



Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας



Η συμβολή των
Ερευνητικών Φορέων
της χώρας στη
Διαχείριση των
Καταστροφών



Εδαφικές Υποχωρήσεις και οι
Επιπτώσεις τους στο
Δομημένο και Φυσικό
Περιβάλλον -
Θεώρηση Σύγχρονων
Τεχνικών ως Μέσο
Διερεύνησης και
Αντιμετώπισής τους

Λουπασάκης Κωνσταντίνος

Αναπληρωτής Καθηγητής ΕΜΠ

Πρόεδρος της Ελληνικής Επιτροπής Τεχνικής Γεωλογίας

Εδαφικές Υποχωρήσεις - Κύριες αιτίες πρόκλησης

Ως εδαφικές υποχωρήσεις (land subsidence) ορίζονται τα εκτεταμένα φαινόμενα υποχωρήσεων της επιφάνειας του εδάφους τα οποία προκαλούνται από ενδογενείς διεργασίες.

Οι κύριες αιτίες πρόκλησης εδαφικών υποχωρήσεων είναι:

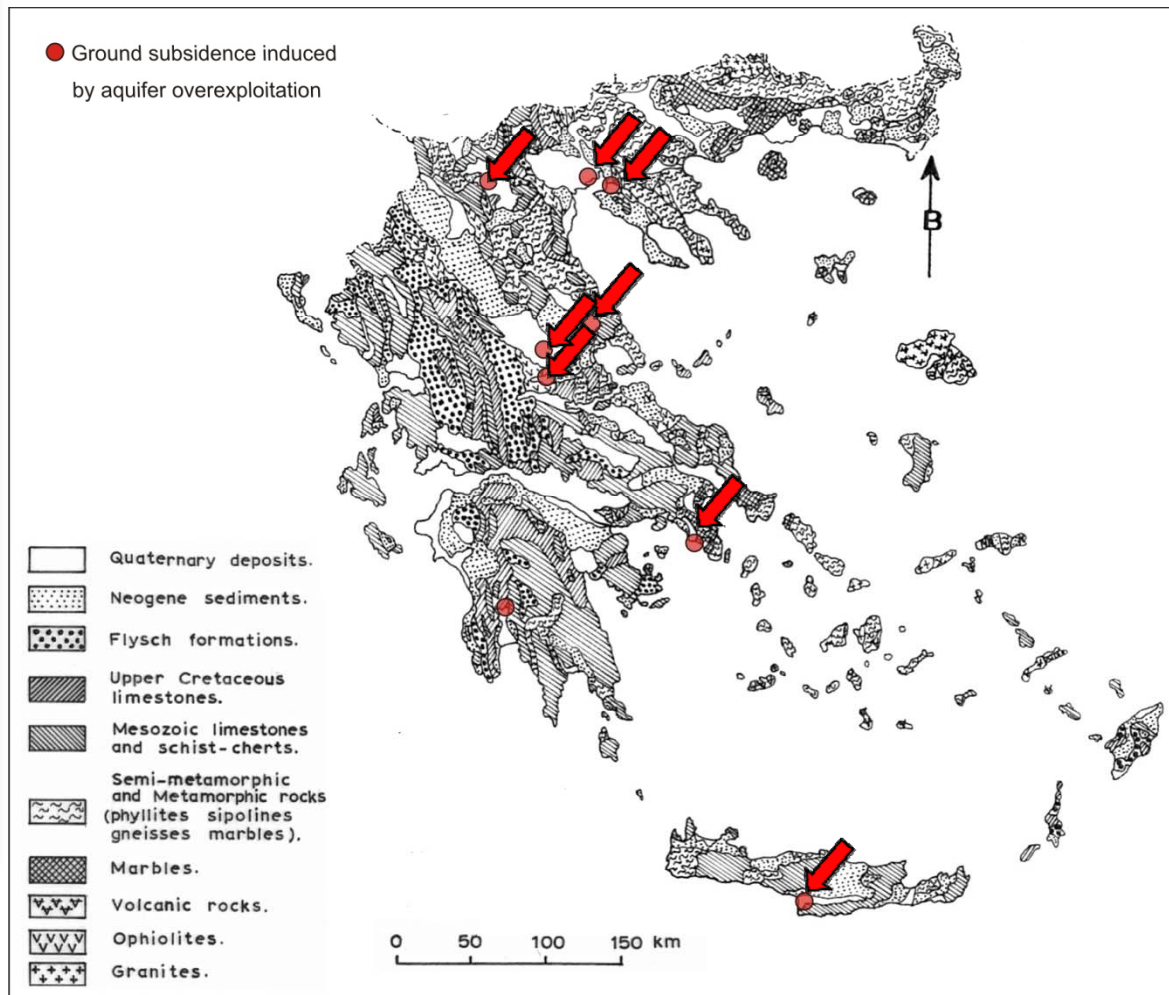
- Η αφαίρεση ρευστών από το έδαφος και η στερεοποίηση λόγω μεταβολής του γεωστατικού πεδίου των τάσεων.
- Η φυσική στερεοποίηση πρόσφατων προσχωματικών σχηματισμών.
- Η οξείδωση οργανικών εδαφών ως συνέπεια του υποβιβασμού της στάθμης των υδροφόρων.
- Η κατάρρευση διαβρωσιγενών κοιλιοτήτων, κυρίως λόγω προοδευτικής διάβρωσης.
- Η κατάρρευση ανθρωπογενών κοιλιοτήτων (π.χ. στοές).

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Εδαφικές Υποχωρήσεις

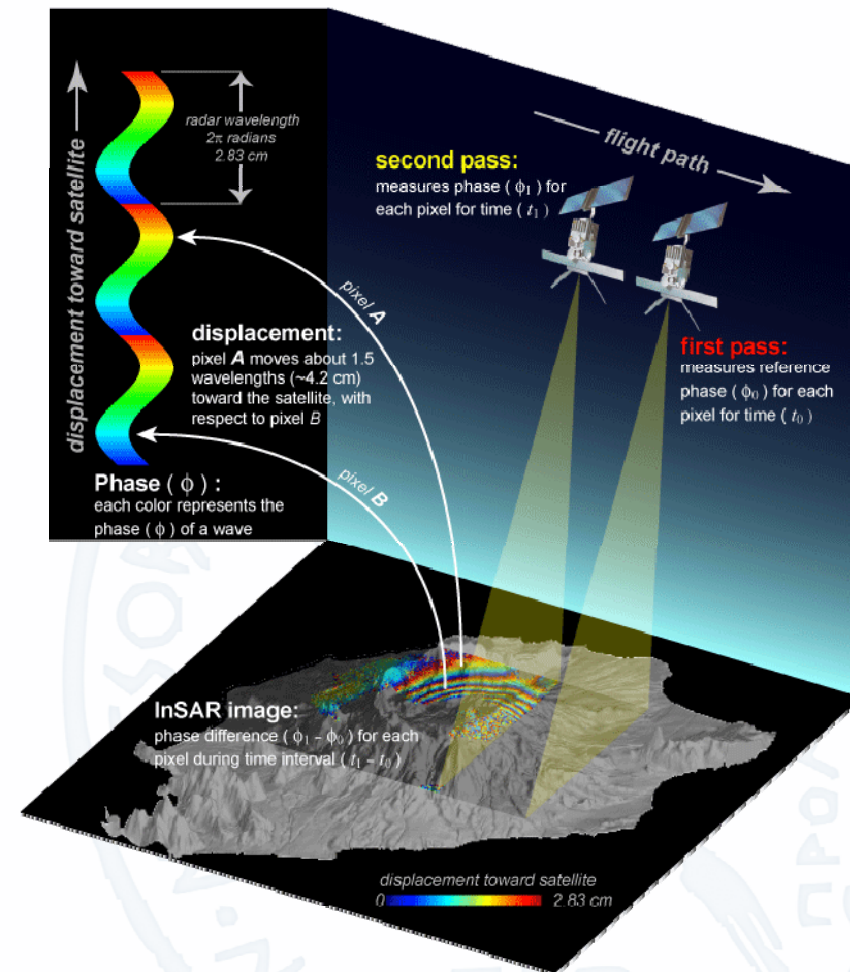
Εκδήλωση Φαινομένων Εδαφικών Υποχωρήσεων στον Ελλαδικό Χώρο



- Καλοχώρι – Σίνδος, Δήμος Δέλτα, Νομού Θεσσαλονίκης
- Περιοχή Δυτικά της Θεσ/νίκης – Κάμπος των Γιαννιτσών
- Περαιά, Δήμος Θερμαϊκού, Νομού Θεσσαλονίκης
- Περίμετρος του Ορυχείου Αμυνταίου, Νομού Φλώρινας
- Ανατολικός και Δυτικός Θεσσαλικός Κάμπος
- Αποξηραμένη Λίμνη Ξυνιάδας, Νομού Φθιώτιδας
- Περιοχή του Φαληρικού Δέλτα, Αττική
- Θριάσιο πεδίο, Αττική
- Λεκάνη της Μεσσαράς, Νομού Ηρακλείου

Interferometry SAR - InSAR

Η συμβολομετρία (Interferometry SAR - InSAR) είναι η τεχνική της τηλεπισκόπησης που εκμεταλλεύεται τη διαφορά φάσεων δύο SAR (Synthetic aperture radar) εικόνων με σκοπό κυρίως τη δημιουργία Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους/Επιφανείας (ΨΜΕ) και θεωρητικά τη μελέτη παραμορφώσεων του εδάφους.



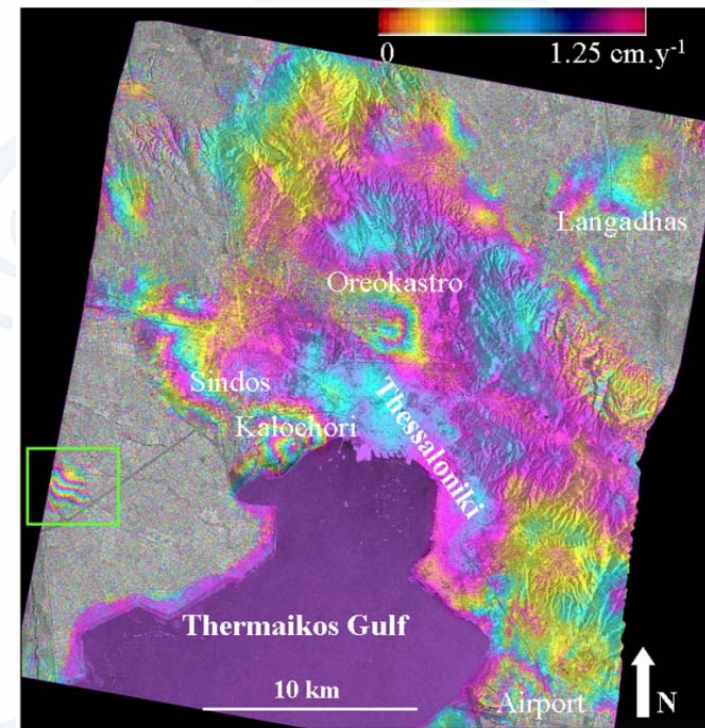
Differential SAR Interferometry - DInSAR

Η ουσιαστική μελέτη των παραμορφώσεων και μετακινήσεων της επιφάνειας του εδάφους, κατέστη δυνατή με την ανάπτυξη των **τεχνικών Διαφορικής Συμβολομετρίας SAR (DInSAR) εικόνων**.

Σύμφωνα με τις τεχνικές DInSAR, με την επεξεργασία σειράς SAR εικόνων αφαιρείται η φάση που σχετίζεται με την τοπογραφία και παράγεται ένα συμβολόγραμμα που περιλαμβάνει την παραμόρφωση της επιφάνειας του εδάφους.

Προηγμένες Μέθοδοι DInSAR

- Persistent Scatterers (PS)
- Small BAseline Subset (SBAS)
- Coherent Point Target Analysis (CPTA)
- Interferometric Point Target Analysis (IPTA)
- Spatio-Temporal Unwrapping Network (STUN)



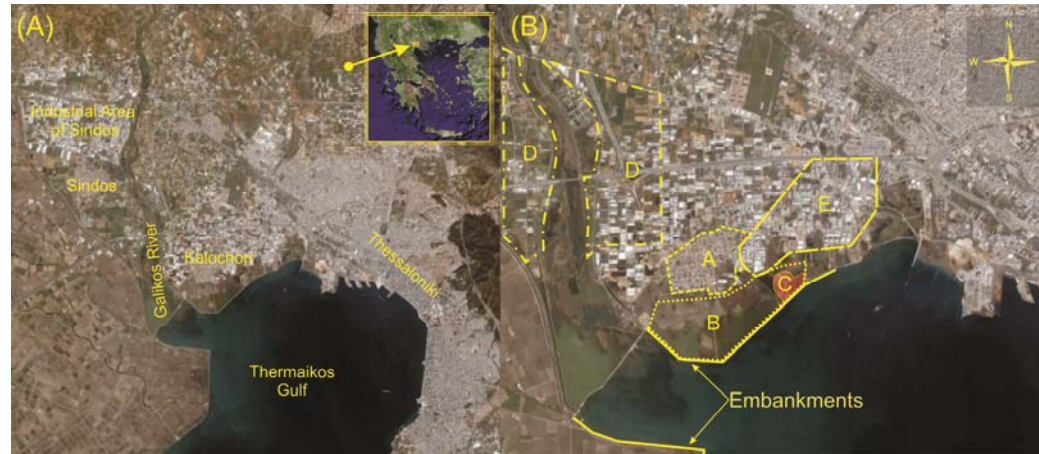
Raucoules et al, 2008,
Περίοδος : 1992-2000
Ανάλυση: ERS1 –2 DInSAR & PSInSAR

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

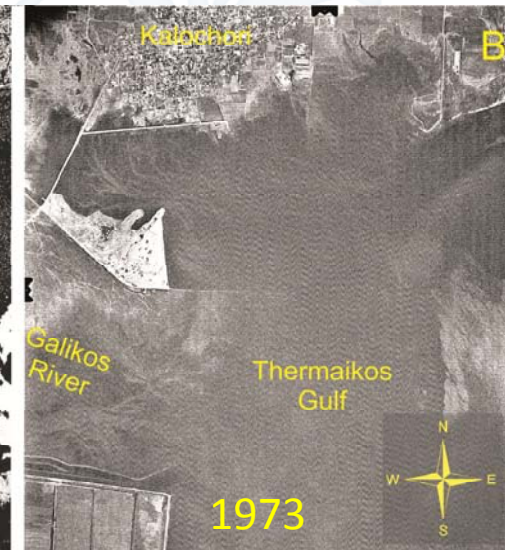
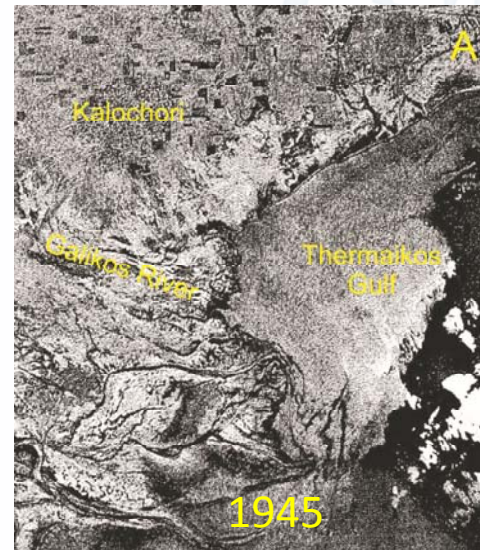
Ευρύτερη Περιοχή Καλοχωρίου - Σίνδου , Ν. Θεσσαλονίκης

Case Studies



Οι εδαφικές υποχωρήσεις πρωτοεμφανίστηκαν το 1965. Κύρια αιτία πρόκλησης ήταν η υπεράντληση των υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων, η οποία διαχρονικά προκάλεσε πτώση στην πιεζομετρική επιφάνεια έως και 40m.

Το 1969, κατά τη διάρκεια περιόδου παρατεταμένων βροχοπτώσεων, η θάλασσα έφτασε στα πρώτα σπίτια του οικισμού προελαύνοντας για ένα χιλιόμετρο στην ενδοχώρα.



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies

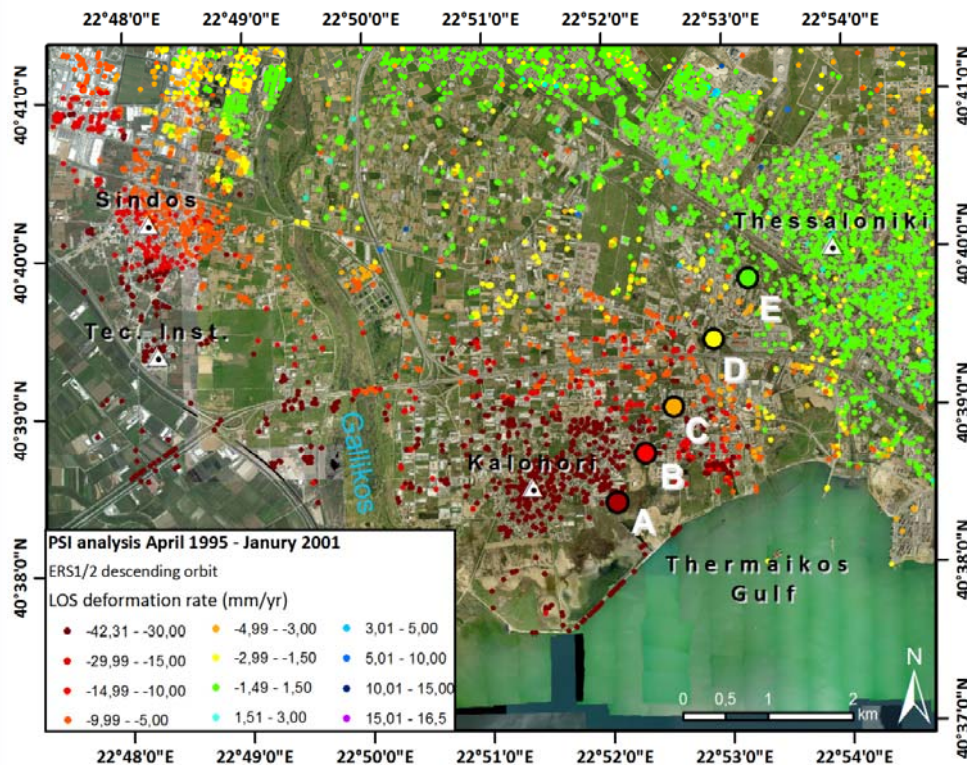


Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

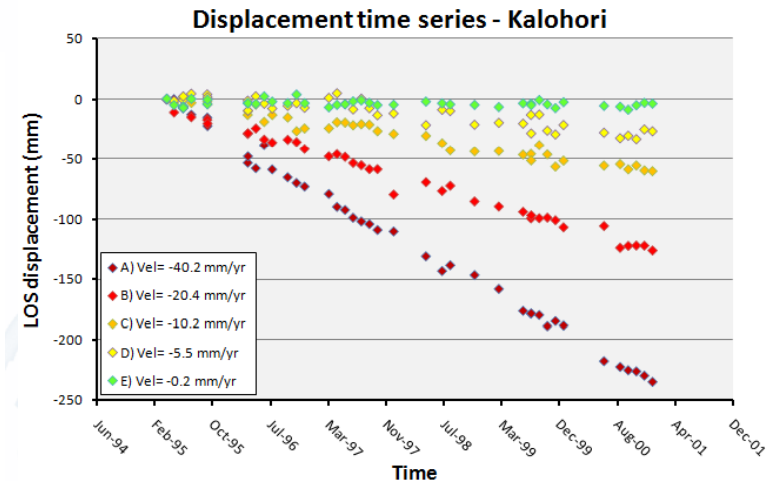
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ PSI ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΑΛΟΧΩΡΙΟΥ

Case Studies



Ρυθμοί παραμορφώσεων μεταξύ 1995 και 2001.



Χρονοσειρά μετακινήσεων για τους σκεδαστές A, B, C, D and E

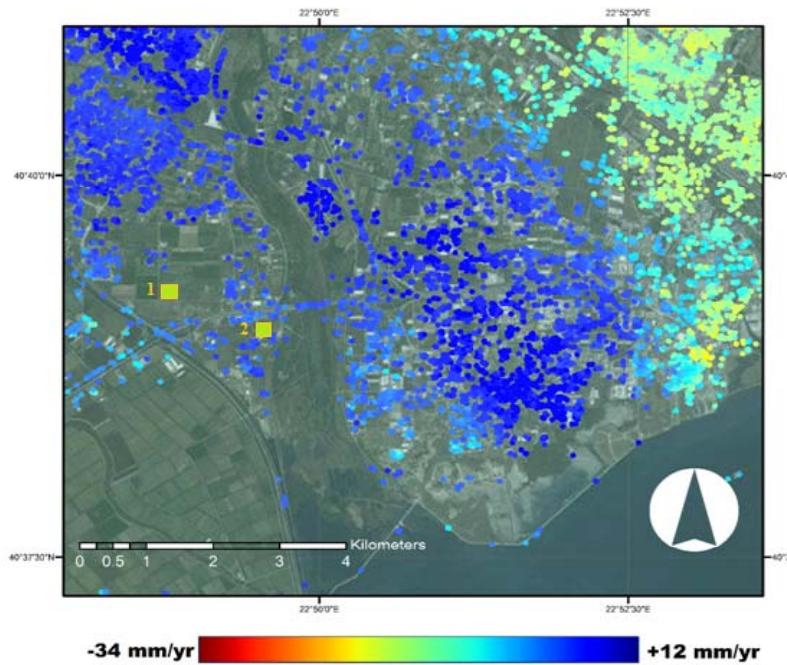
Οι εδαφικές παραμορφώσεις εντοπίζονται με ταχύτητες μεταξύ 15 και 25 mm/yr μεταξύ 1992-2003. Μέγιστες τιμές 40 mm/yr παρατηρούνται στα ΝΔ του Καλοχωρίου.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

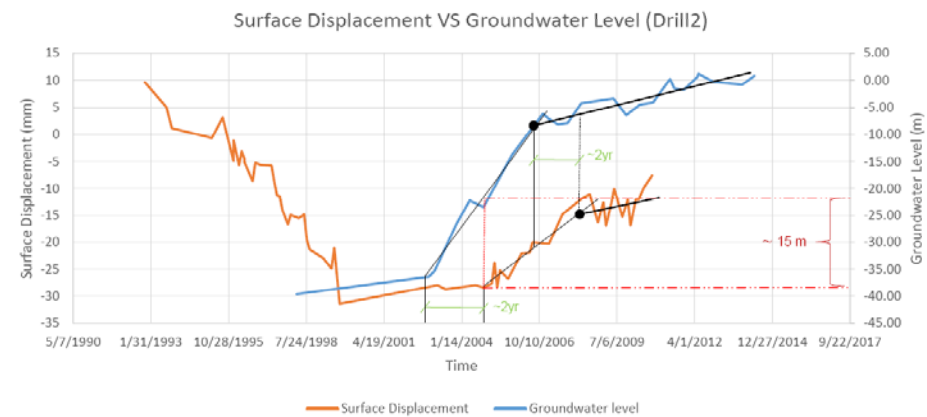
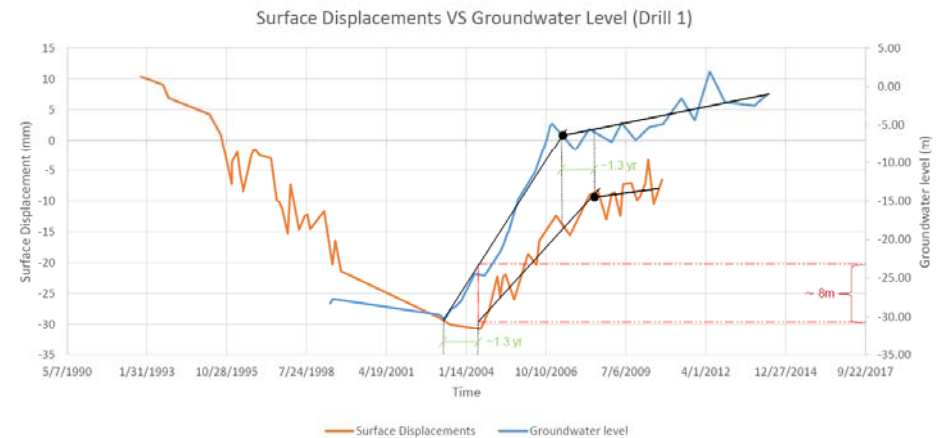
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Δεδομένα ENVISAT της περιόδου 2003-2010

Case Studies



Εντοπίζονται ανυψωτικές κινήσεις στην περιοχή του Καλοχωρίου. Οι μέγιστες ταχύτητες κατά μήκος της LOS κυμαίνονται από 4 έως 12 mm/yr την περίοδο 2003-2010.

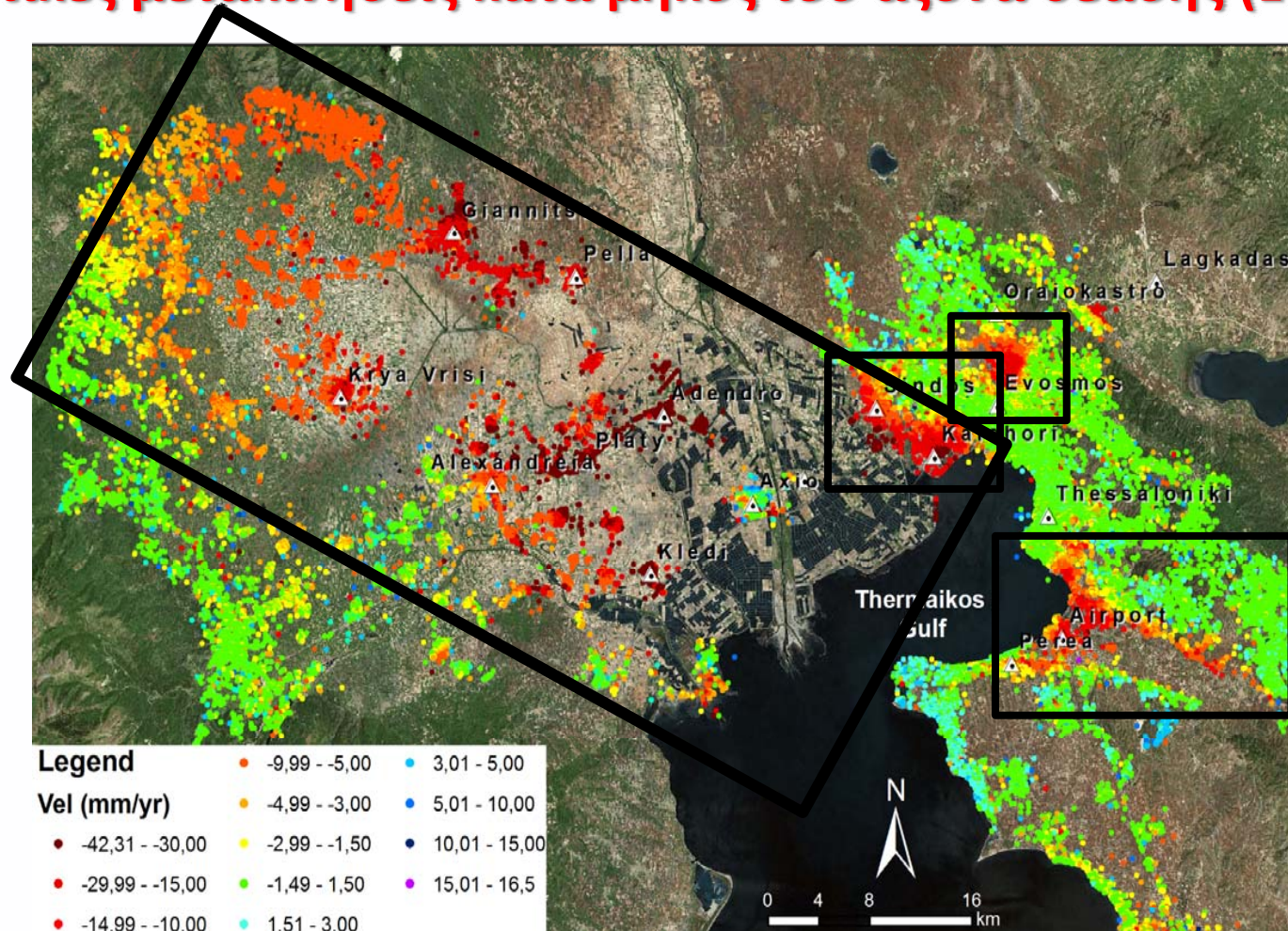


Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Σχετικές μετακινήσεις κατά μήκος του άξονα θέασης (LOS)

Case Studies



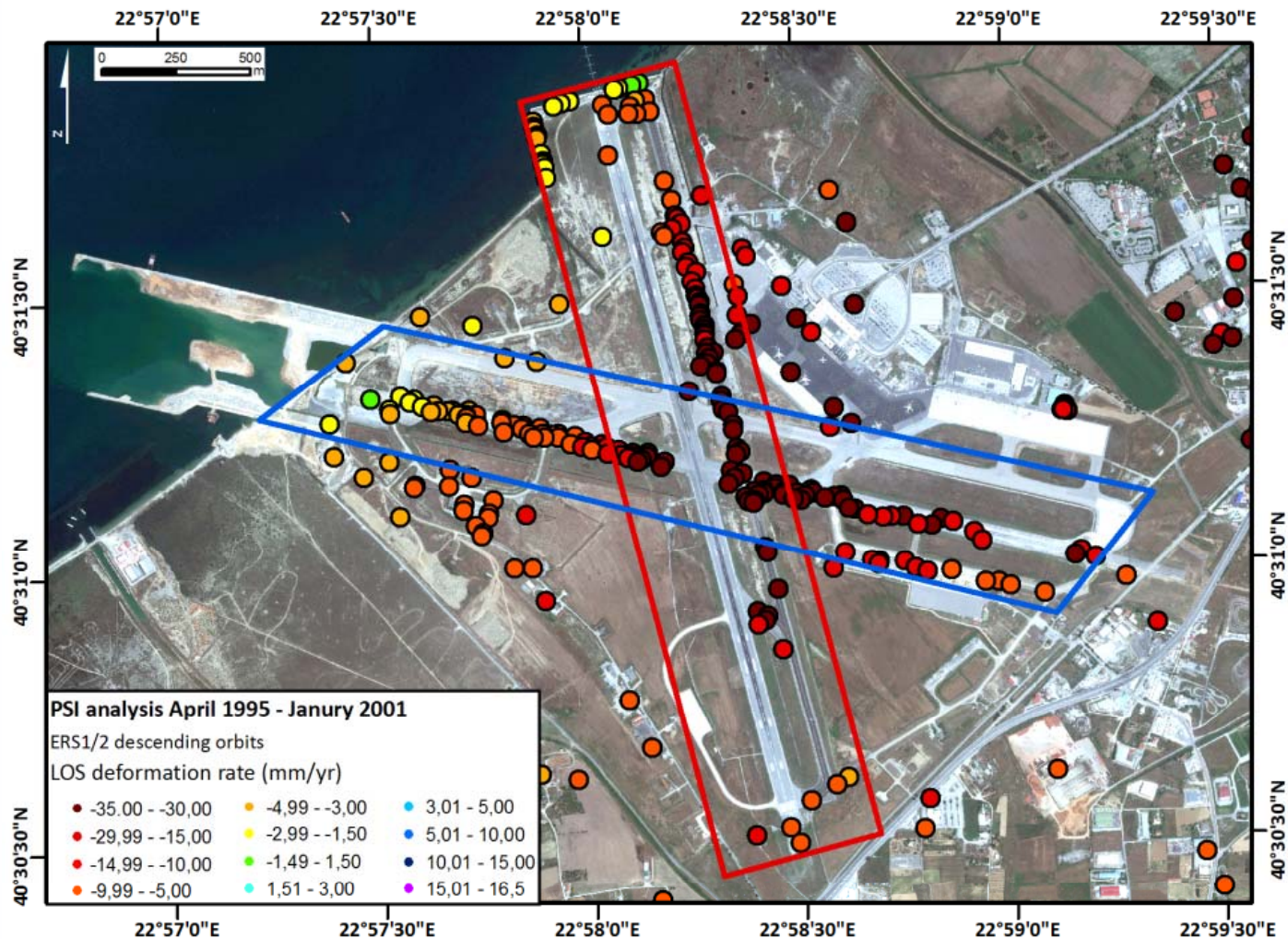
SAR data: ERS1 – ERS2

Period: 12.11.1992 - 05.10.2003

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

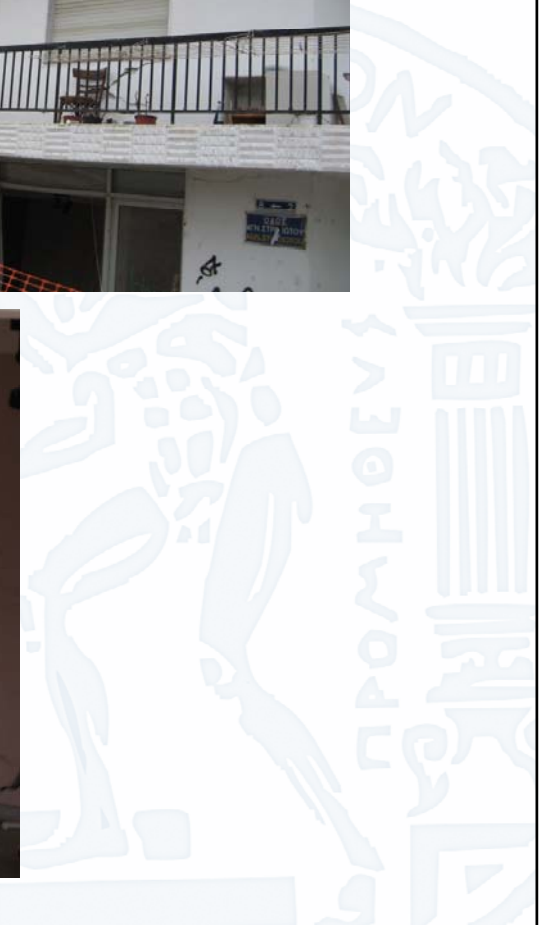
Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies

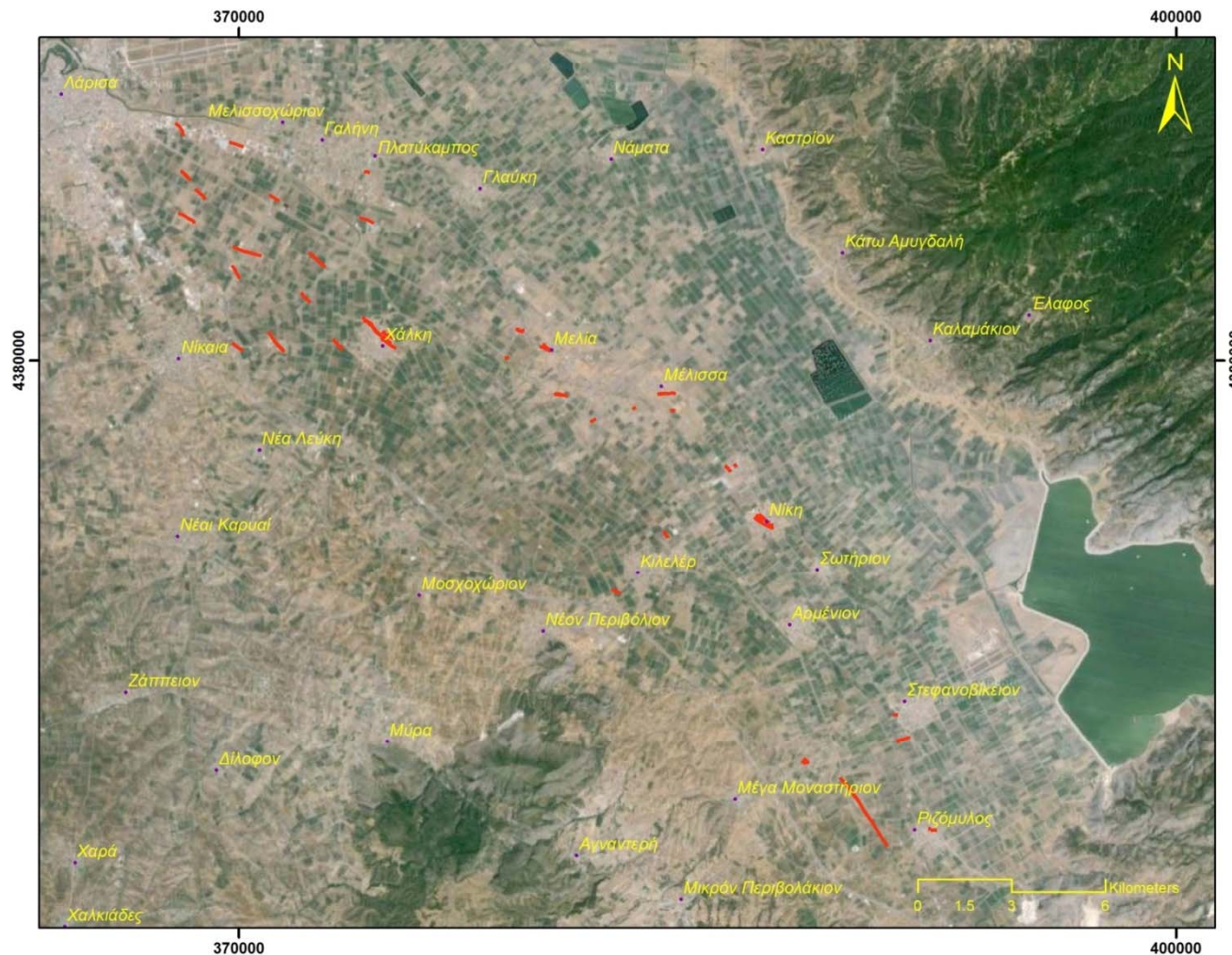


Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Χωρική Κατανομή Εδαφικών Διαρρήξεων στην Αν. Θεσσαλία

Case Studies



Τα φαινόμενα άρχισαν σταδιακά να γίνονται αντιληπτά κατά την περίοδο της ξηρασίας του 1990-93

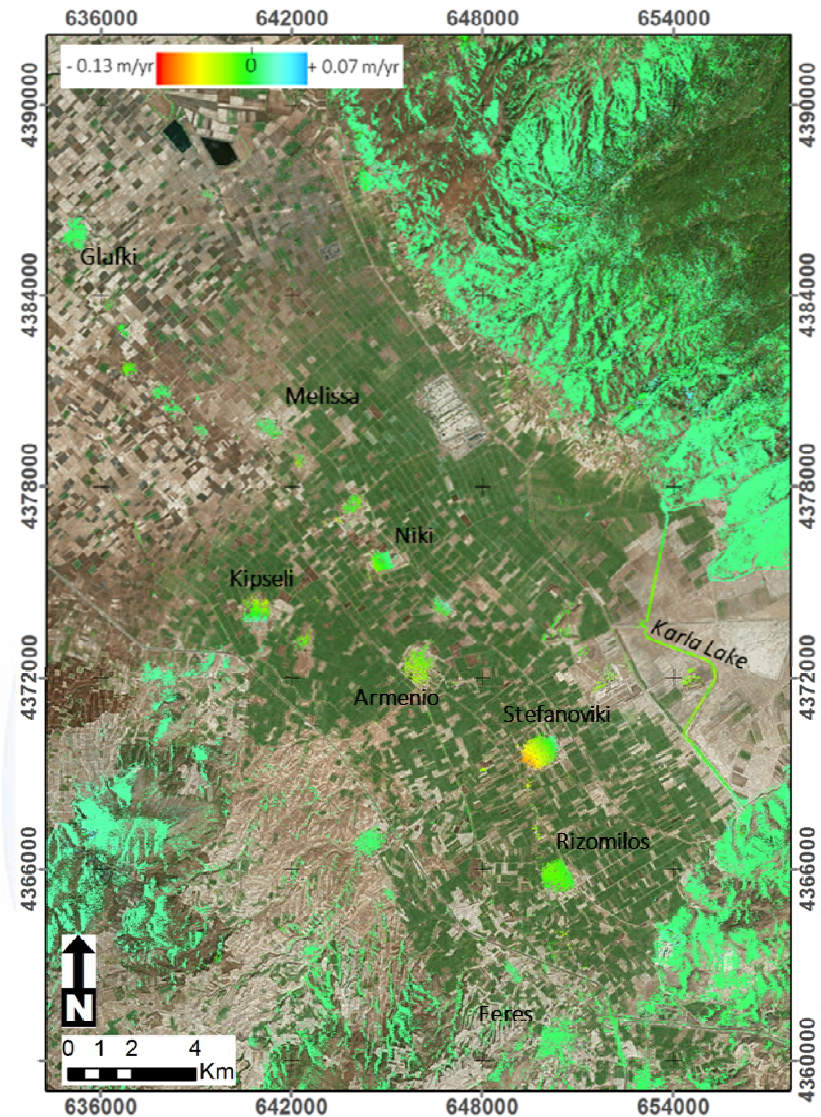
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies

Για την εφαρμογή της Υβριδικής Μεθόδου DInSAR χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα PALSAR (Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar)

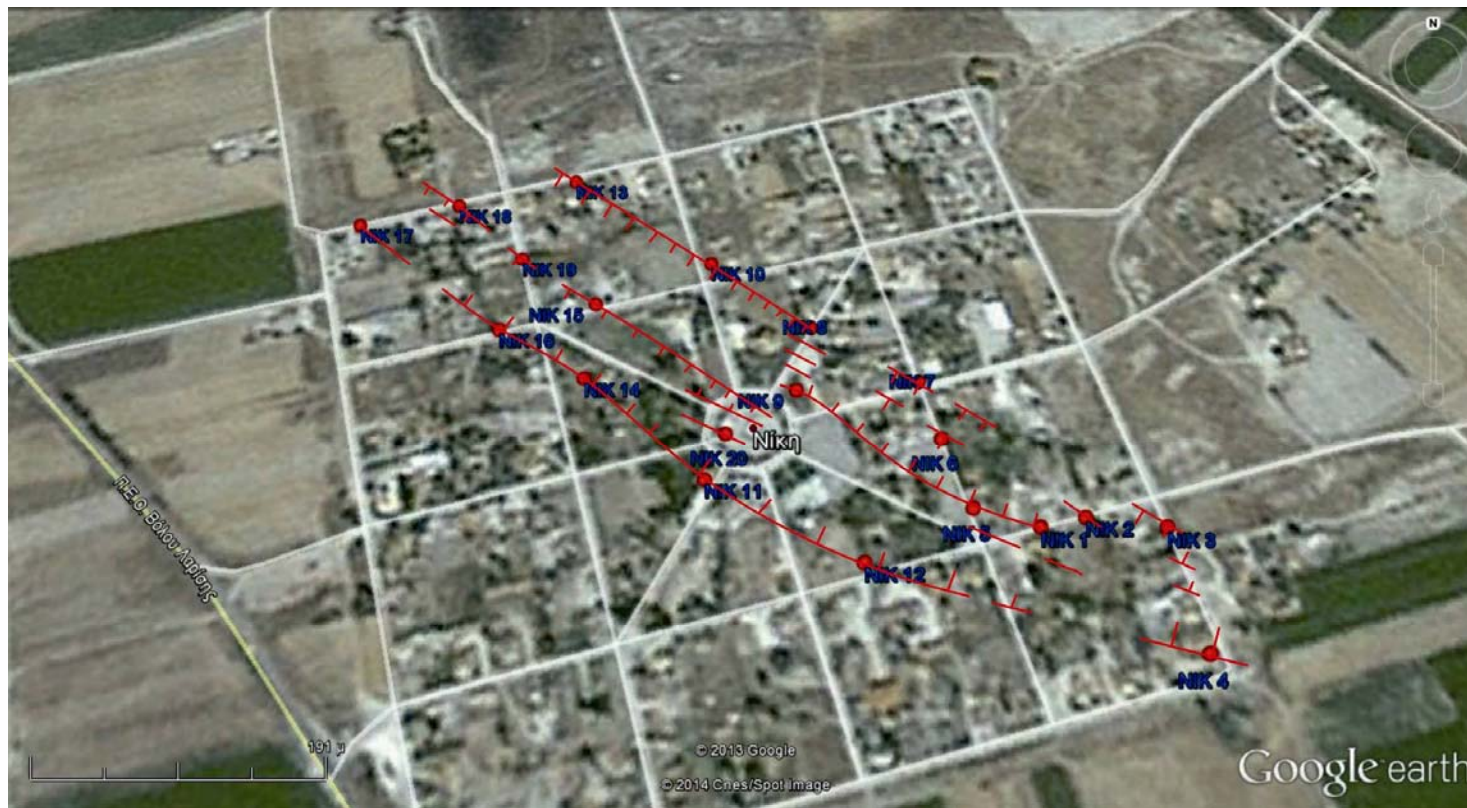
Έγινε επεξεργασία 15 εικόνων ALOS/PALSAR από το 2006 έως το 2010



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Χωρική Κατανομή και εξέλιξη των Εδαφικών Διαρρήξεων στην περιοχή της Νίκης

Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

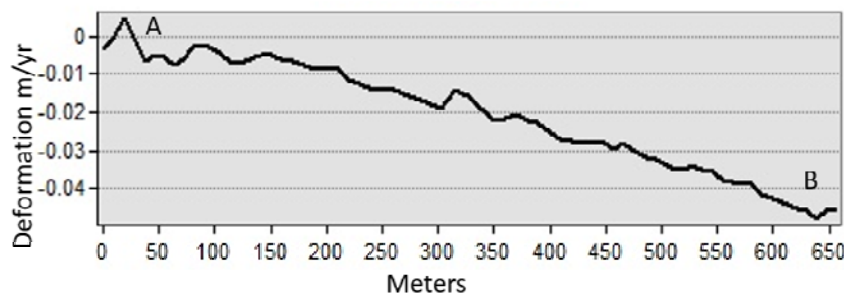
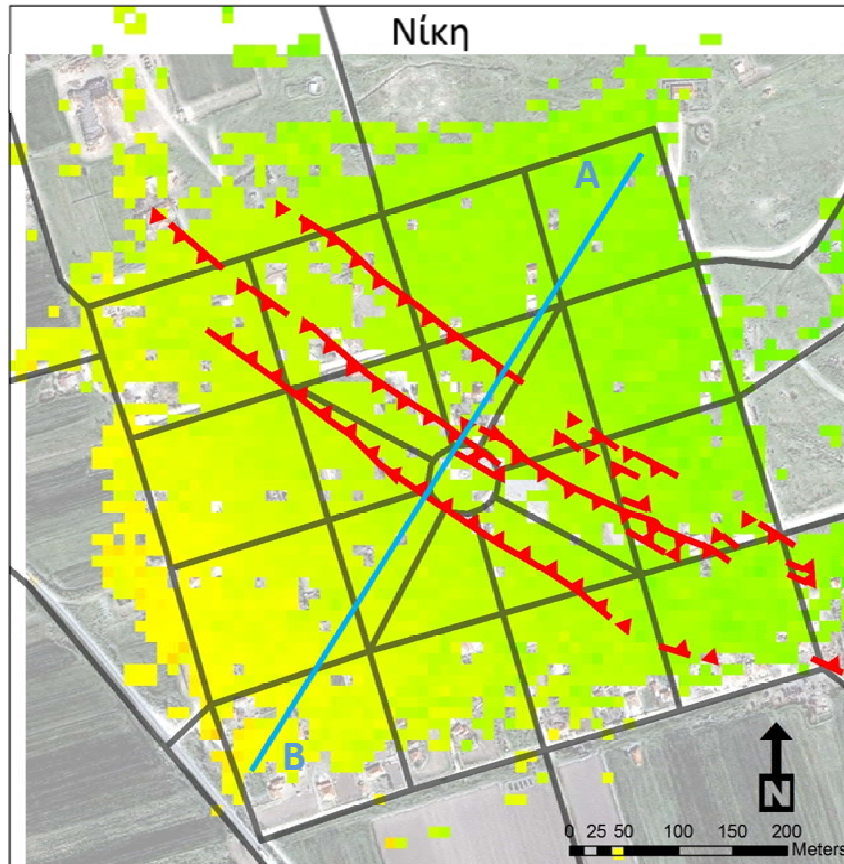
Case Studies



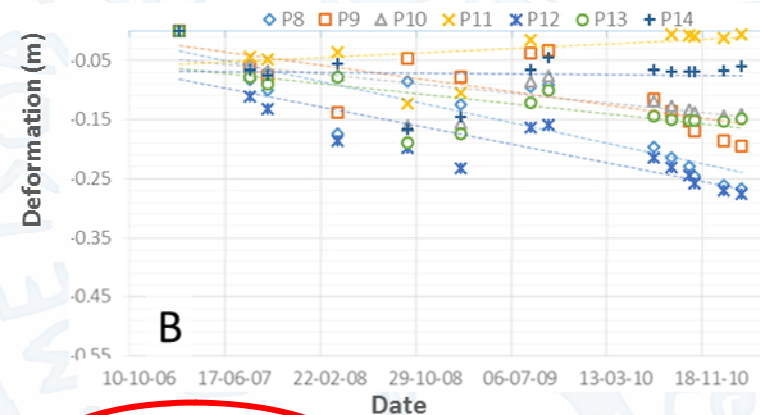
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies



Την περίοδο 2006 – 2010
καταγράφονται σταθεροί ρυθμοί
εξέλιξης, με τη μορφή διαφορικών
παραμορφώσεων.



Έως 5cm/yr

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Χωρική Κατανομή Εδαφικών Διαρρήξεων στα Φάρσαλα, Δ. Θεσσαλία

Case Studies



- Στράγγιση των πηγών του Απιδανού
- Εμφάνιση εδαφικών διαρρήξεων (2001 - 2002)

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

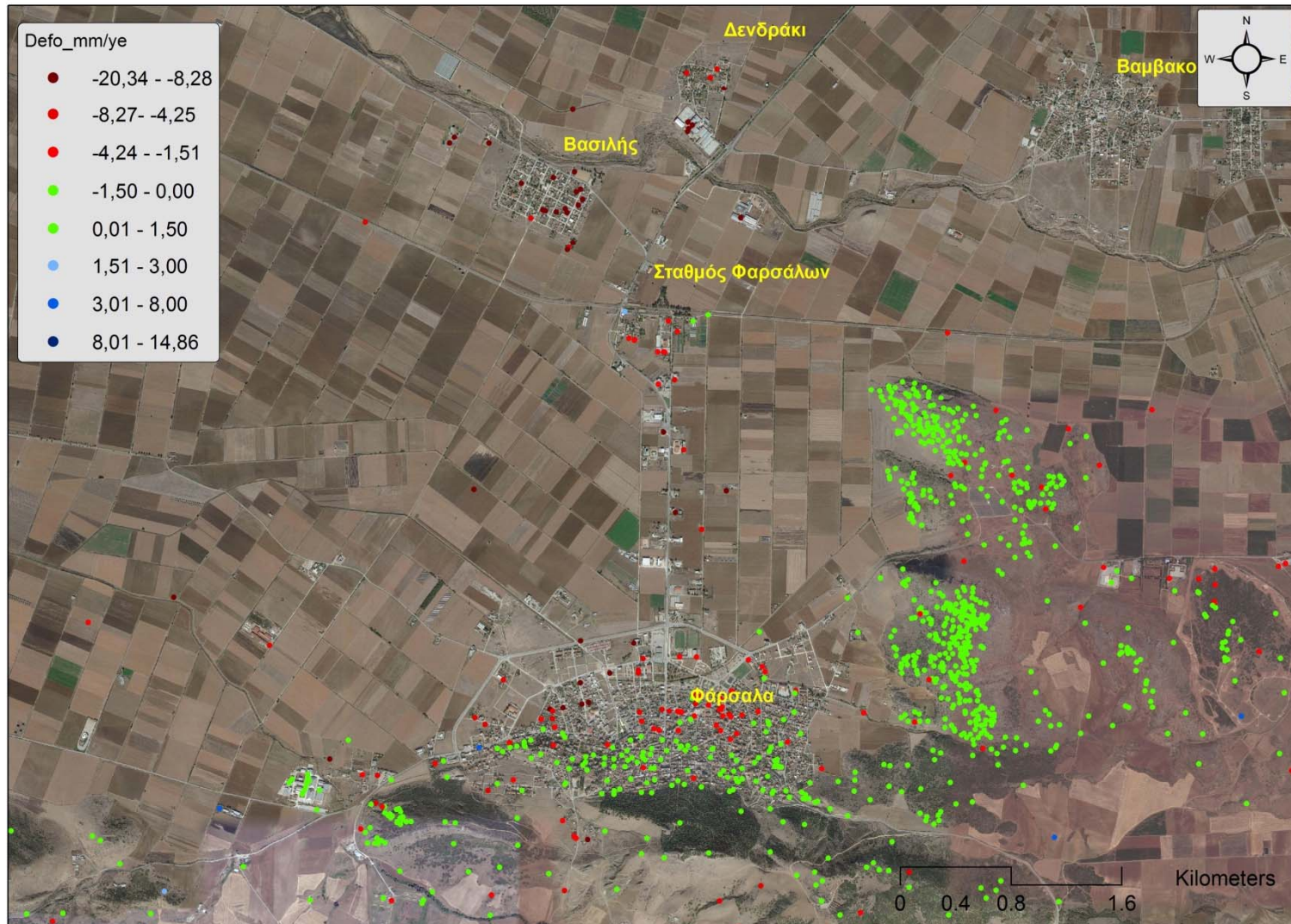
Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

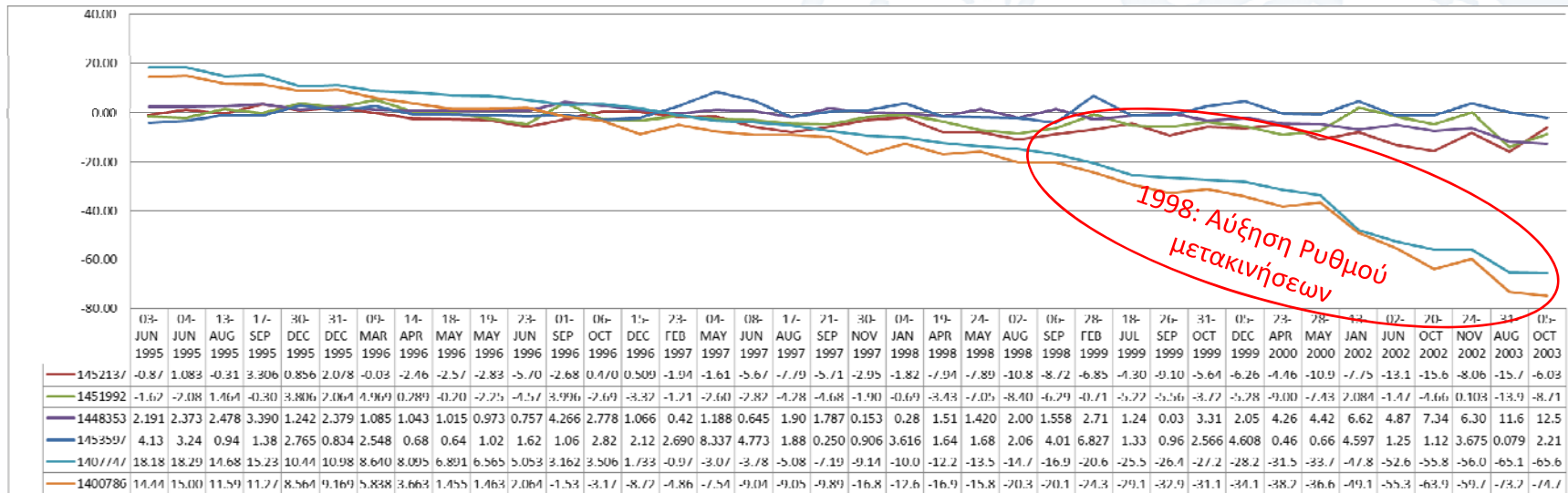
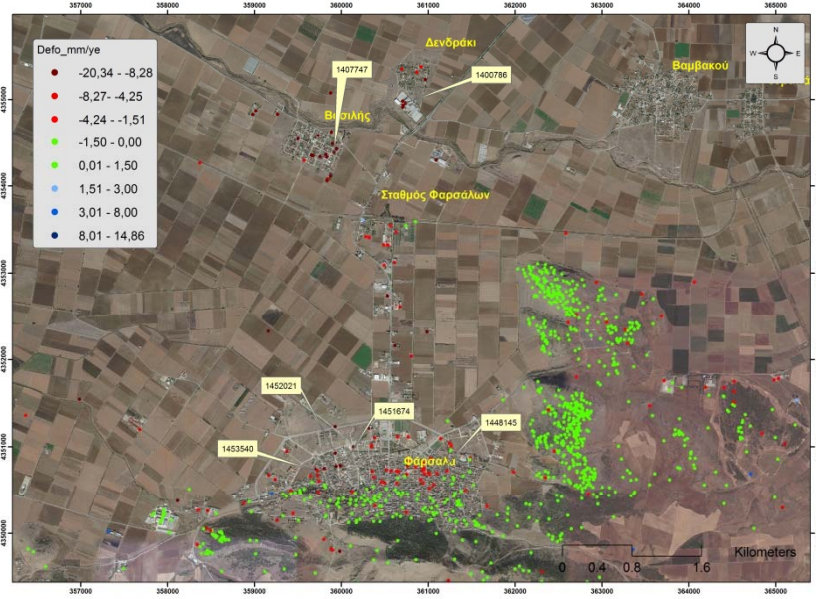
Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Παράκτια Ζώνη Ν. Φαλήρου – Μοσχάτου – Καλλιθέας, Ν. Αττικής

Case Studies



Περίοδος 2002 - 2010 (-1.5 έως -3mm/yr)
SVD analysis Δεδομένων ENVISAT

➤ Από τα μέσα της δεκαετίας του 1960 έχουν καταγραφεί σημαντικές εδαφικές υποχωρήσεις.

➤ Μέχρι και το 1989, οι εδαφικές υποχωρήσεις έφτασαν κατά τόπους έως και τα 118mm.

➤ Το διάστημα 1989 – 2008 ανιχνεύονται σημαντικές καθιζήσεις η τιμή των οποίων φθάνει τα 41mm.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Περιοχή Al Ain, Ηνωμένα Αραβικά Εμιράτα

Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Case Studies



Συμπεράσματα

- Αναδεικνύεται η σφοδρότητα αλλά και η συχνότητα με την οποία τα φαινόμενα των Εδαφικών Υποχωρήσεων πλήττουν τον Ελλαδικό χώρο.
- Οι εδαφικές υποχωρήσεις λόγω υπεράντλησης των υπογείων υδάτων είναι σιωπηλά και βραδέως εξελισσόμενα καταστροφικά φαινόμενα. Η καθυστερημένη λήψη μέτρων οδηγεί στην πρόκληση σοβαρών, μη αναστρέψιμων ζημιών. Ως εκ τούτου, ο έγκαιρος εντοπισμός και η ταχεία αντιμετώπισή τους μέσω της εκπόνησης ειδικών μελετών κρίνεται επιτακτική.
- Αναδεικνύεται η αξία των σύγχρονων τεχνικών συμβολομετρίας, οι οποίες παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την έκταση και τη χρονική εξέλιξη των παραμορφώσεων που σχετίζονται με τα συγκεκριμένα φαινόμενα.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

**Ευχαριστώ για την
Προσοχή σας!!!**



Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Loupasakis C., Rozos D., (2009), Finite - element simulation of land subsidence induced by water pumping in Kalochori village, Greece. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, Geological Society of London, v. 42, No. 3; pp. 369-382.
- Raspini F., Loupasakis C., Rozos D. and Moretti S. (2013) Advanced interpretation of land subsidence by validating multi-interferometric SAR data: the case study of Anthemountas basin (Northern Greece). Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 13, 2425–2440, DOI:10.5194/nhess-13-2425-2013.
- Raspini F., Loupasakis C., Rozos D., Adam N. and Moretti S. (2014) Ground subsidence phenomena in the Delta Municipality region (Northern Greece): geotechnical modelling and validation with Persistent Scatterer Interferometry. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Elsevier 28: 78–89.
- Raspini, F., Bianchini, S., Moretti, S., Loupasakis, C., Rozos, D., Duro, J., Garcia, M., (2016) Advanced interpretation of interferometric SAR data to detect, monitor and model ground subsidence: outcomes from the ESA-GMES TerraFirma project. Natural Hazards, 83:S155–S181, DOI 10.1007/s11069-016-2341-x
- Svigkas N., Papoutsis I., Loupasakis C., Tsangaratos P., Kiratzi An., Kontoes Ch. (2016) Land subsidence rebound detected via multi-temporal InSAR and ground truth data in Kalochori and Sindos regions, Northern Greece. Engineering Geology, Elsevier, 209(2016): 175-186.
- Ilia I., Loupasakis C., Tsangaratos P. (2018) Land subsidence phenomena investigated by spatiotemporal analysis of groundwater resources, remote sensing techniques and Random Forest method. The case of Western Thessaly, Greece. Environ Monit Assess, 190:623 Environmental Monitoring and Assessment. 190: 623, <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6992-9>.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Loupasakis C., Raspini F., Rozos D., Moretti S., (2013). FEM Simulation of large vertical deformations caused by land subsidence and verification of the results by using radar interferometry techniques, Proceedings of the International Conference of Installation Effects in Geotechnical Engineering – Hicks et al. (eds), Taylor & Francis Group, London, pp 51-57, ISBN 978-1-138-00041-4.
- Raspini F., Loupasakis C., Rozos D., and Moretti S. (2013) Basin and local scale detection of ground subsidence through Persistent Scatterer Interferometry: the Anthemountas basin (Northern Greece) case study. Proceedings of the 13th International Congress of the Geological Society of Greece, Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. XLVII, No 3, pp. 1510-1518.
- Kaitantzian A., Loupasakis C., Rozos D. (2014) Assessment Of Geo-hazards Triggered By Both Natural Events And Human Activities In Rapidly Urbanized Areas. (eds.) G. Lollino et al., Proceedings of 12th International IAEG Congress IAEG2014 - Engineering Geology for Society and Territory, Volume 5, pp 675-679.
- Raspini F., Bianchini S., Del Ventisette C., Moretti S., Loupasakis C., Rozos D., Duro J., Garcia M., (2015) Subsidence mapping, characterization and modeling: the ESA-GMES Terrafirma services. Proc. of RSCy 2015 - Third International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2015), Ed: Hadjimitsis D., Themistocleous K., Michaelides S., Papadavid G., Proc. of SPIE Vol. 9535, 953516-1.
- Svigkas N., Papoutsis I., Loupasakis C., Kontoes Ch, Kiratzi An., (2015). Geo-hazard monitoring in northern Greece using insar techniques: the city case study of the Thessaloniki city. Proc. of 9th International Workshop Fringe 2015 “Advances in the Science and Applications of SAR Interferometry and Sentinel-1 InSAR”, European Space Agency, (Special Publication) ESA SP, Vol. SP-731.

Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Kaitantzian A., Loupasakis C., (2016), Preliminary investigation of the land subsidence phenomena occurring at the industrial-commercial area of Eleonas, Athens, Greece, Proceedings of the 14th International Congress of the Geological Society of Greece, Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. XLVIII, pp 1703-1710
- Ilia I., Loupasakis C., Tsangaratos P., (2016) Assessing ground subsidence phenomena with Persistent Scatterer Interferometry data in Western Thessaly, Greece. Proceedings of the 14th International Congress of the Geological Society of Greece, Bulletin of the Geological Society of Greece, vol. XLVIII, pp 1693-1702
- Tsangaratos P., Loupasakis C., Ilia I. (2017) Ground subsidence phenomena in Frakadona, West Thessaly, Greece. Proc. of RSCy 2017 - Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of Environment., Ed: Hadjimitsis D., Themistocleous K., Michaelides S., Papadavid G., Proceedings Volume 10444, Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2017); 104440J (2017); doi: 10.1117/12.2279082.
- Kaitantzian A., Parcharidis I., Loupasakis C. (2017) Land subsidence phenomena in urbanized areas of Attica observed by applying advanced DinSAR techniques. Proc. of RSCy 2017 - Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of Environment., Ed: Hadjimitsis D., Themistocleous K., Michaelides S., Papadavid G., Proceedings Volume 10444, Fifth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2017).
- Svigkas N., Papoutsis I., Loupasakis C., Tsangaratos P., Kiratzi An., Kontoes Ch., (2019) Radar space measurements of the deforming trends at northern Greece resulting from underground water activity. In: El-Askary H., Lee S., Heggy E., Pradhan B. (eds) Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications. Advances in Science, Technology & Innovation (IEREK Interdisciplinary Series for Sustainable Development). Springer, Cham, pp 309-313.

THE CALL FOR ABSTRACTS IS NOW OPEN

www.euroengeo2020.org



EUROENGEO **3RD EUROPEAN REGIONAL CONFERENCE OF IAEG**



ATHENS 2020

Leading to Innovative
Engineering Geology Practices

20-24 September 2020



Organised by the National Group of Greece of IAEG



EUROENGEO **3RD EUROPEAN REGIONAL CONFERENCE OF IAEG**



ATHENS 2020

Leading to Innovative
Engineering Geology Practices

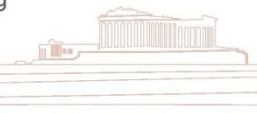
20-24 September 2020



www.euroengeo2020.org

MAIN TOPICS

- Characterisation and Behaviour of Soils and Rocks
- Environmental Engineering Geology
- Advances in Site Investigation for Engineering Geology
- Engineering Geology for Engineering Works
- Engineering Geology for Urban Environment
- Analysis and mitigation of Geo-hazards
- Recent advances in Geomatics and Remote Sensing for use in Engineering Geology
- Engineering Geology and Cultural Heritage Protection
- Engineering Geology for the Society
- Technical Committee Sessions
- Young Engineering Geologists Meeting



Organised by the National Group of Greece of IAEG