km ΝΔ). Στις τοποθεσίες αυτές τα διαγράμματα γύρης δείχνουν, για μια λίγο πολύ αντίστοιχη χρονική περίοδο, εξάπλωση της όστριας/ανατολικού γαύρου την οποία οι συγγραφείς αποδίδουν σε ανθρωπογενή επίδραση (διάνομιση δρυοδασών, δημιουργία βοσκότοπων). Το παρόν διάγραμμα εντοπίζει αυτή τη δραστηριότητα ως σήμα περιοχής και όχι ως τοπική κτηνοτροφική δραστηριότητα, όπως υποδεικνύουν άλλωστε οι χαμηλές συνεχόμενες τιμές του τύπου *Plantago* (Mazier κ.ά. 2006).

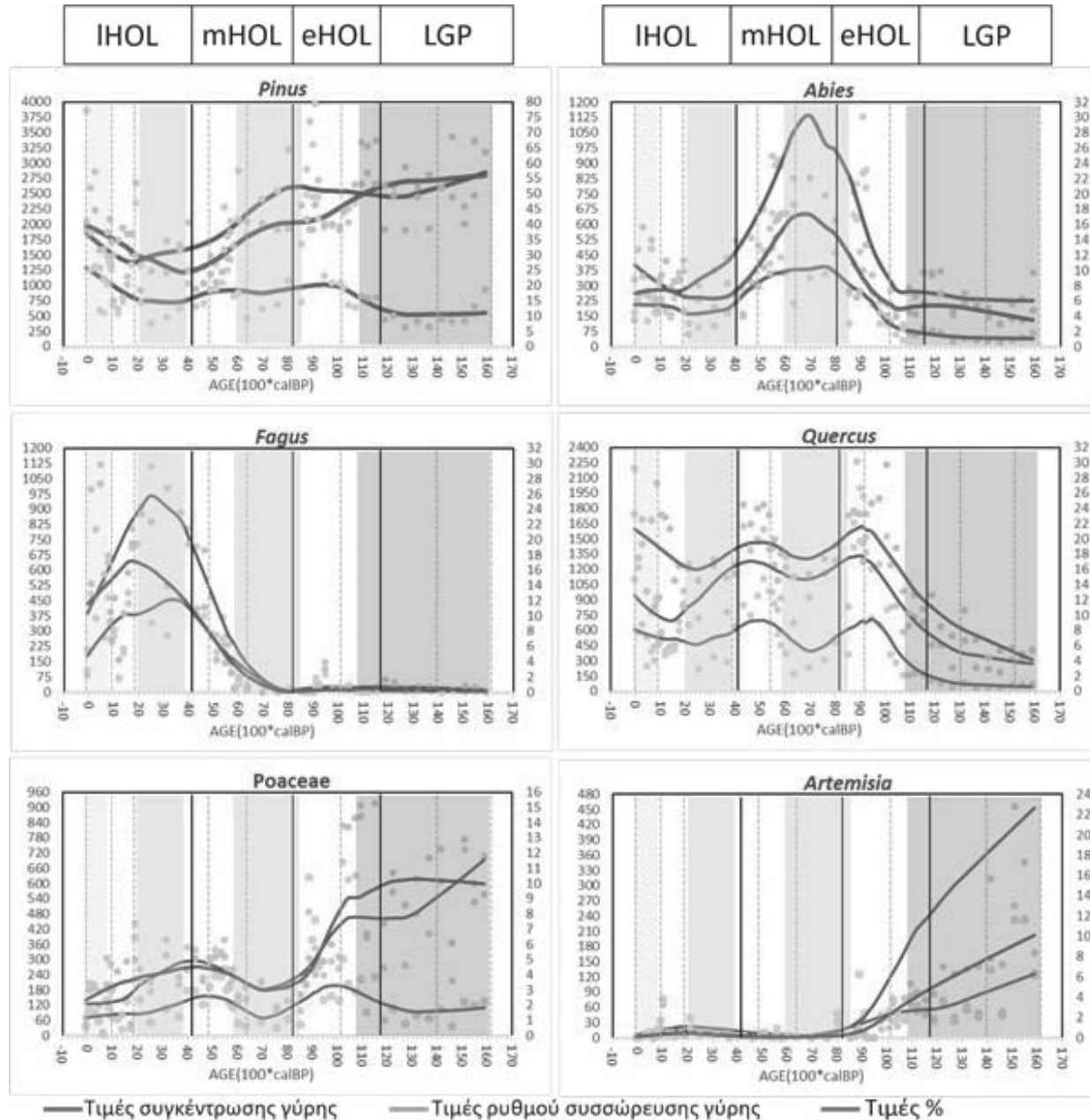
Ανθρωπογενείς επιδράσεις

Οι κύριες ανθρωπογενείς επιδράσεις, προϊόν της αγροτο-κτηνοτροφικής δραστηριότητας και της πιθανής διάνομισης του δάσους που αυτή συνεπάγεται, απουσιάζουν από μεγάλο μέρος του διαγράμματος. Οι καλλιεργητικές δραστηριότητες λαμβάνουν χώρα σε πολύ χαμηλότερα υψόμετρα, στην περιοχή της Κοτύλης και άλλων ανάλογου υψομέτρου οικισμών. Η απουσία τύπων γύρης καλλιεργειών π.χ. σιτηρών (*Triticum*, *Secale*) είναι ανα-

μενόμενη καθώς το σήμα γύρης αυτών είναι περιορισμένης εμβέλειας, περιορισμός που επιτείνεται λόγω και της υψομετρικής διαφοράς.

Σημάδια κτηνοτροφικής δραστηριότητας εντοπίζονται στο ανώτερο τμήμα του διαγράμματος (GRM5b) από το βάθος των 40 cm (περίπου 1200 χρόνια BP). Σε αυτό το τμήμα του διαγράμματος οι τύποι των Asteraceae και Cichoriaceae, χαρακτηριστικοί της κτηνοτροφικής δραστηριότητας (Behre 1981, Li κ.ά. 2008), καταγράφουν τις υψηλότερες συνεχείς ποσοστιαίες τιμές για όλο το διάγραμμα (αμφότεροι καταγράφουν ποσοστό 10%). Η κορύφωση των τιμών τους ταυτόχρονα με μια έντονη έξαρση του τύπου *Artemisia* (βάθος 28 cm, περίπου 1000 χρόνια BP) φανερώνει διάνομιση των δασών κυρίως της οξιάς και των φυλλοβόλων δρυών και τη δημιουργία βοσκότοπων κυρίως στην ορεινή περιοχή και σε υψόμετρα ανάλογα της θέσης συλλογής του πυρήνα ιζήματος. Η ευρύτερη περιοχή του Γράμμου και της Πίνδου υπήρξε κέντρο της δραστηριότητας των μετακινούμενων κτηνοτρόφων από την περίοδο του Μεσαίωνα (Micle 2013, Kyurkchiev 2006). Οι ανάγκες της μετακινούμενης κτηνοτροφίας οδηγούν σε επιπλέον εκμετάλλευση των δασών οξιάς και δρυός με τη μορφή κλαδονομών και φυλλονομών προκειμένου να εξασφαλισθεί τροφή για τα ζώα βοσκής τη χειμερινή περίοδο. Η πρακτική αιώνων (shredding, Halstead 2009) υπήρξε επιβλαβής κυρίως για τις δρύες, στους δακτυλίους των οποίων καταγράφονται περίοδοι αναστολής της ανάπτυξής τους. Η χαρακτηριστική 'οδοντωτή' καμπύλη των φυλλοβόλων δρυών στο διάγραμμα (Σχήμα 2α, φάση GRM5b) υποδηλώνει αυτήν την ανώμαλη ανάπτυξη η οποία προφανώς επηρεάζει την ετήσια παραγωγή γύρης. Η μετακινούμενη κτηνοτροφία και η δημιουργία ανοιγμάτων στο δασικό χώρο ευνοεί την πεύκη, η οποία εξαπλώνεται στις ανοιχτές θέσεις που συνορεύουν με τη ζώνη εξάπλωσής της.

Η συγκριτική παράθεση της τάσης μεταβολής των ποσοστιαίων τιμών, τιμών συγκέντρωσης και ρυθμού συσσώρευσης γύρης (ΡΣΓ) των κύριων δασικών γενών (Σχήμα 3) ολοκληρώνει τη γενική εικόνα των χωροχρονικών αλλαγών τους. Οι δύο τελευταίες τιμές είναι ανεξάρτητες για κάθε δασικό γένος εν αντιθέσει με τις ποσοστιαίες οι οποίες για κάθε γένος εξαρτώνται και από τις διακυμάνσεις των ποσοστιαίων τιμών των υπολοίπων τύπων γύρης του διαγράμματος. Το σύνολο των τιμών της πεύκης παρουσιάζει παρόμοια αυξητική πορεία κατά τη νεότερη Ολόκαινο γεγονός που υποδηλώνει την εξάπλωση της πεύκης σε ένα περιβάλλον που διαμορφώνεται από τη δραστηριότητα του ανθρώπου, καθώς η διαμόρφωση των σημερινών ζωνών βλάστησης



με οδηγό την κλιματική αλλαγή έχει ολοκληρωθεί. Στις προηγούμενες περιόδους, κυρίως στην πρώιμη Ολοκαίνο, υπάρχει γενικά μια αντίθετη πορεία κυρίως μεταξύ των ποσοστιαίων τιμών (πτωτική) και των τιμών ΡΣΓ (αυξητική). Οι τελευταίες δηλώνουν την εξάπλωση της πεύκης στο χώρο, η οποία όμως είναι ασθενέστερη της δρυός και κυρίως της ελάτης που βρίσκεται πλησιέστερα στο λιμνίο, με συνέπεια οι εξαρτημένες ποσοστιαίες τιμές της πεύκης να βαίνουν μειούμενες. Εντυπωσιάζει η σχεδόν ταυτόσημη μεταβολή των τριών τιμών για καθένα από τα υπόλοιπα δασικά γένη (δρυς, ελάτη, οξιά). Η δρυς παρουσιάζει ταυτόχρονη εναλλασσόμενη αύξη-

σήμα 3. Συγκριτική παράθεση των καμπυλών τάσης των ποσοστιαίων τιμών και τιμών συγκέντρωσης (x10)/ρυθμού συσσώρευσης γύρης (ΡΣΓ, ΡΑΡ) για τους κυριότερους τύπους ΓΞ και ΓΜΞ.

ση/μείωση των τριών τιμών της γεγονός που υποδηλώνει ότι ο χώρος εξάπλωσής της επιδέχεται αντίστοιχες μεταβολές που στις τελευταίες φάσεις της Ολοκαίνου συνδέονται με την ανθρώπινη επεμβατική δραστηριότητα. Η ελάτη με μια ταχεία εξάπλωση (ισχυρή αύξηση και των τριών τύπων τιμών) κυριαρχεί στα δασοόρια, μέχρι τις αρχές της μέσης Ολοκαίνου, ενώ για την υπόλοιπη περίοδο όλες οι τιμές υποχωρούν απότομα καθώς τη διαδέχεται η οξιά. Η τελευταία επιδεικνύει μια πτώ-

ση όλων των τιμών της στο ανώτερο τμήμα της νεότερης Ολοκαίνου καθώς στη ζώνη της η μετακινούμενη κτηνοτροφία διαμορφώνει τους θερινούς βοσκότοπους του Γράμμου.

Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τις διαφοροποιήσεις της βλάστησης στο χρόνο και τις πιθανές αιτίες αυτών μπορεί να δοθεί μια τελική συνολική εικόνα στις διάφορες χρονικές περιόδους:

Τελική Παγετώδης Περίοδος (LGP) 15.8-11.7 χιλιαετίες BP

1. **Oldest Dryas** (15.8-15.1 χιλιαετίες BP). Δασοόρια αρκετές εκατοντάδες μέτρα χαμηλότερα. Κυρίαρχο στοιχείο της δασικής βλάστησης η πεύκη ακολουθούμενη από τις φυλλοβόλες δρύες και την ελάτη. Στη φάση αυτή ψυχρών ξηρών συνθηκών η εξάπλωση της πεύκης ανακόπτεται και επεκτείνονται στη θέση της τα στεπικά στοιχεία της ποώδους βλάστησης (*Artemisia*, *Roaceae*, *Chenopodiaceae*).
2. **Bølling/Older Dryas** (15.1-13.9 χιλιαετίες BP). Νέα εξάπλωση της πεύκης ακολουθούμενη από μικρότερη πτώση στη σύντομη ψυχρή-ξηρή περίοδο (*Older Dryas*) και αντίστοιχη επανάκαμψη των στεπικών στοιχείων. Στη φάση αυτή γίνεται αντιληπτό ότι τη ζώνη των δασοορίων διαμορφώνουν η πεύκη, η ελάτη και η οξιά, η τελευταία με παρουσία συστάδων.
3. **Allerød/Younger Dryas** (13.9-11.7 χιλιαετίες BP). Τα στοιχεία της δασικής βλάστησης δείχνουν εικόνα προοδευτικής εξάπλωσης με διαδοχικές αυξήσεις και υποχωρήσεις οφειλόμενες στις διακυμάνσεις θερμοκρασίας/υγρασίας, ακόμη και μέσα στην ψυχρή/ξηρή περίοδο της **Younger Dryas**. Προς το τέλος της **Younger Dryas** ένα σύντομο θερμό υγρό επεισόδιο απεικονίζεται με την αύξηση των βασικών τύπων δασικής βλάστησης (ελάτη, πεύκη, οξιά, δρύες).

Πρώιμη Ολοκαίνου (eHOL) 11.7-8.2 χιλιαετίες BP

4. α) Ραγδαία αύξηση των φυλλοβόλων δρυοδασών συνοδευόμενη από τη συνεχή παρουσία των στοιχείων μείξης (κατά φθίνουσα σειρά τελικής παρουσίας, όστρια/γαύρος ανατολικός, σφενδάμι, φράξος, φιλύρα, λεπτοκαρπά).
- β) Η ελάτη εξαπλώνεται ανεβάζοντας τα δασοόρια ενώ οι θάμνοι αρκεύθου αντικαθιστούν την ποώδη

βλάστηση των ανώτερων υψομέτρων της οποίας κύριος εκπρόσωπος είναι τα *Roaceae*. Οι ξηρές συνθήκες της περιόδου οδηγούν σε υποχώρηση της ελάτης (9.2-8.2 χιλιαετίες BP). Σύντομα υγρά θερμά επεισόδια προκαλούν προσωρινή εξάπλωση της οξιάς στα δασοόρια.

Μέση-Νεότερη Ολοκαίνου (m-l HOL) 8.2 χιλιαετίες BP-σήμερα

5. α) Η περίοδος αρχίζει με την ελάτη να διαμορφώνει τα δασοόρια που πλέον βρίσκονται κοντά στο λιμνίο.
- β) Η οξιά, συστατικό στοιχείο της ζώνης της ελάτης, μαζί με τον γαύρο, ο οποίος άρχισε να επεκτείνεται λίγο νωρίτερα, εκτοπίζει την ελάτη και λίγο μετά το μέσο της περιόδου (3.5 χιλιαετίες BP) διαμορφώνει τα δασοόρια.
- γ) Στη ζώνη των φυλλοβόλων δρυών οι όστρια/ανατολικός γαύρος εξαπλώνονται συνέπεια κλιματικών συνθηκών αλλά και ανθρωπογενών επεμβάσεων σε μια περιοχή δεκάδων χιλιομέτρων.
- δ) Η δραστηριότητα μετακινούμενων, κυρίως, κτηνοτρόφων, καταγράφεται στα τελευταία 1200 χρόνια του διαγράμματος και μαζί της οι επιπτώσεις στα δάση οξιάς και φυλλοβόλων δρυών κυρίως, που λειτουργούν ως πηγές τροφής των ζώων βοσκής τη χειμερινή περίοδο. Η δραστηριότητα αυτή δημιουργεί εκτεταμένες λιβαδικές περιοχές σε υψόμετρα ανάλογα της θέσης του λιμνίου.

Βιβλιογραφία

- Athanasiadis, N. (1975), «Zur postglazialen Vegetation-entwicklung von Litochoro Katerinis und Pertouli Trikalon (Griechenland)», *Flora* 164(1), σ. 99-132.
- Azuara, J., Lebreton, V., Peyron, O., Mazier, F., Combourieu-Nebout, N. (2018), «The Holocene history of low altitude Mediterranean *Fagus sylvatica* forests in southern France», *Journal of Vegetation Science* 29, σ. 438-449.
- Bartlein, P. J., Harrison, S. P., Brewer, S., Connor, S., Davis, B. A. S., Gajewski, K., Guiot, J., Harrison-Prentice, T. I., Henderson, A., Peyron, O., Prentice, I. C., Scholze, M., Seppä, H., Shuman, B., Sugita, S., Thompson, R. S., Viau, A. E., Williams, J. και Wu, H. (2011), «Pollen-based continental climate reconstructions at 6 and 21 ka: a global synthesis», *Clim. Dynam.* 37, σ. 775-802.
- Behre, K.-E. (1981), «The interpretation of anthropogenic indicators in pollen diagrams», *Pollen et Spores* 23,

- σ. 225-245.
- Beug, H. J. (2004), *Leitfaden der Pollenbestimmung für Mitteleuropa und angrenzende Gebiete*. Μόναχο: Pfeil, σ. 542.
- Birks, H. J. B. και Willis, K. J. (2008), «Alpines, trees, and refugia in Europe», *Plant Ecology & Diversity* 1(2), σ. 147-160.
- Blaauw, M., Christen, J. A. (2011), «Flexible palaeoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process», *Bayesian Anal.* 6, σ. 457-474.
- Bottema, S. (1974), Late Quaternary vegetation history of northwestern Greece. Thesis, Rijksuniversiteit te Groningen.
- Chester, P. I. και Raine, J. I. (2001), «Pollen and spore keys for Quaternary deposits in the northern Pindos Mountains, Greece», *Grana* 40, σ. 299-387.
- Cleveland, W. S. (1979), «Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots», *Journal of the American Statistical Association* 74, σ. 829-836.
- Faegri, K., Iversen, J. (1989), *Textbook of Pollen Analysis*, IV Edition. John Wiley & Sons Ltd.
- Gassner, S., Gobet, E., Schwörer, C., van Leeuwen, J., Vogel, H., Giagkoulis, T., Grosjean, M., Panajiotidis, S., Hafner, A., Tinner, W. (2020), «20,000 years of interactions between climate, vegetation and land use in Northern Greece», *Vegetation History and Archaeobotany* 29, σ. 7590. <https://doi.org/10.1007/s00334-019-00734-5>.
- Gerasimidis, A., Athanasiadis, N. και Panajiotidis, S. (2008), «4. Mount Paiko (northern Greece)», *Grana* 47(4), σ. 316-318.
- Gerasimidis, A., Athanasiadis, N. και Panajiotidis, S. (2009), «8. Mount Voras (northwest Greece)», *Grana* 48(4), σ. 316-318.
- Giesecke, T., Brewer, S., Finsinger, W., Leydet, M., Bradshaw, R.H.W. (2017) «Patterns and dynamics of European vegetation change over the last 15,000 years», *Journal of Biogeography* 44, σ. 1441-1456.
- Gillerot, L., Forrester, D. I., Bottero, A., Rigling, A., Levesque, M. (2020), «Tree neighbourhood diversity has negligible effects on drought resilience of European beech, silver fir and Norway spruce», *Ecosystems*. DOI: 10.1007/s10021-020-00501-y
- Gobet, E., Tinner, W., Hubschmid, P., Jansen, I., Wehrli, M., Ammann, B. και Wick, L. (2000), «Influence of Human Impact and Bedrock Differences on the Vegetational History of the Insubrian Southern Alps», *Vegetation History and Archaeobotany* 9, σ. 175-187.
- Grimm, E. (2004), TILIA and TGView, Illinois State Museum: Springfield, IL, USA.
- Halstead, P. (2009), «Studying the past in the present: archaeological engagement with modern Greece», *British School at Athens Studies* vol. 17, Scholars, travels, archives: Greek history and culture through the British school at Athens σ. 201-215, British School at Athens.
- Jankovska, V. και Komárek, J. (2000), «Indicative value of Pediastrum and other coccal green algae in palaeoecology», *Folia Geobot.* 35, σ. 59-82.
- Komárek, J., Jankovská, V. (2001), «Review of the green algal genus Pediastrum: Implication for pollen-analytical research», *Bibl. Phycol.* 108, σ. 1-127.
- Kouli, K. (2012), «Vegetation development and human activities in Attiki (SE Greece) during the last 5,000 years», *Vegetation History and Archaeobotany* 21, σ. 267-278.
- Kyurkchiev, N. (2006), «The Aromânians: an ethnos and language with a 2000-year history», *International Journal of the Sociology of Language* 179, σ. 115-129. <https://doi.org/10.1515/IJSL.2006.029>
- Li, Y. Y., Zhou, L. P. και Cui, H. T. (2008), «Pollen indicators of human activity», *Chinese Science Bulletin* 53, σ. 1281-1293.
- Magny, M., Beaulieu, J.-L. de, Drescher-Schneider, R., Vanrière, B., Walter-Simonnet, A.-V., Miras, Y., Millet, L., Bossuet, G., Peyron, O., Brugiapaglia, E., Leroux, A. (2007), «Holocene climate changes in the Central Mediterranean as recorded by lake-level fluctuations at Lake Accesa (Tuscany, Italy)», *Quat. Sci. Rev.* 26, σ. 1736-1758. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2007.04.014>
- Micle, I. (2013), From Carpathians to Pindus. Transhumance- a bridge between Romanians and Aromians, Central European Regional Policy and Human Geography, Debrecen, Ungaria, Year III, no 1, σ. 27-33.
- Mazier, F., Galop, D., Brun, C., Buttler, A. (2006), «Modern pollen assemblages from grazed vegetation in the western Pyrenees, France: a numerical tool for more precise reconstruction of past cultural landscapes», *Holocene* 16, σ. 91-103.
- Panajiotidis, S. και Papadopoulou, M. L. (2016), «Human-landscape interactions in Halkidiki (NC Greece) over the last 3.5 millennia, revealed through palynological, and archaeological-historical archives», *Journal of Archaeological Science: Reports* 7, σ. 138-145.
- R Core Team (2013), A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing.
- Reille, M. (1992), *Pollen et spores d'Europe et Afrique du Nord*. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reille, M. (1995), *Pollen et spores d'Europe et Afrique du Nord*. Supplement. Laboratoire de Botanique Historique et Palynologie, Marseille.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A. κ.ά. (2013), «IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves

- 0–50,000 years cal BP», *Radiocarbon* 55(1), σ. 1869-1887.
- Reimer, P. J., Austin, W. E. N., Bard, E. κ.ά. (2020), «The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP)», *Radiocarbon* 62(4), σ. 725-757.
- Stuiver, M., Reimer, P. J., Reimer, R. W. (2017), CALIB 7.1 [WWW program]. <http://calib.org>
- Tonkov, S., Bozilova, E., Possnert, G. και Velčev, A. (2008), «A contribution to the postglacial vegetation history of the Rila Mountains, Bulgaria: the pollen record of Lake Trilistnika», *Quaternary International* 190, σ. 58-70.
- Walker, M., Head, M. J., Lowe, J., Berkelhammer, M., Björck, S., Cheng, H., Cwynar, L., κ.ά. (2019), «Subdividing the Holocene Series/Epoch: Formalization of Stages/Ages and Subseries/Subepochs, and Designation of GSSPs and Auxiliary Stratotypes», *J Quaternary Sci* 34(3), σ. 173-186. DOI:10.1002/JQS.3097.
- Willis, K. J. (1992a), «The late Quaternary vegetational history of northwest Greece. I. Lake Gramousti», *New Phytol.* 121, σ. 101-117.
- Willis, K. J. (1992b), «The late Quaternary vegetational history of northwest Greece. II. Rezina marsh», *New Phytol.* 121, σ. 119-138.
- Willis, K. J. (1994), «The vegetational history of the Balkans», *Quaternary Sci Rev* 13, σ. 769-788.
- Xiang, L., Huang, X., Huang, C., Chen, X., Wang, H., Chen, J., Hu, Y., Sun, M., Xiao, Y. (2021), «*Pediastrum* (Chlorophyceae) assemblages in surface lake sediments in China and western Mongolia and their environmental significance», *Rev. Palaeobot. Palynol.* 289, σ. 1-9.
- Διαδίκτυο
Accelerator mass spectrometry. https://en.wikipedia.org/wiki/Accelerator_mass_spectrometry (πρόσβαση στις 29/9/2020).