



**ΕΘΝΙΚΟΝ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ**  
πλέον των 170 ετών προσφοράς στην έρευνα και την κοινωνία

πλέον των 170 ετών προσφοράς στην έρευνα και την κοινωνία



# The March 2021 seismic sequence in Damasi, Thessaly (central Greece), its seismotectonic characteristics and geodynamic effects

**Athanassios Ganas<sup>1</sup>**

**Sotiris Valkaniotis<sup>2</sup>, Varvara Tsironi<sup>1,6</sup>, Ilektra Karasante<sup>1</sup>, Panagiotis Elias<sup>3</sup>, Vassilis Kapetanidis<sup>4</sup>, Ioannis Kassaras<sup>4</sup> George Papathanassiou<sup>2</sup>, and Pierre Briole<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, Greece; [aganas@noa.gr](mailto:aganas@noa.gr)

<sup>2</sup>Democritus University of Thrace, Department of Civil Engineering, Xanthi, Greece

<sup>3</sup>National Observatory of Athens, Institute of Astronomy, and Remote Sensing, Penteli, Greece

<sup>4</sup>National and Kapodistrian University of Athens, Department of Geology, Athens, Greece

<sup>5</sup>Ecole Normale Supérieure de Paris, PSL Research University, Laboratoire de Géologie Paris – France

<sup>6</sup>Department of Geology, University of Patras, Greece

***Athens, 18/03/2021***

# Talk outline

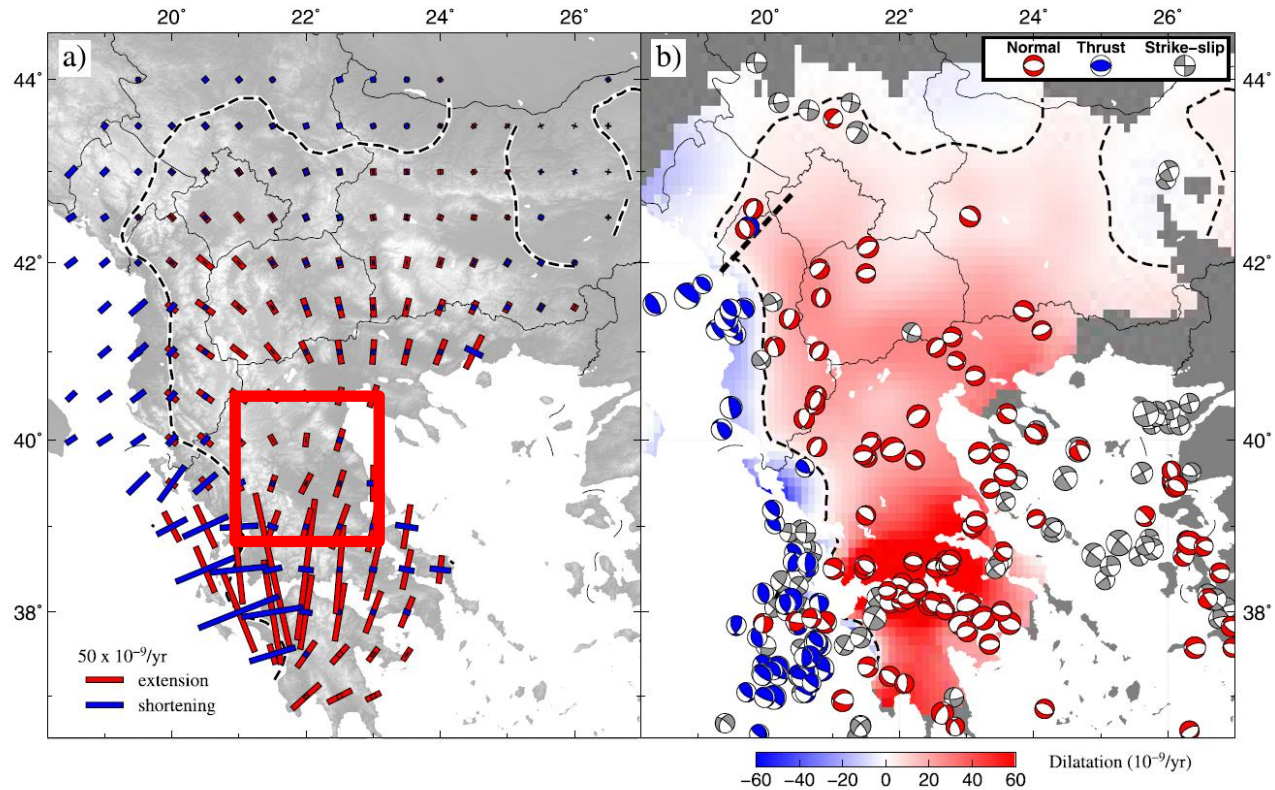
1. We identify the main sources of the M6.3/ M6.0 and M5.6 earthquakes that rocked northern Thessaly on March 3, March 4 and March 12, 2021
2. We use space geodesy observations of ground displacement (GNSS and InSAR)
3. We model the sources by inverting the displacement data
4. We provide some information on the earthquake effects on buildings and the geo-environment



# Tectonic Setting

N. D'Agostino et al. / Earth and Planetary Science Letters 539 (2020) 116246

7



**Fig. 6.** a) Principal axes of the strain rate tensor ( $W_t = 12$ ). b) Dilatational strain and focal mechanisms from gCMT catalogue (<http://www.globalcmt.org>, 1976–2019, depth  $\leq 25$  km,  $M_w \geq 5.0$ ). The separation between normal and thrust earthquake remarkably follows the zero dilatation contour (black dashed line). Strike slip earthquake occur at the transition between positive and negative dilatation.

D'Agostino et al., EPSL, 2020 <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116246>

# Tectonic Setting

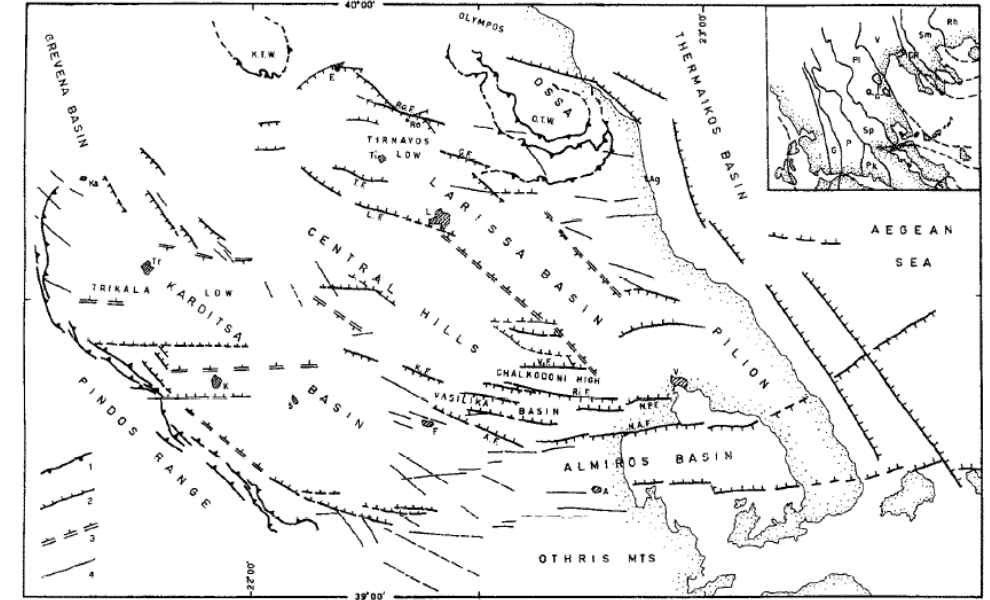
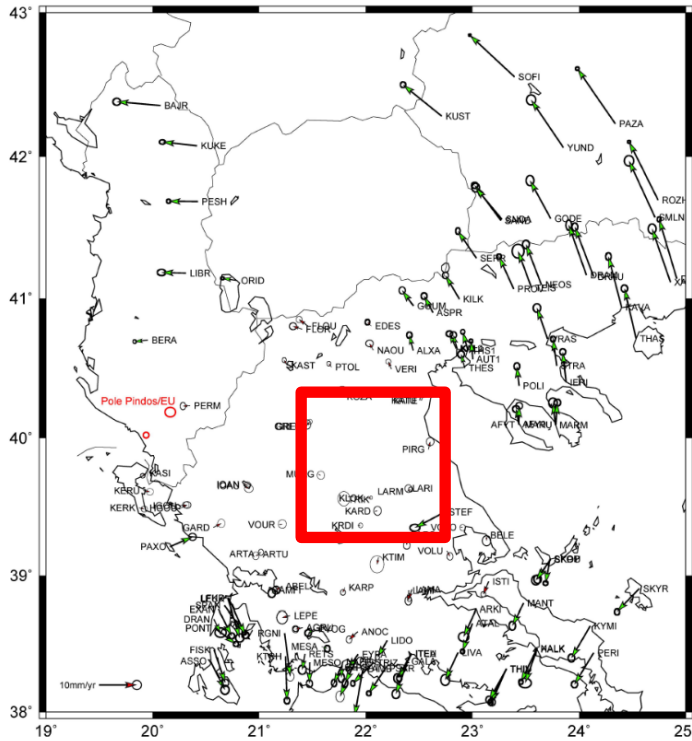


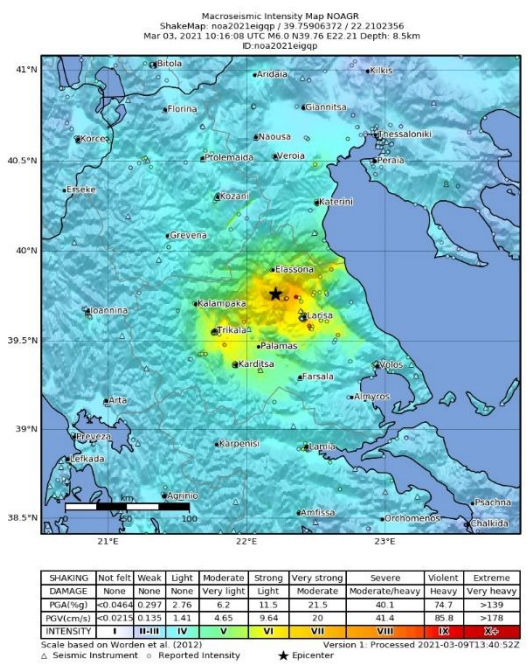
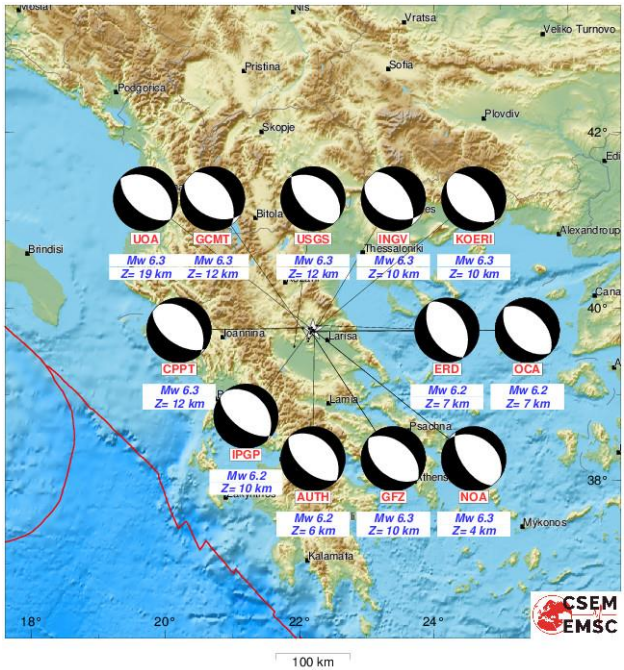
Fig. 1. Structural map of Thessaly. 1 = major thrusts and reverse faults; 2 = major normal faults; 3 = major morphological steps;

Figure 10. The Pindos block velocities after rotation around a pole located 10 km west of Permet (Albania) represented by the large red circle. The small red circle is the location of the pole obtained when using also the stations of central Greece located south of the latitude 38.5° and north of the Gulf of Corinth.

Caputo and Pavlides, 1993  
[https://doi.org/10.1016/0040-1951\(93\)90144-9](https://doi.org/10.1016/0040-1951(93)90144-9)

Briole et al., GJI, 2021 <https://doi.org/10.1093/gji/ggab089>

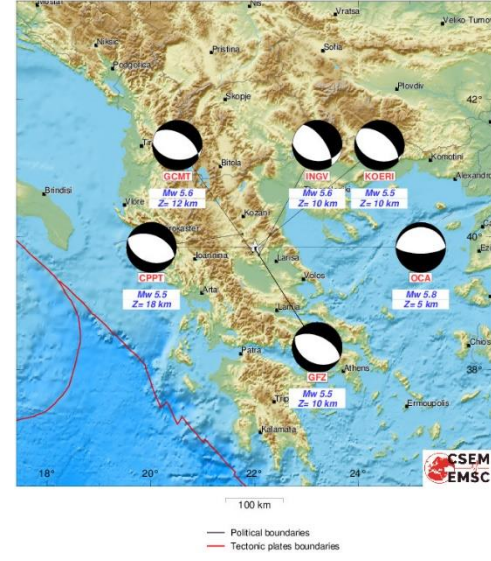
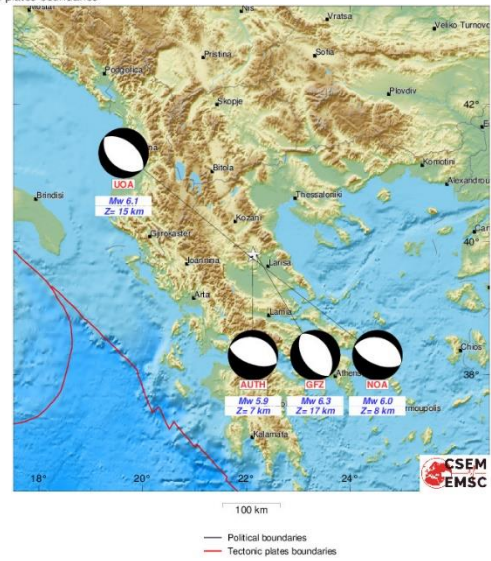




EMSC information  
M6.3 March 3, 2021

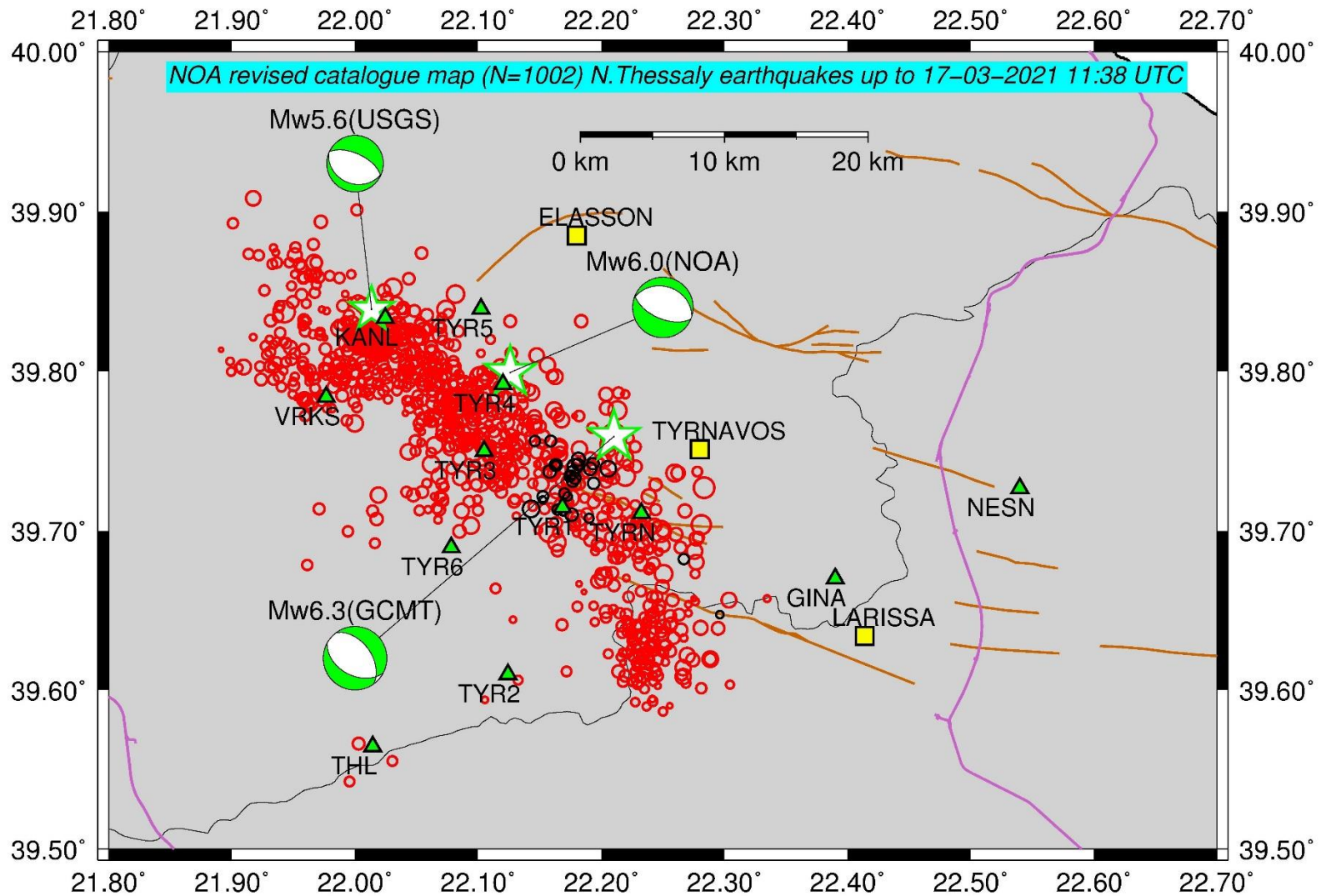
NOA Shake map  
Intensity 7

— Political boundaries  
— Tectonic plates boundaries



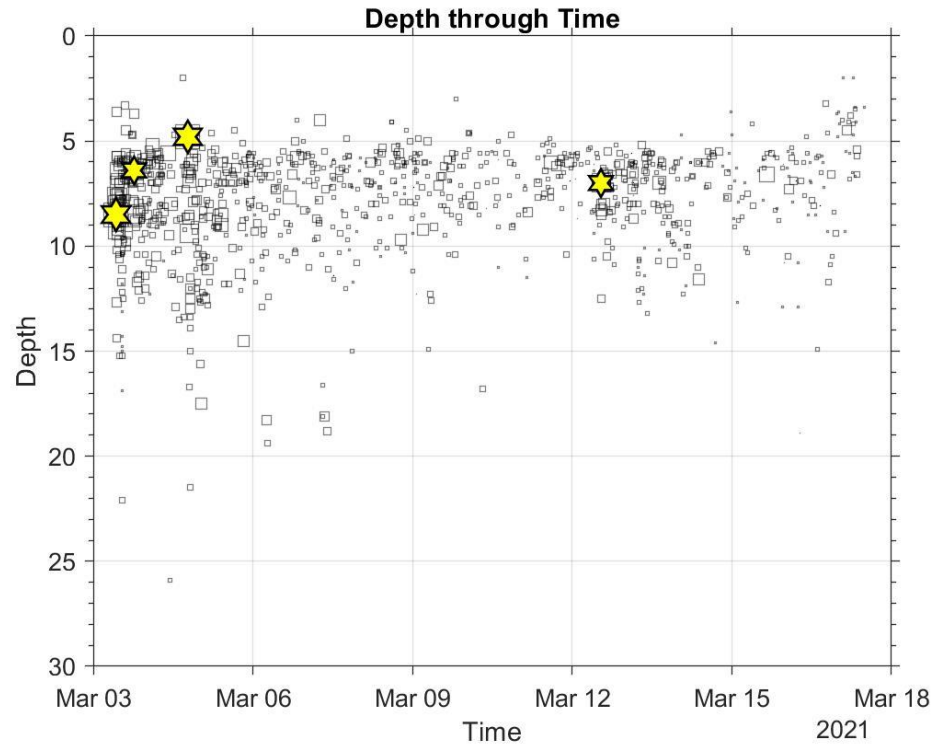
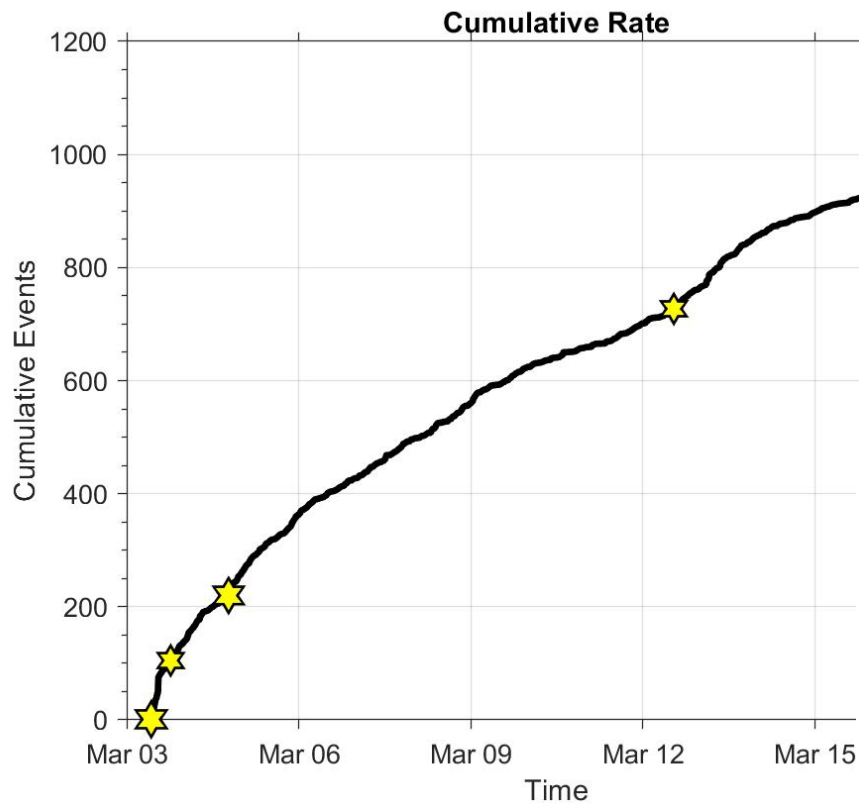
M6.0 March 4, 2021

M5.6 March 12, 2021



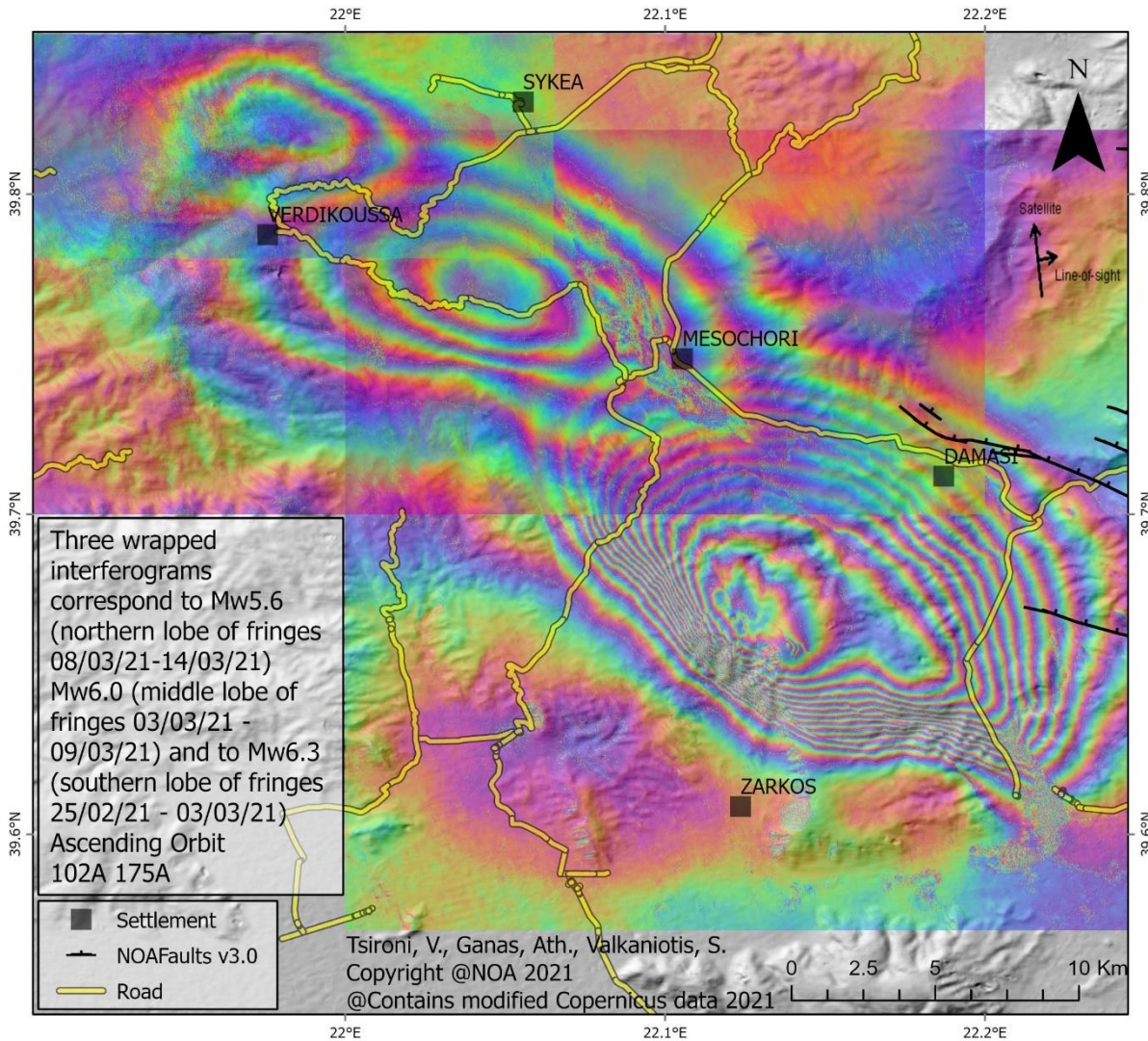
GM 2021 Mar 17 14:27:30 aganas\_et\_al\_work\_in\_progress

Ganas et al. in preparation



NOA revised catalogue  
 Period March 3 -17, 2021



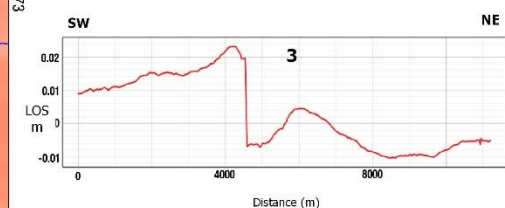
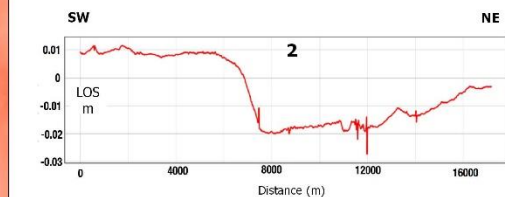
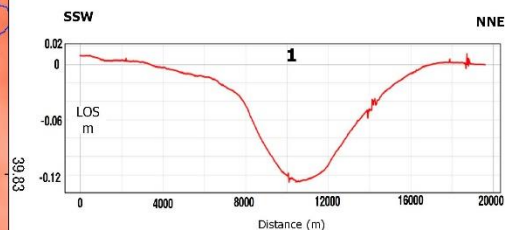
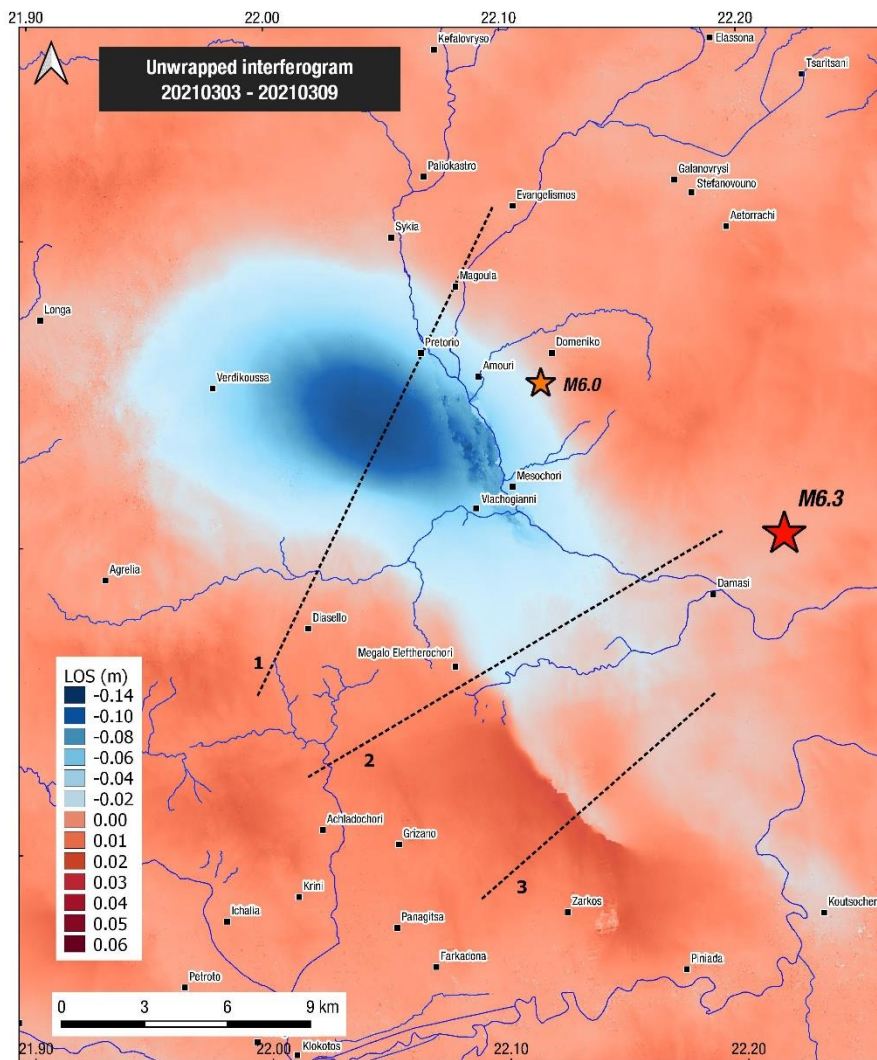


We use Differential SAR Interferometry to capture the deformation produced by the North Thessaly earthquakes. We constructed co-seismic interferograms by combining topographic information with SAR acquisitions from the Sentinel-1 satellites for ascending tracks 102 and 175. The SAR acquisitions were processed with the open-source SNAP v8.0 ESA software.

**Events 1+2+3: March 2021**



# Unwrapped interferograms



Dr Sotiris Valkaniotis  
 Dr Athanasios Ganas  
 MSc Varvara Tsironi

Remote Sensing & Space Applications  
 Committee  
 Geological Society of Greece

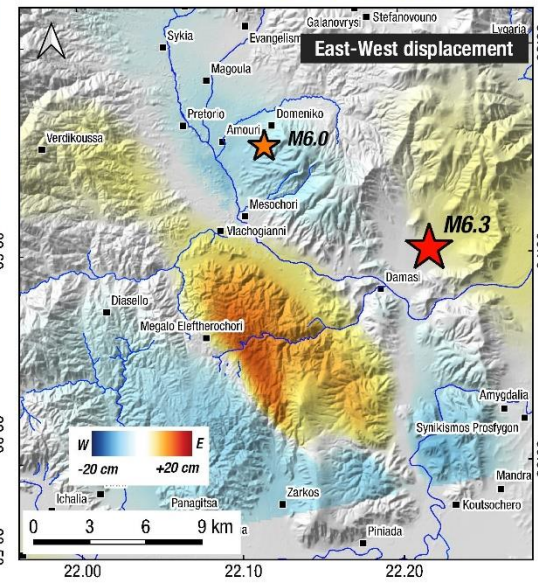
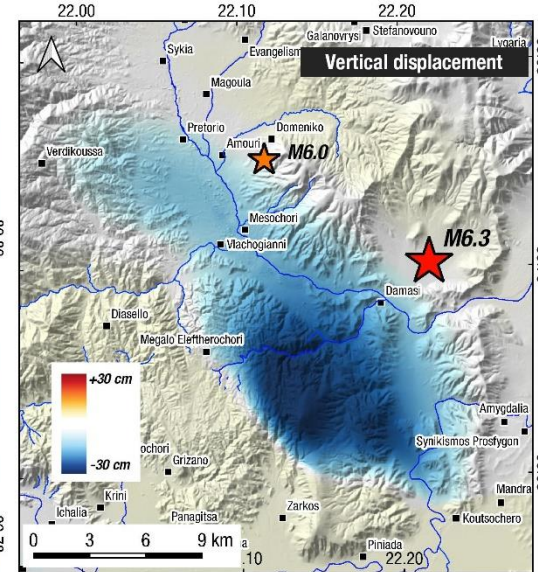
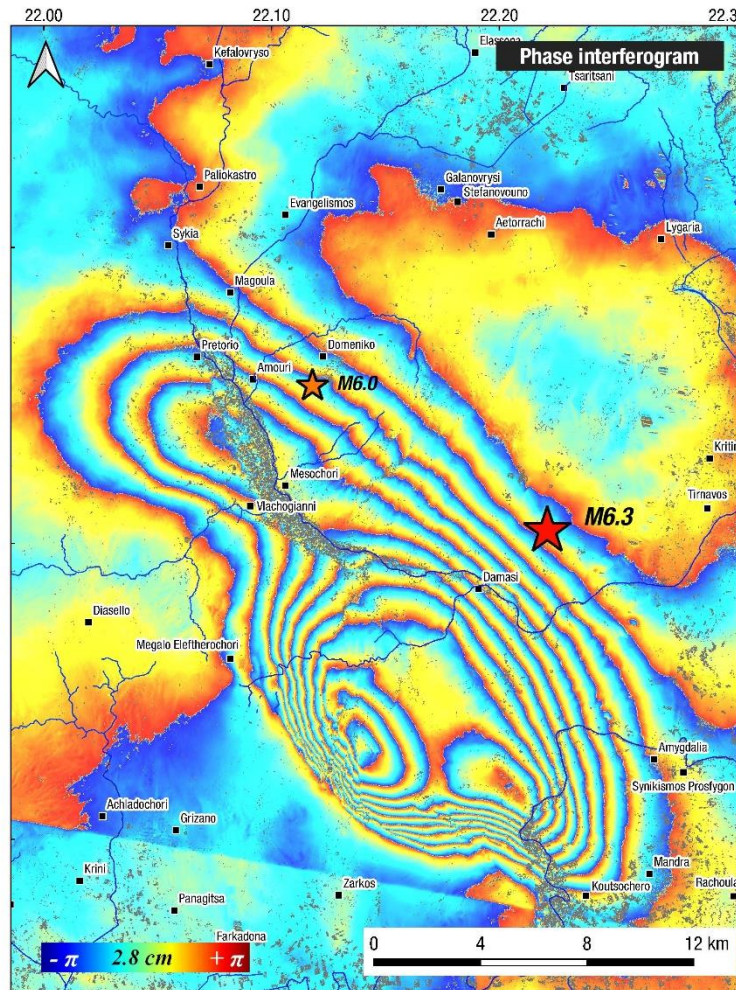
Copernicus Sentinel-1 Interferometry  
 processed with SNAP software

Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία  
 Geological Society of Greece

Co-seismic of the 2<sup>nd</sup> event – also captured postseismic motion of the first!

# Decomposition of unwrapped interferograms

## Events 1 & 2 from ASC T175+ DESC T80 acquisitions (2/3-8/3/21)



Dr Sotiris Valkaniotis  
 Dr Athanasios Ganas  
 MSc Varvara Tsironi

Remote Sensing & Space Applications  
 Committee  
 Geological Society of Greece

Copernicus Sentinel-1 Interferometry  
 processed with SNAP software

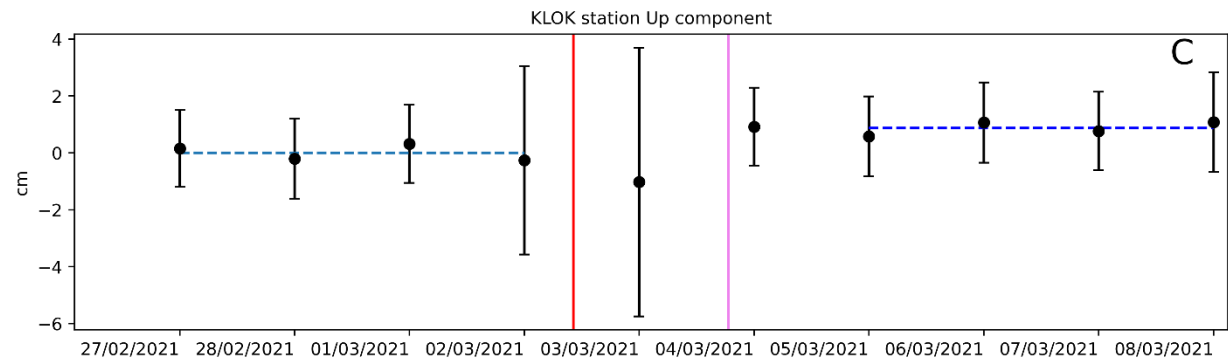
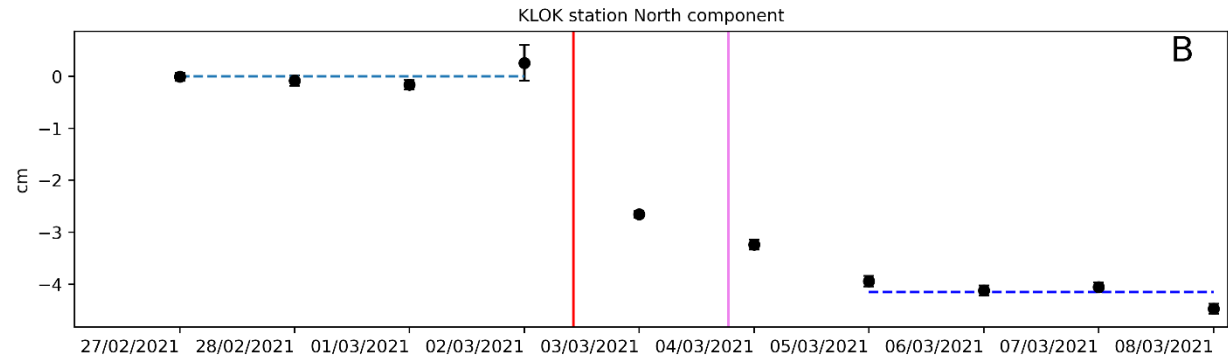
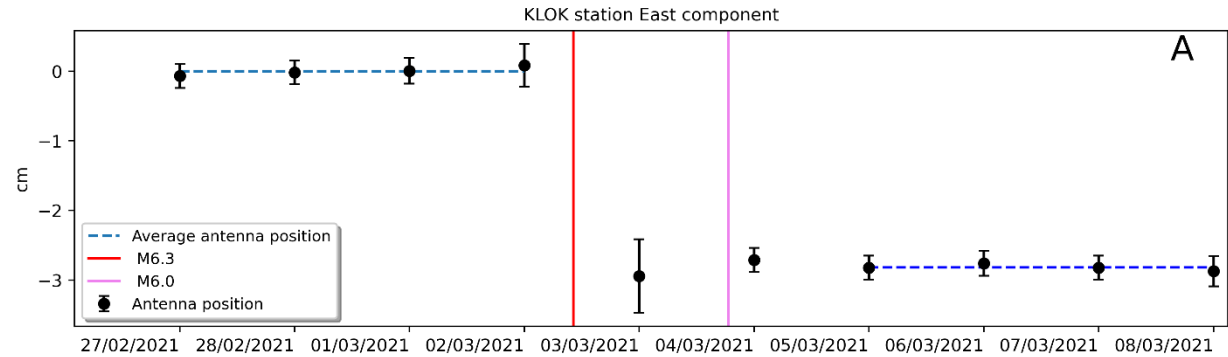
080 DESC

Ελληνική Γεωλογική Εταιρεία  
 Geological Society of Greece



# GNSS data processing – 30s

GNSS time series of station KLOK (INGV-NOA; Thessaly) showing coseismic displacements. The data have been processed by the CSRS using the PPP approach.



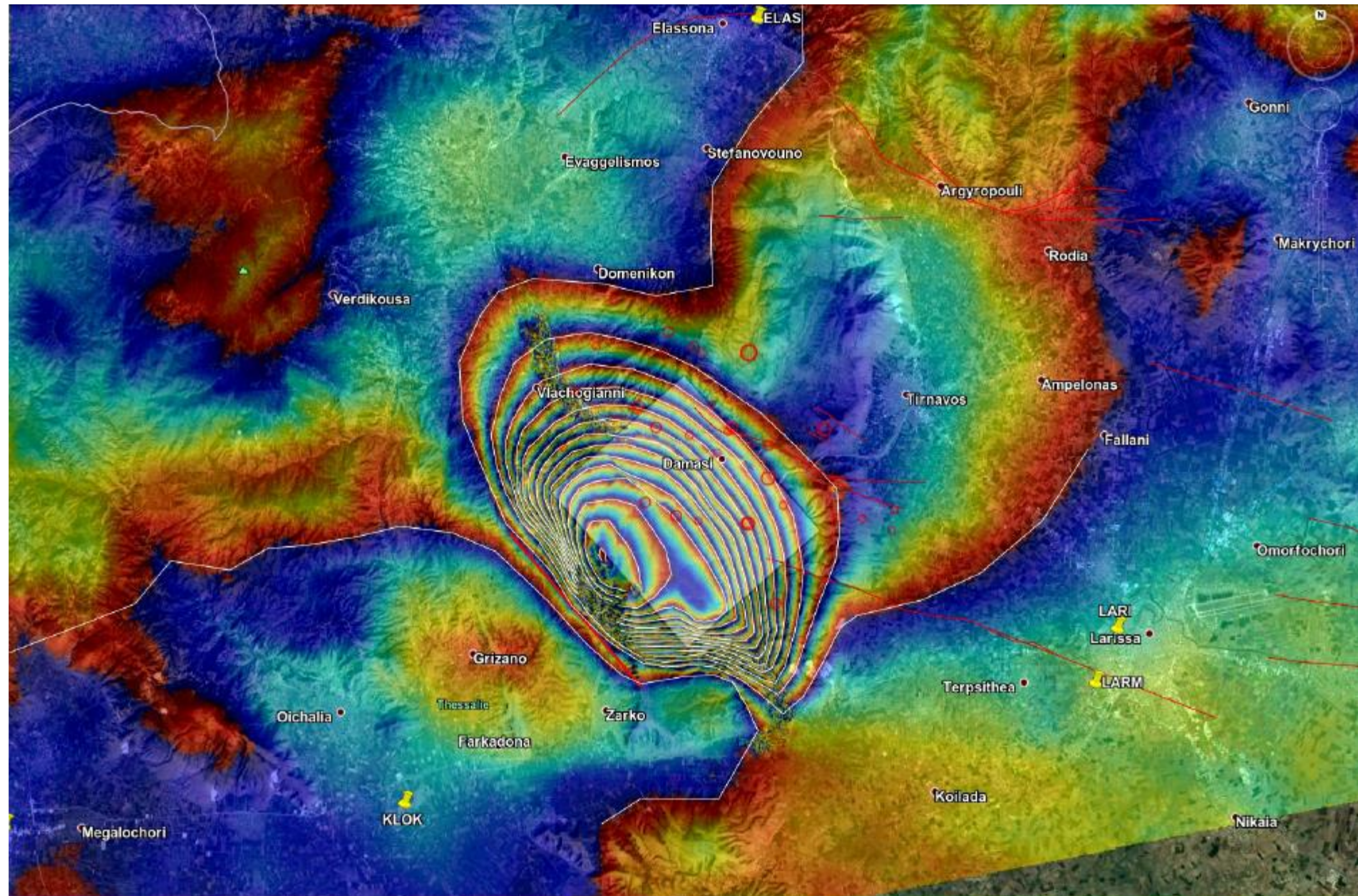


# INVERSION

Assuming a half-space elastic model with uniform slip along a rectangular fault surface, the source of the ground deformation was inverted using the available geodetic data (GNSS and InSAR).

We use the programme **inverse6**  
(<http://github.com/pbriole/inverse6> ).

# INVERSION





# INVERSION

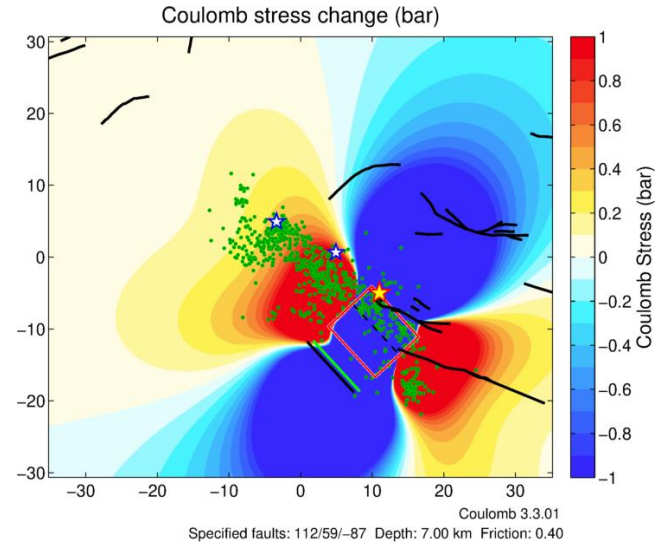
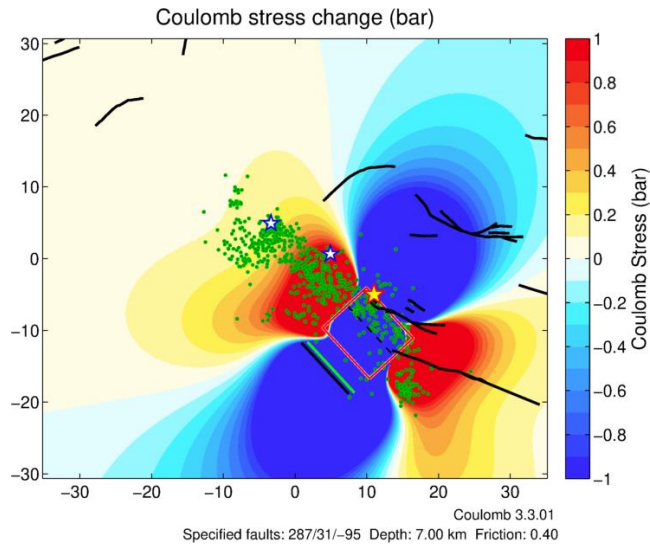


**Figure 1.** Location of the picked fringes, projection of the model 3 fault, location of some GNSS points. Location (EMSC) of the first aftershocks. Faults from the NOA v3.0 data base.

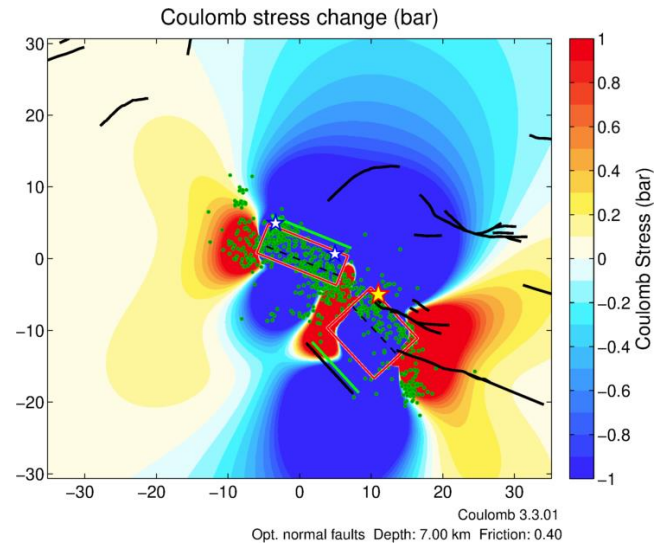
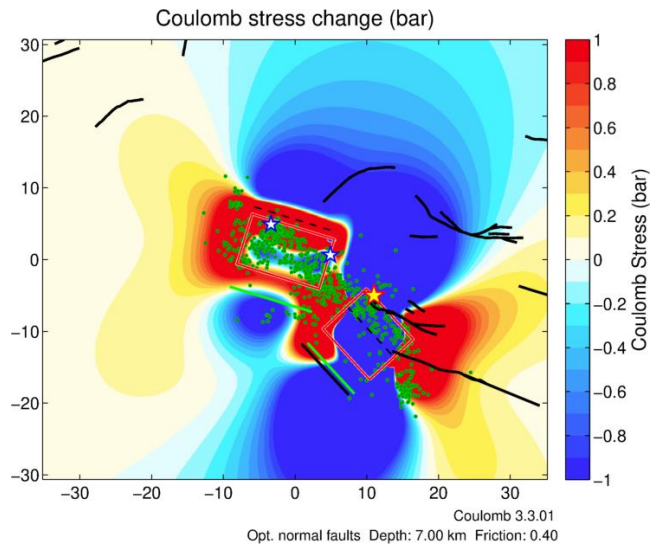


# Triggering Scenarios

1st



1+2



# Structural Damage



Damasi



Amouri



Damasi

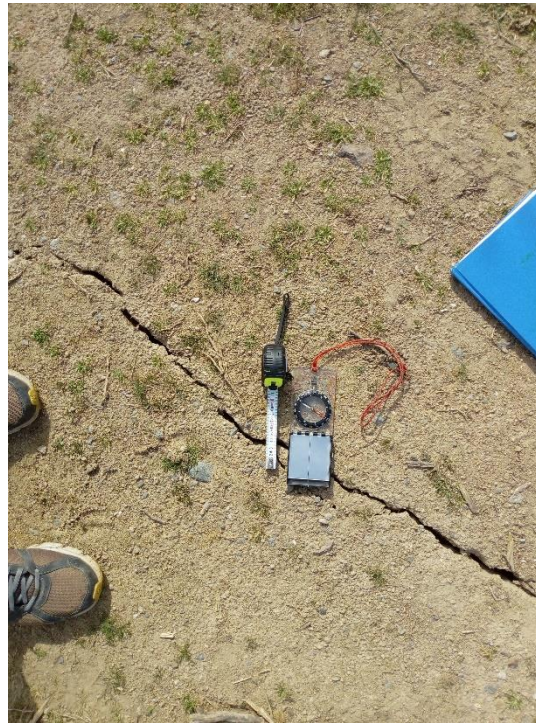


Vlachoyianni





# Geological Effects : Surface cracks and liquefaction



Spectacular liquefaction features formed in alluvial deposits. Also many surface cracks were observed along NW-SE direction mostly of gravitational origin. Only at one site at the Zarkos mountains the cracks are aligned with the vanishing edge of the interferometric phase gradient.

Photographs by A. Ganas, 6 & 13 March, 2021



## Talk Summary

1. The results from InSAR show three main lobes of subsidence, partially overlapping.
2. The deformation pattern indicates the activation of three normal faults, previously unknown in this part of Thessaly.
3. The earthquakes generated numerous secondary phenomena with vast areas of alluvial deposits exhibiting spectacular liquefaction features.
4. No tectonic ruptures were found in the cases of events 2 and 3, however a series of sporadic, NW-SE striking surface breaks were found on the mountains north of village Zarko that are aligned with the vanishing gradient of the interferometric phase of the 1st event
5. Geodetic data were crucial to locate the faults and constrain their geometry better





www.eleftheria.gr  
f: eleftheria newspaper  
e-mail: info@eleftheria.gr

# ΕΛΕΥΘΕΡΙΑ

ΠΕΜΠΤΗ 11 ΜΑΡΤΙΟΥ 2021  
Ευρωπαϊκό Ιερασόβιαν, Θεόδωρος Αγίας  
Ανατολή: 06:48' - Δύση: 18:33'



ISSN 1105-6371 / ΚΩΔ. 1852

Η ΑΡΧΑΙΟΤΗΡ ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑ ΤΗΣ ΛΑΡΙΣΑΣ

ΑΡ. ΦΥΛΛΟΥ: 34.757 / ΤΙΜΗ: 0,50 €

## Ξέφυγαν πάλι τα κρούσματα



► Στη Λάρισα 115, από τα 163 της Θεσσαλίας

Σε υψηλά επίπεδα με τριψήφιο αριθμό κινήθηκαν για δεύτερη συνεχόμενη ημέρα τα νέα κρούσματα στη Λάρισα προκαλώντας ανησυχίες, καθώς η αύξηση των κρουσμάτων είναι συνεχής παρά την εφαρμογή έστω και με καθυστερήσεις εξετάσιων των ασθενών, των προληπτικών μέτρων. Σύμφωνα με τη γεωγραφική κατανομή των κρουσμάτων στη Θεσσαλία καταγράφηκαν το τελευταίο 24ωρο 163 νέα κρούσματα, αριθμός ελαφρά μειωμένος συγκριτικά με την προηγούμενη ημέρα από τα οποία τα 115 στην Περιφερειακή Ενότητα Λάρισας παρουσιάζοντας αβύθιση αύξησης.

ΣΕΛ. 16

## Σε οικόσφους και τροχόσπιτα όλοι οι σεισμόπληκτοι

► Η γρήγορη εγκατάστασή τους κεντρικός στόχος της Περιφέρειας



«Μέλημά μας είναι η γρήγορη εγκατάσταση των ανθρώπων που δεν μπορούν να κατοικήσουν στα σπίτια τους, σε τροχόσπιτα ή σε οικίσκους. Προτεραιότητα έχουν οι μόνιμοι κάτοικοι, οι ευπαθείς ομάδες, οικογένειες με μικρά παιδιά, σύμφωνα με την ιεράρχηση των Δήμων». Αυτό ανέφερε, μεταξύ άλλων ο περιφερειάρχης Θεσσαλίας κ. Κ. Αγοραστός κατά τη διάρκεια χθεσινής συνέντευξης Τύπου, στην οποία παρουσίασε την πορεία διαχείρισης των επιπτώσεων από τη σεισμική δραστηριότητα στη Θεσσαλία και τον σχεδιασμό για περαιτέρω ενέργειες.

ΣΕΛ. 5

## Ακατάλληλα 1.575 σπίτια

► «Κίτρινοι» ακόμα 62 νο�αι και δημόσια κτίρια



## Πρόσφυγες στον τόπο τους

► Δύσκολες νύχτες στους καταυλισμούς των σεισμόπληκτων ► Κοντέινερ καταφάνουν συνεχώς, καθώς η βροχή και η υγρασία είναι τώρα ο «εχθρός»

ΣΕΛ. 16

# Βυθίστηκε η γη έως και 14 εκατοστά!



ΣΕΛ. 7

► Οι μεγαλύτερες καθιζήσεις μετά και τον δεύτερο σεισμό των 6 Ρίχτερ, εντοπίζονται στα χωριά Αμούρι, Πραιτώρι, Βάρκος και φυσικά στα Αμψίλια

## ΑΕΛ: Ξαναέχασε από τη Λαμία

► Ως τελευταία της βαθμολογίας θα μπει στα «πλεί άουτ»



ΣΕΛ. 14

## Κλειστά σχολεία και χωρίς τηλεκαίτευση

► Σήμερα και αύριο στη Λάρισα

«Τα σχολεία της Π.Ε. Λάρισας με απόφαση της Περιφέρειας θα παραμείνουν κλειστά σήμερα Πέμπτη 11 Μαρτίου και αύριο Παρασκευή για πρωτογενούς Βάθμους, μέχρι να έκοιμε στη διάθεση μας όλα τα στοιχεία των ελέγχων και να διαπιστωθεί πως είναι κατάλληλα και πωςα χρήζουν επισκευών», ανέφερε κβς ο περιφερειάρχης Κων. Αγοραστός, στο πλαίσιο συνέντευξης Τύπου. Σύμφωνα με τις Διευθύνσεις Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ούτε η εξ αποστάσεως εκπαίδευση θα διεξαχθεί σήμερα και αύριο.

## «Σκάλωσε» στις διασταυρώσεις...

► Καθυστερεί το επίδομα των 400 ευρώ στους επιστήμονες

Ευχαριστώ!  
Thanks!!



ΕΘΝΙΚΟΝ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ  
πλέον των 170 ετών προσφοράς στην έρευνα και την κοινωνία

