



Σεισμός Σάμου, 30 Οκτωβρίου 2020

Προκαταρκτική Έκθεση



Βαδαλούκας Γιώργος¹, Βιντζηλαίου Ελισάβετ², Γκανάς Αθανάσιος³, Γιαρλέλης Χρήστος⁴, Ζιωτοπούλου Κατερίνα⁵, Θεοδουλίδης Νίκος⁶, Καρασαντέ Ηλέκτρα⁷, Μάργαρης Βασίλης⁸, Μυλωνάκης Γιώργος⁹, Παπαχρηστίδης Αριστείδης¹⁰, Ρεπαπής Κωνσταντίνος¹¹, Ψαρρόπουλος Πρόδρομος¹², Σέξτος Αναστάσιος¹³

Νοέμβριος 2020

- 1 Πολιτικός Μηχανικός, 3DR Consulting Engineers, Αναπλ. Μέλος ΕΕ ΕΤΑΜ
- 2 Καθηγήτρια Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αντιπρόεδρος ΕΤΑΜ
- 3 Δρ. Γεωλόγος – Σεισμολόγος, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
- 4 Πολιτικός Μηχανικός, EQUIDAS Consulting Engineers, Μέλος ΕΕ ΕΤΑΜ
- 5 Επίκουρη Καθηγήτρια Σχολής Πολιτικών Μηχανικών, University of California, Davis, Μέλος ΕΤΑΜ
- 6 Δρ. Σεισμολόγος, Διευθυντής Ερευνών (Ερευνητής Α') ΙΤΣΑΚ-ΟΑΣΠ, Μέλος ΕΤΑΜ
- 7 Γεωλόγος MSc, Γεωδυναμικό Ινστιτούτο,, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών
- 8 Δρ. Τεχνικός Σεισμολόγος Διευθυντής Ερευνών (Ερευνητής Α) ΙΤΣΑΚ-ΟΑΣΠ, Μέλος ΕΤΑΜ
- 9 Καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, University of Bristol, UK, Μέλος ΕΤΑΜ
- 10 Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, 3DR Consulting Engineers, Γεν. Γραμματέας ΕΤΑΜ
- 11 Αναπληρωτής Καθηγητής, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Μέλος ΕΤΑΜ
- 12 Δρ. Πολιτικός Μηχανικός, ΕΔΙΠ Σχολής Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ, Μέλος ΕΤΑΜ
- 13 Καθηγητής Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών, University of Bristol, UK, Πρόεδρος ΕΤΑΜ

Vadaloukas, G., Vintzileou, E., Ganas, A., Giarlelis, C., Ziotopoulou, K., Theodoulidis, N., Karasante, I., Margaritis, B., Mylonakis, G., Papachristidis, A., Repapis, C., Psarropoulos, P. N., & Sextos, A. G. (2020). *Samos Earthquake of 30th October, 2020. Preliminary Report of the Hellenic Association for Earthquake Engineering, Athens, Greece.*
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22609.76644>

Κατάλογος Σχημάτων

Σχήμα 1: Γενική άποψη στο Βαθύ της Σάμου αμέσως μετά τον ισχυρό σεισμό της 30/10/2020.....	7
Σχήμα 2: Μετασεισμική ακολουθία (Schmidt 2020) (άνω) και δορυφορική άποψη της Σάμου με τοπωνύμια που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έκθεση.....	8
Σχήμα 3: Το κλιμάκιο του ETAM στη Σάμο (από αριστερά προς το δεξιά διακρίνονται οι εξής: Κ. Ζιωτοπούλου, Π. Ψαρρόπουλος, Α. Παπαρηστίδης, Κ. Ρεπατής, Γ. Βαδαλούκας, Χ. Γιαρλέλης).....	9
Σχήμα 4: Στιγμιότυπα από τις διάφορες συναντήσεις του κλιμακίου του ETAM.....	10
Σχήμα 5: Κατανομή των επικέντρων μετασεισμών για $M \geq 3.0$ κατά τις 4 πρώτες ημέρες μετά τον κύριο σεισμό (τροποποιημένο από Σκορδύλη και συν. 2020). Δίνονται επίσης με ορθογώνιο παραλληλόγραμμα η προβολή της επιφάνεια του ρήγματος, το επίκεντρο του κύριου σεισμού (κόκκινο αστέρι), ο σταθμός επιταχυνσιογράφου του ΙΤΣΑΚ (κόκκινο τρίγωνο) και αντιπροσωπευτικός μηχανισμός γένεσης της USGS (άσπρο-μαύρο μπαλόνι) που υποδεικνύει κανονικό ρήγμα.....	11
Σχήμα 6: Χρονοϊστορία εδαφικής επιτάχυνσης στο σταθμό SMG1 (Βαθύ, Σάμου) των δύο οριζοντίων συνιστωσών (N48W, N42E, V από πάνω προς τα κάτω αντίστοιχα). Η περιβάλλουσα διάρκεια (BD) ισχυρής δόνησης για επίπεδο επιτάχυνσης $\geq 0.05g$, δείχνεται με κόκκινο βέλος.....	13
Σχήμα 7: Σύγκριση των καταγραμμένων εδαφικών επιτάχυνσεων ($PGA-cm/sec^2$) κατά τις 2 συνιστώσες της εδαφικής κίνησης E-W (κόκκινοι κύκλοι) και NS (μπλε κύκλοι) σε σχέση με την Εμπειρική σχέση πρόβλεψης των (Boore et al. 2014) για 2 εξεταζόμενα μεγέθη σεισμών $M=6.7$ (διακεκομμένη μαύρη γραμμή) και $M7.0$ (συνεχόμενη μαύρη γραμμή) για μηχανισμό γένεσης κανονικού ρήγματος και $V_{330}=760 cm/sec$	14
Σχήμα 8: Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης οριζοντίων συνιστωσών στη θέση του σταθμού επιταχυνσιογράφου SMG1 σε σύγκριση με τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού του ΕΚ 2000 (πάνω) και του Ευρωκώδικα EC8 (κάτω).....	15
Σχήμα 9: Φασματικοί λόγοι (eHVSR) της Οριζόντιας-προς-Κατακόρυφη φασματική επιτάχυνση με βάση την καταγραφή του κύριου σεισμού στη θέση του σταθμού επιταχυνσιογράφου SMG1.....	15
Σχήμα 10: Χάρτης της περιοχής στον οποίο διακρίνονται το ολισθαίνον προς το βορρά ρήγμα (μπλε ορθογώνιο παραλληλόγραμμα), ο εστιακός μηχανισμός (σφαίρα θαλάσσης, επίλυση κατά GCMT Global Centroid-Moment-Tensor), και το επίκεντρο του σεισμού Σάμου της 30ης Οκτωβρίου 2020 σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Μεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο (European Mediterranean Seismological Centre EMSC). Τα κυανά τρίγωνα συμβολίζουν τις θέσεις των μόνιμων σταθμών GPS (GNSS). Τα μπλε διανύσματα συμβολίζουν τις σεισμικές οριζόντιες μετατοπίσεις (βλ. κλίμακα και διάνυσμα 5-cm κάτω δεξιά).....	17
Σχήμα 11: Χρονοϊστορίες της θέσης (E, N, Up) του σταθμού SAMO (τοποθεσία στην Εικ. 1). Οι σεισμικές τελικές μετατοπίσεις είναι (περίπου): $dE = -6 cm$, $dN = -37 cm$ και $dU = +9 cm$. Οι κόκκινες κατακόρυφες γραμμές σηματοδοτούν την ημέρα του κυρίως σεισμού.....	18
Σχήμα 12: Εφαρμογή κινητού τηλεφώνου για τον μετασεισμικό, ταχύ οπτικό έλεγχο κτηρίων.....	21
Σχήμα 13: Χωρική κατανομή πλήθους Ταχέως Οπτικού Ελέγχου στη Σάμο κατά τη διάρκεια της αυτοψίας (άνω) και ενδεικτική εγγραφή στη δικτυακή βάση δεδομένων.....	22
Σχήμα 14: Αστοχία μαλακού ορόφου σε πενταώροφη οικοδομή.....	24
Σχήμα 15: Αστοχία κοντού υποστυλώματος σε τετραώροφη οικοδομή.....	25
Σχήμα 16: Διατμητική αστοχία σε τοίχωμα μαλακού ορόφου.....	26
Σχήμα 17: Επταώροφη πολυκατοικία στο Βαθύ χωρίς βλάβες.....	26
Σχήμα 18: Αποδιοργάνωση και ανατροπή τοιχοπληρώσεων.....	26
Σχήμα 19: Αποδιοργάνωση και ανατροπή τοιχοπληρώσεων.....	26
Σχήμα 20: Έντονη διατμητική ρηγμάτωση στη διεύθυνση του σεισμού.....	27
Σχήμα 21: Διάταξη των σκαφών εκτός λιμένος.....	27
Σχήμα 22: Ανατροπή τοίχου μετά την αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας.....	28
Σχήμα 23: Διαγώνια ρηγμάτωση εντός επιπέδου κατά τις δύο κύριες διευθύνσεις.....	28
Σχήμα 24: Υποστήριξη τοίχου έναντι αποφυγής περεταίρω παραμορφώσεων εκτός επιπέδου.....	28
Σχήμα 25: Αποδιοργάνωση τοίχου και αστοχία εκτός επιπέδου.....	28
Σχήμα 26: Αστοχία τοιχοποιίας (άνω) και εκτός επιπέδου αστοχία και κατάρρευση της άοπλης τοιχοποιίας (κάτω).....	29
Σχήμα 27: Εντός και εκτός επιπέδου αστοχίες κτηρίων από άοπλη τοιχοποιία.....	30

Σχήμα 28: (α) Πριν τον σεισμό (Google Earth), (β) Μετά τον σεισμό της 30 ^{ης} Οκτωβρίου 2020. Κατακρήμνιση τμήματος των περιμετρικών τειχών στο Κάστρο του Λυκούργου Λογοθέτη προς τη θάλασσα.	31
Σχήμα 29: Κατακρήμνιση τμήματος των περιμετρικών τειχών στο Κάστρο του Λυκούργου Λογοθέτη προς το εσωτερικό του.	31
(α) Πριν το σεισμό http://whc.unesco.org/en/list/595	32
http://visit.samos.gr/index.php/things-see/sightseeing/archaeological-sites/?lang=EL	32
https://www.arthro-13.com/news/i-vyzantini-samos-meros-v/	32
(β) Μετά το σεισμό της 30 ^{ης} Οκτωβρίου 2020	32
Σχήμα 30: Παλαιοχριστιανική Βασιλική Κάστρου πριν και μετά τον σεισμό της 30 ^{ης} Οκτωβρίου. Με κύκλο σημειώνονται οι πιθανολογούμενες ανατροπές κίωνων στην Παλαιοχριστιανική Βασιλική Κάστρου.	32
Σχήμα 31: Κάστρο του Λυκούργου Λογοθέτη. Το κτήριο δεν παρουσίασε βλάβες εξωτερικά και συμπεριφέρθηκε ικανοποιητικά καθώς είχε πρόσφατα αποκατασταθεί / ενισχυθεί στατικά. (Χατζηδάκης 2020).	33
Σχήμα 32: Αρχαιολογικός χώρος Ηραίου Σάμου. Οπτικά δεν παρατηρήθηκε σημαντική πρόσθετη μετατόπιση στον έναν και μοναδικό όρθιο κίονα.	34
Σχήμα 33: Ευπαλίειο Όρυγμα. Ελέγχθηκε μέχρι το σημείο 600 μ. (από το βόρειο στόμιο). Δεν παρατηρήθηκαν βλάβες (Χατζηδάκης 2020).	34
Σχήμα 34: Θραύση αρχαίων αγγείων στο Αρχαιολογικό Μουσείο Πυθαγόρειου λόγω ανατροπή τους (άνω) www.skai.gr/news/greece/samos-seismos-zimies-se-mouseia-kai-mnimeia-se-samo-ikaria-xio Ρωγμή στο μηρό του μεγάλου μαρμάρινου Κούρου της Σάμου (κάτω) (Χατζηδάκης 2020).	35
Σχήμα 35: Ιερός Ναός Εισοδίων της Θεοτόκου στο Καρλόβασι. Αστοχίες και στα δύο καμπαναριά τα οποία δεν κατασκευάστηκαν ταυτόχρονα με το κύριο μέρος του ναού αλλά προστέθηκαν εκ των υστέρων.	36
Σχήμα 36: Εκτός επιπέδου αστοχία του νότιου πλευρικού τοίχου που φέρει τον τρούλο Ιερού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Μητρόπολης) στο Καρλόβασι. Στον συγκεκριμένο ναό υπήρξε και πτώση της στέγης στη δυτική πλευρά του Ναού.	37
Σχήμα 37: Πτώση της στέγης στη δυτική πλευρά του Ιερού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Μητρόπολης) στο Καρλόβασι.	38
Σχήμα 38: Πτώση της στέγης στη δυτική πλευρά του Ιερού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Μητρόπολης) στο Καρλόβασι.	39
Σχήμα 39: Αστοχίες σε καμάρες και τρούλους στον Ιερό Ναό Μεταμορφώσεως του Σωτήρος στο Πυθαγόρειο.	39
Σχήμα 40: Εκτεταμένες αστοχίες στο εξωτερικό και στο εσωτερικό του Ιερού Ναού Αγίου Νικολάου στο Κοκκάρι, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος Ιερός Ναός της Σάμου. Αστοχία σε αψίδες, στην κλείδα των δύο κεντρικών εισόδων, ρωγμές και πλήρεις αστοχίες σε τρούλους καθώς και βλάβες στο καμπαναριό.	40
Σχήμα 41: Εκτός επιπέδου αστοχία σε δύο μετώπες κάτω από τη δίρριχτη στέγη στον Ιερό Ναό Γενέσιου της Θεοτόκου στα Κονταίικα, η οποία χρονολογείται τον 19 ^ο αιώνα.	41
Σχήμα 42: Αστοχίες από διάτμηση στο καμπαναριό του Καθεδρικού Ναού του Αγ. Σπυρίδωνος στο Βαθύ.	41
Σχήμα 43: Πτώση ψευδοροφής σε Ιερό Ναό στη Χώρα.	42
Σχήμα 44: Σοβαρές διατμητικές βλάβες στο καμπαναριό του Ιερού Ναού Αγίας Παρασκευής στη Χώρα.	42
Σχήμα 45: Αστοχία του τρούλου και εκτός επιπέδου αστοχία του φέροντος τοίχου στον Ιερό Ναό Παναγίας στο Κοκκάρι.	43
Σχήμα 46: Εκτός επιπέδου αστοχία σε φέρουσα τοιχοποιία στο Ιερό Ναό στην κεντρική πλατεία στους Μυτιληνιούς.	43
Σχήμα 47: Δημοτικό Σχολείο στα Κοντακαίικα: Σημαντικές βλάβες στη φέρουσα τοιχοποιία, με ταυτόχρονη πτώση επιχρισμάτων και ανατροπή εξοπλισμού.	44
Σχήμα 48: Δημοτικό Σχολείο Χώρας: παρατηρήθηκαν χιαστί διατμητικές ρωγμές στη φέρουσα τοιχοποιία με ταυτόχρονη πτώση επιχρισμάτων.	45
Σχήμα 49: Δημοτικό Σχολείο στο Καρλόβασι (Πορφυριάδα Σχολή): πτώση της εξωτερικής παρειάς τοιχοποιίας στην τριγωνικής μετόπη κάτω από την στέγη και στην περιμετρική μαρκίζα, βλάβες στη στέγη. Παρατηρήθηκαν, επίσης, ρωγμές στο εσωτερικό του κτηρίου.	45
Σχήμα 50: Αστοχία τοίχου εκτός επιπέδου και ρηγματώση γωνίας περιμετρικής μαρκίζας στο κτήριο Λυμπέρη του Πανεπιστημίου Αιγαίου.	46
Σχήμα 51: Περιορισμένα τοπικά προβλήματα στο οδικό δίκτυο από ρηγματώσεις λόγω καθίζησης της επίχωσης στην παραλιακή οδό μεταξύ Καρλοβασιού - Βαθέος.	46
Σχήμα 52: Περιορισμένα τοπικά προβλήματα στο οδικό δίκτυο από μερική αστοχία τοίχου αντιστήριξης κοντά στο χωριό Άγιοι Θεόδωροι και κατολίσθηση στα Αυλάκια.	47

Σχήμα 53: Παλαιές και νεώτερες γέφυρες, λιθόκτιστες και από οπλισμένο σκυρόδεμα, επέδειξαν πολύ καλή συμπεριφορά.	47
Σχήμα 54: Άποψη της πόλης του Καρλοβασιού από τα δυτικά, όπου διακρίνεται το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.	48
Σχήμα 55: Άποψη της πρωτεύουσας (Βαθύ) από τα δυτικά, όπου διακρίνεται το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.	48
Σχήμα 56: Αποκολλήσεις και καταπτώσεις βράχων στο Κοκκάρι δίπλα σε υφιστάμενα κτίρια. Εμφανής η ύπαρξη κατακόρυφων ρωγμών στο πέτρωμα.	48
Σχήμα 60: Φαινόμενα εδαφικής ρευστοποίησης στο Μαλαγάρι. Παρά τις ανθρωπογενείς αλλοιώσεις μετά το σεισμό, διακρίνονται κώνοι αμμοϊλύος και εδαφικές ρωγμές λόγω πιθανής οριζόντιας εξάπλωσης.	52
Σχήμα 62: Βλάβες στον ανατολικό λιμένα στο Βαθύ λόγω μετακίνησης και στροφής του κρηπιδότοιχου ή/και δυναμικής συνίζησης της επίχωσης.	54
Σχήμα 64: Βλάβες στο λιμένα στο Κοκκάρι. Εντοπίστηκαν ρηγματώσεις οι οποίες οφείλονται σε μετατοπίσεις και στροφές του κρηπιδότοιχου και ενδεχόμενες διαφορικές καθιζήσεις του εδάφους.	55
Σχήμα 66: Βλάβες στο Λαογραφικό Μουσείο στα Κουμέικα λόγω εδαφικής αστάθειας και συνεπακόλουθων διαφορικών καθιζήσεων.	57
Σχήμα 68: Λιμάνι του Καρλοβασιού. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες κατοίκων, το όριο του νερού συμπίπτει με την αλλαγή απόχρωσης της επιφάνειας στο λιμάνι. Η προσεγγιστική μέτρηση της απόστασης από τη θάλασσα είναι 50 μέτρα και το βάθος του νερού περίπου 40 εκατοστά.	58
Σχήμα 70: Γενική άποψη επικέντρου σε σχέση με την πόλη της Σμύρνης (65km, άνω), δορυφορική άποψη της περιοχής Bayraklı όπου προκλήθηκαν οι περισσότερες δομικές βλάβες και καταρρεύσεις (μέσο) καθώς και εικόνες από κτήρια που κατέρρευσαν (Istanbul Technical University (ITU) 2020).	59

Πίνακας περιεχομένων

1.	ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ.....	7
2.	ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΡΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΟΝΗΣΗ.....	11
3.	ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	16
4.	ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ	19
4.1.	Κτήρια προ του 1985	20
4.2.	Κτήρια που μελετήθηκαν με τον Κανονισμό του 1985 και νεότερους κανονισμούς.....	20
4.3.	Πλαίσιο αποτίμησης βλαβών	20
4.4.	Τοιχοπληρώσεις και μη-δομικές βλάβες.....	20
5.	ΔΟΜΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ.....	21
5.1.	Ταχύς οπτικός έλεγχος.....	21
5.2.	Κτήρια κατοικιών από Οπλισμενο σκυροδεμα (ο/σ)	23
5.3.	Κτήρια κατοικιών από φέρουσα τοιχοποιία.....	27
5.4.	Κτήρια πολιτιστικού χαρακτήρα.....	31
5.5.	Κτήρια θρησκευτικού χαρακτήρα.....	36
5.6.	Εκπαιδευτήρια και λοιπά δημόσια κτήρια	43
5.7.	Γέφυρες και οδικά δίκτυα	46
6.	ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ	47
6.1.	Τοπικές εδαφικές και τοπογραφικές συνθήκες	47
6.2.	Αστάθεια πρανών / Κατολισθήσεις / Βραχοπτώσεις.....	48
6.3.	Φαινόμενα Εδαφικής Ρευστοποίησης	51
6.4.	Λιμενικοί κρηπίδοτοιχοι	53
6.5.	Οιονεί-στατική αλληλεπίδραση εδάφους – ανωδομής.....	56
6.6.	Ενδείξεις Τσουνάμι.....	57
7.	ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΣΜΥΡΝΗ	58
8.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	60
8.1.	Προτάσεις προς την Πολιτεία	61
9.	ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	62
10.	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	62
11.	ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α.....	64

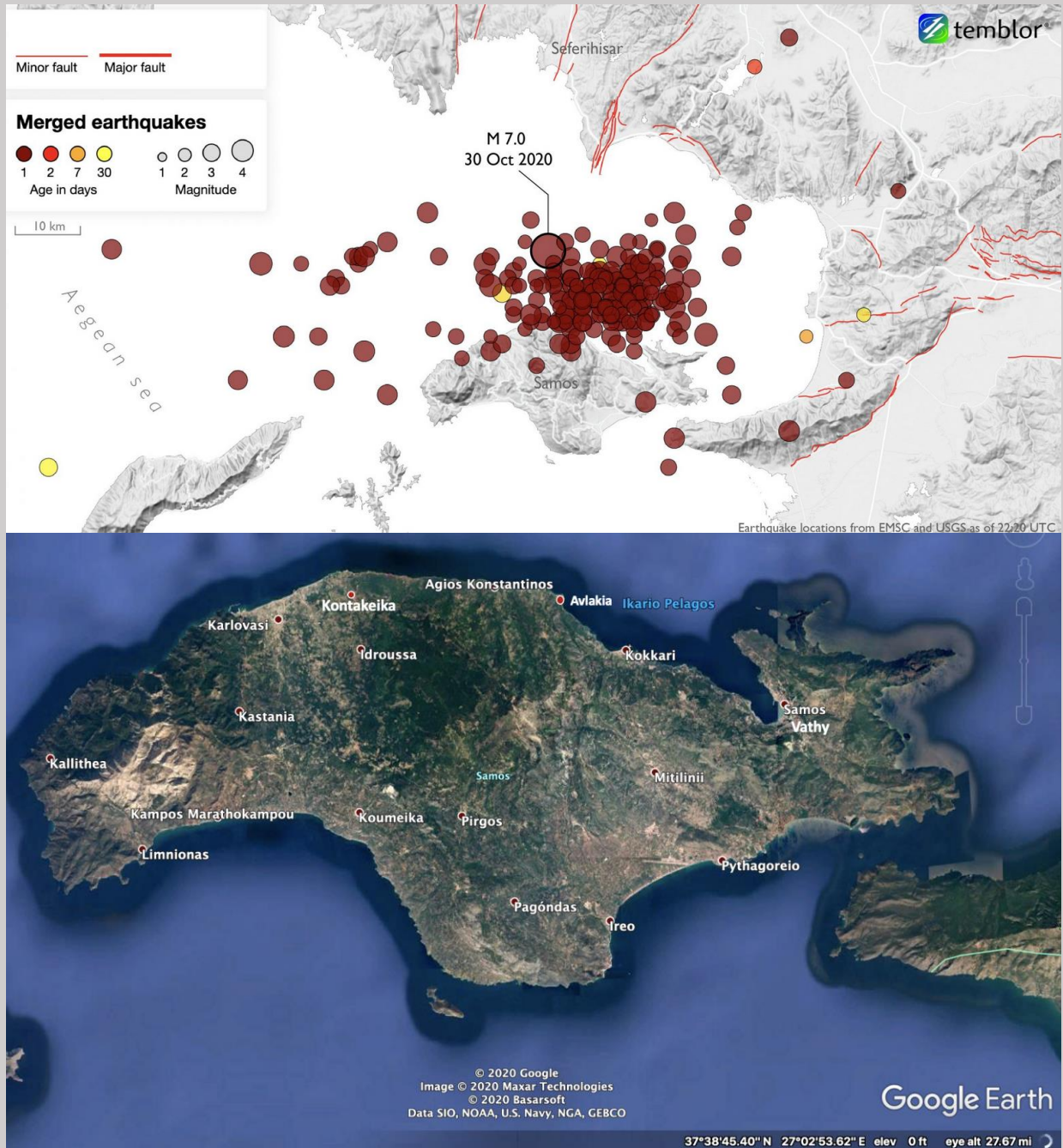
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ – ΣΤΟΧΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΘΕΣΗ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ

Στις 30 Οκτωβρίου 2020 (11:51 UTC) ένας ισχυρός επιφανειακός σεισμός εκδηλώθηκε με επίκεντρο 20km βορείως της Σάμου. Το μέγεθός του εκτιμήθηκε από M6.6 (ADAF 2017), M6.7 (προκαταρκτική ανάλυση χαρτών σεισμικής αισθητότητας- shakemap ΙΤΣΑΚ) (Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering 2020), M6.9 (Lekkas et al. 2020; Papadimitriou et al. 2020) έως M=7.0 (Erdik et al. 2020). Ο σεισμός προκάλεσε βλάβες κυρίως σε κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία, κατοικίες και εκκλησίες καθώς και γεωτεχνικές αστοχίες στο βόρειο τμήμα του νησιού. Τον σεισμό ακολούθησε τσουνάμι το οποίο έφτασε στο Βαθύ. Σημαντικά μεγαλύτερες ήταν οι βλάβες στην πόλη της Σμύρνης στην Τουρκία (σε απόσταση 65 χιλιομέτρων βορείως του επικέντρου), οι οποίες οδήγησαν σε σημαντικό αριθμό καταρρεύσεων και δυστυχώς, σε μεγάλο αριθμό θυμάτων που ξεπέρασαν τα 100. Οι προηγούμενοι ισχυροί σεισμοί (M6.8 & 6.9) στη Σάμο είχαν γίνει το 1904 και το 1955 αντίστοιχα.

Το Ελληνικό Τμήμα Αντισεισμικής Μηχανικής (Ε.Τ.Α.Μ.) παρά τη δυσμενή -λόγω της πανδημίας- κατάσταση και σε συνέχεια άμεσων δράσεων που πραγματοποιήθηκαν μετά από τους σεισμούς της Κεφαλονιάς, της κεντρικής Ιταλίας και της Αλβανίας (Sextos et al. 2020), οργάνωσε αποστολή κλιμακίου αυτοψίας στο νησί της Σάμου στις 6-7/11/2020, αποτελούμενου από τα μέλη του ETAM Κ. Ζιωτοπούλου, Π. Ψαρρόπουλο, Α. Παπαχρηστίδη, Κ. Ρεπαπή, Γ. Βαδαλούκα και Χ. Γιαρλέλη, ενώ η Αντιπρόεδρος του ETAM Ε. Βιντζηλαίου μετέβη στο πλαίσιο παράλληλης αποστολής του Υπουργείου Πολιτισμού. Η παρούσα προκαταρκτική τεχνική έκθεση συνοψίζει τα αποτελέσματα της πρώτης αυτής αυτοψίας, εμπλουτισμένα με στοιχεία επεξεργασίας των πρώτων δεδομένων από τα μέλη του ETAM Β. Μάργαρη, Ν. Θεοδουλίδη, Γ. Μυλωνάκη, Α. Σέξτο καθώς και από τους Α. Γκανά και Η. Καρασαντέ (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών), αποτελεί δε τη βάση της αναλυτικής τεχνικής έκθεσης η οποία θα ακολουθήσει σύντομα. Την επιχείρηση αυτοψίας συντόνισε η Εκτελεστική Επιτροπή του ETAM.



Σχήμα 1: Γενική άποψη στο Βαθύ της Σάμου αμέσως μετά τον ισχυρό σεισμό της 30/10/2020..



Σχήμα 2: Μετασεισμική ακολουθία (Schmidt 2020) (άνω) και δορυφορική άποψη της Σάμου με τοπωνύμια που χρησιμοποιούνται στην παρούσα έκθεση.



Σχήμα 3: Το κλιμάκιο του ETAM στη Σάμο (από αριστερά προς το δεξιά διακρίνονται οι εξής: Κ. Ζιωτοπούλου, Π. Ψαρρόπουλος, Α. Παπαχρηστίδης, Κ. Ρεπαπής, Γ. Βαδαλούκας, Χ. Γιαρλέλης).

Το ETAM, με τη διπλή του επιστημονική ιδιότητα παρα τω Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας αλλά και ως πρωτοβάθμιο Τμήμα της Ευρωπαϊκής Ένωσης Αντισεισμικής Μηχανικής ανέπτυξε μια σειρά δράσεων στη Σάμο οι οποίες περιλάμβαναν και τις παρακάτω συναντήσεις:

1. Στις 6/11/2020 πραγματοποιήθηκε σύσκεψη με τον Πρόεδρο Νομαρχιακής Επιτροπής ΤΕΕ Σάμου κ. Νίκο Ελένη και τον τ. Πρόεδρο κ. Μανώλη Καρμανιώλο για την ενημέρωση του κλιμακίου του ETAM ως προς τις ενέργειες του Τεχνικού Επιμελητηρίου και την κινητοποίηση των Πολιτικών Μηχανικών Σάμου.
2. Στις 7/11/2020 πραγματοποιήθηκε προγραμματισμένη συνάντηση στο Δημαρχείο Καρλοβασίου με το Δήμαρχο Δυτικής Σάμου κ. Αλέξανδρο Λυμπέρη, κατά την οποία η ομάδα του ETAM ενημερώθηκε για τα προβλήματα που προκάλεσε ο σεισμός σε κατοικίες και υποδομές του Δήμου. Με την σειρά της, η ομάδα του ETAM ενημέρωσε για θέματα που χρήζουν άμεσης αντιμετώπισης, όπως υποστυλώσεις ή κατεδαφίσεις ετοιμόρροπων κτισμάτων και άρση επικινδυνότητας από δευτερεύοντα στοιχεία των κατασκευών (στηθαία, μετώπες, μαρκίζες, καπνοδόχοι, κεραμίδια). Πρέπει να σημειωθεί η έλλειψη νομοθετικού πλαισίου που να επιτρέπει τις άμεσες ενέργειες μετά από σεισμό σε ιδιοκτησίες ιδιωτών.
3. Στις 7/11/2020 πραγματοποιήθηκε σύσκεψη με το Τεχνικό Επιμελητήριο και την Τεχνική Υπηρεσία του Δήμου Δυτικής Σάμου για ανταλλαγή τεχνικών πληροφοριών.
4. Στις 7/11/2020 πραγματοποιήθηκε προγραμματισμένη συνάντηση με το Μητροπολίτη Σάμου και Ικαρίας κ.κ. Ευσέβιο στο Κοκκάρι. Η ομάδα του ETAM επισκέφθηκε με τον Σεβασμιώτατο τη μεγαλύτερη εκκλησία της Σάμου, τον Ιερό Ναό του Αγίου Νικολάου ο οποίος είναι βαρύτατα τραυματισμένος από το σεισμό, και ενημερώθηκε για τις βλάβες στο σύνολο των Ιερών Ναών και

Μονών του νησιού. Αντίστοιχα ενημέρωσε για την ανάγκη άμεσης προσωρινής υποστήλωσης των κτισμάτων και καμπαναριών που έχουν υποστεί βλάβες ώστε να αποφευχθούν περαιτέρω αστοχίες σε μετασεισμούς. Πρέπει να σημειωθεί η έλλειψη νομοθετικού πλαισίου που να επιτρέπει τις άμεσες ενέργειες μετά από σεισμό σε εκκλησιαστικά κτήρια.

5. Στις 7/11/2020 πραγματοποιήθηκε προγραμματισμένη συνάντηση με τον Κοσμήτορα της Σχολής Θετικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αιγαίου, Καθηγητή κ. Βασίλειο Μεταφτόη και επίσκεψη σε εκπαιδευτικά κτήρια του Πανεπιστημίου και φοιτητικές εστίες.

6. Στις 7/11/2020 πραγματοποιήθηκε ενημέρωση από το Διοικητή του Μηχανικού στη Σάμο σε σχέση με βλάβες που παρατηρήθηκαν στο νησί.



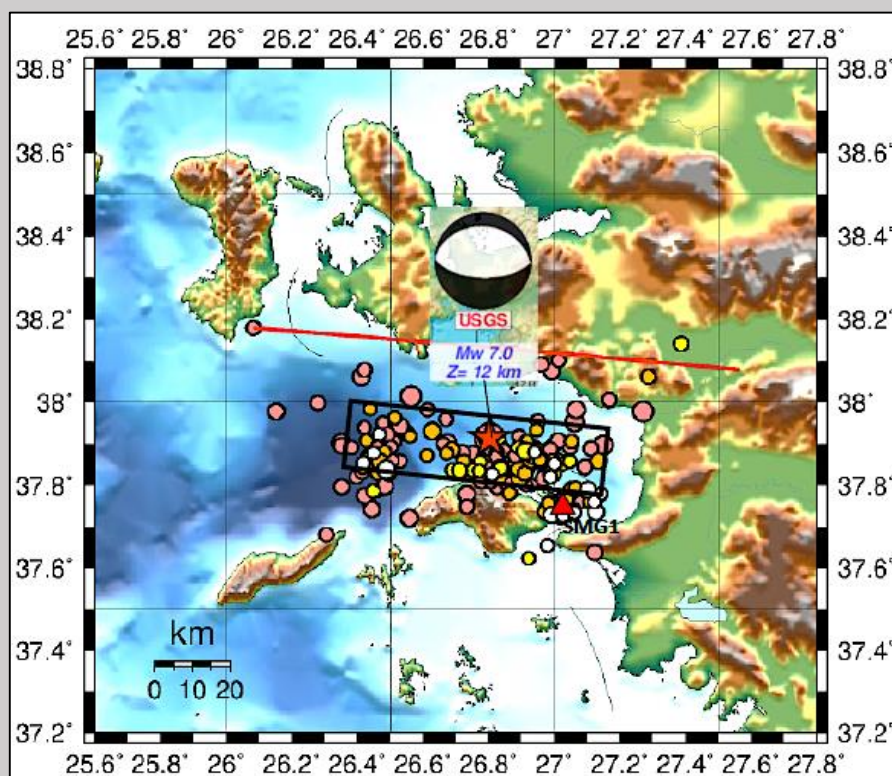
Σχήμα 4: Στιγμιότυπα από τις διάφορες συναντήσεις του κλιμακίου του ETAM.

Σε όλες τις συναντήσεις επισημάνθηκε εκ μέρους του ETAM η επείγουσα ανάγκη προσωρινής υποστήλωσης των πάσης φύσεως κτηρίων και μνημείων που παρουσίασαν δομικές βλάβες κατά τον κύριο σεισμό της 30^{ης} Οκτωβρίου, ώστε να αποφευχθεί (ή έστω να περιορισθεί) ο κίνδυνος κατάρρευσής τους κατά τους ισχυρούς μετασεισμούς που αναμένονται το επόμενο χρονικό διάστημα.

2. ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΙΣΧΥΡΗ ΕΔΑΦΙΚΗ ΔΟΝΗΣΗ

Ο σεισμός της 30 Οκτωβρίου 2020, 13:51 ώρα Ελλάδας, εκδηλώθηκε στη θαλάσσια περιοχή περίπου 20km βόρεια της Σάμου με συντεταγμένες επικέντρου σύμφωνα με το Εργαστήριο Γεωφυσικής του ΑΠΘ, 37.914N, 26.804E, βάθος $h=13\text{km}$ (<http://geophysics.geo.auth.gr/ss/>) και είχε μέγεθος ροπής $M_w 7.0$, από ρήγμα κανονικής διάρρηξης και διεύθυνση περίπου Ανατολή – Δύση, όπως έδειξαν οι σχετικές λύσεις των παραμέτρων πηγής εννέα διεθνών σεισμολογικών κέντρων (<https://www.emsc.eu/Earthquake/earthquake.php?id=915787>). Από τη λύση του διεθνούς κέντρου εκτίμησης μηχανισμού γένεσης μεγάλων σεισμών ανά την υφήλιο (<https://www.globalcmt.org>) προέκυψαν για τα δύο επίπεδα ρήματος δύο λύσεις (Nodal Plane 1: Strike=270, Dip=37, Slip Rake=-95 και Nodal Plane 2: Strike=96, Dip=53, Slip Rake=-86).

Τέτοιο μέγεθος σεισμού δικαιολογεί μεγάλη επιφάνεια διάρρηξης με μήκος 50-60km και πλάτος 20-30km. Λεπτομερής μελέτη σεισμικότητας δεδομένων του Ενιαίου Εθνικού Δικτύου Σειсмоγράφων κατά τις 4 πρώτες ημέρες της σεισμικής ακολουθίας, κατέδειξε την επιφάνεια του σεισμικού ρήματος με το επίκεντρο στο κέντρο αυτής (Σκορδύλης et al. 2020). Στο Σχήμα 5, δίνεται η κατανομή των επικέντρων μετασεισμών της ακολουθίας των τεσσάρων πρώτων ημερών μετά τη γένεση του κύριου σεισμού. Στο ίδιο σχήμα δίνεται ένας αντιπροσωπευτικός μηχανισμός γένεσης (USGS) του σεισμού, η εκτιμώμενη προβολή του ρήματος στην επιφάνεια και ο πλησιέστερος στο ρήγμα επιταχυνσιογράφος του ΙΤΣΑΚ (SMG1: Βαθύ Σάμου).



Σχήμα 5: Κατανομή των επικέντρων μετασεισμών για $M \geq 3.0$ κατά τις 4 πρώτες ημέρες μετά τον κύριο σεισμό (τροποποιημένο από Σκορδύλη και συν. 2020). Δίνονται επίσης με ορθογώνιο παραλληλόγραμμο η προβολή της επιφάνειας του ρήματος, το επίκεντρο του κύριου σεισμού (κόκκινο αστέρι), ο σταθμός επιταχυνσιογράφου του ΙΤΣΑΚ (κόκκινο τρίγωνο) και αντιπροσωπευτικός μηχανισμός γένεσης της USGS (άσπρο-μαύρο μπαλόνι) που υποδεικνύει κανονικό ρήγμα.

Από τη μελέτη των Σκορδύλη και συν. (2020) καθώς και από γεωδαιτικές μελέτες μετακινήσεων (Ganas, A. et al. 2020), φαίνεται η κλίση του κανονικού ρήγματος $\sim 40-50^\circ$ προς το Βορρά.

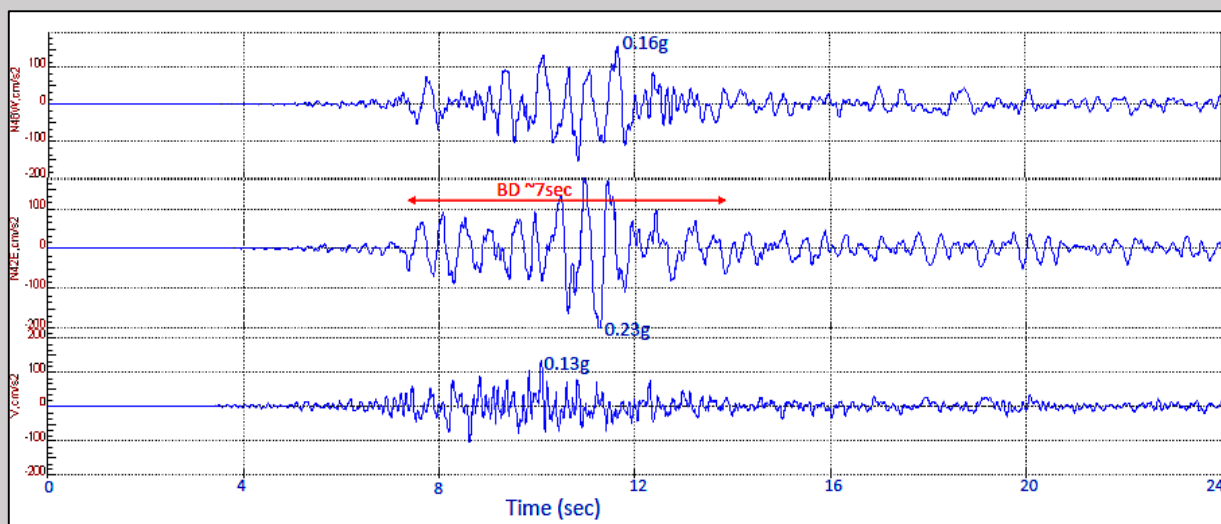
Επιπλέον, παρατηρήσεις πεδίου (Lekkas et al. 2020) έδειξαν ανύψωση του νησιού της Σάμου κατά $\sim 20\text{cm}$ γεγονός που ενισχύει την άποψη ότι η Σάμος βρίσκεται στο άνω τέμαχος (foot wall) του κανονικού ρήγματος. Ο εγγύτερος στο σεισμικό ρήγμα επιταχυνσιογράφος του ΙΤΣΑΚ (SMG1 στο Βαθύ της Σάμου) είναι εγκατεστημένος στο υπόγειο 3-ορόφου κτηρίου του ΟΤΕ. Η επιφανειακή γεωλογία στη θέση του επιταχυνσιογράφου εμφανίζει αλλουβιακές αποθέσεις και η εκτιμώμενη μέση ταχύτητα εγκαρσίων κυμάτων είναι $V_{s30} \sim 380\text{m/s}$ (Stewart et al. 2014), δηλαδή στα όρια των κατηγοριών εδάφους Β, C κατά τον Ευρωκώδικα EC-8. Από την καταγραφή του επιταχυνσιογράφου SMG1 (Σχήμα 6) προκύπτει ότι στις δύο οριζόντιες συνιστώσες η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση ήταν, $PGA=0.16g$ και $0.23g$ ενώ στην κατακόρυφη $PGA=0.13g$ (Report ITSAK 2020). Η διάρκεια της ισχυρής δόνησης στο εγγύς πεδίο (περιβάλλουσα διάρκεια [Bracketed Duration:BD] με επιτάχυνση $>0.05g$), είναι της τάξης των 7sec . Η τιμή αυτή είναι σχετικά μικρή για σεισμό παρόμοιου μεγέθους όπως προκύπτει από ανεξάρτητες προσεγγίσεις της περιβάλλουσας διάρκειας, $BD \sim 12\text{sec}$ (Margaris et al. 1990). Επίσης, η διάρκεια διάρρηξης στην εστία του ρήγματος, για σεισμό μεγέθους 7.0 έχει εκτιμηθεί ότι είναι περίπου 11sec (Parazachos and Parazachou 1997). Στην περίπτωση της δι-κατευθυντικής διάρρηξης του ρήγματος με μέση ταχύτητα διάρρηξης $V_r \sim 0.8V_s = 2.8\text{km/sec}$, προκύπτει η τιμή των 11sec . Κατά συνέπεια, η σχετικά μικρή παρατηρημένη τιμή της περιβάλλουσας διάρκειας στο σταθμό επιταχυνσιογράφου SMG1, θα μπορούσε να εξηγηθεί με ενδεχόμενη ολίσθηση μικρότερου τεμάχους του ρήγματος των $50-60\text{km}$. Δηλαδή, ενδεχομένως τμήμα αυτού να έχει παραμείνει άθραυστο. Η υπόθεση αυτή υποστηρίζεται εν μέρει και από την κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών με $M \geq 4.0$ (Σκορδύλης et al. 2020). Ωστόσο, η μελέτη του μοντέλου ολίσθησης του κύριου σεισμού αναμένεται να δώσει την τελική απάντηση στο συγκεκριμένο θέμα.

Στο Πίνακα 1 του Παραρτήματος Α δίδεται το σύνολο των επιταχυνσιογράφων του ΙΤΣΑΚ (33) που κατέγραψαν την ισχυρή σεισμική κίνηση. Στον Πίνακα αυτόν περιλαμβάνονται, ο κωδικός και το όνομα του σταθμού καταγραφής (StnCod, Stn_Name), οι γεωγραφικές συντεταγμένες (Lat & Lon), η μέγιστη εδαφική επιτάχυνση κατά τις δύο οριζόντιες συνιστώσες της σεισμικής κίνησης (pga_E & pga_N) τόσο σε μονάδες (g) όσο και (cgs), καθώς και οι αποστάσεις Επικεντρική (Epic), Υποκεντρική (Hyp), κατά Joyner & Boore (R_{JB}) και η απόσταση από το σημείο διάρρηξης της σεισμικής κίνησης (R_{rup}). Από τα στοιχεία του Πίνακα 1 φαίνεται ότι η ισχυρή κίνηση καταγράφηκε από ένα μεγάλο αριθμό καταγραφών σε επικεντρικές αποστάσεις που κυμαίνονται από $23-600\text{Km}$ περίπου. Οι τιμές δε των μεγίστων εδαφικών επιταχύνσεων κυμαίνονται από 0.37 έως 227cm/sec^2 . Τα υψηλής ανάλυσης (24bit) ψηφιακά όργανα καταγραφής της ισχυρής σεισμικής κίνησης του ΙΤΣΑΚ είναι σε θέση να ανιχνεύσουν και να καταγράψουν την ισχυρή κίνηση σε μεγάλες επικεντρικές αποστάσεις. Στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η σύγκριση των καταγραμμένων εδαφικών επιταχύνσεων ($PGA\text{-cm/sec}^2$) κατά τις δύο συνιστώσες της εδαφικής κίνησης EW και NS σε σχέση με την εμπειρική σχέση πρόβλεψης των (Boore et al. 2014) για δύο ξεταζόμενα μεγέθη σεισμών $M=6.7$ και $M7.0$, για μηχανισμό γένεσης κανονικού ρήγματος και ταχύτητα εγκαρσίων κυμάτων των επιφανειακών σχηματισμών $V_{s30}=760\text{cm/sec}$. Από το παραπάνω Σχήμα 7 διαπιστώνεται ότι οι εμπειρικές σχέσεις πρόβλεψης της ισχυρής κίνησης των (Boore et al. 2014) προβλέπουν πολύ ικανοποιητικά τις καταγεγραμμένες τιμές των μεγίστων εδαφικών επιταχύνσεων (pga). Βέβαια διαπιστώνεται για μία ακόμη φορά η έλλειψη καταγραφών στο κοντινό πεδίο (near-field), με εξαίρεση τον σταθμό της Σάμου που κατέγραψε την ισχυρή κίνηση σε απόσταση από το σεισμικό ρήγμα (R_{JB})

περίπου 12-18 Km. Τα παρατηρημένα δεδομένα δίνονται μέχρι την απόσταση των ~600km ενώ η εμπειρική σχέση πρόβλεψης των (Boore et al. 2014) μέχρι την απόσταση των 300 km.

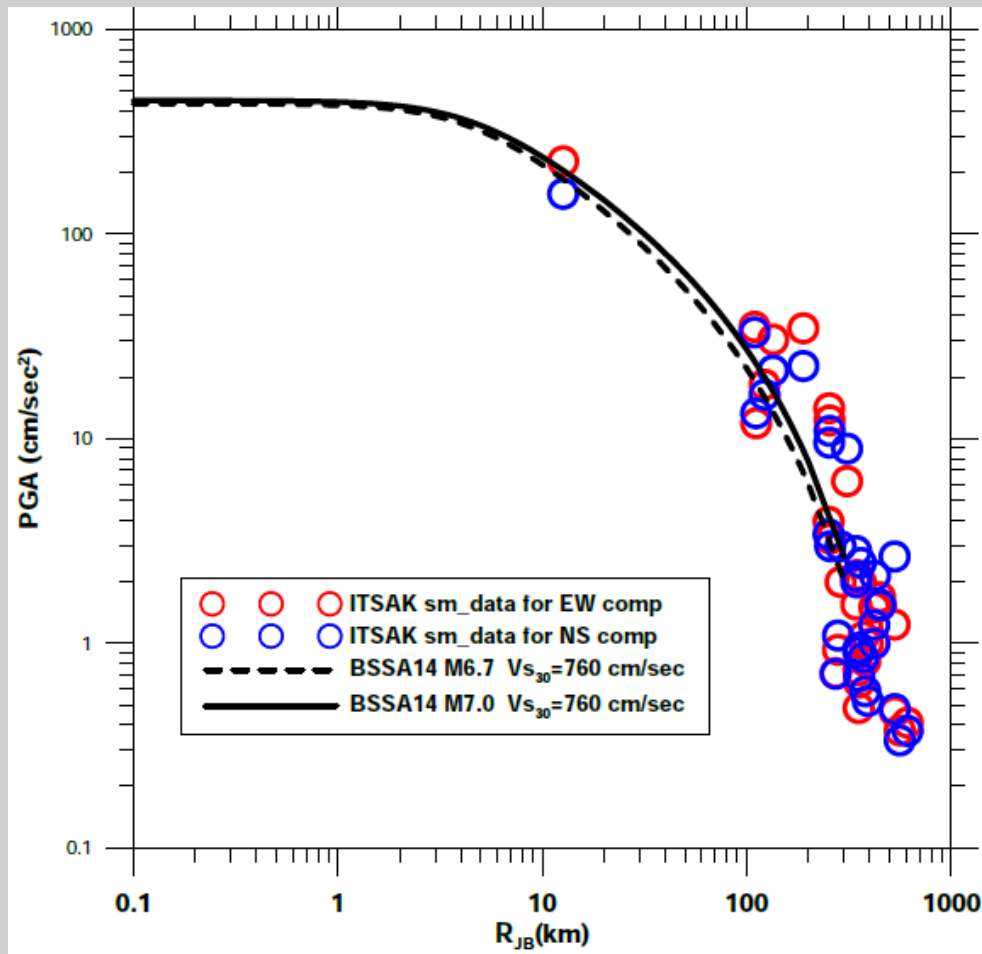
Στο Σχήμα 8 δίνονται τα φάσματα απόκρισης των οριζοντίων συνιστωσών στη θέση του σταθμού επιταχυνσιογράφου SMG1 σε σύγκριση με ελαστικά φάσματα σχεδιασμού του ΕΑΚ2000 (Earthquake Planning and Protection Organization (EPPO) 2000) καθώς και με του Ευρωκώδικα EC8 (CEN 2004a), όπως υπολογίσθηκαν σε προκαταρκτική έκθεση του ΙΤΣΑΚ (Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering 2020)). Από τις συγκρίσεις αυτές είναι εμφανές ότι τα ελαστικά φάσματα των κανονισμών καλύπτουν ικανοποιητικά σχεδόν όλο το εύρος συχνοτήτων πλην ενός συγκεκριμένου σχετικά στενού παραθύρου μεταξύ 0.5sec και 0.7sec όπου παρατηρείται υπέρβαση των ελαστικών φασματικών τιμών της τάξης του 50%.

Οι γεωλογικές συνθήκες στη θέση του σταθμού επιταχυνσιογράφου SMG1, δείχνουν αλλουβιακές αποθέσεις αγνώστου πάχους και δυναμικών χαρακτηριστικών. Η μέση ταχύτητα των εγκαρσίων κυμάτων στα επιφανειακά 30 μέτρα, εκτιμήθηκε από τη γεωλογική ηλικία των εδαφικών σχηματισμών σε συνδυασμό με το τοπογραφικό ανάγλυφο $V_{s30}=380\text{m/sec}$, κατατάσσοντας τη θέση στην εδαφική κατηγορία Β κατά EC8 ή πρακτικά στα όρια των εδαφικών κατηγοριών Β και C. Επιπλέον, ο υπολογισμός του λόγου οριζόντιας προς κατακόρυφη εδαφική συνιστώσα (eHVSR) με βάση την καταγραφή του κύριου σεισμού (Σχήμα 9), έδειξε διπλό μέγιστο (double peak), υποδεικνύοντας τη θεμελιώδη ιδιοπερίοδο της εδαφικής στήλης του σταθμού, $T_0\sim 2\text{sec}$ και μια δεύτερη, $T_1\sim 0.5\text{sec}$ με υψηλότερο πλάτος (επικρατούσα ιδιοπερίοδος). Η δεύτερη μάλιστα ενδεχομένως να συνδέεται με τις παρατηρημένες υψηλές φασματικές τιμές επιτάχυνσης σε ιδιοπεριόδους $T\sim 0.5\text{sec}$.

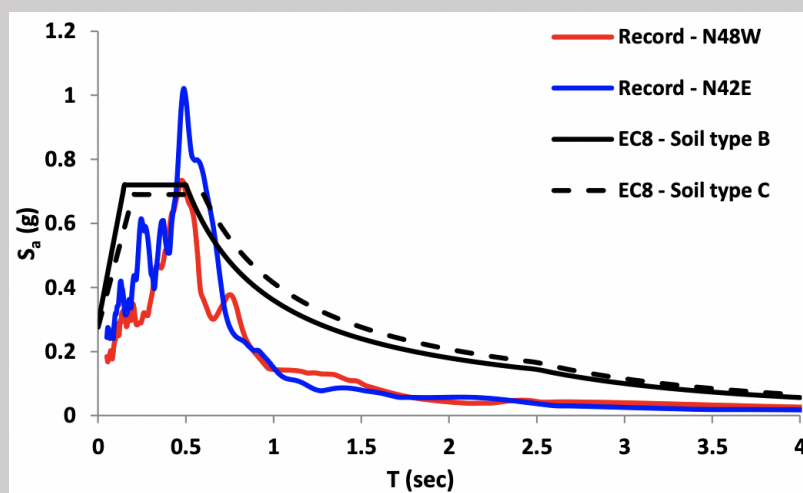
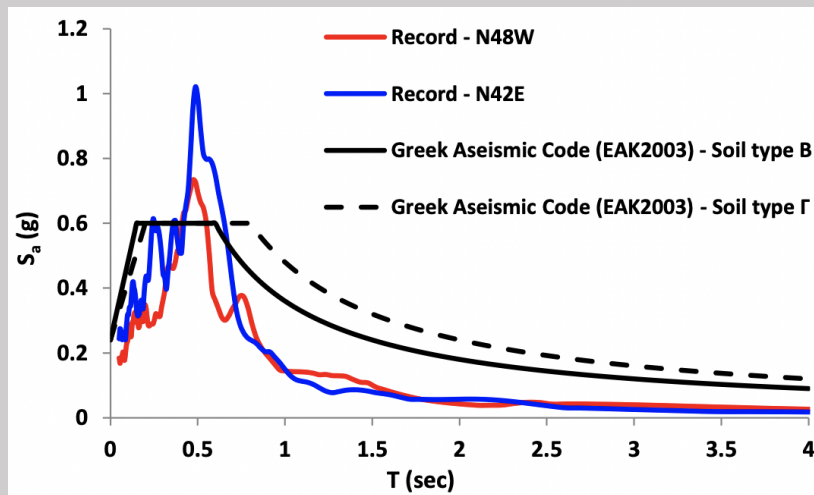


Σχήμα 6: Χρονοϊστορία εδαφικής επιτάχυνσης στο σταθμό SMG1 (Βαθύ, Σάμου) των δύο οριζοντίων συνιστωσών (N48W, N42E, V από πάνω προς τα κάτω αντίστοιχα). Η περιβάλλουσα διάρκεια (BD) ισχυρής δόνησης για επίπεδο επιτάχυνσης $\geq 0.05g$, δείχνεται με κόκκινο βέλος.

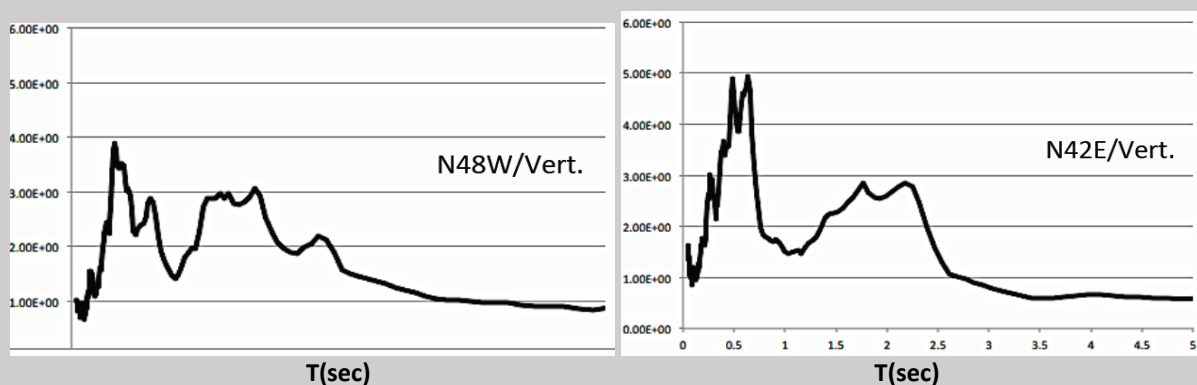
Σύμφωνα με τις οδηγίες και τα κριτήρια των οδηγιών του προγράμματος SESAME (Bard et al. 2008), παρόμοια μορφή του φασματικού λόγου eHVSR υποδηλώνει δύο επιφάνειες ασυνέχειας της εδαφικής στήλης με μεγάλους συντελεστές κυματικής αντίστασης (seismic contrast). Συγκεκριμένα, με μονοδιάστατη θεώρηση (1D), θα αναμενόταν η ύπαρξη ενός σχετικά επιφανειακού στρώματος πάχους ~50m και ενός βαθύτερου. Ασφαλώς, είναι αναγκαίος ο γεω-χαρακτηρισμός της θέσης του συγκεκριμένου σταθμού επιταχυνσιογράφου, προκειμένου να αξιοποιηθούν οι καταγραφές του στο μέγιστο δυνατό βαθμό.



Σχήμα 7: Σύγκριση των καταγραμμένων εδαφικών επιταχύνσεων (PGA-cm/sec²) κατά τις 2 συνιστώσες της εδαφικής κίνησης E-W (κόκκινοι κύκλοι) και NS (μπλε κύκλοι) σε σχέση με την Εμπειρική σχέση πρόβλεψης των (Boore et al. 2014) για 2 εξεταζόμενα μεγέθη σεισμών M=6.7 (διακεκομμένη μαύρη γραμμή) και M7.0 (συνεχόμενη μαύρη γραμμή) για μηχανισμό γένεσης κανονικού ρήγματος και $V_{s30}=760$ cm/sec.



Σχήμα 8: Φάσματα απόκρισης επιτάχυνσης οριζοντίων συνιστωσών στη θέση του σταθμού επιταχυνσιογράφου SMG1 σε σύγκριση με τα ελαστικά φάσματα σχεδιασμού του ΕΚ 2000 (πάνω) και του Ευρωκώδικα EC8 (κάτω).



Σχήμα 9: Φασματικοί λόγοι (eHVSR) της Οριζόντιας-προς-Κατακόρυφη φασματική επιτάχυνση με βάση την καταγραφή του κύριου σεισμού στη θέση του σταθμού επιταχυνσιογράφου SMG1.

3. ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Αναλύθηκαν δεδομένα διπλής συχνότητας από δεκαοκτώ (18) μόνιμους (συνεχώς καταγράφοντες) γεωδαιτικούς σταθμούς οι οποίοι λαμβάνουν σήματα του Παγκοσμίου Δορυφορικού Συστήματος Ραδιοπλοήγησης (GNSS). Οι σταθμοί αυτοί είναι κοντά στο επίκεντρο του σεισμού (Σχήμα 10) ενώ τα δεδομένα του Παγκοσμίου Συστήματος Προσδιορισμού Θέσης (GPS) καλύπτουν περίπου μια εβδομάδα πριν και μετά το σεισμό (από τις 25 Οκτωβρίου 2020 μέχρι τις 11 Νοεμβρίου 2020, Πίνακας 1 και Σχήμα 11). Οι σταθμοί ανήκουν στα δίκτυα NOANET (Ganas et al. 2008) και SmartNET της Ελλάδας και στο Εθνικό Τουρκικό Μόνιμο Δίκτυο GNSS/RTK. Η κατανομή θέσης των σταθμών GNSS είναι σχετικά βέλτιστη καθώς εκτείνονται κυρίως γύρω από την περιοχή του επίκεντρου. Όμως οι περισσότεροι εξ' αυτών ευρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 50 km μακριά από την παραμορφωμένη περιοχή, όπως χαρτογραφήθηκε από InSAR (Σχήμα 10, (Ganas, A. et al. 2020)). Τα δεδομένα καταγράφηκαν επί 24-ωρου βάσεως με ρυθμό δειγματοληψίας 30 δευτερόλεπτα. Όλες οι καταγραφές των σταθμών ήταν ολοκληρωμένες (μηδενική απόρριψη εποχών) και, άρα, έδωσαν σημαντικά δεδομένα για την χαρτογράφηση του πεδίου μετακινήσεων κατά τη διάρκεια του σεισμού και συμπεριλήφθηκαν στην ανάλυσή μας. Οι ημερήσιες θέσεις υπολογίζονται με βάση το παγκόσμιο πλαίσιο αναφοράς ITRF14 (εποχή 2020.8) και μετατρέπονται στη ζώνη 35 του προβολικού συστήματος UTM (Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή / Universal Transverse Mercator). Τα σφάλματα ως προς τη θέση μετατράπηκαν στο τοπικό γεωδαιτικό πλαίσιο, με βάση τα αντίστοιχα σφάλματα $\sigma=95\%$ του δεδομένου Καρτεσιανού συστήματος ECEF (Earth Centered Earth Fixed).

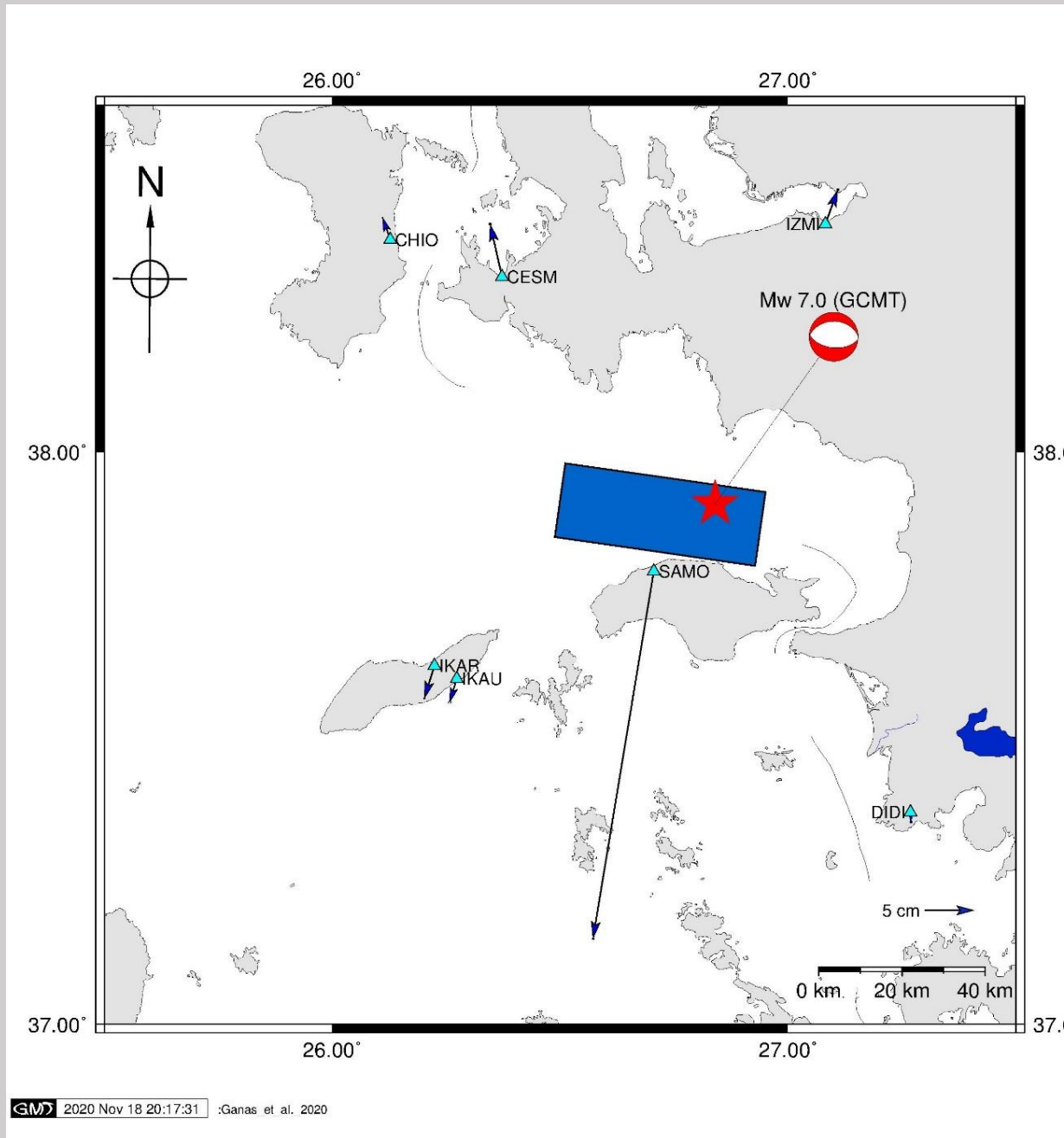
Ο κάθε σταθμός αναλύθηκε ανεξάρτητα, με χρήση της μεθόδου υψηλής ακρίβειας απόλυτου εντοπισμού σημείων PPP (Precise Point Positioning) η οποία υπολογίζει τις συντεταγμένες του κάθε σταθμού ξεχωριστά (Zumberge et al. 1997). Χρησιμοποιήσαμε το αυτόματο σύστημα επίλυσης θέσης Canadian Spatial Reference System-PPP (CSRS-PPP).

Πραγματοποιήθηκε χρήση των παρατηρήσεων GPS με γωνία αποκοπής 7.5° και των τελικών τροχιών ακριβείας (IGS14) και στοιχείων από τα δορυφορικά ρολόγια (αρχεία *sp3* και *clk*) όπως υπολογίζονται καθημερινά στο EMR IGS Analysis Centre. Αυτά τα στοιχεία προσφέρουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις επιλύσεις εντοπισμού θέσης σε σχέση με τα συνήθη προϊόντα της IGS. Το ιονοσφαιρικό σφάλμα αντιμετωπίστηκε με την εφαρμογή της μεθόδου γραμμικού συνδυασμού των μετρήσεων φάσης στις δύο συχνότητες L1 και L2. Το σφάλμα λόγω της τροποσφαιρικής καθυστέρησης εκτιμήθηκε με την χρήση φίλτρου και με χρήση global mapping συναρτήσεων οι οποίες κάνουν χρήση των αριθμητικών μοντέλων που παράγει καθημερινά το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων Καιρού (Mireault et al. 2008).

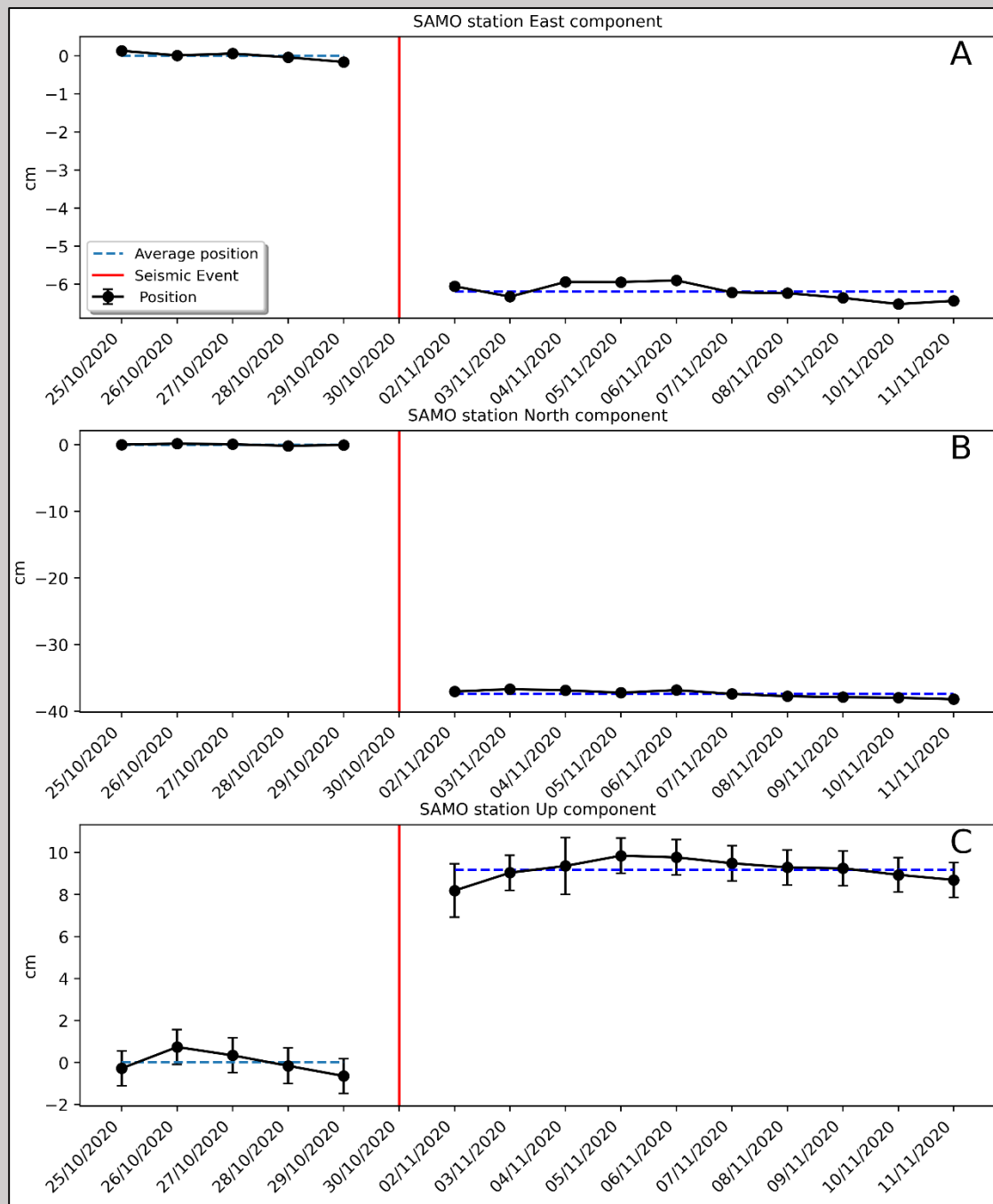
Οι στατικές μετατοπίσεις (offsets) υπολογίστηκαν από τη διαφορά μεταξύ των μέσων χρονοϊστοριών των προ-σεισμικών συντεταγμένων θέσης (5 μέρες πριν το σεισμό) και των μετα-σεισμικών συντεταγμένων θέσης από 9 έως 12 μέρες μετά (αγνοήθηκαν τα δεδομένα από την ημέρα του σεισμού, βλ. Σχήμα 11 για την περίπτωση του σταθμού SAMO). Τα σφάλματα σεισμικής μετατόπισης υπολογίστηκαν με τον ίδιο τρόπο όπως και οι μετατοπίσεις, με εφαρμογή του νόμου διάδοσης σφαλμάτων (Taylor 1997).

Οι χρονοϊστορίες των συντεταγμένων θέσης των σταθμών δείχνουν σημαντικές οριζόντιες σεισμικές μετατοπίσεις (βλ. Πίνακα 1), με μέγιστη μετατόπιση ~ 37.3 cm στο σταθμό SAMO (αρνητικό πρόσημο δηλώνει κίνηση προς το Νότο, τοποθεσία Καρλόβασι), 20 km μακριά από το επίκεντρο (Σχήμα 10, Σχήμα 11, και Πίνακας 1). Ο σταθμός IKAR μετατοπίστηκε ~ 3.3 cm προς το Νότο και ~ 1 cm προς τη Δύση

(αρνητικό πρόσημο στην συνιστώσα E), ενώ οι σταθμοί CESM και IZMI (στην Τουρκία) μετατοπίστηκαν ~5.3 cm και ~3.4 cm προς τον Βορρά, αντίστοιχα. Όλες οι μετατοπίσεις είναι συμβατές με τις προβλεπόμενες επιφανειακές παραμορφώσεις λόγω σεισμικής ολίσθησης κατά μήκος ενός κανονικού ρήγματος μέσα σε ελαστικό μέσο, ολισθαίνοντας προς το Βορρά και με κύρια διεύθυνση Ανατολή - Δύση (Σχήμα 10).



Σχήμα 10: Χάρτης της περιοχής στον οποίο διακρίνονται το ολισθαίνον προς το βορρά ρήγμα (μπλε ορθογώνιο παραλληλόγραμμο), ο εστιακός μηχανισμός (σφαίρα θαλάσσης, επίλυση κατά GCMT Global Centroid-Moment-Tensor), και το επίκεντρο του σεισμού Σάμου της 30ης Οκτωβρίου 2020 σύμφωνα το Ευρωπαϊκό Μεσογειακό Σεισμολογικό Κέντρο (European Mediterranean Seismological Centre EMSC). Τα κυανά τρίγωνα συμβολίζουν τις θέσεις των μόνιμων σταθμών GPS (GNSS). Τα μπλε διανύσματα συμβολίζουν τις σεισμικές οριζόντιες μετατοπίσεις (βλ. κλίμακα και διάνυσμα 5-cm κάτω δεξιά).



Σχήμα 11: Χρονοϊστορίες της θέσης (E, N, Up) του σταθμού SAMO (τοποθεσία στην Εικ. 1). Οι σεισμικές τελικές μετατοπίσεις είναι (περίπου): $dE = -6$ cm, $dN = -37$ cm και $dU = +9$ cm. Οι κόκκινες κατακόρυφες γραμμές σηματοδοτούν την ημέρα του κυρίως σεισμού.

Αυτή η ελαστική συμπεριφορά είναι χαρακτηριστική του στερεού φλοιού της γης στις χρονικές κλίμακες που αφορούν στη σεισμολογία (μερικές δεκάδες δευτερολέπτων). Ένας σεισμός μεγέθους M7.0 αναμένεται να προκαλέσει μόνιμες εδαφικές μετατοπίσεις μερικών εκατοστών σε αποστάσεις έως και 100 km από το επίκεντρο, βλ. (Ganas et al. 2018) περί της συσχέτισης μεταξύ εδαφικής μετακίνησης και σεισμικού μεγέθους).

Πίνακας 1: Κατάλογος των σεισμικών μετατοπίσεων (North, East, Up) των χρονοϊστοριών θέσεων GNSS οι οποίες προσδιορίστηκαν μέσω επεξεργασίας PPP. Το S δείχνει τα σφάλματα. Οι τιμές είναι σε mm.

ΣΤΑΘΜΟΣ	Γεωγραφικό	Γεωγραφικό	N (mm)	SN (mm)	E (mm)	SE (mm)	U (mm)	SU (mm)
	πλάτος LAT	μήκος LON						
CHIO	38.36791	26.12717	22.444	0.146	-7.884	0.252	1.035	4.406
CESM	38.30382	26.37257	53.621	0.144	-12.220	0.246	2.433	4.527
IZMI	38.39481	27.08182	34.957	0.151	12.735	0.242	1.234	4.557
IKAR	37.62820	26.22423	-33.440	0.055	-10.337	0.167	6.305	5.074
SAMO	37.79277	26.70534	-373.949	0.123	-61.901	0.202	91.903	4.778
DIDI	37.37213	27.26866	-10.135	0.134	0.577	0.214	2.490	4.557
KALY	36.95580	26.97615	-9.176	0.166	1.952	0.155	-8.413	4.988
MYKN	37.44165	25.32907	0.139	0.146	-0.678	0.230	0.519	5.048
ANDR	37.88637	24.73709	7.089	0.129	3.899	0.276	-16.100	4.632
ASTY	36.54513	26.35332	-5.917	0.126	-3.059	0.206	-3.724	6.843
LESV	39.10008	26.55379	10.427	0.186	0.088	0.158	-2.923	4.467
NAXO	37.09819	25.38117	-2.326	0.106	-1.733	0.229	-1.274	3.764
PRVK	39.24570	26.26500	7.560	0.238	-0.345	0.244	-5.350	4.668
RODO	36.29260	28.16166	0.198	0.135	0.737	0.184	-5.557	3.955
AYD1	37.84073	27.83788	1.664	0.204	-1.720	0.163	0.721	4.836
DATC	36.70857	27.69184	-3.388	0.067	-1.641	0.206	-6.037	5.128
MUG1	37.21429	28.35568	1.079	0.137	-1.397	0.196	0.116	4.591
SALH	38.48309	28.12354	3.068	0.232	-0.445	0.089	-3.335	4.931

4. ΚΑΝΟΝΙΣΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Τα κτίρια της Σάμου κατατάσσονται, από την άποψη του Αντισεισμικού Κανονισμού ο οποίος εφαρμόστηκε κατά την μελέτη τους, στις εξής κατηγορίες: Προ του 1959, 1959-1985, 1986-1995, 1995-2000, 2000-2003, 2003-2014 και 2014 έως σήμερα. Στην πλειονότητά τους, τα κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία τα οποία εμφάνισαν βλάβες είναι κατασκευασμένα προ του 1959 (δηλαδή, χωρίς εφαρμογή Αντισεισμικού Κανονισμού) ή με τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959 (δηλαδή, για οριζόντια δύναμη ίση με 6%-12% των μονίμων και κινητών φορτίων, ανάλογα με την επικινδυνότητα εδάφους, κατανεμημένη ανάλογα με την δυσκαμψία των πεσών). Ο Κανονισμός του 1959 προέβλεπε απαλλαγή αντισεισμικού ελέγχου, όταν πληρούνταν κριτήρια σχετικά με τις αποστάσεις τοίχων, τα ανοίγματα, την απόσταση Κέντρου Ελαστικής Στροφής-Κέντρου Βάρους και την ποιότητα του κονιάματος δομήσεως.

Πολλές από τις βλάβες που παρατηρήθηκαν αφορούσαν κτίρια στα οποία είτε δεν είχαν ακολουθηθεί αυτά τα κριτήρια, είτε παρέμειναν χωρίς συντήρηση, είτε είχαν υποστεί μεταγενέστερες επεμβάσεις. Σημειώνεται ότι, επί του παρόντος, δεν διατίθεται Εθνικός Κανονισμός για την αποτίμηση και τις επεμβάσεις σε κτήρια από φέρουσα τοιχοποιία, καθώς ο σχετικός Κανονισμός (ΚΑΔΕΤ) είναι υπό σύνταξη. Εξ άλλου, ο ισχύων Ευρωκώδικας 8-Μέρος 3 (CEN 2004b) δεν περιλαμβάνει επαρκή στοιχεία, ενώ η αναθεωρημένη έκδοση του ίδιου Ευρωκώδικα EC8-Part 3, (2019) εκκρεμεί. Τα πλέον πρόσφατα κείμενα για τα κτήρια από τοιχοποιία είναι το ΦΕΚ Β/2661/2013 (το οποίο παραπέμπει στον κανονισμό με τον οποίον κατασκευάστηκε το κτήριο με ανάλυση όμως χωρικού πλαισίου) και το ΦΕΚ του 2015 που προβλέπει ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία ή πεσσούς και πολύ μειωμένη σεισμική δράση με τιμή

επιτάχυνσης αντιστοιχούσα σε περίοδο επανάληψης τα 10 έτη ή πιθανότητα υπέρβασης 99% στα 50 χρόνια.

4.1. ΚΤΗΡΙΑ ΠΡΟ ΤΟΥ 1985

Περιορισμένες βλάβες εμφανίστηκαν σε μικρό αριθμό κτηρίων οπλισμένου σκυροδέματος τα οποία μελετήθηκαν βάσει του ΒΔ του 1959, δηλαδή πριν από το 1985. Έως το 1985 (Βασιλικόν Διάταγμα 1959) ο σεισμός προσομοιωνόταν με οριζόντιο φορτίο ίσο προς 6%-12% ανάλογα με την επικινδυνότητα εδάφους (σημειώνεται ότι στην πλειονότητα των περιπτώσεων λαμβανόταν υπόψιν η χαμηλότερη τιμή σεισμικού συντελεστή 0.06) των μονίμων και κινητών φορτίων, με κατανομή ανάλογη της δυσκαμψίας των υποστυλωμάτων, ομοιόμορφη καθ' ύψος. Σημειώνεται ότι στον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1959, δεν υπήρχε πρόβλεψη αποφυγής «μαλακού» ορόφου. Κατά τον σεισμό της 30/10/2020 εμφανίστηκε σημαντική βλάβη σε πολυώροφο κτήριο αυτού του τύπου.

4.2. ΚΤΗΡΙΑ ΠΟΥ ΜΕΛΕΤΗΘΗΚΑΝ ΜΕ ΤΟΝ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟ ΤΟΥ 1985 ΚΑΙ ΝΕΟΤΕΡΟΥΣ ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΥΣ

Ο κανονισμός του 1985 εισήγαγε την τριγωνική κατανομή των οριζόντιων φορτίων και πρόνοιες τοιχωμάτων ή ικανοτικού ελέγχου κόμβων καθώς και προσαύξηση φορτίου στην πυλωτή (ενώ μετά το 1995 υπάρχει η πρόνοια δυναμικής φασματικής ανάλυσης). Επίσης, περιέλαβε σημαντικές κατασκευαστικές απαιτήσεις πλαστιμότητας, αγκυρώσεων, κ.λπ. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι κατά τον σεισμό της 30/10/2020 εμφανίστηκε βλάβη στο ισόγειο τέτοιου κτηρίου στα τοιχώματα. Αντίθετα, δεν παρουσιάστηκαν βλάβες σε κτίρια τα οποία είχαν μελετηθεί με νεότερους κανονισμούς

4.3. ΠΛΑΙΣΙΟ ΑΠΟΤΙΜΗΣΗΣ ΒΛΑΒΩΝ

Η χώρα διαθέτει Εθνικό Κανονισμό για την αποτίμηση και τις επεμβάσεις σε κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος (ΚΑΝ.ΕΠΕ./ Ο.Α.Σ.Π. 2012). Σημειώνεται ότι για κτίρια από οπλισμένο σκυροδέμα, που έχουν υποστεί βλάβες από σεισμό ισχύει το ΦΕΚ 455/2014 που καθορίζει, στο πλαίσιο της μετασεισμικής αποκατάστασης των βλαβών, μικρότερη σεισμική δράση από την προβλεπόμενη στον ΚΑΝ.ΕΠΕ. Έτσι, π.χ. για το κτήριο οπλισμένου σκυροδέματος του 1980 με την πυλωτή που εμφάνισε βλάβες (Σχήμα 14), ενώ ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. θα προέβλεπε σεισμική δράση για στόχο επιτελεστικότητας Β1 ίση με 0.55g, το ΦΕΚ ορίζει σεισμική δράση ίση με 0.14g.

4.4. ΤΟΙΧΟΠΛΗΡΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΗ-ΔΟΜΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ

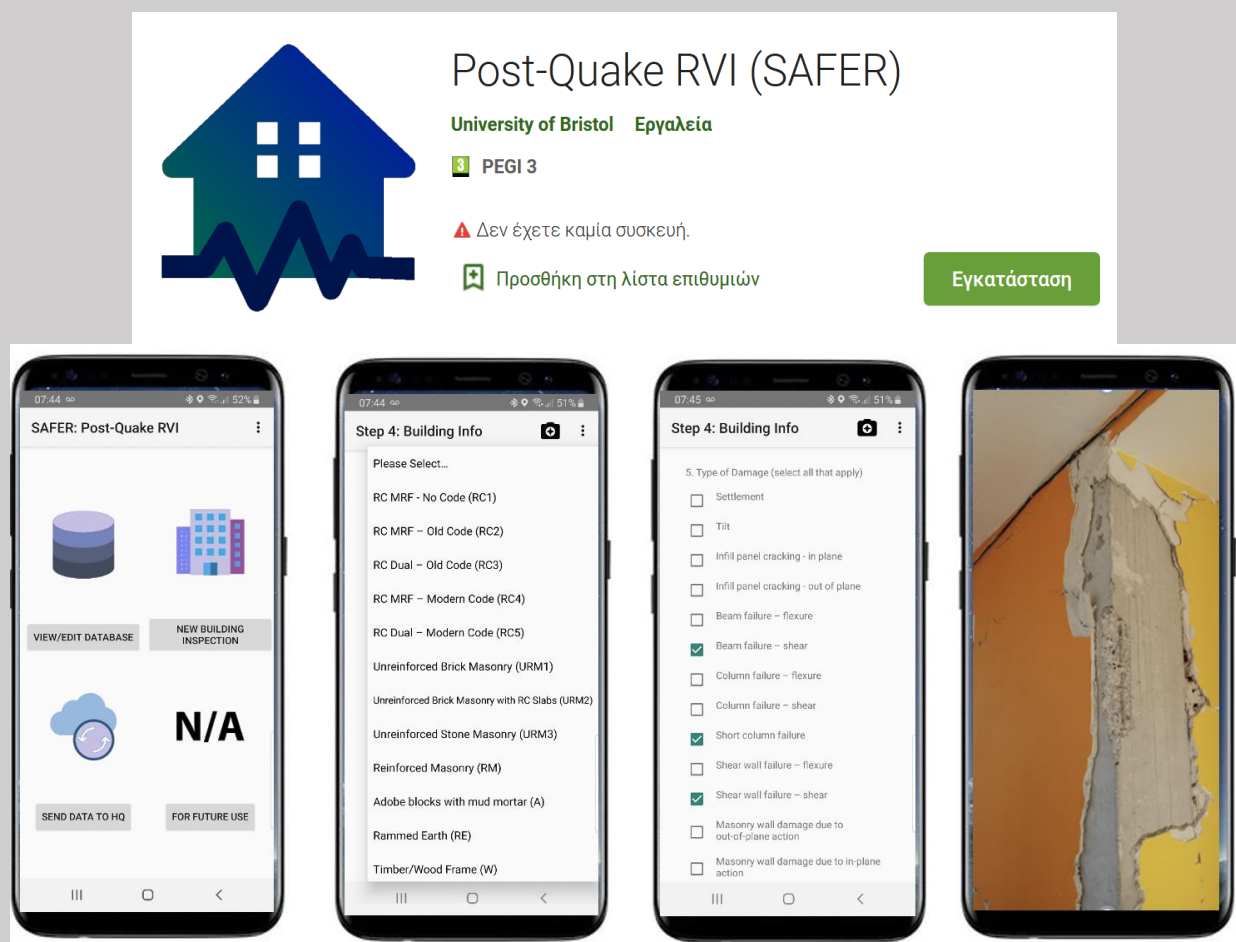
Παρατηρήθηκαν συχνές βλάβες ή/και καταρρεύσεις σε τοίχους πλήρωσης, ειδικά σε όσους δεν διέθεταν σενάζ ή είχαν μεγάλη λυγηρότητα. Σημειώνεται ότι -με εξαίρεση τον ΕΚ8-Μέρος 1, ο οποίος τέθηκε σε ισχύ το 2014- οι Αντισεισμικοί Κανονισμοί της χώρας δεν περιελάμβαναν προβλέψεις για τον έλεγχο των τοιχοπληρώσεων. Εξαίρεση αποτελούν τα στηθαία και οι ελευθέρως ιστάμενοι μεμονωμένοι τοίχοι.

Παρότι στο αρχικό σχέδιο προέβλεπε στάθμες επιτελεστικότητας και για τον μη φέροντα οργανισμό, στο τελικό σχέδιο του 2011 δεν συμπεριελήφθη τέτοια πρόβλεψη. Ο ΚΑΝ.ΕΠΕ. παραπέμπει στο φάσμα του ΕΚ8-Μέρος 1. Συνολικά, ενώ κανένα σχολείο δεν κατέρρευσε, οι βλάβες στο μη φέροντα οργανισμό ήταν ικανές να προκαλέσουν θύματα. Είναι αναγκαία η μέριμνα προστασίας έναντι μη δομικών βλαβών (ειδικότερα σε ό,τι αφορά τα σχολεία) και η διερεύνηση ενδεχόμενης συμπλήρωσης του ΚΑΝ.ΕΠΕ. είτε με τη θεσμοθέτηση επιτελεστικότητας είτε με άλλες διατάξεις και για το μη φέροντα οργανισμό και τους αντίστοιχους ελέγχους.

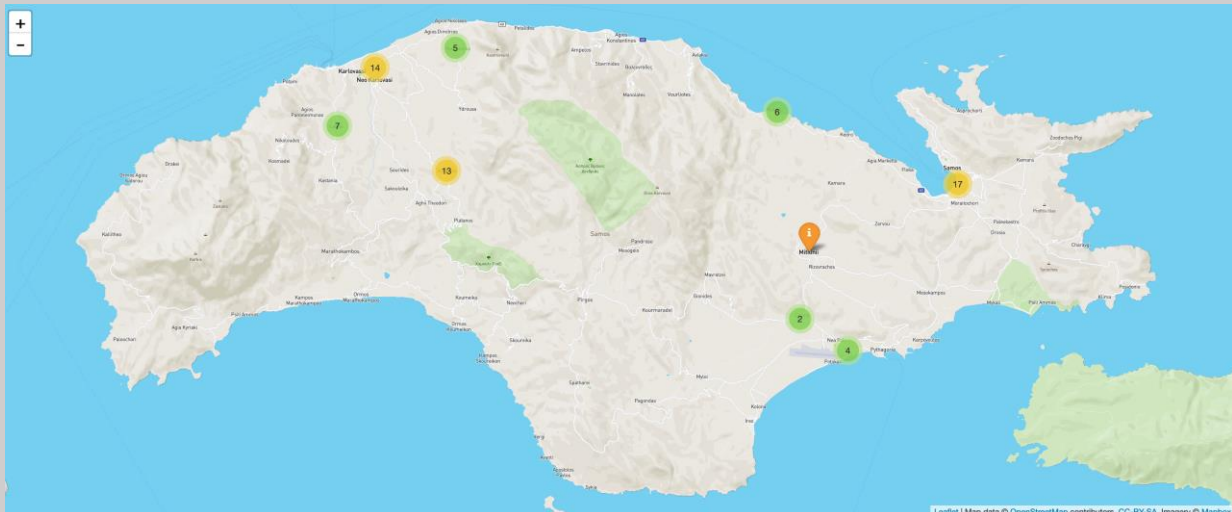
5. ΔΟΜΙΚΕΣ ΒΛΑΒΕΣ

5.1. ΤΑΧΥΣ ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ

Όπως και στην περίπτωση της αποστολής του ETAM στην Αλβανία μετά τον σεισμό της 26/11/2019, η συλλογή δεδομένων ταχέως οπτικού ελέγχου πραγματοποιήθηκε με χρήση της εφαρμογής κινητού τηλεφώνου Post-Quake RVI (SAFER) – Σχήμα 12. Η εφαρμογή αυτή, η οποία έχει αναπτυχθεί από το Πανεπιστήμιο του Bristol, επιτρέπει την άμεση αρχειοθέτηση φωτογραφιών και στοιχείων σεισμικής παθολογίας κτηριακών κατασκευών καθώς και τη γεωαναφορά αυτών. Αυτά τα στοιχεία ακολουθώντας καθίστανται επεξεργάσιμα μέσω της αντίστοιχης εφαρμογής WebApp στη διεύθυνση <https://sbs.bristol.ac.uk/rvi/> Μέσω της εφαρμογής αυτής αρχειοθετήθηκαν 69 κτήρια τα οποία κατανέμονται χωρικά στο νησί της Σάμου όπως φαίνεται στο Σχήμα 13.



Σχήμα 12: Εφαρμογή κινητού τηλεφώνου για τον μετασεισμικό, ταχύ οπτικό έλεγχο κτηρίων.



LOCATION			
Latitude:	37.6901025	Longitude:	26.9290147
Assessment Country:	Greece	GPS Country:	Greece
BUILDING INFORMATION			
Structural System:	RC Dual – Modern Code (RC5)	Soil Conditions:	Not Known
Extent of Damage:	Minor damage	Regular Plan:	Yes
Number of Storeys:	4	Regular Height:	Yes
TYPE OF DAMAGE			
Settlement:	false	Tilt:	false
Infill panel cracking in plane:	true	Infill panel cracking out of plane:	false
Beam failure flexure:	false	Beam failure shear:	false
Column failure flexure:	false	Column failure shear:	false
Shear wall failure flexure:	false	Shear wall failure shear:	false
Masonry wall out of plane:	false	Masonry wall in plane:	false
Masonry wall diagonal tension:	false		
Floor and roof damage:	false	Secondary elements damage:	false
Short column failure:	false	Joint failure:	false
Soft storey:	false	Pounding:	false
OTHER INFORMATION			
Notes:			
Date/Time:	08/11/20 12:43		
Username:	aristidi@3dr.eu		



Σχήμα 13: Χωρική κατανομή πλήθους Ταχέως Οπτικού Ελέγχου στη Σάμο κατά τη διάρκεια της αυτοψίας (άνω) και ενδεικτική εγγραφή στη δικτυακή βάση δεδομένων.

Πίνακας 2: Δομικοί τύποι και πλήθος κτηρίων κατοικιών για τις οποίες πραγματοποιήθηκε ταχύς οπτικός έλεγχος από το Κλιμάκιο του ETAM.

Δομικός Τύπος		Πλήθος
Πλαισιασκός Φορέας Ο/Σ - Χωρίς Κανονισμό (<1959)	RC1	-
Πλαισιασκός Φορέας Ο/Σ - Παλιός Κανονισμός (<1985)	RC2	6
Μεικτός Φορέας Ο/Σ - Παλιός Κανονισμός (<1985)	RC3	2
Πλαισιασκός Φορέας Ο/Σ - Νέοι Κανονισμοί (>1985)	RC4	2
Μεικτός Φορέας Ο/Σ - Νέοι Κανονισμοί (>1985)	RC5	4
Άοπλη Τοιχοποιία	URM1	5
Άοπλη Τοιχοποιία με πλάκες Ο/Σ	URM2	3
Άοπλη Λιθοδομή	URM3	48
	Σύνολο	69

Πίνακας 3: Δομικοί τύποι και στάθμη βλάβης κτηρίων κατοικιών για τις οποίες πραγματοποιήθηκε ταχύς οπτικός έλεγχος από το Κλιμάκιο του ETAM.

Βλάβη	RC2	RC3	RC4	RC5	URM1	URM2	URM3
Χωρίς	2		2	2	1		3
Μικρή	1	1		1		1	6
Μέση	2			1	3	2	21
Σοβαρή	1	1			1		12
Κατάρρευση							6

Σημειώνεται ότι ο δειγματοληπτικός έλεγχος τον οποίον διενήργησε το κλιμάκιο του ETAM στη Σάμο δεν αποσκοπεί στην καταγραφή των βλαβών στην πληγείσα περιοχή, η οποία αποτελεί αντικείμενο του πρωτοβάθμιου και δευτεροβάθμιου ελέγχου, ο οποίος πραγματοποιείται με ευθύνη της Διεύθυνσης Αποκατάστασης Επιπτώσεων Φυσικών Καταστροφών (ΔΑΕΦΚ) αλλά η συλλογή χαρακτηριστικών δεδομένων δομικών αστοχιών, τα οποία - σε συνδυασμό με τα γεωτεχνικά και σεισμολογικά δεδομένα - μπορούν να συμβάλουν στην ερμηνεία του φυσικού φαινομένου. Για τον λόγο αυτόν, δεν επιχειρείται η στατιστική επεξεργασία των συλλεγέντων στοιχείων, καθώς, πέραν του μικρού του μεγέθους, το στατιστικό δείγμα αφορά κυρίως κτήρια με βλάβες και όχι όσα συμπεριφέρθηκαν πολύ ικανοποιητικά. Για την πλήρη αξιολόγηση της συμπεριφοράς των κτηρίων απαιτείται αναφορά στα στοιχεία της αυτοψίας που διενεργεί επίσημα η Πολιτεία. Ενδεικτικώς αναφέρεται ότι κατά τον πρωτοβάθμιο έλεγχο επί 2436 κτηρίων, περίπου το 60% αξιολογήθηκαν ως χρήζοντα επανελέγχου (προσωρινά μη κατοικήσιμα) ενώ 18 κρίθηκαν κατεδαφιστέα.

Ειδικότερα σε σχέση με τις σχολικές μονάδες που ελέγχθηκαν, από τις τριάντα έξι, (36) σχολικές δομές του Δήμου Ανατολικής Σάμου δώδεκα (12), ανήκουν στην κατηγορία Α, επτά (7) στην κατηγορία Β, τέσσερα (4) στην κατηγορία Γ, τέσσερα (4) στην κατηγορία Δ, ένα (1) στην κατηγορία Ε και επτά (7) σε μεικτές κατηγορίες κυμαινόμενες από Α έως Δ όπου η κλίμακα Α-Ε αφορά κτήρια «Κατάλληλα» (Α) έως «Ακατάλληλα» (Ε).

5.2. ΚΤΗΡΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΑΠΟ ΟΠΛΙΣΜΕΝΟ ΣΚΥΡΟΔΕΜΑ (Ο/Σ)

Οι βλάβες σε κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος ήταν περιορισμένες. Παρατηρήθηκαν αστοχίες σε κόμβους σε μαλακό όροφο σε συνδυασμό με έλλειψη συνδετήρων και λυγισμό οπλισμού (Σχήμα 14). Εντοπίστηκαν και αστοχίες «κοντών» υποστυλωμάτων (Σχήμα 15) καθώς και διατμητικές βλάβες σε τοιχώματα μαλακού ορόφου (Σχήμα 16). Σύγχρονη επταώροφη πολυκατοικία (η υψηλότερη της Σάμου) στην πρωτεύουσα του νησιού, το Βαθύ, δεν εμφάνισε βλάβες (Σχήμα 17). Σε ορισμένα κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος παρατηρήθηκαν βλάβες στον μη φέροντα οργανισμό, κυρίως στις τοιχοπληρώσεις (Σχήμα 18). Παρατηρήθηκαν αποκολλήσεις τοίχων από τα πλαίσια και εκτός επιπέδου μετακινήσεις (Σχήμα 19), ρωγμές λόγω εκτός επιπέδου κάμψης ή και ανατροπή (Σχήμα 18).



Σχήμα 14: Αστοχία μαλακού ορόφου σε πενταώροφη οικοδομή.



Σχήμα 15: Αστοχία κοντού υποστυλώματος σε τετραώροφη οικοδομή.



Σχήμα 16: Διατμητική αστοχία σε τοίχωμα μαλακού ορόφου



Σχήμα 17: Επτάώροφη πολυκατοικία στο Βαθύ χωρίς βλάβες.



Σχήμα 18: Αποδιοργάνωση και ανατροπή τοιχοπληρώσεων



Σχήμα 19: Αποδιοργάνωση και ανατροπή τοιχοπληρώσεων

5.3. ΚΤΗΡΙΑ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ ΑΠΟ ΦΕΡΟΥΣΑ ΤΟΙΧΟΠΟΙΑ

Η πλειονότητα των βλαβών παρουσιάστηκε σε κτίρια από φέρουσα τοιχοποιία. Σημαντικές βλάβες παρουσιάστηκαν σε τοίχους με διεύθυνση Βορρά-Νότου. Τούτο παρατηρήθηκε και στο Βαθύ, όπου-σε αντίθεση με την περίπτωση του σεισμού της Κεφαλονιάς-τα σκάφη που ήταν διατεταγμένα (επίσης κατά τη διεύθυνση Βορρά-Νότου) δεν ανατράπηκαν. Σε αρκετές περιπτώσεις, η συνήθης απουσία διαφράγματος στις στάθμες των ορόφων, οδήγησε σε εκτός επιπέδου αστοχίες των τοίχων ή και σε καταρρεύσεις. Εντός επιπέδου, εμφανίσθηκε η τυπική βλάβη της διαγώνιας ρηγμάτωσης. Σε παραλιακά κτίρια στο Νέο Καρλόβασι (Βυρσοδεψεία), παρατηρήθηκε απόκλιση από την κατακόρυφο πιθανώς και λόγω οριζόντιας εδαφικής εξάπλωσης (βλ. Κεφ 5). Συνηθισμένη ήταν και η περίπτωση τοίχων που δεν είχαν συντηρηθεί με αποτέλεσμα να εμφανίσουν εκτεταμένες ρηγματώσεις και αστοχία εντός και εκτός επιπέδου. Βλάβες στο μη φέροντα οργανισμό παρατηρήθηκαν κυρίως σε σχολεία (βλ. επόμενη ενότητα).



Σχήμα 20: Έντονη διαμητρική ρηγμάτωση στη διεύθυνση του σεισμού



Σχήμα 21: Διάταξη των σκαφών εκτός λιμένος



Σχήμα 22: Ανατροπή τοίχου μετά την αποδιοργάνωση της τοιχοποιίας



Σχήμα 23: Διαγώνια ρηγμάτωση εντός επιπέδου κατά τις δύο κύριες διευθύνσεις.



Σχήμα 24: Υποστήριξη τοίχου έναντι αποφυγής περαιτέρω παραμορφώσεων εκτός επιπέδου.



Σχήμα 25: Αποδιοργάνωση τοίχου και αστοχία εκτός επιπέδου



Σχήμα 26: Αστοχία τοιχοποιίας (άνω) και εκτός επιπέδου αστοχία και κατάρρευση της άοπλης τοιχοποιίας (κάτω).



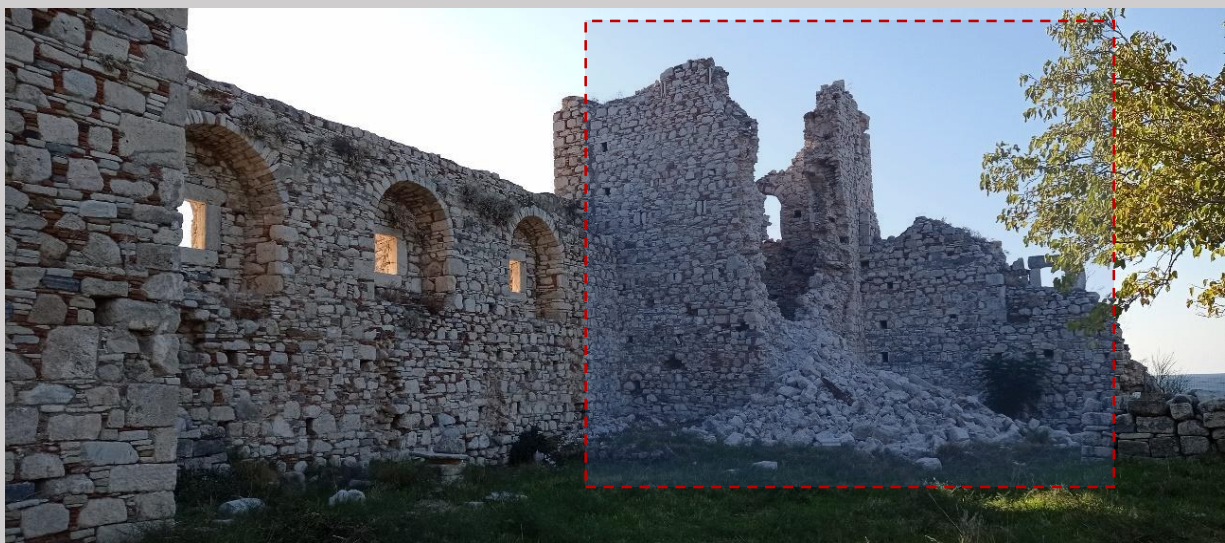
Σχήμα 27: Εντός και εκτός επιπέδου αστοχίες κτηρίων από άσπλη τοιχοποιία.

5.4. ΚΤΗΡΙΑ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ

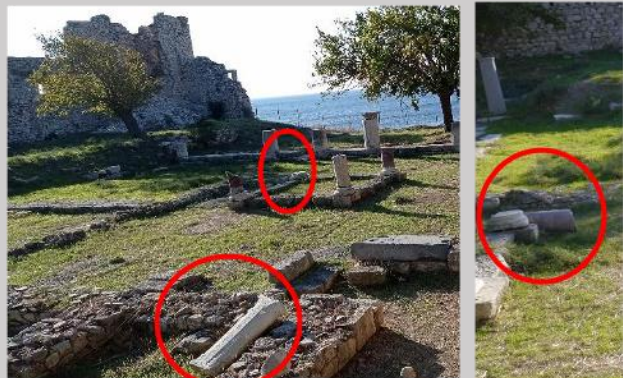
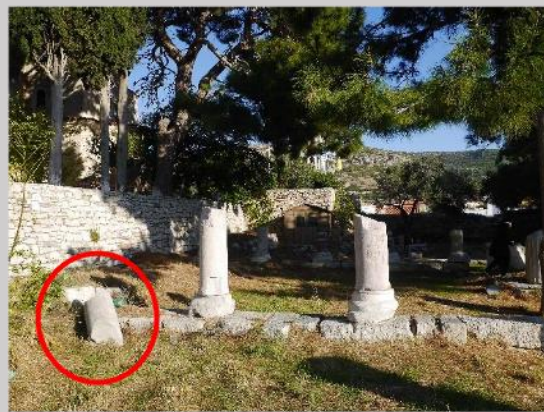
Στη Σάμο διατηρείται μεγάλο πλήθος κτηρίων πολιτιστικού χαρακτήρα, αρχαιολογικοί χώροι, μνημεία και μουσεία με σημαντικά εκθέματα. Κατά τον σεισμό παρατηρήθηκαν αστοχίες, κάποιες από τις οποίες οδήγησαν σε ανεπανόρθωτες βλάβες. Στο Αρχαιολογικό Μουσείο Πυθαγορείου προκλήθηκαν ζημιές σε αρχαία αγγεία και διάρρηξη συγκολλήσεων σε ορισμένα γλυπτά. Στο Κάστρο του Λυκούργου Λογοθέτη στο Πυθαγόρειο κατέρρευσαν τμήματα των τειχών (Σχήματα 28-29). Επίσης στην ίδια περιοχή διαπιστώθηκαν ανατροπές κίωνων στην Παλαιοχριστιανική Βασιλική Κάστρου (Σχήμα 30). Στο Αρχαιολογικό Μουσείο Βαθέως δημιουργήθηκε ρωγμή στο μηρό του μεγάλου μαρμάρινου Κούρου της Σάμου, ο οποίος χρονολογείται περί το 570 π.Χ. Στο Ηραϊόν Σάμου, ναό αφιερωμένου στη θεά Ήρα (του 6^{ου} αιώνα π.Χ.), δεν παρατηρήθηκε εκ πρώτης όψεως σημαντική πρόσθετη μετατόπιση του ενός και μοναδικού κίονα ο οποίος παραμένει όρθιος (Σχήμα 32). Παρατηρήθηκαν όμως κάποιες μικρές βλάβες σε νεότερα κτίσματα, υποστηρικτικά της λειτουργίας του αρχαιολογικού χώρου. Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός της μη ύπαρξης βλαβών στο Ευπαλίνειο Όρυγμα (Χατζηδάκης 2020), μια σήραγγα μήκους 1036m που κατασκευάστηκε κατά τον 6^ο αιώνα π.χ. μέσω εξαιρετικά ακριβούς αμφίπλευρης διάνοιξης.



Σχήμα 28: (α) Πριν τον σεισμό (Google Earth), (β) Μετά τον σεισμό της 30^{ης} Οκτωβρίου 2020. Κατακρήμνιση τμήματος των περιμετρικών τειχών στο Κάστρο του Λυκούργου Λογοθέτη προς τη θάλασσα.



Σχήμα 29: Κατακρήμνιση τμήματος των περιμετρικών τειχών στο Κάστρο του Λυκούργου Λογοθέτη προς το εσωτερικό του.



(α) Πριν το σεισμό
<http://whc.unesco.org/en/list/595>
<http://visit.samos.gr/index.php/things-see/sightseeing/archaeological-sites/?lang=EL>
<https://www.arthro-13.com/news/i-vyzantini-samos-meros-v/>

(β) Μετά το σεισμό της 30ης Οκτωβρίου 2020

Σχήμα 30: Παλαιοχριστιανική Βασιλική Κάστρου πριν και μετά τον σεισμό της 30^{ης} Οκτωβρίου. Με κύκλο σημειώνονται οι πιθανολογούμενες ανατροπές κίονων στην Παλαιοχριστιανική Βασιλική Κάστρου.



Σχήμα 31: Κάστρο του Λυκούργου Λογοθέτη. Το κτήριο δεν παρουσίασε βλάβες εξωτερικά και συμπεριφέρθηκε ικανοποιητικά καθώς είχε πρόσφατα αποκατασταθεί / ενισχυθεί στατικά. (Χατζηδάκης 2020).



Σχήμα 32: Αρχαιολογικός χώρος Ηραίου Σάμου. Οπτικά δεν παρατηρήθηκε σημαντική πρόσθετη μετατόπιση στον έναν και μοναδικό όρθιο κίονα.



Σχήμα 33: Ευπαλίγειο Όρυγμα. Ελέγχθηκε μέχρι το σημείο 600 μ. (από το βόρειο στόμιο). Δεν παρατηρήθηκαν βλάβες (Χατζηδάκης 2020).



Σχήμα 34: Θραύση αρχαίων αγγείων στο Αρχαιολογικό Μουσείο Πυθαγόρειου λόγω ανατροπή τους (άνω) www.skai.gr/news/greece/samos-seismos-zimies-se-mouseia-kai-mnimeia-se-samo-ikaria-xio Ρωγμή στο μηρό του μεγάλου μαρμάρινου Κούρου της Σάμου (κάτω) (Χατζηδάκης 2020).

5.5. ΚΤΗΡΙΑ ΘΡΗΣΚΕΥΤΙΚΟΥ ΧΑΡΑΚΤΗΡΑ

Η σεισμική συμπεριφορά των κτηρίων θρησκευτικού χαρακτήρα παρουσιάζει πάντα ιδιαίτερο ενδιαφέρον για δύο λόγους: (α) Τα κτήρια αυτά αποτελούν το κέντρο αναφοράς των τοπικών κοινοτήτων και έτσι διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και στο συντονισμό της βοήθειας μετά από έναν καταστροφικό σεισμό, (β) από στατικής πλευράς, συνήθως πρόκειται για κατασκευές με σημαντικό βαθμό πολυπλοκότητας η οποία δυσχεραίνει τη διερεύνηση της σεισμικής απόκρισής τους.

Ο σεισμός της 30^{ης} Οκτωβρίου αποδείχθηκε ιδιαίτερα καταστροφικός ως προς τους Ιερούς Ναούς, τις Μονές και τις υπόλοιπες θρησκευτικές υποδομές. Περίπου το 80% των κτηρίων αυτών έχουν κριθεί ως επικίνδυνα ή ακατάλληλα για άμεση χρήση. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι περισσότεροι Ιεροί Ναοί του νησιού έχουν κατασκευασθεί μεταξύ του 17^{ου} και του μέσου του 20^{ου} αιώνα χωρίς δηλαδή να πληρούν καμία αντισεισμική προδιαγραφή. Επιπλέον, πολλοί από αυτούς έχουν μεγάλο μέγεθος (αριθμός τρούλων, άνοιγμα τρούλου, ύψος) αντικατοπτρίζοντας την περίοδο οικονομικής ακμής του νησιού η οποία διήρκησε ως τις αρχές του 20^{ου} αιώνα.

Οι βλάβες που παρουσιάζονται στο κύριο σώμα των εκκλησιών είναι οι τυπικές για τέτοιες κατασκευές από λιθοδομή: αστοχίες εντός και εκτός επιπέδου, ρηγματώσεις στη βάση των τρούλων και διατμητικές ρωγμές σε γραμμικά στοιχεία (κίονες). Ιδιαίτερη μνεία πρέπει να γίνει στα καμπαναριά. Στα περισσότερα υπάρχουν σοβαρές διατμητικές βλάβες στα πέτρινα ή μαρμάρινα υποστυλώματά τους. Αυτές συνοδεύονται από βλάβες σε μη φέροντα στοιχεία στο εξωτερικό των Ιερών Ναών, όπως οι τριγωνικές μετόπες στις δίρριχτες στέγες, αλλά και στο εσωτερικό με μετατοπίσεις ή/και πτώσεις τέμπλων και ψευδοροφών.



Σχήμα 35: Ιερός Ναός Εισοδίων της Θεοτόκου στο Καρλόβασι. Αστοχίες και στα δύο καμπαναριά τα οποία δεν κατασκευάστηκαν ταυτόχρονα με το κύριο μέρος του ναού αλλά προστέθηκαν εκ των υστέρων.



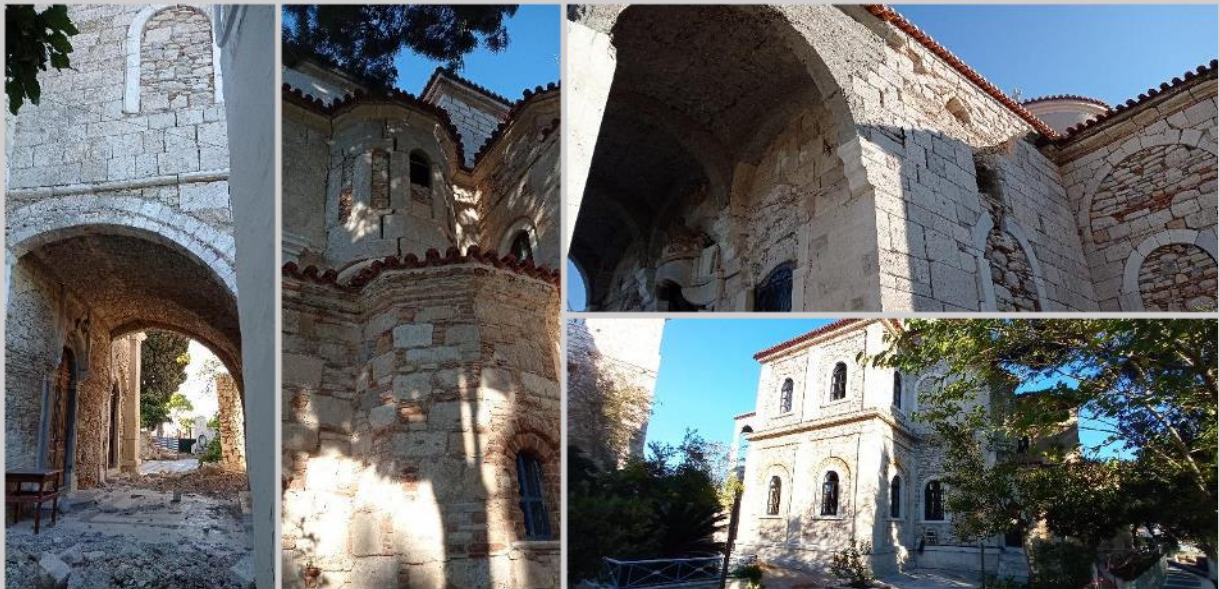
Σχήμα 36: Εκτός επιπέδου αστοχία του νότιου πλευρικού τοίχου που φέρει τον τρούλο Ιερού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Μητρόπολης) στο Καρλόβασι. Στον συγκεκριμένο ναό υπήρξε και πτώση της στέγης στη δυτική πλευρά του Ναού.



Σχήμα 37: Πτώση της στέγης στη δυτική πλευρά του Ιερού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Μητρόπολης) στο Καρλόβασι.



Σχήμα 38: Πτώση της στέγης στη δυτική πλευρά του Ιερού Ναού Κοιμήσεως της Θεοτόκου (Μητρόπολης) στο Καρλόβασι.



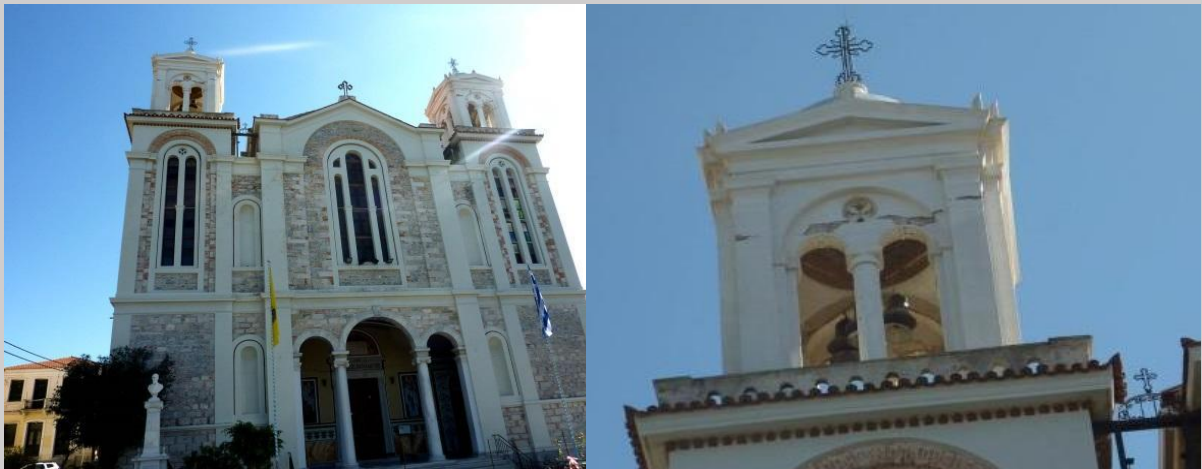
Σχήμα 39: Αστοχίες σε καμάρες και τρούλους στον Ιερό Ναό Μεταμορφώσεως του Σωτήρος στο Πυθαγόρειο.



Σχήμα 40: Εκτεταμένες αστοχίες στο εξωτερικό και στο εσωτερικό του Ιερού Ναού Αγίου Νικολάου στο Κοκκάρι, ο οποίος είναι ο μεγαλύτερος Ιερός Ναός της Σάμου. Αστοχία σε αψίδες, στην κλείδα των δύο κεντρικών εισόδων, ρωγμές και πλήρεις αστοχίες σε τρούλους καθώς και βλάβες στο καμπαναριό.



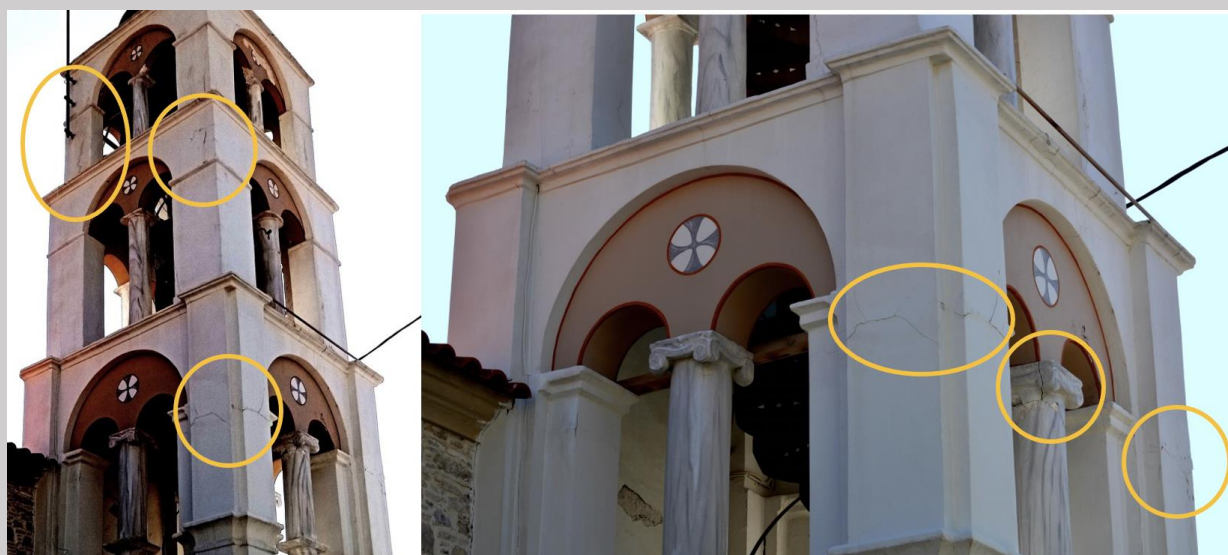
Σχήμα 41: Εκτός επιπέδου αστοχία σε δύο μετώπες κάτω από τη δίριχτη στέγη στον Ιερό Ναό Γενέσιου της Θεοτόκου στα Κονταίικα, η οποία χρονολογείται τον 19^ο αιώνα.



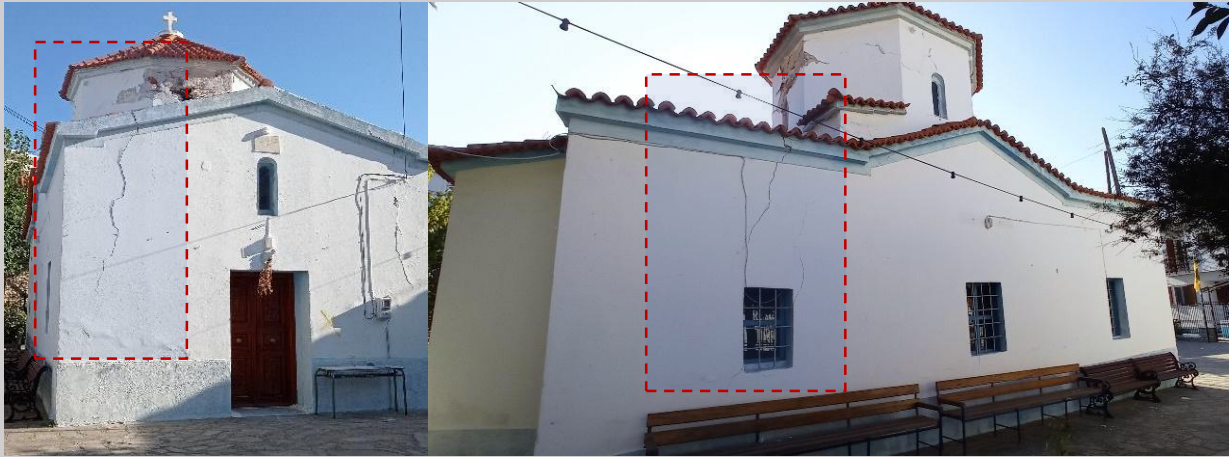
Σχήμα 42: Αστοχίες από διάτμηση στο καμπαναριό του Καθεδρικού Ναού του Αγ. Σπυρίδωνος στο Βαθύ.



Σχήμα 43: Πτώση ψευδοροφής σε Ιερό Ναό στη Χώρα.



Σχήμα 44: Σοβαρές διατμητικές βλάβες στο καμπαναριό του Ιερού Ναού Αγίας Παρασκευής στη Χώρα.



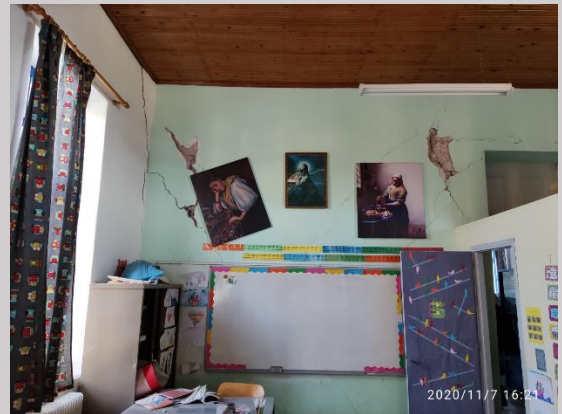
Σχήμα 45: Αστοχία του τρούλου και εκτός επιπέδου αστοχία του φέροντος τοίχου στον Ιερό Ναό Παναγίας στο Κοκκάρι.



Σχήμα 46: Εκτός επιπέδου αστοχία σε φέρουσα τοιχοποιία στο Ιερός Ναό στην κεντρική πλατεία στους Μυτιληνιούς.

5.6. ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΚΑΙ ΛΟΙΠΑ ΔΗΜΟΣΙΑ ΚΤΗΡΙΑ

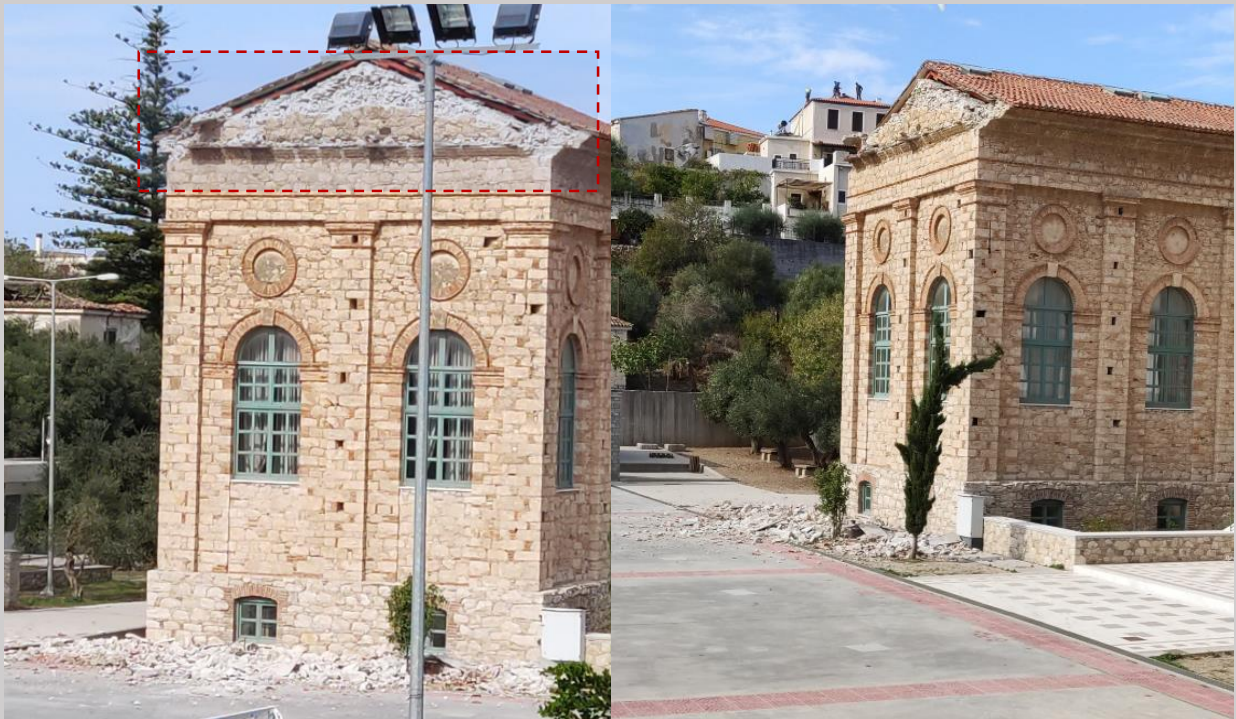
Οι βλάβες που παρατηρήθηκαν στα κτήρια αυτά συμβαδίζουν με τα περιγραφόμενα στο Κεφάλαιο 4, ανάλογα με το είδος της κατασκευής. Στο Δημοτικό Σχολείο των Κοντακαίκων παρατηρήθηκαν σοβαρές βλάβες στην τοιχοποιία, εκτεταμένη πτώση επιχρισμάτων και ανατροπή εξοπλισμού. Σημαντικές βλάβες παρατηρήθηκαν επίσης στα λιθόκτιστα Δημοτικά Σχολεία της Λέκκας, του Πλατάνου και των Κουμείικων. Τέλος, επισημαίνεται ότι το Νοσοκομείο στο Βαθύ και το Κέντρο Υγείας στο Καρλόβασι (και τα δύο σύγχρονα κτήρια οπλισμένου σκυροδέματος) συμπεριφέρθηκαν πολύ ικανοποιητικά.



Σχήμα 47: Δημοτικό Σχολείο στα Κοντακαίικα: Σημαντικές βλάβες στη φέρουσα τοιχοποιία, με ταυτόχρονη πτώση επιχρισμάτων και ανατροπή εξοπλισμού.



Σχήμα 48: Δημοτικό Σχολείο Χώρας: παρατηρήθηκαν χιαστί διαμητικές ρωγμές στη φέρουσα τοιχοποιία με ταυτόχρονη πτώση επιχρισμάτων.



Σχήμα 49: Δημοτικό Σχολείο στο Καρλόβασι (Πορφυριάδα Σχολή): πτώση της εξωτερικής παρειάς τοιχοποιίας στην τριγωνικής μετόπη κάτω από την στέγη και στην περιμετρική μαρκίζα, βλάβες στη στέγη. Παρατηρήθηκαν, επίσης, ρωγμές στο εσωτερικό του κτηρίου.



Σχήμα 50: Αστοχία τοίχου εκτός επιπέδου και ρηγμάτωση γωνίας περιμετρικής μαρκίζας στο κτήριο Λυμπέρη του Πανεπιστημίου Αιγαίου.

5.7. ΓΕΦΥΡΕΣ ΚΑΙ ΟΔΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ

Σε γενικές γραμμές, το οδικό δίκτυο δεν παρουσίασε σημαντικές βλάβες. Οι παρατηρηθείσες βλάβες οφείλονται σε: (α) μετακινήσεις τοίχων αντιστήριξης, (β) ρωγμές στο οδόστρωμα λόγω καθιζήσεων/δυναμικής συνίζησης της επίχωσης ή περιορισμένης εδαφικής εξάπλωσης κοντά στα παραλιακά μέτρα και (γ) κατολισθήσεις - βραχοπτώσεις. Ρωγμές στο οδόστρωμα διαπιστώθηκαν σε διάφορα σημεία του οδικού δικτύου, αλλά κρίθηκαν ως μη ανησυχητικές. Κατολισθήσεις (βλ Κεφ 6.2) που επηρέασαν οδικά δίκτυα παρατηρήθηκαν σε θέσεις κοντά στον οικισμό Αυλάκια και στο χωριό Δρακαίοι. Δεν υπάρχουν ενδείξεις βλαβών στις γέφυρες του νησιού, παλαιότερες και νεότερες.



Σχήμα 51: Περιορισμένα τοπικά προβλήματα στο οδικό δίκτυο από ρηγματώσεις λόγω καθίζησης της επίχωσης στην παραλιακή οδό μεταξύ Καρλοβασίου - Βαθέος.



Σχήμα 52: Περιορισμένα τοπικά προβλήματα στο οδικό δίκτυο από μερική αστοχία τοίχου αντιστήριξης κοντά στο χωριό Άγιοι Θεόδωροι και κατολίθωση στα Αυλάκια.



Σχήμα 53: Παλιές και νεώτερες γέφυρες, λιθόκτιστες και από οπλισμένο σκυρόδεμα, επέδειξαν πολύ καλή συμπεριφορά.

6. ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΙ ΑΣΤΟΧΙΕΣ

6.1. ΤΟΠΙΚΕΣ ΕΔΑΦΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Καταγραφές και αναλύσεις κατά το παρελθόν έχουν καταδείξει το σημαντικότατο ρόλο των τοπικών εδαφικών ή/και τοπογραφικών συνθηκών στα χαρακτηριστικά του σεισμικού κραδασμού που παρατηρείται στην επιφάνεια. Το γεγονός αυτό έχει συχνά συσχετιστεί με έντονη συγκέντρωση βλαβών σε κτίσματα και έργα υποδομής. Κατά το σεισμό της 30^{ης} Οκτωβρίου οι τοπικές εδαφικές και τοπογραφικές συνθήκες ενδέχεται να διαδραμάτισαν σημαντικό ρόλο, καθώς πιθανότατα ενίσχυσαν τον σεισμικό κραδασμό, τροποποίησαν το συχνοτικό του περιεχόμενο, και παράτειναν τη διάρκειά του. Η περιοχή του Καρλοβασίου είναι ως επί το πλείστον πεδινή με βαθιά ιζήματα και περιβάλλεται από λόφους, γεγονός που συνηγορεί σε φαινόμενα μονοδιάστατης ή/και πολυδιάστατης εδαφικής ενίσχυσης. Απεναντίας, η περιοχή της πρωτεύουσας (Βαθύ) είναι αμφιθεατρική με ορισμένους λόφους, με το Άνω Βαθύ να βρίσκεται σε έναν από αυτούς. Κατά συνέπεια, η έντονη συγκέντρωση βλαβών στο Άνω Βαθύ ενδέχεται να σχετίζεται με την τοπογραφική ενίσχυση του σεισμικού κραδασμού (πέραν της ποιότητας κατασκευής, του δομικού τύπου, και της ηλικίας των κτηρίων). Επισημαίνεται ότι έντονη

συγκέντρωση βλαβών παρατηρήθηκε και σε ημιορεινά χωριά γύρω από το Καρλόβασι, όπως τα χωριά Κονταίικα και Κοντακαίικα.



Σχήμα 54: Άποψη της πόλης του Καρλοβασίου από τα δυτικά, όπου διακρίνεται το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.



Σχήμα 55: Άποψη της πρωτεύουσας (Βαθύ) από τα δυτικά, όπου διακρίνεται το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής.

6.2. ΑΣΤΑΘΕΙΑ ΠΡΑΝΩΝ / ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ / ΒΡΑΧΟΠΤΩΣΕΙΣ

Σε διάφορα σημεία του νησιού, κυρίως στο βόρειο τμήμα, εντοπίστηκαν αστάθειες βραχιδών και εδαφικών πρανών. Τα περισσότερα από αυτά τα πρανή ήταν φυσικά. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι αστάθειες αυτές είχαν τη μορφή καταπτώσεων, ενώ σε κάποιες άλλες παρατηρήθηκαν σημαντικές εδαφικές μετακινήσεις και ρηγματώσεις. Τα φαινόμενα αυτά οδήγησαν σε βλάβες οικημάτων (όπως στο Κοκκάρι) και προβλήματα στο οδικό δίκτυο (όπως στα Αυλάκια, στο Ποτάμι, και στα Κοντακαίικα).



Σχήμα 56: Αποκολλήσεις και καταπτώσεις βράχων στο Κοκκάρι δίπλα σε υφιστάμενα κτίρια. Εμφανής η ύπαρξη κατακόρυφων ρωγμών στο πέτρωμα.



Σχήμα 57: Αστοχία βραχώδους πρανούς στα Αυλάκια. Διαπιστώνεται ότι οι ασυνέχειες του πετρώματος ήταν ομόρροπες ως προς στην κλίση του πρανούς (αεροφωτογραφία: Ι. Ν. Σπύρου)



Σχήμα 58: Αποκολλήσεις και καταπτώσεις βράχων στην περιοχή Ποτάμι κοντά στο Καρλόβασι (άνω αριστερά και άνω δεξιά), κοντά στην παραλία Τσαμπού (κάτω αριστερά), και στο χωριό Κουμείκα (κάτω δεξιά).



Σχήμα 59: Εκτεταμένες ρωγμές στο έδαφος και στο οδόστρωμα στα Κοντακαίικα, ενδεικτικές μιας ευρύτερης εδαφικής αστάθειας/μετακίνησης στην περιοχή.

6.3. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΡΕΥΣΤΟΠΟΙΗΣΗΣ

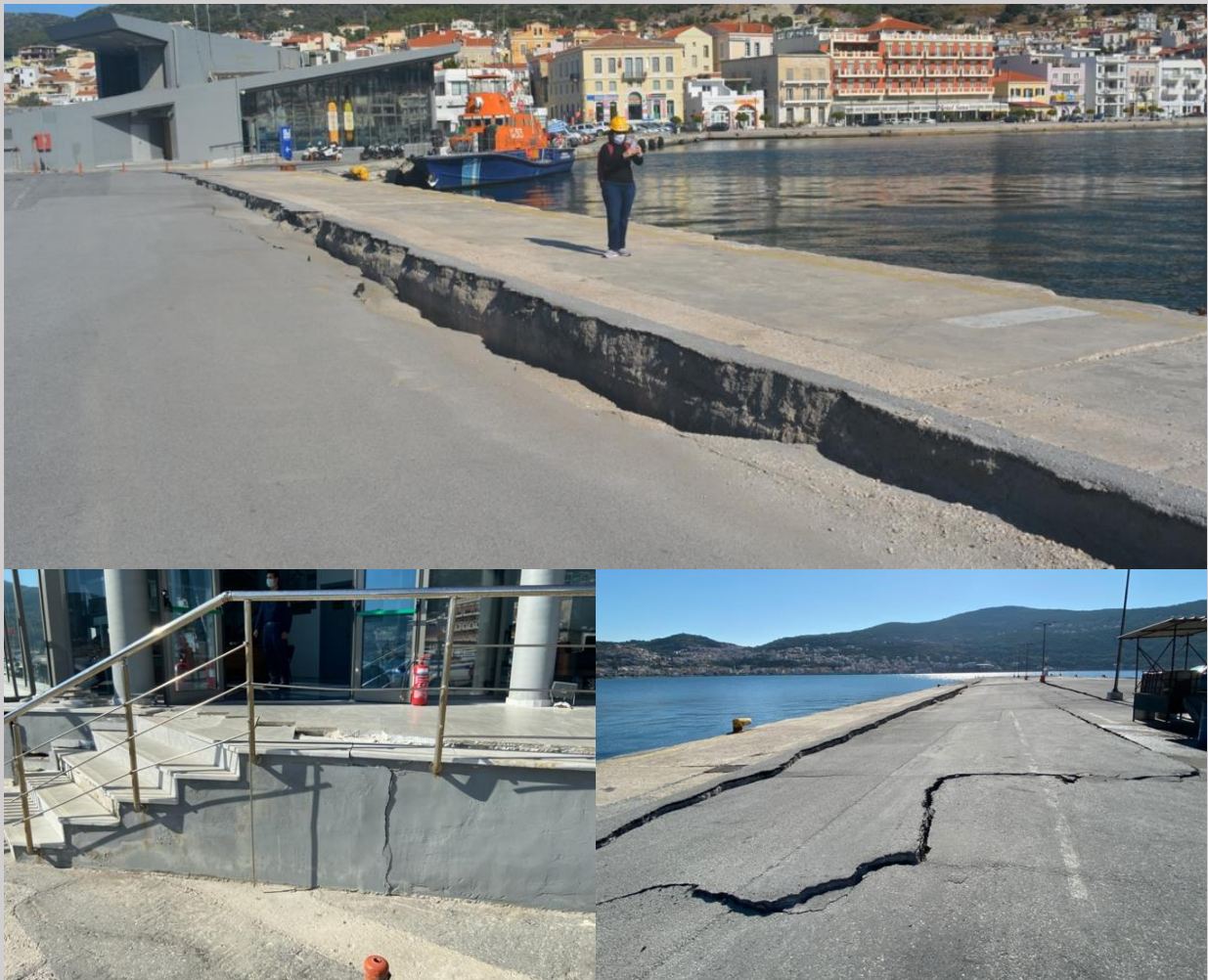
Στην περιοχή του Μαλαγαρίου, βορειοδυτικά της πόλης του Βαθιού, εντοπίστηκαν ενδείξεις εδαφικής ρευστοποίησης στο ελεύθερο πεδίο, κοντά στην ακτογραμμή. Συγκεκριμένα, εντοπίστηκαν κώνοι αμμοίλουος γκριζου χρώματος, χαρακτηριστικοί της εκτόνωσης της υπερπίεσης πόρων και της επακόλουθης διέλευσης του ρευστοποιημένου υλικού μέσω των ανώτερων εδαφικών στρώσεων. Οι συγκεκριμένες αποθέσεις είχαν μερικώς αλλοιωθεί λόγω της διέλευσης οχημάτων μετά το σεισμό. Παρόλα αυτά, μπορούσαν ακόμα να διακριθούν κάποιοι κώνοι, όπως και η έκταση του υλικού με το χαρακτηριστικό χρώμα. Διακρίθηκαν επίσης εκτεταμένες εδαφικές ρωγμές λόγω πιθανής οριζόντιας εξάπλωσης του εδάφους προς τη θάλασσα. Το φαινόμενο αυτό είναι σύνηθες όταν μία μη-επιφανειακή εδαφική στρώση ρευστοποιείται, και το υπερκείμενο μη-ρευστοποιημένο έδαφος ολισθαίνει λόγω κλίσης της διεπιφάνειάς τους. Το φαινόμενο είναι εντονότερο όταν σε παράκτιες, παραλίμνιες ή παραποτάμιες περιοχές προϋπάρχει κατακόρυφο ή κεκλιμένο ελεύθερο μέτωπο του εδάφους στο νερό.



Σχήμα 60: Φαινόμενα εδαφικής ρευστοποίησης στο Μαλαγάρι. Παρά τις ανθρωπογενείς αλλοιώσεις μετά το σεισμό, διακρίνονται κώνοι αμμοϊλύος και εδαφικές ρωγμές λόγω πιθανής οριζόντιας εξάπλωσης.

6.4. ΛΙΜΕΝΙΚΟΙ ΚΡΗΠΙΔΟΤΟΙΧΟΙ

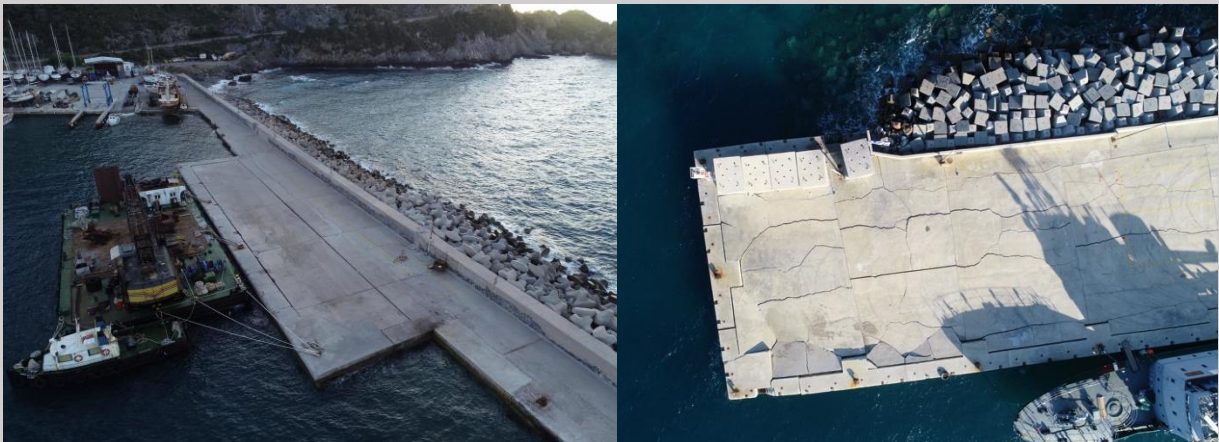
Εκτεταμένες βλάβες παρατηρήθηκαν κυρίως στους λιμένες του βόρειου τμήματος του νησιού. Συγκεκριμένα, δύο από τους λιμένες στο Καρλόβασι, δύο λιμένες στο Βαθύ, και ο μικρός λιμένας στο Κοκκάρι παρουσίασαν μετατοπίσεις και στροφές των κρηπιδότοιχων, σημαντικές διαφορικές καθιζήσεις, και έντονες ρηγματώσεις στην επιφάνεια. Αξίζει να σημειωθεί ότι δίπλα στους λιμένες του Βαθιού προϋπήρχαν κτίρια οπλισμένου σκυροδέματος θεμελιωμένα με πασσάλους τα οποία παρουσίασαν εξαιρετική συμπεριφορά. Επιπρόσθετα, στο Καρλόβασι παρατηρήθηκαν κάποιες αποθέσεις άμμου και χαλικιών στην επιφάνεια του λιμένα, πιθανώς λόγω ρευστοποίησης των υλικών επίχωσης και διέλευσης αυτών μέσω των ρηγματώσεων κατά την εκτόνωση. Σημειώνεται ότι οι επακόλουθες διελεύσεις κυμάτων τσουνάμι από την περιοχή και η πιθανή απόπλυση της άμμου και των χαλικιών από την επιφάνεια του λιμένα καθιστούν δύσκολη την εξαγωγή συμπερασμάτων περί ρευστοποίησης. Επίσης, μικρότερες βλάβες εντοπίστηκαν σε κάποια από τα λιμάνια στο νότιο τμήμα του νησιού, όπως στο Πυθαγόρειο και στον Όρμο Μαραθοκάμπου. Τέλος, δεν αποκλείεται να υπήρξαν βλάβες και σε άλλους μικρότερους λιμένες του νησιού, τους οποίους η ομάδα του ETAM δεν είχε το χρόνο να επισκεφθεί.



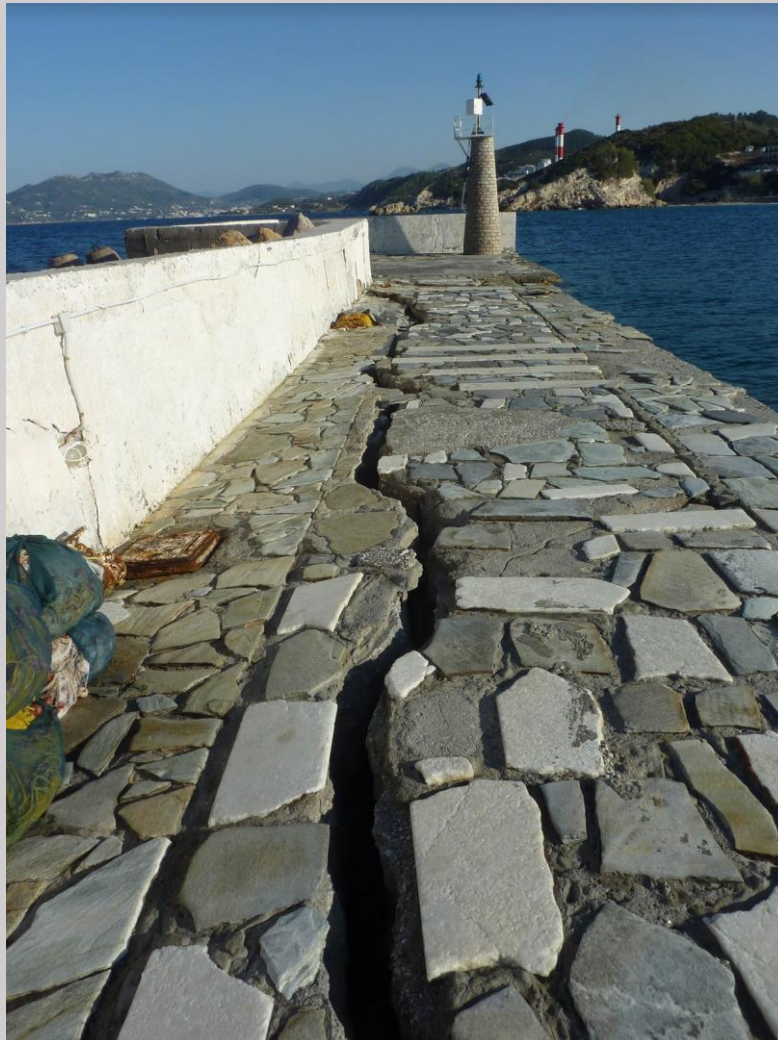
Σχήμα 61: Βλάβες στον ανατολικό λιμένα στο Βαθύ λόγω μετακίνησης και στροφής του κρηπιδότοιχου ή/και δυναμικής συνίζησης της επίχωσης.



Σχήμα 62: Βλάβες στον ανατολικό λιμένα στο Βαθύ λόγω μετακίνησης και στροφής του κρηπιδότοιχου ή/και δυναμικής συνίζησης της επίχωσης.



Σχήμα 63: Βλάβες σε λιμενοβραχίονες στο Καρλόβασι. Εντοπίστηκαν ρηγματώσεις οι οποίες οφείλονται σε μετατοπίσεις και στροφές των κρηπιδότοιχων και ενδεχόμενες διαφορικές καθιζήσεις του εδάφους (αεροφωτογραφίες: Ι. Ν. Σπύρου) .



Σχήμα 64: Βλάβες στο λιμένα στο Κοκκάρι. Εντοπίστηκαν ρηγματώσεις οι οποίες οφείλονται σε μετατοπίσεις και στροφές του κρηπιδότοιχου και ενδεχόμενες διαφορικές καθιζήσεις του εδάφους.

6.5. ΟΙΟΝΕΙ-ΣΤΑΤΙΚΗ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΔΑΦΟΥΣ – ΑΝΩΔΟΜΗΣ

Σε ορισμένες θέσεις εντοπίστηκαν βλάβες κυρίως σε κτήρια φέρουσας τοιχοποιίας οι οποίες οφείλονται πιθανώς σε εδαφικές μετατοπίσεις και οιονεί-στατική αλληλεπίδραση εδάφους – ανώδομης. Συγκεκριμένα, στον Όρμο Καρλοβάσιου παρατηρήθηκαν βλάβες σε αρκετά κτήρια τα οποία βρίσκονται στο παραλιακό μέτωπο λόγω οριζόντιας εξάπλωσης του εδάφους προς τη θάλασσα. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεν εντοπίστηκαν ενδείξεις ρευστοποιημένων υλικών στην επιφάνεια του εδάφους. Επίσης, σε συγκεκριμένη περιοχή του χωριού Κουμέικα παρατηρήθηκαν σημαντικές βλάβες σε αρκετά γειτνιάζοντα κτήρια φέρουσας τοιχοποιίας, οι οποίες αποδίδονται σε εκτεταμένη εδαφική αστάθεια και συνεπακόλουθες διαφορικές καθιζήσεις.



Σχήμα 65: Βλάβες σε κτήρια στο Καρλόβασι λόγω οριζόντιας εξάπλωσης του εδάφους προς το παραλιακό μέτωπο



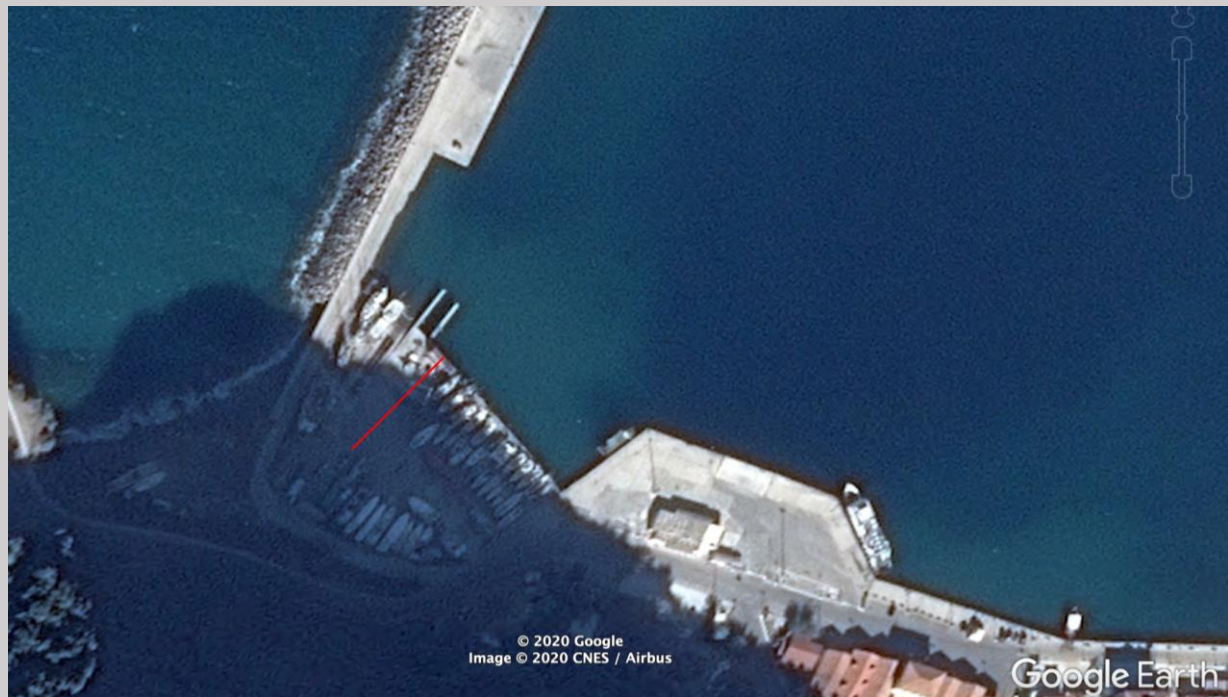
Σχήμα 66: Βλάβες στο Λαογραφικό Μουσείο στα Κουμέικα λόγω εδαφικής αστάθειας και συνεπακόλουθων διαφορικών καθιζήσεων.

6.6. ΕΝΔΕΙΞΕΙΣ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Η ομάδα του ETAM επιχείρησε να συλλέξει πληροφορίες σχετικά με τα κύματα τσουνάμι που επηρέασαν κυρίως το βόρειο τμήμα του νησιού. Σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων, το μεγαλύτερο κύμα τσουνάμι παρουσιάστηκε στο Βαθύ και έφτασε περίπου 100 μέτρα από την ακτογραμμή στην ξηρά. Η πληροφορία αυτή είναι συμβατή με άλλες πιο εκτεταμένες έρευνες στην περιοχή (Triantafyllou et al. 2020) οι οποίες αναφέρουν το όριο του νερού να φτάνει από 87 έως 101 μέτρα μέσα στους δρόμους της πρωτεύουσας. Στο Καρλόβασι, οι επιπτώσεις του τσουνάμι δεν ήταν τόσο μεγάλες. Σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων, στο δυτικό λιμάνι του Καρλοβασιού το νερό έφτασε στα περίπου 50m από την ακτογραμμή στην ξηρά, και είχε βάθος περίπου 40cm. Οι πληροφορίες αυτές είναι συμβατές με άλλες έρευνες.



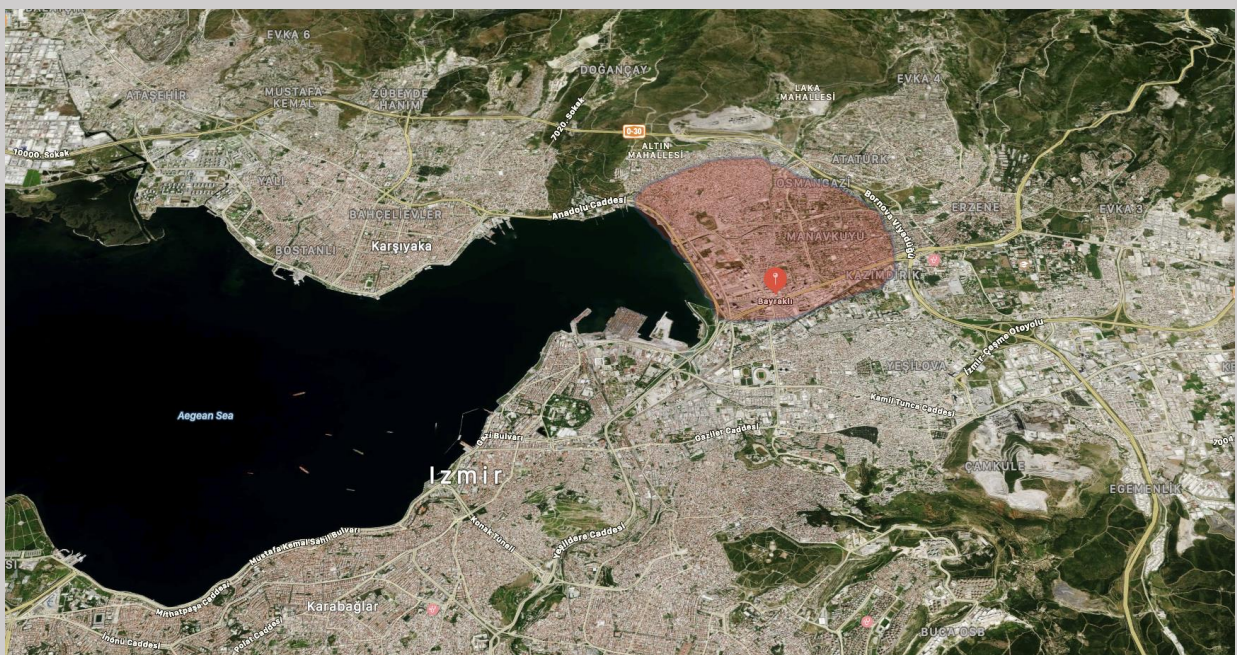
Σχήμα 67: Σύμφωνα με μαρτυρίες κατοίκων, το νερό στην ξηρά έφτασε μέχρι το συγκεκριμένο κτίριο, το οποίο απέχει από την ακτογραμμή περίπου 100 μέτρα σύμφωνα με προσεγγιστική μέτρηση στο χάρτη.



Σχήμα 68: Λιμάνι του Καρλοβασίου. Σύμφωνα με τις μαρτυρίες κατοίκων, το όριο του νερού συμπίπτει με την αλλαγή απόχρωσης της επιφάνειας στο λιμάνι. Η προσεγγιστική μέτρηση της απόστασης από τη θάλασσα είναι 50 μέτρα και το βάθος του νερού περίπου 40 εκατοστά.

7. ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΟΥ ΣΕΙΣΜΟΥ ΣΤΗ ΣΜΥΡΝΗ

Οι ζημιές στην Τουρκία ήταν πολύ σημαντικότερες (τουλάχιστον 20 καταρρεύσεις κτηρίων) από αυτές στην Ελλάδα – παρά την μεγαλύτερη απόσταση από το ρήγμα και σε περιοχές εκτός του κοντινού πεδίου. Ειδικότερα στο προάστειο Μπαϊρακλί της Σμύρνης όπου χάθηκαν οι περισσότερες ζωές από καταρρεύσεις εννέα (9) κτηρίων, είναι αξιοσημείωτο ότι αυτές εκδηλώθηκαν σε απόσταση περίπου 65 km από το ρήγμα και επικεντρώθηκαν σε μια πολύ μικρή γεωγραφική περιοχή - γεγονός ασυνήθιστο (Σχήμα 70).



Σχήμα 70: Γενική άποψη επικέντρου σε σχέση με την πόλη της Σμύρνης (65km, άνω), δορυφορική άποψη της περιοχής Bayraklı όπου προκλήθηκαν οι περισσότερες δομικές βλάβες και καταρρεύσεις (μέσο) καθώς και εικόνες από κτίρια που κατέρρευσαν (Istanbul Technical University (ITU) 2020).

Αν συνυπολογιστεί το ιδιαίτερα μαλακό έδαφος στην κοιλάδα του Μπαϊρακλί (μέσες ταχύτητες διάδοσης σεισμικών κυμάτων στα κορυφαία 30m, χαμηλότερες των 130 m/s) (Erdik et al. 2020), το συγκεκριμένο ύψος των κτηρίων που κατέρρευσαν (7 – 9 όροφοι), τις σχετικά μικρές εδαφικές επιταχύνσεις σε βράχο (της τάξης του 0.1g), σε μικρή απόσταση από τις καταρρεύσεις, τις μεγάλες φασματικές τιμές της σεισμικής κίνησης σε περιόδους μεγαλύτερες από 1 sec, την απουσία έντονων βλαβών σε ψηλότερα/χαμηλότερα κτήρια, και τη σχετικά μικρή ηλικία των κτηρίων (μικρότερη των 30 ετών – αν και σχεδιασμένα βάσει παλαιότερων/παρωχημένων κανονιστικών διατάξεων), προκύπτει ότι φαινόμενα τοπικής εδαφικής ενίσχυσης και δυναμικής αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής, πρέπει να διαδραμάτισαν ιδιαίτερα επιβαρυντικό ρόλο στη σεισμική συμπεριφορά των συγκεκριμένων κατασκευών. Σημειώνεται ότι δεν παρατηρήθηκαν ρευστοποιήσεις στην εν λόγω περιοχή, όμως αυτό είναι ερμηνεύσιμο δεδομένης της αργιλικής σύστασης του εδάφους (ενδεχομένως και της σχετικά μικρής έντασης της σεισμικής κίνησης τοπικά). Το συγκεκριμένο φαινόμενο θυμίζει την περίπτωση του σεισμού του Μεξικού το 1985, αλλά και πιο πρόσφατους σεισμούς στην Τουρκία. Ειδικότερα αναφορικά με τον σεισμό του Μεξικού, οι ομοιότητες με το Μπαϊρακλί βρίσκεται εντοπίζονται κυρίως σε ποιοτικό επίπεδο, καθώς εκεί το μέγεθος του σεισμού, η απόσταση από το ρήγμα, το ύψος των κτηρίων που κατέρρευσαν, οι εμπλεκόμενες δεσπύζουσες περίοδοι, και ο αριθμός των ανθρώπινων απωλειών ήταν σαφώς μεγαλύτερες (Resendiz and Roesset 1987).

Συνολικά, οι πολύ μεγαλύτερες ζημιές και απώλειες ζωής στη Σμύρνη συγκριτικά με τη Σάμο, παρά την υπερδιπλάσια απόσταση από το ρήγμα, οφείλουν να ερμηνευθούν (και) στη βάση της έκθεσης πολύ μεγαλύτερου πληθυσμού (σχεδόν 4.5 εκατομμυρίων έναντι 30 χιλιάδων) και σημαντικά μεγαλύτερου αριθμού κτηρίων στη σεισμική διέγερση.

8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σεισμός της Παρασκευής 30^{ης} Οκτωβρίου 2020 έλαβε χώρα σε χαρτογραφημένο κανονικό ρήγμα με διεύθυνση ανατολή-δύση και κλίση περίπου 50 μοιρών, βόρεια της Σάμου, με μέγεθος ροπής περίπου 7 και μικρό εστιακό βάθος. Το μήκος της διάρρηξης ήταν περίπου 40 χιλιόμετρα και η μέγιστη ολίσθηση στο ρήγμα περίπου 2 μέτρα. Το ίχνος του ρήγματος εντοπίζεται στο βόρειο άκρο του νησιού. Ο σεισμός προκάλεσε ανύψωση του νησιού της Σάμου στο τέμαχος βάσης (footwall) του ρήγματος κατά περίπου 25 εκατοστά. Παρατηρήθηκε τσουνάμι το ύψος του οποίου ενδεχομένως να ξεπέρασε το 1.5 μέτρο, το οποίο εισχώρησε τουλάχιστον 50-100 μέτρα στην ξηρά, σε διάφορες θέσεις. Καταγράφηκε μεγάλος αριθμός μετασεισμών με μεγαλύτερο – μέχρι στιγμής - μέγεθος ροπής 5.2. Οι μέγιστες οριζόντιες εδαφικές επιταχύνσεις στο Βαθύ, σε απόσταση περίπου 20 km από το ρήγμα ήταν 0.24g, ενώ οι αντίστοιχες ταχύτητες περίπου 20 cm/s.

Ο σεισμός είναι μέχρι στιγμής ο πιο πολύνεκρος του 2020, με τουλάχιστον 116 νεκρούς στην Τουρκία (1 από το τσουνάμι) και 2 νεκρούς στη Σάμο. Οι τραυματίες ξεπερνούν τους 1000 στην Τουρκία και τους 20 στη Σάμο.

Οι δομικές βλάβες στη Σάμο υπήρξαν σχετικά περιορισμένες σε σχέση με το μέγεθος της σεισμικής δόνησης. Σημαντικές βλάβες και καταρρεύσεις παρατηρήθηκαν κυρίως σε παλαιά κτήρια, κατασκευασμένα πριν το 1959. Βλάβες παρατηρήθηκαν επίσης σε νεότερα κτήρια, κατασκευασμένα ανάμεσα στο 1959 και το 1985, ενώ μικρές βλάβες (κυρίως σε τοιχοπληρώσεις) παρατηρήθηκαν σε κατασκευές οι οποίες μελετήθηκαν βάσει του σύγχρονου ελληνικού αντισεισμικού κανονισμού και των Ευρωκωδίκων. Οι βλάβες σε κτίσματα θρησκευτικού χαρακτήρα (παλιές εκκλησίες) ήταν σημαντικές.

Βλάβες με τη μορφή πτώσεων/ανατροπών παρατηρήθηκαν σε εκθέματα μουσείων και μικρούς κίονες σε αρχαιολογικού χώρους. Αντίθετα, ο μεγάλος κίονας στο Ηραίο δεν παρουσίασε μετατοπίσεις/στροφές.

Παρατηρήθηκαν διάφορες αστοχίες γεωτεχνικού χαρακτήρα (ρευστοποιήσεις/πλευρική εξάπλωση, δυναμική συνίζηση, κατολισθήσεις / βραχοπτώσεις) οι οποίες όμως ήταν σχετικά περιορισμένες σε έκταση. Ο ρευστοποιήσεις παρατηρήθηκαν κοντά στην ακτογραμμή. Στα λιμάνια του βόρειου τμήματος του νησιού (Καρλόβασι, Βαθύ, Κοκκάρι), παρατηρήθηκαν εκτεταμένες βλάβες με τη μορφή μετατοπίσεων και στροφών των κρηπιδότοιχων, διαφορικών καθιζήσεων, και ρηγματώσεων στην επιφάνεια. Φαινόμενα οιονεί στατικής αλληλεπίδρασης εδάφους κατασκευής παρατηρήθηκαν σε κτήρια κατά μήκος του παραλιακού μετώπου στο Καρλόβασι, λόγω οριζόντιας εξάπλωσης του εδάφους προς τη θάλασσα.

Παρά το γεγονός ότι οι βλάβες στη Σμύρνη και στη Σάμο προκλήθηκαν από τον ίδιο σεισμό, τα ευρήματα της μετασεισμικής αναγνώρισης υπήρξαν πολύ διαφορετικά τόσο από άποψη έκτασης αστοχιών και καταρρεύσεων κατασκευών όσο και δομικών τύπων που υπέστησαν τις περισσότερες βλάβες. Το γεγονός αυτό οφείλεται στη διαφορετική σύνθεση και πυκνότητα του δομικού ιστού στις δύο περιοχές (πολυώροφα κτήρια Ο/Σ σε σχέση με μονώροφα/διώροφα κτήρια φέρουσας τοιχοποιίας), τις διαφορετικές εδαφικές συνθήκες (ιδιαίτερα μαλακό έδαφος / βράχος) και συνακόλουθα το σαφώς διακριτό συχνοτικό περιεχόμενο της σεισμικής διέγερσης, τον μηχανισμό της διάρρηξης του ρήγματος (επικρεμάμενο τέμαχος και τέμαχος βάσης, αντίστοιχα) καθώς και ενδεχόμενα φαινόμενα τοπικής ενίσχυσης του σεισμικού κραδασμού τύπου κοιλάδας στην περίπτωση της Σμύρνης (basin effects). Ο έλεγχος της ποιότητας της κατασκευής, ιδιαίτερα σε πολυώροφες κατασκευές στη Σμύρνη αποτελεί μια ακόμη σημαντική παράμετρο, η έκταση της επιρροής της οποίας όμως θα αποτιμηθεί μετά από ενδελεχή μελέτη των δομικών βλαβών στην εν λόγω περιοχή της Σμύρνης. Οι πολύ μεγαλύτερες ζημιές και απώλειες ζωής στη Σμύρνη συγκριτικά με τη Σάμο, παρά την υπερδιπλάσια απόσταση από το ρήγμα, οφείλουν να ερμηνευθούν (και) στη βάση της έκθεσης πολύ μεγαλύτερου πληθυσμού (σχεδόν 4.5 εκατομμυρίων έναντι 30 χιλιάδων) και αντίστοιχα μεγαλύτερου αριθμού κτηρίων σε ισχυρή σεισμική διέγερση.

8.1. ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΠΟΛΙΤΕΙΑ

Με βάση τα συμπεράσματα από το σεισμό όπως αναπτύχθηκαν στην προηγούμενη ενότητα κρίνεται ότι:

- Η συμπεριφορά των κτηρίων στη Σάμο τα οποία μελετήθηκαν με τους αντισεισμικούς κανονισμούς (από το 1985 και μετά), ήταν πολύ καλή, απότοκο της ορθολογικότερης-ακριβέστερης εκτίμησης της σεισμικότητας, των διατάξεων του αντισεισμικού σχεδιασμού και της ορθής εφαρμογής τους.
- Σε ό,τι αφορά τα σχολικά κτήρια, ενώ δεν παρατηρήθηκαν καταρρεύσεις, σημειώθηκαν εκτεταμένες βλάβες στον μη φέροντα οργανισμό. Πέραν του μεγάλου οικονομικού κόστους το οποίο οφείλεται σε τέτοιες βλάβες, υπάρχει και ο σοβαρός κίνδυνος βλάβης ανθρώπινης ζωής.
- Με βάση τις παρατηρήσεις αυτού του σεισμού καθώς και άλλων πρόσφατων σεισμών στην Ελλάδα και διεθνώς, κρίνεται αναγκαία η επανεξέταση του κανονιστικού πλαισίου, ειδικότερα σε ό,τι αφορά τη μείωση της μη-δομικής τρωτότητας μέσω των προβλέψεων για τον οργανισμό

πλήρωσης και την στήριξη του κινητού εξοπλισμού, τον επαναπροσδιορισμό τη κατάταξης των κατασκευών σε κατηγορίες και την εν γένει σύλληψη του φέροντος οργανισμού.

- Απαιτείται η άμεση προώθηση των δράσεων που αφορούν στη άρση της επικινδυνότητας ετοιμόρροπων ή/και μη κατοικημένων κτηρίων με στατικά προβλήματα, τηρουμένων όλων των απαιτούμενων μέτρων ασφαλείας όσο διαρκεί η μετασεισμική ακολουθία, καθώς και η αποσαφήνιση του θεσμικού πλαισίου για την διενέργεια υποστυλώσεων και καθαιρέσεων σε ιδιωτικά κτήρια συμπεριλαμβανομένης της διευθέτησης επικαλύψεων αρμοδιοτήτων.
- Ο σεισμός της 30/10/2020 και η καλή εν γένει συμπεριφορά των κατασκευών δεν πρέπει να δημιουργεί εφησυχασμό καθώς η σύνθεση του δομικού ιστού στα αστικά κέντρα είναι πολύ διαφορετική.
- Είναι αναγκαία η περαιτέρω ενίσχυση των δράσεων προσεισμικού ελέγχου δημοσίων κτηρίων στη χώρα καθώς και η θεσμοθέτηση κατάλληλων κινήτρων με στόχο την προσεισμική ενίσχυση ιδιωτικών κτηρίων.

9. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Τα δεδομένα GNSS ήταν διαθέσιμα μέσω των ελληνικών δικτύων NOANET και Hexagon SmartNET και του τουρκικού δικτύου CORS.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ADAF (2017) Earthquake MW 6.6. General event intro
- Bard P-Y, Acerra C, Aguacil G, et al (2008) Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. *Bull Earthq Eng* 6:
- Boore DM, Stewart JP, Seyhan E, Atkinson GM (2014) NGA-West 2 equations for predicting PGA, PGV, and 5%-Damped PSA for shallow crustal earthquakes. *Earthq Spectra* 30:1057–1085
- CEN (2004a) European Standard EN 1998-1. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance, Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings”, Committee for Standardization. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium
- CEN (2004b) European Standard EN 1998-3. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 3: Assessment and retrofitting of buildings”, Committee for Standardization
- Earthquake Planning and Protection Organization (EPPO) (2000) Greek Seismic Code EAK2000 (amended in 2003), Athens, Greece (in Greek)
- Erdik M, Demircioğlu MB, Cüneyt T (2020) Forensic analysis reveals the causes of building damage in İzmir in the Oct. 30 Aegean Sea earthquake, Temblor, <http://doi.org/10.32858/temblor.139>
- Ganas, A., Elias P, Briole P, et al (2020) Fault responsible for Samos earthquake identified, Temblor, <http://doi.org/10.32858/temblor.134>
- Ganas A, Andritsou N, Kosma C, et al (2018) A 20-yr database (1997-2017) of co-seismic displacements from GPS recordings in the Aegean area and their scaling with Mw and hypocentral distance. *ulletin Geol Soc Greece* 52:98–130. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12681/bgsg.18070>
- Ganas A, Drakatos G, Rontogianni S, et al (2008) NOANET: the new permanent GPS network for Geodynamics in Greece. , European Geophysical Union, Geophysical Research Abstracts 10, EGU2008-A-04380.
- Institute of Engineering Seismology and Earthquake Engineering (2020) Earthquake North of Samos Island (Greece) of 30/10/2020, Preliminary Report, Thessaloniki
- Istanbul Technical University (ITU) (2020) 30.10.2020 izmir depremi, Technical Report (in Turkish)
- Lekkas E, Mavroulis S, Gogou GA, et al (2020) The October 30, 2020, Mw 6.9 Samos (Greece) earthquake, Newsletter of Environmental, Disaster, and Crises Management Strategies, ISSN 2653-9454. Athens, Greece
- Margaris V, Theodulidis N, Papaioannou C, Papazachos CB (1990) Strong motion duration of earthquakes in Greece. In: Proc. XXII Gen. Ass. ESC, II. pp 865–870
- Mireault Y, Tétreault P, Lahaye F, et al (2008) Online precise point positioning: A new, timely service from

- natural resources Canada. *GPS World* 19:59–64
- Papadimitriou P, Kapetanidis V, Karakonstantis A, et al (2020) Preliminary report on the Mw=6.9 Samos earthquake of 30 October 2020
- Papazachos BC, Papazachou K (1997) *The Earthquakes of Greece*, Ziti Publications Thessaloniki, Greece, 304p.
- Resendiz D, Roesset JM (1987) Soil-structure interaction in Mexico City during the 1985 earthquake., *The Mexico Earthquakes - 1985*. ASCE, M. A. Cassaro & E. M. Romero (eds.), pp. 193 – 203
- Schmidt J (2020) Magnitude-7.0 quake strikes Aegean Sea, Temblor, <http://doi.org/10.32858/temblor.131>
- Sextos AG, Lekkas E, Stefanidou SP, et al (2020) Albania earthquake of November 26 , 2019 Report on Structural and Geotechnical Damage, Hellenic Association for Earthquake Engineering, Technical Report, Athens.
- Stewart JP, Klimis N, Savvaidis AS, et al (2014) Compilation of a local Vs profile database and its application for inference of VS30 from geologic and terrain-based proxies. *Bull Seismol Soc Am* 104:.. <https://doi.org/doi:10.1785/0120130331>
- Taylor JR (1997) *An Introduction to Error Analysis, in a series of Books in Physics*, Commins, Eugene, D., Editor University Sciences Books, Mill Valley, California.
- Triantafyllou I, Gogou M, Mavroulis S, et al (2020) The tsunami caused by the 30 October 2020 Samos (Greece), East Aegean Sea, Mw6.9 earthquake : impact assessment from post - event field survey and video records
- Zumberge JF, Heflin, M.B., Jefferson DC, Watkins MM, Webb FH (1997) Precise point positioning for the efficient and robust analysis of GPS data from large networks. *J Geophys Res* 102:5005–5017. <https://doi.org/10.1029/96JB03860>
- Βασιλικόν Διάταγμα (1959) Περί Αντισεισμικών Κανονισμών Οικοδομικών Έργων, ΦΕΚ 36/Α/19.2.1959
- Ο.Α.Σ.Π. (2012) Κανονισμός Επεμβάσεων (ΚΑΝ.ΕΠΕ.). Αθήνα
- Σκορδύλης Ε, Ε. Τ, Τριανταφυλλίδης Π (2020) Σεισμός Β. της Σάμου (M=7.0, 30/10/2020), [<http://geophysics.geo.auth.gr/ss/AKOLOYTHIES/17/info.html>]
- Χατζηδάκης ΠΙ (2020) Συνέπειες του σεισμού της 30ης Οκτωβρίου 2020 στα Μουσεία, Μνημεία και Αρχαιολογικούς Χώρους Σάμου και Ικαρίας.

11. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α

StnCode	Stn_Name	Lat	Lon	pgaE (g)	pgaN (g)	pgaE (cm/s ²)	pgaN (cm/s ²)	Epic (km)	Hyp (km)	Rjb (km)	Rrup (km)
SMG1	Vathi	37.76	26.98	0.232	0.161	227.300	157.800	23.2	26.1	12.6	18.1
KOS2	Kos (East)	36.89	27.29	0.036	0.034	35.277	33.097	121.5	122.0	109.2	110.0
PLM1	Plomari	38.98	26.37	0.012	0.014	11.901	13.330	124.0	124.5	111.2	113.5
MYT1	Mytilini	39.08	26.57	0.019	0.017	18.385	16.381	131.8	132.4	122.1	124.2
NAX1	Naxos	37.10	25.37	0.031	0.022	30.541	21.570	155.2	155.6	134.7	135.3
SFIR	Santorini	36.42	25.43	0.035	0.023	34.684	22.681	205.9	206.3	189.1	189.5
PER1	Peristeri	38.01	23.70	0.004	0.003	3.927	3.411	272.1	272.4	251.4	252.1
MOS1	Moschato	37.95	23.68	0.014	0.010	14.071	9.567	273.9	274.1	253.2	253.7
PIR2	Pireas	37.95	23.67	0.013	0.011	12.286	10.920	274.8	275.1	254.1	254.6
PIR3	Pireas	37.96	23.65	0.003	0.003	3.245	2.980	276.5	276.8	255.8	256.3
KSS1	Kasos	35.42	26.92	0.001	0.001	0.714	0.708	277.6	277.9	272.1	272.4
SKO1	Skopelos	39.12	23.73	0.001	0.001	0.927	1.089	299.5	299.7	279.3	280.2
THV2	Thiva	38.32	23.32	0.002	0.003	1.992	2.981	308.1	308.4	287.4	288.3
HER3	Heraklion	35.33	25.11	0.006	0.009	6.191	8.946	324.9	325.1	309.6	309.9
SPP1	Sappes	41.02	25.70	0.002	0.002	2.156	2.125	358.4	358.6	345.5	346.2
NMA1	Nemea	37.82	22.66	0.002	0.002	1.544	1.988	363.8	364.0	342.9	343.1
NPS1	Neapolis P	36.51	23.06	0.002	0.003	2.079	2.823	366.2	366.4	342.6	342.8
THS1	Thasos	40.74	24.58	0.001	0.001	0.738	0.903	368.0	368.2	352.0	352.7
VOL2	Volos	39.37	22.95	0.000	0.001	0.481	0.947	371.6	371.8	352.6	353.3
VOL3	Volos	39.37	22.94	0.001	0.001	0.642	0.687	373.2	373.4	354.2	354.9
SFK2	Sfakia	35.21	24.19	0.002	0.003	1.987	2.471	380.6	380.8	361.3	361.6
TRP1	Tripoli	37.51	22.36	0.001	0.001	1.075	0.851	393.3	393.4	371.3	371.5
XAN2	Xanthi	41.14	24.89	0.001	0.001	0.816	0.582	394.7	394.8	379.9	380.6
ARE2	Areopolis	36.67	22.38	0.001	0.001	0.991	0.522	415.1	415.3	391.0	391.2
PAT5	Rio	38.30	21.80	0.002	0.001	1.493	0.993	440.4	440.6	420.6	421.2
PET1	Petalidi	36.96	21.93	0.001	0.001	1.006	1.227	443.6	443.8	419.9	420.1
PAT4	Patra	38.23	21.75	0.002	0.002	1.509	2.137	444.1	444.3	424.2	424.8
PYR3	Pyrgos	37.68	21.46	0.002	0.002	1.678	1.538	470.2	470.4	449.0	449.2
PYR2	Pyrgos	37.67	21.45	0.002	0.002	1.543	1.530	471.4	471.5	450.1	450.2
VAS2	Vassiliki	38.63	20.61	0.001	0.003	1.232	2.653	546.9	547.1	528.5	529.0
VSK1	Vassilikiades	38.41	20.56	0.000	0.000	0.462	0.476	548.6	548.7	529.6	530.1
KNS1	Konitsa	40.05	20.75	0.000	0.000	0.374	0.334	574.6	574.7	559.9	560.4
KRK1	Kerkira	39.62	19.92	0.000	0.000	0.409	0.372	626.5	626.6	611.7	612.1



Ελληνικό Τμήμα Αντισεισμικής Μηχανικής
Νίκης 4, Αθήνα
www.eltam.org
etamannouncements@gmail.com

