

Περίληψη

Η **Πελοπόννησος** χαρακτηρίζεται από πλούσια βιοποικιλότητα, κάτι που αποτελεί αποτέλεσμα της πολύπλοκης γεωλογικής της ιστορίας. Το είδος ***Hellenolacerta graeca*** (Sauria: Lacertidae) αποτελεί ένα από τα πολυάριθμα **ενδημικά είδη της Πελοποννήσου**, του οποίου η **εξελικτική ιστορία** παραμένει **άγνωστη**. Στην παρούσα εργασία, με τη χρήση τόσο **γενετικών**, όσο και **γονιδιωματικών δεδομένων**, επιλύονται οι **φυλογενετικές σχέσεις** εντός του είδους, μελετάται η **φυλογεωγραφία** του, αλλά και η **πληθυσμιακή του δομή**. Από τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, αναδεικνύεται η **έντονη ενδοειδική ποικιλότητα** του είδους, και φαίνεται να υπάρχει **ανάγκη ταξινομικής αναθεώρησης**.

Εισαγωγή

-Η **γραικόσαυρα** (*Hellenolacerta graeca*) ανήκει στην οικογένεια Lacertidae και είναι ενδημικό είδος της Πελοποννήσου.

-Προτιμά **υγρά και σκιερά ενδιαιτήματα** και χαρακτηρίζεται ως επιδέξις αναρριχητής.

-Μέχρι σήμερα δεν υπάρχει κάποια δημοσιευμένη μελέτη που να αφορά τη μοριακή φυλογένεση και φυλογεωγραφία του είδους.



Εικόνα 1. Άτομο *Hellenolacerta graeca*.
Πηγή inaturalist.org.

Υλικά και Μέθοδοι

-Έγινε **εξαγωγή ολικού DNA** από 94 δείγματα του είδους
-Πολλαπλασιάσθηκαν με **PCR** οι τόποι *cytb*, *16S*, *NKTR*, *RAG1* και *BDNF* και αλληλουχήθηκαν με τη μέθοδο **Sanger**
- Παρήχθησαν **γονιδιωματικά δεδομένα** με τη μέθοδο **ddRADseq** (9754 τόποι).

-Κατασκευάστηκαν **φυλογενετικά δέντρα** με τις μεθοδολογίες **BI** (*MrBayes* και *ExaBayes*) και **ML** (*IQ-Tree* και *RaxML-NG*) και **δίκτυα απλοτύπων** (*roport*).
-Έγιναν **αναλύσεις πληθυσμιακής δομής** (*STRUCTURE* και *DAPC*).
-Έγινε **ανάλυση μοριακής χρονολόγησης** (*BEAST*) και **αναλύσεις οριοθέτησης ειδών** (*STACEY* και *BPP*).

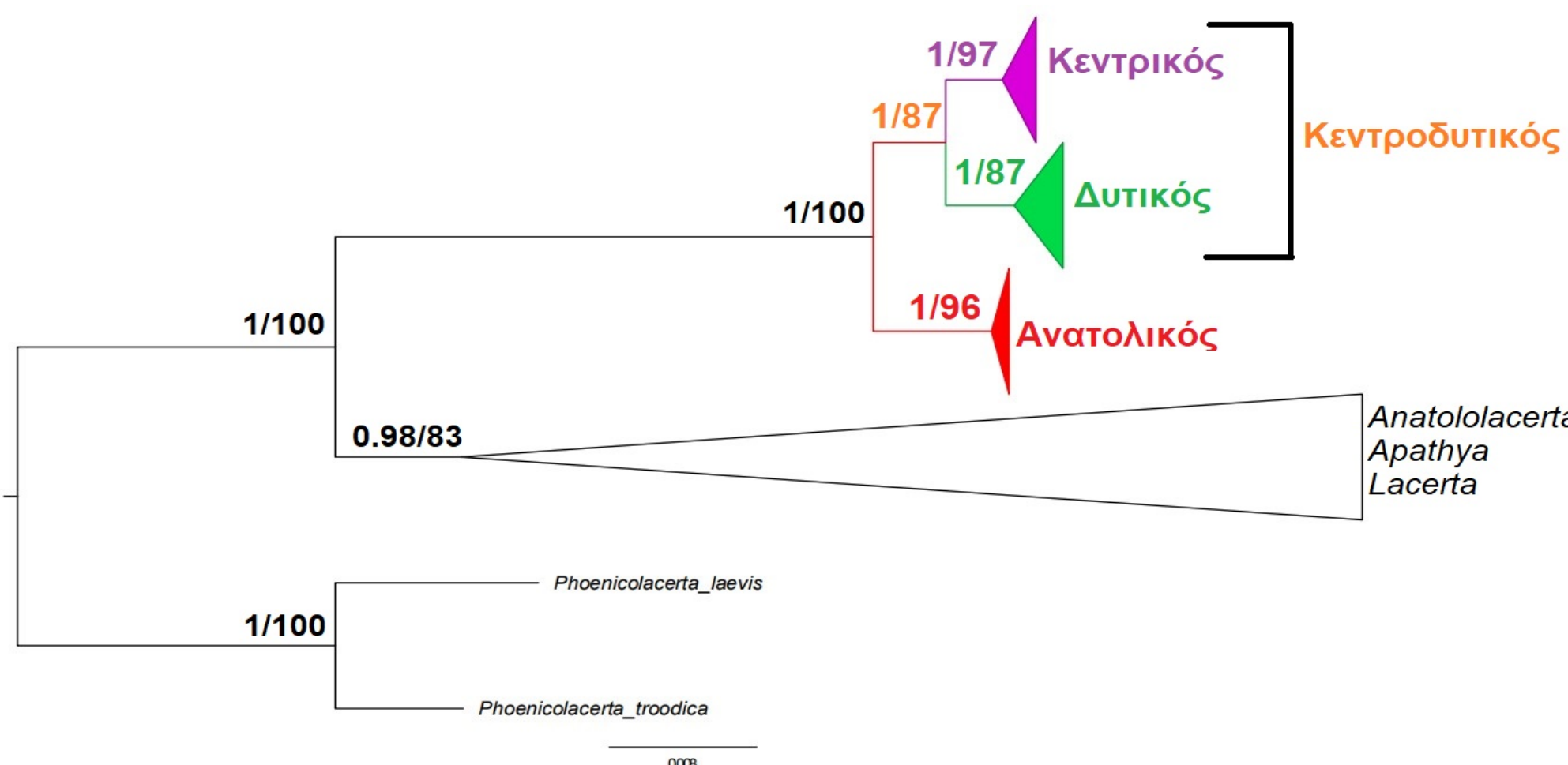
Αποτελέσματα

-Με τη χρήση τόσο των **γενετικών**, όσο και των **γονιδιωματικών δεδομένων**, εντός του είδους αναγνωρίζονται **δύο καλά υποστηριζόμενοι κλάδοι**, ένας **Ανατολικός** και ένας **Κεντροδυτικός**. Ο **Κεντροδυτικός** χωρίζεται περαιτέρω σε **Κεντρικό** και **Δυτικό**.

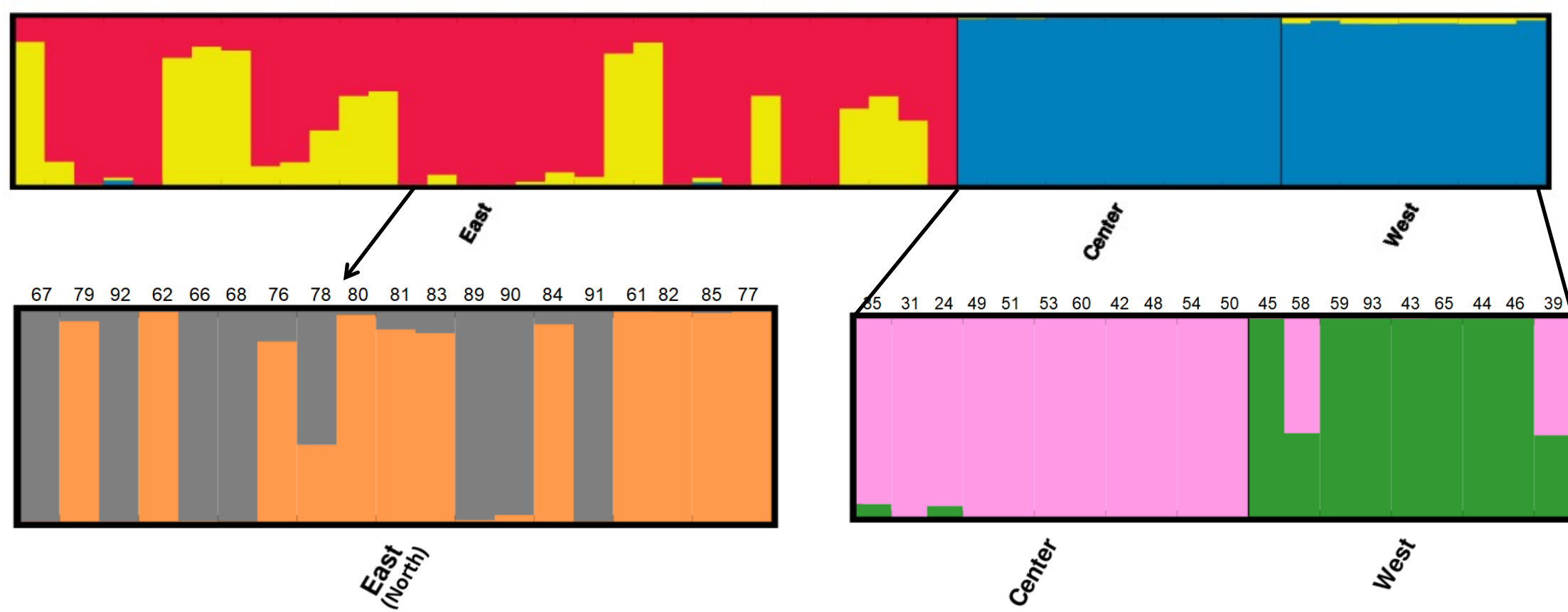
-Εντός των βασικών κλάδων, στο δέντρο που προέκυψε από τα γονιδιωματικά δεδομένα, διακρίνονται πολλοί μικρότεροι κλάδοι.

-Ο **Ανατολικός** και ο **Κεντροδυτικός** κλάδος χωρίστηκαν κατά το Πλειόκαινο (3.4 Μγα), ενώ ο **Δυτικός** και ο **Κεντρικός** κατά το Πλειστόκαινο (1.7 Μγα).

-Στις **αναλύσεις πληθυσμιακής δομής** φαίνεται ότι εντός του είδους διακρίνονται **πέντε υποπληθυσμοί** με **άτομα μικτής γενεαλογίας** μεταξύ τους.



Εικόνα 2. Συναινετικό φυλογενετικό δέντρο των τόπων *cytb*, *16S*, *NKTR*, *RAG1* και *BDNF*. Για κάθε κλάδο φαίνονται οι υποστηρίξεις βάσεις των μεθοδολογιών BI/ML.



Εικόνα 3. Αποτελέσματα ανάλυσης STRUCTURE. Το βέλτιστο K για τη γραικόσαυρα είναι 3. Όταν η ανάλυση επαναλαμβάνεται εντός των βασικών πληθυσμών, το βέλτιστο K για καθένα από αυτούς είναι 2.

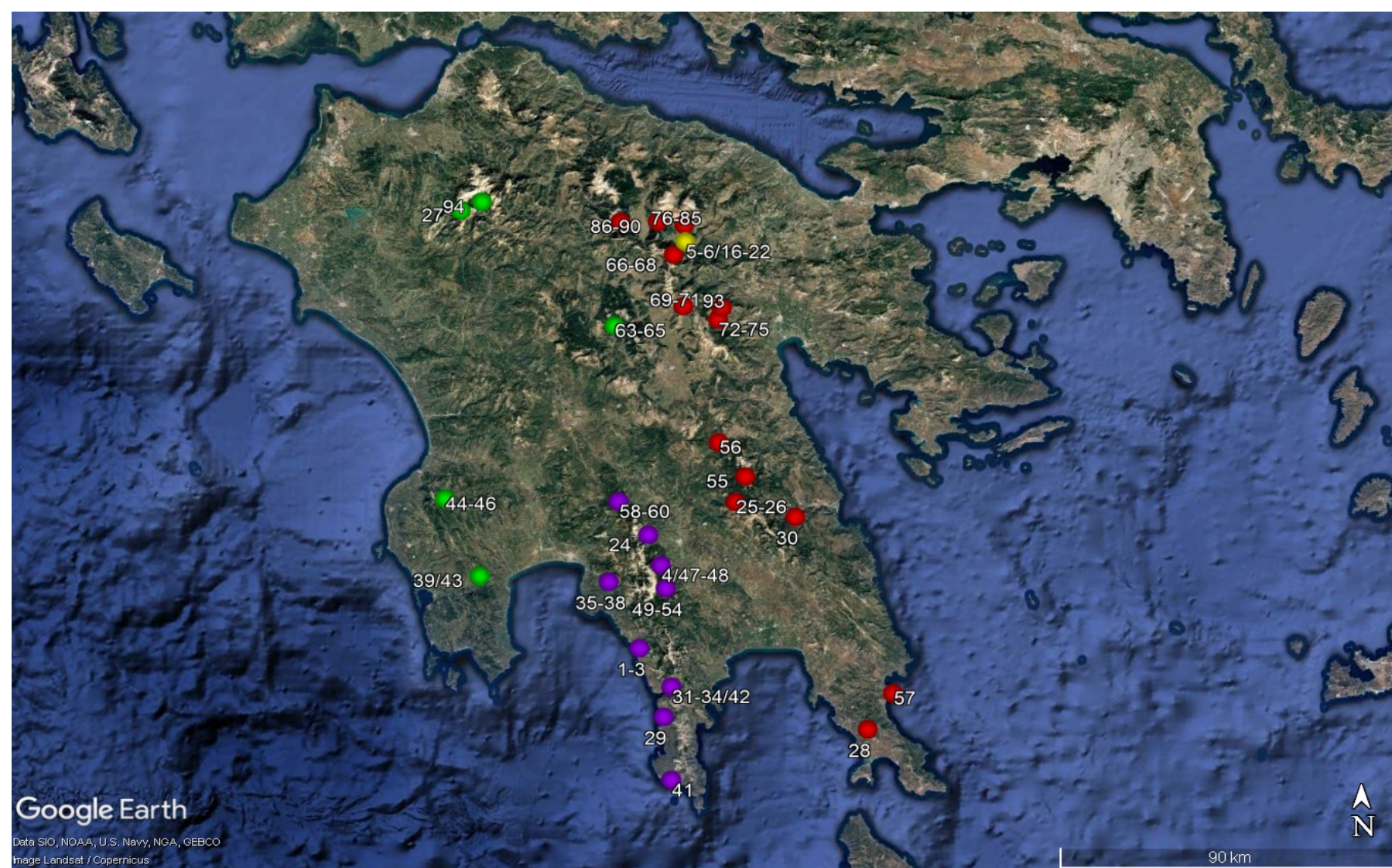
Συζήτηση

-Ο **Ανατολικός** και ο **Κεντροδυτικός** κλάδος, χωρίστηκαν κατά το **Πλειόκαινο**, την περίοδο που χαρακτηρίζεται από έντονα **τεκτονικά φαινόμενα** και την εμφάνιση των κύριων **ορεινών όγκων της Πελοποννήσου**.

-Ίδια τοπολογία έχει και η ενδημική *Πελοποννησιακή σαύρα*, που τεκμηριώθηκε ότι κάθε κλάδος της, αποτελεί ξεχωριστό είδος (Kiourtsoglou et al., 2021).

-Ο **Κεντρικός** και ο **Δυτικός** κλάδος χωρίστηκαν κατά το **Πλειστόκαινο**, που χαρακτηρίζεται από έντονα **τεκτονικά φαινόμενα** και εναλλαγή μεταξύ **παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων**.

-Ο εντοπισμός **πολυάριθμων υποπληθυσμών**, αποδεικνύει την εμπειρική παρατήρηση ότι οι πληθυσμοί του είδους είναι έντονα κατακερματισμένοι. Η υπαρξη περισσότερων υποπληθυσμών στα ανατολικά, συνδέεται με το εντονότερο ανάγλυφο.



Εικόνα 4. Κατανομή των βασικών κλάδων του είδους (Ανατολικός: κόκκινο, Κεντρικός: μπλε, Δυτικός: πράσινο).

Συμπεράσματα

-Το είδος *Hellenolacerta graeca* έχει επηρεαστεί από την **πολύπλοκη γεωλογική ιστορία** και το **έντονο ανάγλυφο** της Πελοποννήσου.

-Η **ενδοειδική γενετική ποικιλότητα** είναι ιδιαίτερα **έντονη**.

-Οι **κλάδοι** εντός του είδους είναι έντονα **διακριτοί**, αποτελώντας ισχυρή ένδειξη ότι η γραικόσαυρα αποτελεί στην πραγματικότητα **περισσότερα από ένα είδη**.

Αναφορές

- Arnold, E. N., Arribas, O., & Carranza, S. (2007). Systematics of the palaearctic and oriental lizard tribe Lacertini (Squamata: Lacertidae: Lacertinae), with descriptions of eight new genera. *Zootaxa*, 1430.
- Bowles, P., & Cnops, J. (2024). *Hellenolacerta graeca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2024.
- Collier, R. L., & Dart, C. J. (1991). Neogene to Quaternary rifting, sedimentation and uplift in the Corinth Basin, Greece. *Journal of the Geological Society*, 148(6), 1049-1065.
- Dermatzakis, D. M. (1990). Paleogeography, geodynamic processes and event stratigraphy during the Late Cenozoic of the Aegean area. *Atti Convegno Lincei*, 85, 263-288.
- Gkionas, I., Papadakis, S., Trichas, A., & Poulakakis, N. (2017). First assessment on the molecular phylogeny and phylogeography of the species Gnaptor boryi distributed in Greece (Coleoptera: Tenebrionidae). *Mitochondrial DNA Part A: DNA Mapping, Sequencing, and Analysis*, 28(6).
- Hewitt, G. M. (1999). Post-glacial re-colonization of European biota. *Biological Journal of the Linnean Society*, 68(1-2).
- Kiourtsoglou, A., Kaliontzopoulou, A., Poursanidis, D., Jablonski, D., Lymberakis, P., & Poulakakis, N. (2021). Evidence of cryptic diversity in Podarcis peloponnesiacus and re-evaluation of its current taxonomy; insights from genetic, morphological, and ecological data. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 59(8), 2350-2370.
- Pafilis, P., Foudopoulos, J., Poulakakis, N., Lymberakis, P., & Valakos, E. (2007). Digestive performance in five Mediterranean lizard species: Effects of temperature and insularity. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic, and Environmental Physiology*, 177(1).
- Poulakakis, N., Kapli, P., Lymberakis, P., Trichas, A., Vardinoyannis, K., Sfenthourakis, S., & Mylonas, M. (2015). A review of phylogeographic analyses of animal taxa from the aegean and surrounding regions. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 53(1).
- Van Andel, T. H., Perissoratis, C., & Rondoyanni, T. (1993). Quaternary tectonics of the Argolis Gulf and adjacent basins, Greece. *Journal of the Geological Society*, 150(3), 529-539.