



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085

Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΣΕΙΣΜΟΣ ΚΩ

M_w6.6 ΤΗΣ 21/07/2017

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2017



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085

Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



Η αναφορά στη χρήση του περιεχομένου αυτής της έκθεσης είναι η εξής:

ΙΤΣΑΚ (2017): Σεισμός Mw 6.6 της 21/07/2017 - Προκαταρκτική Έκθεση. Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ, ΟΑΣΠ, Θεσσαλονίκη, σελ. 20.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	1
2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ	3
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΙΣΧΥΡΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 21 ^{ΗΣ} ΙΟΥΛΙΟΥ 2017.	8
4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	12
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ – Λιμενικά Έργα	15
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ – Αρχαιότητες	21
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ – Οθωμανικά Μνημεία	25
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ – Κτίρια από Φέρουσα Τοιχοποιία & Ναοί	29
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ – Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα	35
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΕΙΣΜΟΥ 1933	39
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102

ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

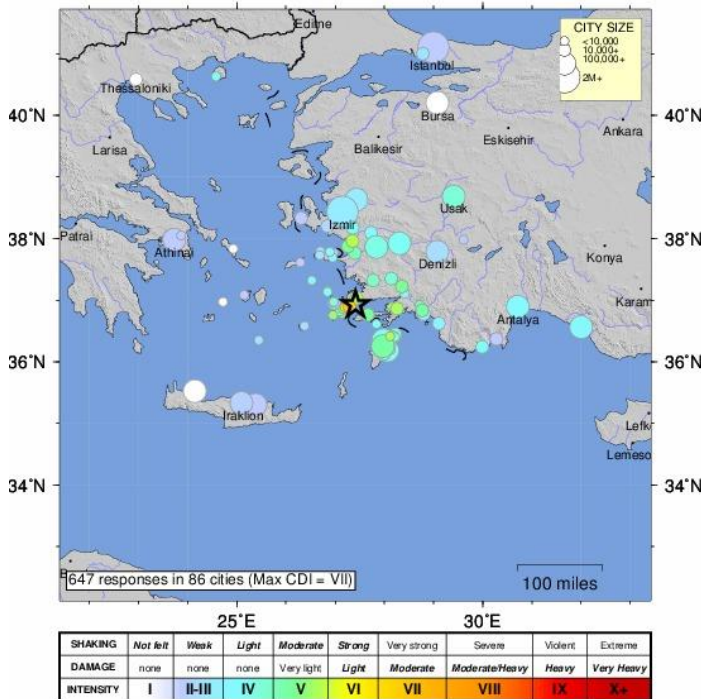
ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ

M6.6 ΤΗΣ 21/07/2017 ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΗΣ ΚΩ

ΕΝΟΡΓΑΝΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΣΤΟ ΔΟΜΗΜΕΝΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

1. ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Την 21^η Ιουλίου 2017 και ώρα Ελλάδας 01:31 (20.07.2017 22:31 GMT) σημειώθηκε στην περιοχή του ΑΝΑ Αιγαίου μία ισχυρή σεισμική δόνηση μεγέθους $M_w=6.6$. Σύμφωνα με την ανακοίνωση του Εθνικού Σεισμογραφικού Δικτύου επρόκειτο για επιφανειακό ($h \sim 10$ km) σεισμό με το επίκεντρο του να εντοπίζεται στο θαλάσσιο χώρο ανατολικά της πόλης της Κω. Οι γεωγραφικές συντεταγμένες του επίκεντρου όπως δίνονται από την ιστοσελίδα του Ευρω-Μεσογειακού Σεισμολογικού Κέντρου είναι $36.9190^{\circ}B$ $27.4430^{\circ}A$.



Σχ. 1a. Γεωγραφική κατανομή των μακροσεισμικών εντάσεων σύμφωνα με την απόκριση των κατοίκων (Πηγή USGS)

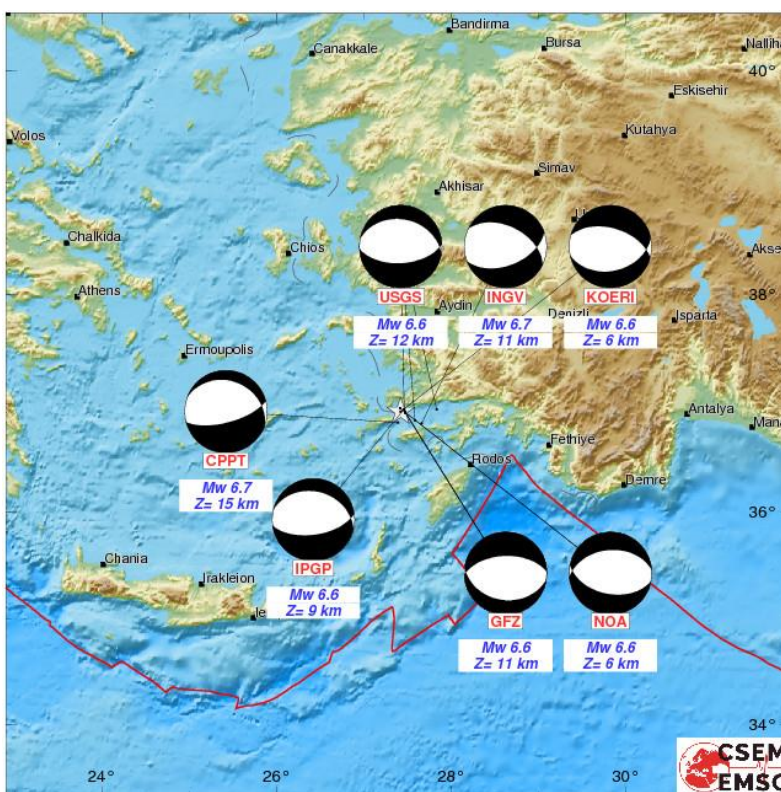


Σχ. 1b. Γεωγραφική κατανομή των μακροσεισμικών εντάσεων σύμφωνα με την απόκριση των κατοίκων (Πηγή EMSC-CSEM).

Η χωρική κατανομή των αποτελεσμάτων της σεισμικής κίνησης (ποιοτική εκτίμηση) παρουσιάζεται στους χάρτες των σχημάτων (1a & 1b). Οι χάρτες αυτοί βασίστηκαν στην απόκριση των κατοίκων της ευρύτερης εστιακής περιοχής. Το άστρο στον χάρτη αυτό παριστάνει τη θέση του επίκεντρου. Το χρώμα και το μέγεθος των κύκλων αντιστοιχούν στην τιμή της μακροσεισμικής έντασης

σύμφωνα με το υπόμνημα. Ο σεισμός έγινε ιδιαίτερα αισθητός και είχε περιορισμένες βλάβες στις πόλεις Κω και Bodrum Η υψηλότερη Μακροσεισμική Ένταση εκτιμήθηκε για την περιοχή της πόλης της Κω (I= VI -VII) ενώ για την περιοχή του Bodrum η τιμή ήταν I= VI). Ο σεισμός έγινε αισθητός στο Κεντρικό Αιγαίο, τη Κρήτη και μέχρι τις ακτές του Βορείου Αιγαίου τη Κύπρο και περιοχές του Çanakkale.

Σημαντικές πληροφορίες για τη διαδικασία γένεσης ενός σεισμού μπορούν να προέλθουν από τον καθορισμό του μηχανισμού γένεσης. Οι λύσεις του μηχανισμού γένεσης του σεισμού της 21^{ης} Ιουλίου δείχνουν ότι ο σεισμός σχετίζεται με ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ. Στο παρακάτω σχήμα δίνονται οι μηχανισμοί όπως καθορίστηκαν από διάφορα διεθνή και ελληνικά σεισμολογικά κέντρα (Σχ. 2) και οι οποίοι επιβεβαιώνουν τη γένεση του σεισμού λόγω κανονικής διάρρηξης.



Σχήμα. 2. Γραφική παρουσίαση των λύσεων των μηχανισμών γένεσης του σεισμού της 21^{ης} Ιουλίου 2017 στο θαλάσσιο χώρο ανατολικά της Κω.

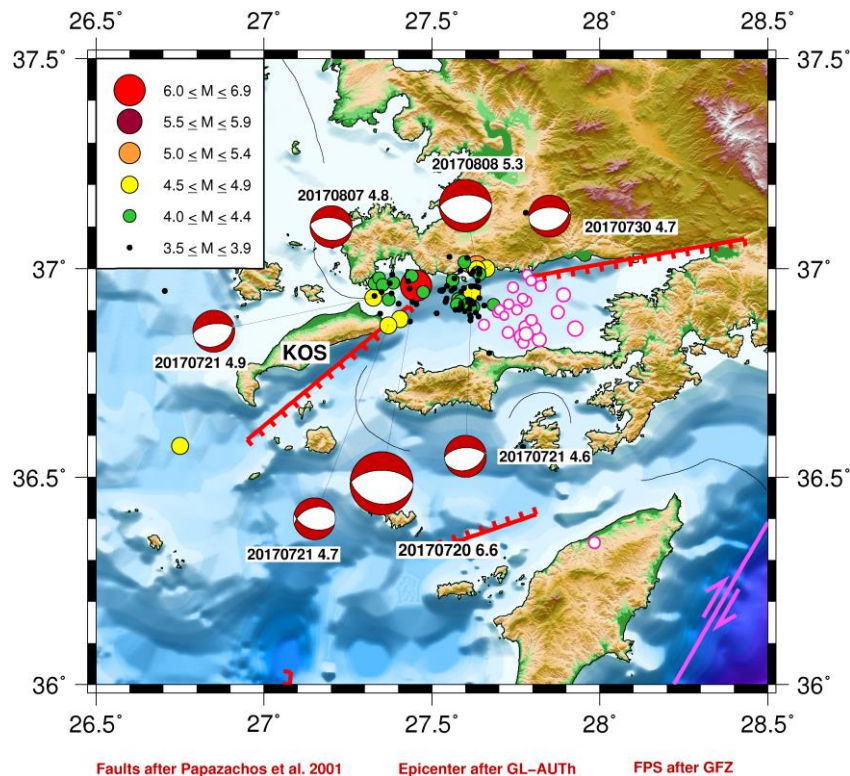
Οι παράμετροι του μηχανισμού γένεσης ο οποίος καθορίστηκε από το Σεισμολογικό κέντρο του Potsdam (το οποίο δίνει τις λύσεις μηχανισμών γένεσης ισχυρών σεισμών σε σταθερή βάση) είναι:

ΕΠΙΠΕΔΟ ΡΗΓΜΑΤΟΣ I			ΕΠΙΠΕΔΟ ΡΗΓΜΑΤΟΣ II		
ζ	δ	λ	ζ	δ	λ
98	35	-82	270	56	-94

Οι παράμετροι του επιπέδου Ρήγματος I είναι σε καλή συμφωνία με τις παραμέτρους του Ρήγματος Marmaris (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003). Το ίδιο ρήγμα παρουσίασε δράση με σεισμούς

ενδιαμέσου μεγέθους ($5.0 \leq M \leq 5.9$) στο ανατολικότερο άκρο του κατά τη χρονική περίοδο 2004-2005. Υπάρχουν επίσης τρεις γνωστοί σεισμοί με μεγέθη $M \geq 6.0$, οι οποίοι σχετίζονται με το ρήγμα αυτό (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003). Ο πρώτος μεγέθους $M=6.8$ έγινε στις 01.12.1869 και είχε μέγιστη ένταση $I_{MM}=IX$. Οι δύο άλλοι έγιναν το 1941 (23.05.1941, $M=6.0$, $I_{MM}=VIII$ και 13.12.1941, $M=6.2$, $I_{MM}=VIII$). Οι βλάβες από τους σεισμούς αυτούς εντοπίζονται σε τούρκικες οικιστικές περιοχές στα παράλια ενώ δεν έχουν αναφερθεί σημαντικές ζημιές σε ελληνικές πόλεις.

Ο χάρτης του σχήματος (3) δίνει τη χωρική κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών (έγχρωμοι κύκλοι όπως στο υπόμνημα) για τις πρώτες ημέρες της σεισμικής ακολουθίας. Στο ίδιο σχήμα φαίνονται και οι μηχανισμοί γένεσης των ισχυρότερων μετασεισμών. Οι άσπροι κύκλοι στο ανατολικό όριο του ρήγματος παριστάνουν τα επίκεντρα των σεισμών της ακολουθίας του 2004-2005.



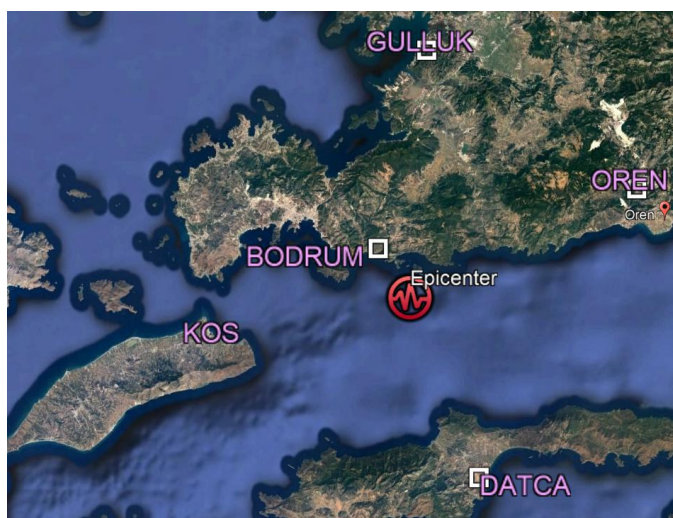
Σχήμα. 3. Κατανομή των επικέντρων των ισχυρότερων μετασεισμών και των μηχανισμών γένεσης των μετασεισμών μεγέθους $M \geq 4.4$. Οι λευκοί κύκλοι στο κεντρικό τμήμα του κόλπου Γόκωνα παριστάνουν τα επίκεντρα της ακολουθίας 2004-2005. Δίνονται επίσης τα γνωστά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής (Παπαζάχος και συνεργάτες, 2001).

2. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΗΣ ΕΔΑΦΙΚΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ

Για την ερμηνεία των βλαβών και των επιπτώσεων των σεισμών στο δομημένο περιβάλλον είναι αναγκαίο να υπάρχουν ενόργανες καταγραφές επιταχύνσεων. Με βάση αυτή τη παρατήρηση η Μονάδα Έρευνας ΙΤΣΑΚ του ΟΑΣΠ έχει εγκαταστήσει, παρακολουθεί και πυκνώνει όταν χρειάζεται το δίκτυο επιταχυνσιογράφων στην Ελλάδα. Η προσπάθεια αυτή είναι συνεχής, ξεκίνησε με την ίδρυση του ΙΤΣΑΚ το 1983 και συνεχίζεται. Στη Κω υπήρχε εγκατεστημένος μόνο ένας επιταχυνσιογράφος (KOS1), ανάλυσης 18bits (τύπου ETNA της Kinemetrics), ο οποίος λειτουργεί με προεπιλεγμένο επίπεδο



διέγερσης. Ο επιταχυνσιογράφος παρουσίασε πρόβλημα λειτουργίας λίγες ημέρες πριν τη γένεση του σεισμού και συνεπώς δεν υπήρχε καταγραφή στη Κω από τον κύριο σεισμό. Πληροφορίες μπορούν να αντληθούν με θεωρητικούς υπολογισμούς ή από συνδυασμό θεωρητικών υπολογισμών και τεκμηρίωση με τη χρήση ενόργανων δεδομένων από γειτονικούς σταθμούς οι πλησιέστεροι από τους οποίους είναι στην απέναντι ακτή της Τουρκίας. Οι θέσεις των επιταχυνσιογράφων οι οποίοι χρησιμοποιήθηκαν δίνονται στο χάρτη του σχήματος (4).



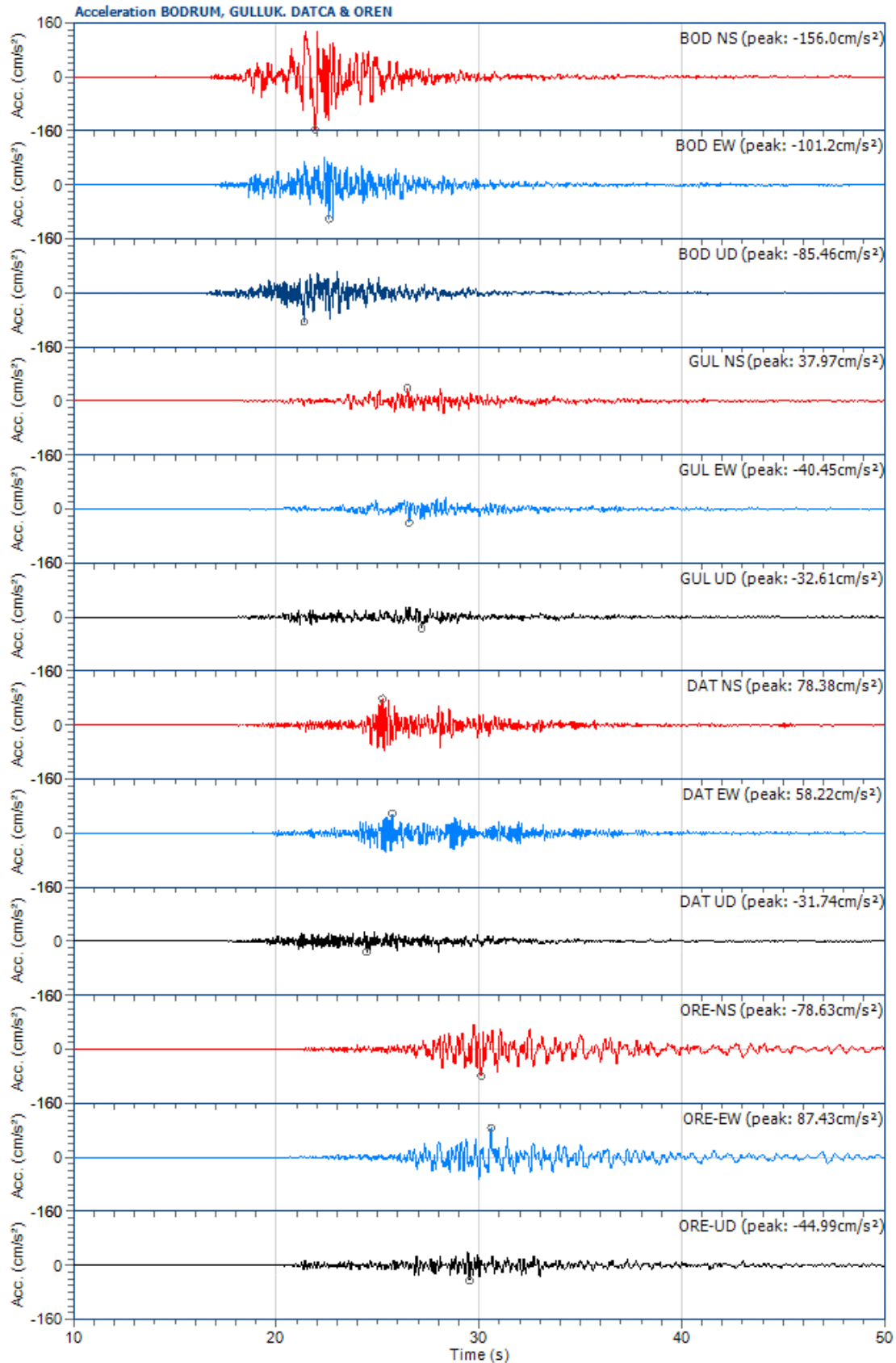
Σχήμα. 4. Θέσεις των τεσσάρων θέσεων επιταχυνσιογράφων του εθνικού δικτύου AFAD της Τουρκίας, οι οποίες είναι πλησιέστερα στο επίκεντρο.

Στο σχήμα (5) παρατίθενται οι χρονοϊστορίες επιταχύνσεων του σεισμού της 21^{ης} Ιουλίου για τους τέσσερις σταθμούς οι οποίοι φαίνονται στο χάρτη του σχήματος (4) μαζί με τις επικεντρικές τους αποστάσεις.

Θέση	Απόσταση (km)	Μέγιστη επιτάχυνση (cm/sec ²)		
		NS	EW	UD
BODRUM	13	156	101	85
DATCA	31	78	58	32
GULLUK	38	38	40	33
OREN	48	79	87	45

Η επικεντρική απόσταση της πόλης της Κω είναι 16 km περίπου.

Δεδομένης της κατάστασης με την εγκατάσταση ενός μόνου επιταχυνσιογράφου στο νησί της Κω, αμέσως μετά το σεισμό κλιμάκιο επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού της μονάδας ΙΤΣΑΚ του ΟΑΣΠ αποτελούμενο από τους ερευνητές Χρ. Παπαϊωάννου, Δρ. Σεισμολόγο, Θωμά Σαλονικιό Δρ. Πολιτικό Μηχανικό και τον τεχνικό Ν. Αδάμ, μετέβη στη Κω με σκοπό τη διερεύνηση του προβλήματος δυσλειτουργίας, τη συλλογή δεδομένων και την εγκατάσταση ενός πρόσθετου επιταχυνσιογράφου υψηλών προδιαγραφών. Συγκεκριμένα το όργανο είναι συνεχούς λειτουργίας τύπου CMG - 5TDE της Guralp Systems Ltd, εξοπλισμένο με επιταχυνσιόμετρα ευρέως φάσματος, καταγραφέα ανάλυσης 24 bits και σύστημα απόλυτου χρόνου (GPS) και μεταβιβάζει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στις εγκαταστάσεις της μονάδας ΙΤΣΑΚ στη Θεσσαλονίκη. Η εγκατάσταση αυτή είναι για περιορισμένο

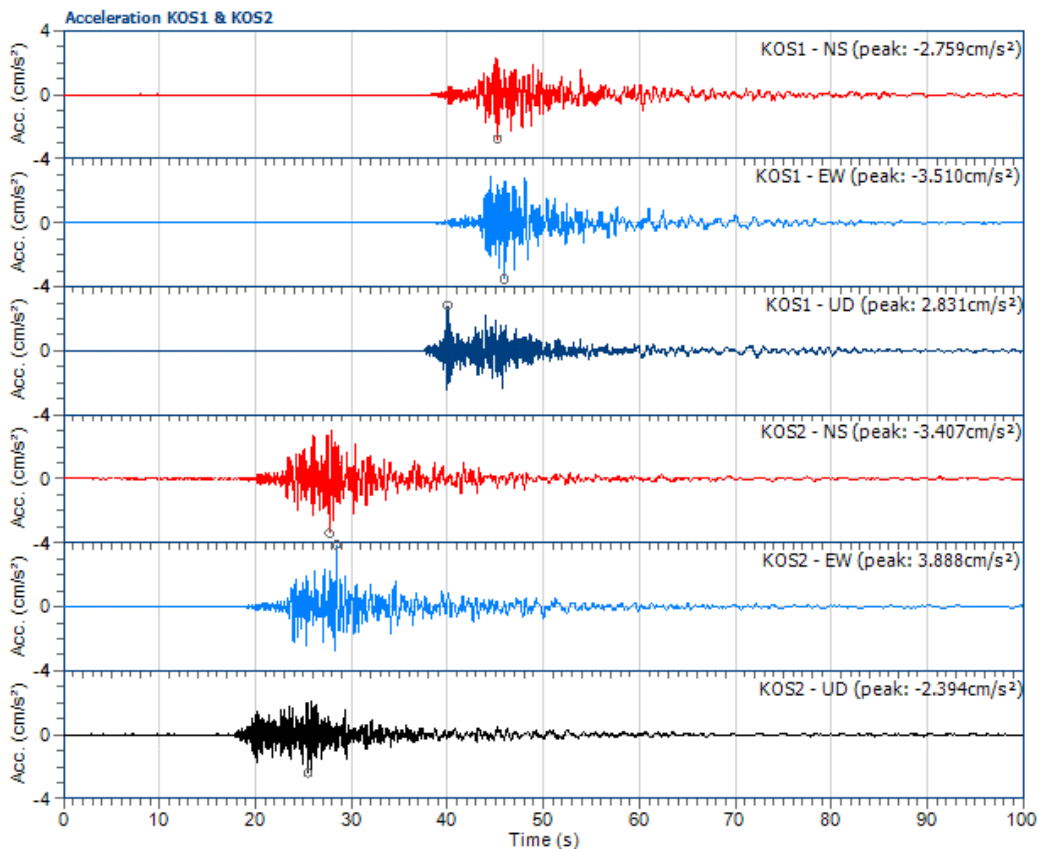


Σχήμα. 5. Καταγραφές χρονιστοριών για τους 4 επιταχυνσιογράφους του Τουρκικού δικτύου, οποίοι είναι πλησιέστερα στο επίκεντρο.

χρονικό διάστημα δηλαδή για τη διάρκεια της μετασεισμικής περιόδου. Το όργανο εγκαταστάθηκε στο κτήριο του Δημαρχείου (KOS2) λόγω της ύπαρξης υποδομής για τη μεταφορά δεδομένων μέσω του εθνικού δικτύου ΣΥΖΕΥΞΙΣ (www.syzefxis.gov.gr) και της εγγύτητας του χώρου στις θέσεις μερικών καταρρεύσεων (ευρύτερη περιοχή Πλατείας Δημοκρατίας) και ζημιών στις υποδομές του λιμένα της Κω. Μετά από την ολοκλήρωση των διαδικασιών επικοινωνίας με το ΣΥΖΕΥΞΙΣ ο επιταχυνσιογράφος κατέστη επιχειρησιακός από τις μεσημεριανές ώρες της 25^{ης} Ιουλίου μεταβιβάζοντας συνεχώς δεδομένα στις εγκαταστάσεις της Μονάδας έρευνας ΙΤΣΑΚ. Στις παρακάτω φωτογραφίες δίνεται η εσωτερική και εξωτερική εικόνα της εγκατάστασης.



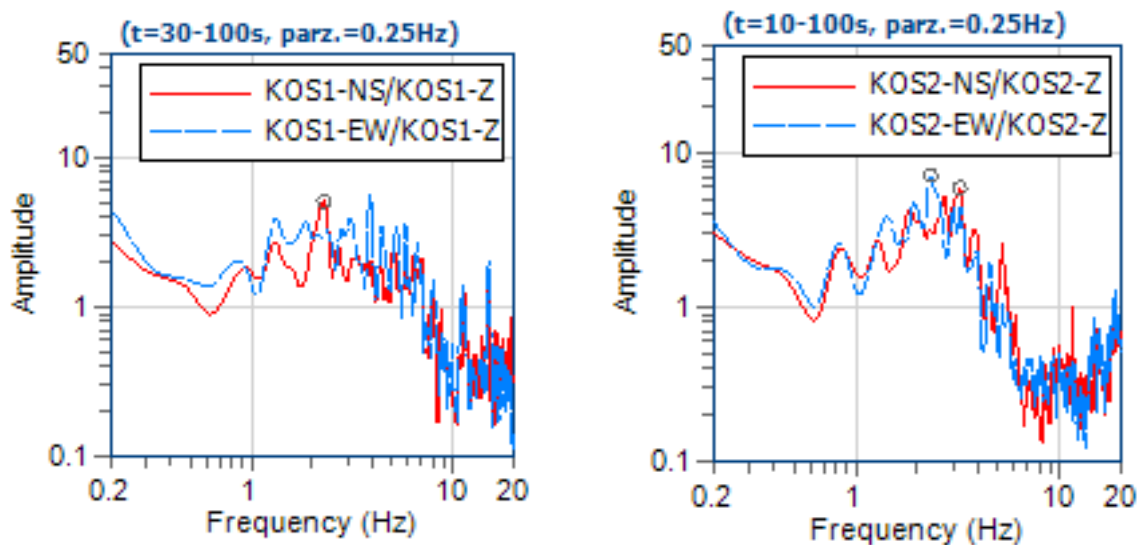
Εικόνα 1. Επιταχυνσιογράφος και τροφοδοτικό (αριστερά) από την εγκατάσταση στο Δημαρχείο της Κω (KOS2). Η εξωτερική εικόνα από την εγκατάσταση φαίνεται δεξιά.



Σχήμα. 6. Καταγραφές επιταχύνσεων στον ΟΤΕ (KOS1) και στο Δημαρχείο (KOS2) του σεισμού της 30^{ης} Ιουλίου μεγέθους M4.7.

Την 30^η Ιουλίου έγιναν στον εστιακό χώρο του σεισμού της 21^{ης} Ιουλίου δύο σεισμοί μεγέθους M4.2 (07:02 GMT) & M4.7 (17:51 GMT) για τους οποίους υπάρχουν καταγραφές και από τους δύο επιταχυνσιογράφους και οι οποίες δίνονται στο σχήμα 6.

Στο σχήμα (7) δίνονται οι φασματικοί λόγοι των οριζοντίων προς τη κατακόρυφη συνιστώσα για τις δύο καταγραφές του σχήματος (6) για λόγους σύγκρισης. Από τη σύγκριση φαίνεται ότι ενισχύσεις της σεισμικής κίνησης λόγω της επιρροής των τοπικών εδαφικών συνθηκών παραλιακή ζώνη (KOS2) είναι υψηλότερες από τη θέση του ΟΤΕ (KOS1). Οι μέγιστες τιμές της ενίσχυσης δηλαδή σε συχνότητες οι οποίες προσεγγιστικά αφορούν ιδιοσυχνότητες συντονισμού 5-ορόφων κατασκευών από Ο.Σ. Επικαιροποίηση και εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων αναμένονται μετά την ανάλυση περισσότερων δεδομένων.



Σχήμα 7. Φασματικοί λόγοι H/V των καταγραφών στις δύο θέσεις της Kω από τον σεισμό M4.7 της 30^{ης} Ιουλίου 2017.

Επειδή δεν υπάρχουν άμεσα διαθέσιμες γεωτεχνικές πληροφορίες για τις δύο θέσεις έγινε μια προκαταρκτική εκτίμηση κυρίως σε ποιοτικά χαρακτηριστικά. Η εκτίμηση είναι ότι το έδαφος στη πόλη της Kω μπορεί να θεωρηθεί ότι ανήκει στη κατηγορία B κατά EC8. Με βάση αυτή τη παραδοχή, και χρήση των παραμέτρων εστίας του σεισμού μπορούμε να κάνουμε θεωρητική εκτίμηση της στάθμης της εδαφικής επιτάχυνσης στη πόλη της Kω από το σεισμό της 21^{ης} Ιουλίου.

Για το σκοπό αυτό εφαρμόστηκαν οι εμπειρικές σχέσεις πρόβλεψης της μέγιστης οριζόντιας εδαφικής επιτάχυνσης οι οποίες προτάθηκαν από τους Skarlatoudis et al. (2003), οι οποίοι χρησιμοποίησαν δεδομένα από ελληνικών σεισμών, Akkar and Bommer (2010) και Ambraseys et al (2005) οι οποίοι χρησιμοποίησαν δεδομένα από την Ευρώπη και από τη Μέση Ανατολή. Όλες οι σχέσεις χρησιμοποιούν το μέγεθος ροπής ως μέτρο της ισχύος του σεισμού και ως μέτρο της απόστασης την επικεντρική απόσταση (Skarlatoudis et al. 2003) ή την απόσταση r_{jb} . Θεωρώντας ότι δεν εισάγονται μεγάλα σφάλματα εφαρμόστηκαν οι παρακάτω σχέσεις για απόσταση 14km, μέγεθος Mw6.6, κανονική διάρρηξη και εδαφικές συνθήκες κατηγορίας "Σκληρού Εδάφους" (Stiff Soil). Η γενική μορφή των ανωτέρω σχέσεων είναι:

$$\log PGA = a_1 + a_2 M_W + (a_3 + a_4 M_W) * \log \sqrt{d^2 + a_5^2} + a_6 S_s + a_8 F_N \quad \text{Ambraseys et al 2005}$$



$$\log PGA = b_1 + b_2 M_W + b_3 M_W^2 + (b_4 + b_5 M_W) * \log \sqrt{R_{jb}^2 + b_6^2} + b_7 S_s + b_9 F_N \quad \text{Akkar \& Bommer 2010}$$

$$\log PGA = c_0 + c_1 M_W + c_2 * \log(R + c_4) + c_3 F + c_5 S \quad \text{Skarlatoudis et al. 2003}$$

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή των ανωτέρω σχέσεων δίνονται στον παρακάτω πίνακα:

ΣΧΕΣΗ	ΜΕΓΙΣΤΗ ΟΡΙΖΟΝΤΙΑ ΕΔΑΦΙΚΗ ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ
Skarlatoudis et al. 2003	192 cm/sec ²
Ambraseys et al 2005	200 cm/sec ²
Akkar & Bommer 2010	160 cm/sec ²

Από τα ανωτέρω αποτελέσματα φαίνεται ότι η μέση εκτιμώμενη οριζόντια επιτάχυνση για τη πόλη της Κω είναι της τάξης του 18%g. Η Κως ανήκει στη κατηγορία II του ΕΑΚ 2003 με τιμή $a_g=0.24g$ (επιτάχυνση της βαρύτητας). Αυτό σημαίνει η σεισμική φόρτιση των κτηρίων της Κω για τον σεισμό αυτό καλύπτονταν πλήρως από τους σεισμικούς συντελεστές του Κανονισμού του 1985, του 1992 και φυσικά του φάσματος σχεδιασμού του ΕΑΚ 2000-2003.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΤΟΥ ΔΟΜΗΜΕΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΟΝ ΙΣΧΥΡΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 21^{ΗΣ} ΙΟΥΛΙΟΥ 2017

Από τον σεισμό της 21^{ης} Ιουλίου αναπτύχθηκαν αρκετές βλάβες στο δομικό αποθεματικό της πόλης της Κω. Λόγω της θέσης της, η πόλη της Κω βρίσκεται στην πλησιέστερη απόσταση του νησιού από το επίκεντρο. Οι περισσότερες βλάβες εμφανίστηκαν στην πόλη αυτή καθώς οι μεγαλύτερες επιταχύνσεις αναμένεται να αναπτύχθηκαν στην πλησιέστερη προς το επίκεντρο παραλιακή ζώνη. Εκτός από την εγγύτητα της περιοχής της πρωτεύουσας του νησιού στην επικεντρική περιοχή ένας άλλος λόγος για την εμφάνιση βλαβών σε κατασκευές αποτελεί η ποικιλία σε δομικά συστήματα που διαθέτει. Η παραδοσιακή αντισεισμική τεχνική εκτιμάται ότι διαμορφώθηκε από πολύ νωρίς λόγω της έντονης σεισμικής δραστηριότητας της περιοχής στην πάροδο των αιώνων 412π.Χ., 334μ.Χ., 459, 556, 1493, 1933, 1968. Οι κατασκευές από οπλισμένο σκυρόδεμα δομούνται στην περιοχή από το 1933 και έπειτα λόγω της ανοικοδόμησης που υπήρξε μετά τον καταστροφικό σεισμό με επίκεντρο στις ανατολικές ακτές που έπληξε την περιοχή την χρονιά εκείνη. Την περίοδο μετά την θέσπιση του Αντισεισμικού Κανονισμού "Βασιλικό Διάταγμα 26/2/1959" η Κως εντάσσεται στη ζώνη υψηλής σεισμικότητας "III" με σεισμικό συντελεστή 0.16g για εδάφη υψηλής σεισμικότητας, ήτοι: Εδάφη εκ φυσικών ή δομικών κορημάτων εκ παραλιακών ή τεχνικών προσχώσεων, ελώδη ή τελματώδη. Κατά τον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1984 το νησί παραμένει σε ζώνη σεισμικότητας III, με τον ίδιο συντελεστή σεισμικής επιβάρυνσης για εδάφη επικινδυνότητας γ. Στον κανονισμό αυτό εισάγεται ο όρος του παράγοντα σπουδαιότητας. Στον Αντισεισμικό Κανονισμό του 1992 με τις συμπληρώσεις του 1995 η Κως παραμένει στην κατηγορία σεισμικότητας III με σεισμική επιτάχυνση εδάφους 0.24g. Κατά τον Αντισεισμικό Κανονισμό ΕΑΚ2000 η Κως εντάσσεται στην κατηγορία σεισμικότητας II με προτεινόμενη σεισμική επιτάχυνση εδάφους 0.24g.

Από την θεώρηση των σεισμικών συμβάντων της περιοχής καθώς επίσης και από την



θεώρηση των επικέντρων συμπεραίνεται ότι οι νότιες και κεντρικές περιοχές του νησιού δέχθηκαν ισχυρή σεισμική καταπόνηση κατά τον σεισμό του 1493. Στην βόρεια – βορειοανατολική πλευρά του νησιού δεν είχε αναπτυχθεί καταστρεπτικός σεισμός τα τελευταία 1500χρόνια. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα την συσσώρευση κατασκευών για αρκετούς αιώνες χωρίς την φυσική επιλογή που επιφέρει ένας καταστροφικός σεισμός. Ο σεισμός του 1933 βρήκε το νησί της Κω με συσσωρευμένες αρκετές κατασκευές από φέρουσα λιθοδομή και τοιχοποιία με ξύλινες ή περισσότερο σύνθετες οροφές για διάστημα αρκετών αιώνων. Παράλληλα είναι πολύ πιθανό να είχε μειωθεί η αποτελεσματικότητα των παραδοσιακών αντισεισμικών κατασκευών. Με τον τρόπο αυτό σημειώθηκαν αρκετές βλάβες σε πολλές κατασκευές καθώς επίσης και μερικές ή εκτεταμένες καταρρεύσεις. Παρατηρήθηκαν εκτός επιπέδου αστοχίες σε λιθοδομές κτιρίων και καταπτώσεις οροφών κτιρίων. Οι αστοχίες κτιρίων παρατηρήθηκαν σε όλη την έκταση της πόλης της Κω. Συνέβησαν 200 θάνατοι και 600 τραυματισμοί (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1997). Μετά από τον σεισμό αυτό η Ιταλική διοίκηση αποφάσισε την οικοδόμηση κτιρίων με βάση ενδεδειγμένες αντισεισμικές τεχνικές της εποχής. Για τον λόγο αυτό η οικοδόμηση γινόταν με κατεργασμένες ορθογωνικές λίθους, με την χρήση μεταλλικών δεσμών – ελκυστήρων λίγο κάτω από την ανώτερη στάθμη των κτιρίων, με την κατασκευή σύνθετων οροφών από μεταλλικά στοιχεία και τούβλο ή από σκυρόδεμα καθώς επίσης και άλλες τεχνικές της εποχής.

Ο πρόσφατος ισχυρός σεισμός του Ιουλίου του 2017 διέγειρε κατασκευές οι οποίες είτε δεν είχαν παρουσιάσει βλάβες στον σεισμό του 1933, είτε είχαν παρουσιάσει βλάβες αλλά είχαν αποκατασταθεί και ενισχυθεί, είτε είχαν ανακατασκευαστεί. Επίσης πάρα πολλές κατασκευές δομήθηκαν (από το 1959 μέχρι σήμερα) με βάση αντισεισμικούς κανονισμούς οι οποίοι προέβλεπαν τις αυστηρότερες διατάξεις για το νησί της Κω μεταξύ και άλλων περιοχών. Για τον λόγο αυτό οι βλάβες στο νησί ήταν περιορισμένες και περιοριζόνταν στην πόλη της Κω. Οι βλάβες λόγω του σεισμού κατατάσσονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. Λιμενικά Έργα
2. Αρχαιότητες και οχυρωματικά έργα
3. Οθωμανικές κατασκευές
4. Κτίρια και απομεινάρια κτιρίων από φέρουσα τοιχοποιία
5. Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα

Λιμενικά Έργα: Το κύριο πρόβλημα που παρουσίασαν τα λιμενικά έργα στην παραλιακή ζώνη της Κω ήταν η καθίζηση τμήματος του εδαφικού υλικού επίχωσης πίσω από τους κρηπιδότοιχους που διαμορφώνουν το παραλιακό μέτωπο, στο τμήμα που χρησιμοποιείται ως ποδηλατόδρομος ή/και πεζοδρόμιο (Εικόνα 1). Λόγω της καθίζησης αυτής δημιουργήθηκε σημειακός αναβαθμός (μέγιστης υψομετρικής διαφοράς 30 εκ.) λόγω της διαφορετικής απόκρισης των κρηπιδότοιχων και του υλικού επίχωσης. Προς την πλευρά του ποδηλατόδρομου η παρατηρούμενη καθίζηση ήταν μεγαλύτερη με ήπια κλίση επειδή αναπτύσσονταν σε μήκος δύο με πέντε μέτρων. Παρόμοια εικόνα βλαβών παρατηρήθηκε και στον προβλήτα προσάραξης επιβατηγών και εμπορικών πλοίων αλλά μεγαλύτερης κλίμακας. Η ανισοσταθμία αυτή λόγω της καθίζησης παρατηρήθηκε μόνο στο πίσω μέρος του μετώπου του προβλήτα ενώ όλο το υπόλοιπο τμήμα υποχώρησε ομοιογενώς. Οι βλάβες που προκάλεσε ο ισχυρός σεισμός τόσο στη Μαρίνα όσο και στον προβλήτα είχαν ως αποτελέσματα τη διακοπή της λειτουργίας τους μέχρι τη λήψη προσωρινών μέτρων αποκατάστασής τους για την εξυπηρέτηση των αναγκών του νησιού εν μέσω της τουριστικής περιόδου.

Αρχαιότητες και Οχυρωματικά Έργα: Μία άλλη ομάδα βλαβών και αστοχιών εμφανίστηκε σε αρχαιότητες και οχυρωματικά έργα. Ειδικότερα σε ορισμένους υπαίθριους



αρχαιολογικούς χώρους παρατηρήθηκαν πτώσεις κίωνων οι οποίοι είχαν αποκατασταθεί και αναστυλωθεί. Από τις πτώσεις αυτές παρατηρήθηκαν θραύσεις των κίωνων. Σε άλλες περιπτώσεις παρατηρήθηκαν μετακινήσεις κιονόκρανων και υπερκείμενων στοιχείων. Σε κιονοστοιχίες όπου είχαν λάβει χώρα εκτεταμένες αναστυλώσεις όπως η Ρωμαϊκή Κατοικία (Casa Romana) δεν παρατηρήθηκαν προβλήματα στις κιονοστοιχίες λόγω της σεισμικής διέγερσης. Στην περίπτωση αυτής της κατασκευής παρατηρήθηκαν τριχοειδείς ρωγμές σε φέρουσες λιθοδομές οι οποίες ήταν περιορισμένες και επισκευάσιμες. Δεν υπήρχαν ενδείξεις για την ανάπτυξη μη επιτρεπτών μόνιμων παραμορφώσεων οι οποίες να δείχνουν ότι υπάρχει κίνδυνος για τους επισκέπτες του μνημείου. Εκτός από τα παραπάνω προβλήματα συνέβησαν αρκετές αστοχίες σε οχυρωματικά έργα. Στην πόλη της Κω υπάρχουν πολλά τείχη από διάφορες ιστορικές περιόδους. Οι αστοχίες που διαπιστώθηκαν ήταν καταρρεύσεις, μερικές καταρρεύσεις, αποδιοργάνωσης και μετακινήσεις ογκόλιθων – διευρύνσεις αρμών. Αυτές οι αστοχίες συνέβησαν σε μεμονωμένους τοίχους που διατηρήθηκαν, στο φρούριο της πρωτεύουσας καθώς επίσης και σε άλλα οχυρωματικά έργα. Όλες οι παραπάνω κατασκευές έχουν σημαντικά χαμηλή δυσκαμψία και ο συντελεστής ευστάθειας έναντι ανατροπής είναι χαμηλός. Το πρόβλημα δυσχεραίνει αν αναλογιστεί κανείς ότι σε πολλές θέσεις οι κατασκευές αυτές συγκρατούν και άρα φορτίζονται από εδαφικό υλικό στο πίσω μέρος τους. Επιπροσθέτως από τις καταγραφές μετασεισμών παρατηρείται ότι αρκετές διεγέρσεις που παράγονται έχουν σημαντικές επιταχύνσεις στην περιοχή των υψηλών περιόδων 0.4 με 0.5 sec. Αυτό δείχνει ότι στην ισχυρή κίνηση ενδέχεται να επικρατούσαν σημαντικές επιταχύνσεις σε υψηλές περιόδους. Από τα παραπάνω, λαμβάνοντας υπόψη την μειωμένη ευστάθεια των οχυρωματικών τειχών, τις ωθήσεις εδαφικού υλικού καθώς επίσης και την επικράτηση σημαντικών επιταχύνσεων στην περιοχή των υψηλών περιόδων στις εκδηλωμένες διεγέρσεις, αιτιολογείται η εμφάνιση αστοχιών σε μεμονωμένους κίονες, σε αρχαία τείχη και οχυρωματικά έργα. Με την τοποθέτηση των ογκόλιθων των τειχών σε πλεκτή διάταξη, όπως κατασκευάζονταν και όπως αναστυλώνονται τώρα βελτιώνεται σημαντικά η ευστάθειά τους σε ανατροπή λόγω ωθήσεων από το συγκρατούμενο εδαφικό υλικό.

Οθωμανικά Έργα: Μία άλλη ομάδα έργων στην πόλη της Κω τα οποία παρουσίασαν βλάβες είναι τα οθωμανικά έργα. Πρόκειται για κατασκευές από φέρουσα λιθοδομή δύο από τις οποίες έχουν μιναρέ. Στις οθωμανικές κατασκευές από φέρουσα λιθοδομή αναπτύχθηκαν περιορισμένης έκτασης βλάβες και αυτές εκδηλώθηκαν με τοπικές αστοχίες σε λιθοδομές και σε δευτερεύουσες κατασκευές όπως λίθινα στηθαία και γεμίσματα παραθύρων. Σημαντικές ήταν οι βλάβες στους δύο μιναρέδες της πόλης. Στην μία περίπτωση είχαμε αστοχία και κατάρρευση του μιναρέ στην εμπορική πλατεία και στην άλλη περίπτωση σημειώθηκε αποδιοργάνωση και μερική κατάρρευση της λιθοδομής του μιναρέ που βρίσκεται στην πλατεία του πλατάνου του Ιπποκράτη. Και στις δύο περιπτώσεις το πρόβλημα εντοπίζεται στην θέση όπου απομειώνεται η διατομή του μιναρέ (στο σημείο που εξέχει της κύριας κατασκευής) και συνεχίζει με σχεδόν σταθερή διατομή μέχρι την θέση του εξώστη. Η εμφάνιση αυτών των αστοχιών ενισχύει την υπόθεση ότι ενδέχεται να ήταν σημαντικά ενισχυμένες οι επιταχύνσεις στο φάσμα του κυρίως σεισμού στην περιοχή των υψηλών περιόδων 0.4 – 0.5 sec. Επίσης από την απόκριση των μιναρέδων προκύπτει το συμπέρασμα ότι ο ισχυρός σεισμός που συνέβη την Παρασκευή 21 Ιουλίου στην Κω είχε παρόμοια εδαφική επιτάχυνση με τον σεισμό που συνέβη το 1933. Στο σεισμό αυτό είχε παρατηρηθεί μερική κατάρρευση του ενός μιναρέ ενώ ο δεύτερος μιναρές δεν είχε σημαντικές βλάβες. Στις θέσεις κοντά στους δύο μιναρέδες υπάρχουν δύο κατασκευές από κίονες οι οποίοι είναι σε κυκλική διάταξη και φέρουν τρούλο από οπλισμένο σκυρόδεμα. Μία από αυτές τις κατασκευές έχει καταρρεύσει και η άλλη έχει σημαντικές μετακινήσεις και προβλήματα ευστάθειας. Ένα σημαντικό στοιχείο προκύπτει από την παραμόρφωση μεταλλικού συμβόλου το οποίο βρίσκεται στην κορυφή τρούλου στην θέση όπου κατέρρευσε ο μιναρές στην εμπορική πλατεία της πόλης της Κω. Το μεταλλικό σύμβολο αυτό έχει σημαντική μάζα και λειτουργία προβόλου. Μετά τον σεισμό είχε παραμένονσα



παραμόρφωση κατά την διεύθυνση Βοράς – Νότος. Αυτό είναι ένα στοιχείο ότι ο σεισμός ήταν σφοδρότερος κατά την διεύθυνση Βοράς – Νότος.

Κατασκευές από Φέρουσα Τοιχοποιία ή Λιθοδομή: Αρκετές κατασκευές από φέρουσα τοιχοποιία ή λιθοδομή εμφάνισαν βλάβες. Στις κατασκευές αυτές συγκαταλέγονται κτίρια τα οποία είναι υπό κατοίκηση ή εμπορική χρήση, ναοί και εγκαταλελειμμένα κτίρια. Οι βλάβες στα κτίρια τα οποία είναι υπό χρήση είναι περιορισμένες. Εμφανίζουν ρωγμές περιορισμένου εύρους χωρίς να έχουν προβλήματα ευστάθειας. Δύο ναοί στην πόλη της Κω, ο ναός της Αγίας Παρασκευής και ο ναός του Αγίου Νικολάου έχουν σημαντικές ρηγματώσεις στην Ανατολική λιθοδομή στην πλευρά όπου βρίσκεται το ιερό. Οι βλάβες αυτές αποδίδονται στην ύπαρξη μεγάλων ανοιγμάτων στην ανατολική πλευρά του ναού προκειμένου να διαμορφωθούν κόγχες με ημιθόλια επί λιθοδομών. Στην περίπτωση αυτή η δυτική λιθοδομή έχει αρκετά περισσότερη δυσκαμψία σε σχέση με την ανατολική. Για τον λόγο αυτό η ανατολική λιθοδομή, η οποία αποτελείται από τρεις κόγχες με ημιθόλια και στους δύο ναούς, υπόκειται σε μεγαλύτερες μετακινήσεις εντός του επιπέδου της. Για τον λόγο αυτό παρατηρήθηκαν οι αστοχίες στους ανατολικούς τοίχους των δύο ναών. Επίσης έχουν εντοπιστεί πλήρεις και μερικές καταρρεύσεις εγκαταλελειμμένων κτιρίων από φέρουσα λιθοδομή. Είναι κτίρια δομημένα με αργούς λίθους, κακή συντήρηση, χωρίς την εφαρμογή αντισεισμικών κατασκευαστικών πρακτικών και ορισμένα από αυτά περιλαμβάνουν στοιχεία οπλισμένου σκυροδέματος στο φέρον σύστημά τους. Από τις καταρρεύσεις των κτιρίων αυτών έχουν σημειωθεί δύο θάνατοι, έξι τραυματισμοί και καταστροφές αυτοκινήτων. Το 1933 όταν συνέβη ο προηγούμενος ισχυρός σεισμός υπήρχαν πολλά τέτοια κτίρια και οι βλάβες εντοπιζόταν κυρίως σε αυτές τις κατασκευές. Στο πλαίσιο της ανοικοδόμησης που έγινε τα επόμενα χρόνια ο αριθμός των κτιρίων αυτών μειώθηκε σημαντικά. Από τις βλάβες στους δύο ναούς της πόλης της Κω προκύπτει ότι η κύρια διέγερση ήταν σφοδρότερη κατά την διεύθυνση Βοράς – Νότος.

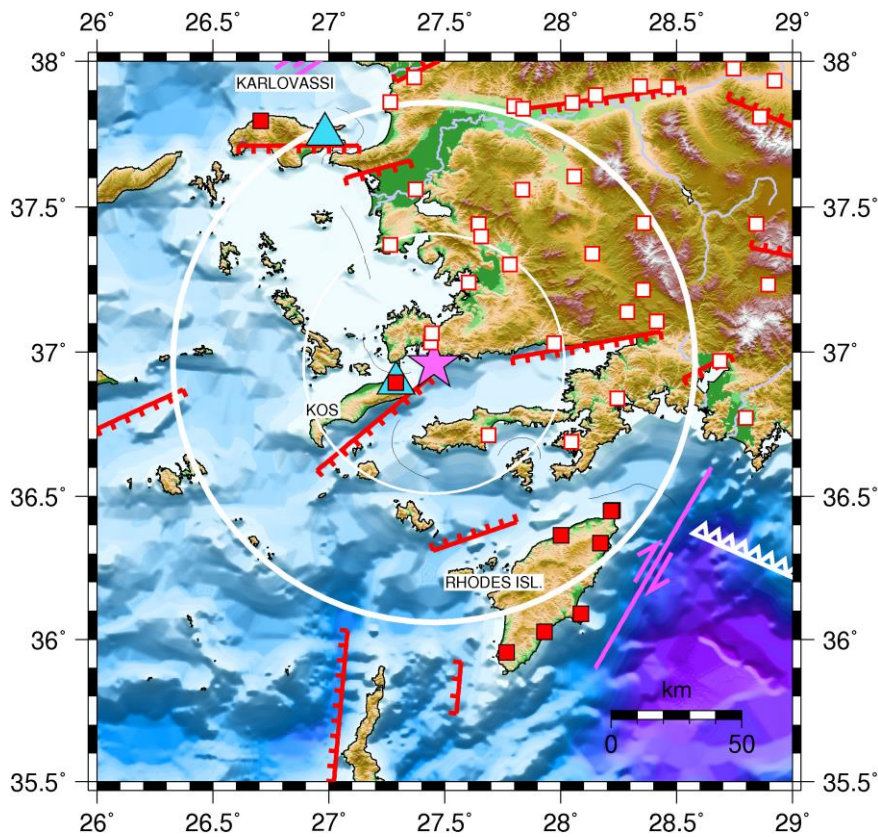
Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα: Τα κτίρια από οπλισμένο σκυρόδεμα δεν παρουσίασαν σημαντικές βλάβες. Από τις αυτοψίες που έγιναν παρατηρήθηκαν ρηγματώσεις στην τοιχοποιία πλήρωσης καθώς και αποκολλήσεις αυτής από τα περιβάλλοντα στοιχεία σκυροδέματος. Αναφέρεται ότι οι ρηγματώσεις που παρατηρήθηκαν είναι τριχοειδείς και σε αυτή την περίπτωση δεν υπάρχει μείωση αντοχής για το στοιχείο σκυροδέματος αλλά μείωση στην δυσκαμψία του. Λόγω του καθορισμού υψηλών για το νησί σεισμικών συντελεστών, από τους κατά περιόδους ισχύοντες κανονισμούς, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικές ρηγματώσεις σε στοιχεία σκυροδέματος τα οποία μελετήθηκαν σύμφωνα με κάποιο κανονισμό και κατασκευάστηκαν με επίβλεψη μηχανικού. Τα κτίρια με μεικτό φέροντα οργανισμό από οπλισμένο σκυρόδεμα και στοιχεία λιθοδομής τα οποία κατασκευάστηκαν πριν την εφαρμογή κάποιου κανονισμού επέδειξαν εξίσου καλή συμπεριφορά με την ανάπτυξη σημαντικά περιορισμένων ρηγματώσεων. Εξαιρεση αποτελεί, κτίριο από οπλισμένο σκυρόδεμα το οποίο βρίσκεται στην οδό Αρσενίου στην πόλη της Κω. Το κτίριο αυτό είχε μεγάλα ανοίγματα στο ισόγειο, στην πρόσοψη επί της οδού Αρσενίου, με αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μαλακός όροφος και να αστοχήσουν τα κατακόρυφα στοιχεία του ισόγειου. Το ισόγειο κατέρρευσε και ο πρώτος όροφος του εδράστηκε επί του εδάφους.

Δίκτυα Υποδομών. Το δίκτυο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, τηλεπικοινωνιών δεν υπέστησαν ζημιές αλλά ούτε είναι επίσης γνωστές τυχόν διακοπές λειτουργίας τους ή κάποιες δυσλειτουργίες τους. Το δίκτυο ύδρευσης της πόλης της Κω εμφάνισε τοπικές αστοχίες με αποτέλεσμα τη διακοπή υδροδότησης σε περιοχές της πόλης για διάστημα ολίγων ημερών μετά τη γένεση του σεισμού. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι το δίκτυο ύδρευσης αποτελείται από τρία επί μέρους τμήματα, και συγκεκριμένα α) το Ιταλικό δίκτυο, β) Το πρώτο (μετά την απελευθέρωση) Ελληνικό δίκτυο και γ) το σύγχρονο δίκτυο. Οι αστοχίες κατανέμονται σε αρκετές περιοχές και ο εντοπισμός τους έγινε από την εμφάνιση εκτεταμένων διαρροών. Παρατηρήθηκε το φαινόμενο να εντοπίζεται μετά την επισκευή αστοχίας να εμφανίζεται

αστοχία σε νέα γειτονική θέση και η κατάσταση αυτή να συνεχίζεται μέχρι την πλήρη αποκατάσταση των ζημιών του δικτύου. Αυτό είχε αποτέλεσμα να αποκατασταθεί η πλήρης λειτουργία του δικτύου μετά από μερικές ημέρες.

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο σεισμός της 21^{ης} Ιουλίου 2017 προκλήθηκε από ένα κανονικό ρήγμα διεύθυνσης σχεδόν ΑΔ το οποίο σχετίζεται με γνωστούς ισχυρούς σεισμούς. Προηγούμενη δραστηριοποίηση του ήταν κατά το 2004-2005 με σεισμούς ~M5.5-5.9.



Σχήμα. 8. Χωροθέτηση των επιταχυνσιογράφων (κόκκινα τετράγωνα και πράσινα τρίγωνα ελληνικά όργανα, άσπρα τετράγωνα τούρκικα όργανα. Οι κύκλοι επικεντρικής απόστασης 50 και 100 km φαίνονται επίσης.

Από προκαταρκτικές θεωρητικές αναλύσεις η εδαφική επιτάχυνση στη πόλη της Κω εκτιμήθηκε ότι κυμάνθηκε μεταξύ 0.17-0.19g. Στο σχήμα (8) φαίνεται η χωρική κατανομή των εγκατεστημένων επιταχυνσιογράφων στη ευρύτερη περιοχή του σεισμού της 21^{ης} Ιουλίου 2017. Από το σχήμα αυτό γίνεται άμεσα αντιληπτό ότι ο αριθμός των εγκατεστημένων οργάνων στην Ελληνική πλευρά είναι σημαντικά μικρότερος από αυτά στην Τουρκική. Δεδομένης και της τουριστικής υποδομής θα πρέπει να διερευνηθεί η εγκατάσταση πρόσθετων επιταχυνσιογράφων στη Κω αλλά και σε γειτονικά νησιά με ιδιαίτερης σπουδαιότητας μνημεία (πχ. Πάτμος). Ένας ελάχιστος αριθμός είναι 3 επιταχυνσιογράφοι.

Το φαινόμενο είναι σε εξέλιξη και η παρακολούθηση της σεισμικής κίνησης είναι



συνεχής.

Από τις επιτόπου αυτοψίες κλιμακίου της Μονάδας Έρευνας ΙΤΣΑΚ του ΟΑΣΠ, οι οποίες έγιναν στην πόλη της Κω μετά τον ισχυρό σεισμό της 21^{ης} Ιουλίου 2017 διαπιστώθηκε ότι το δομημένο περιβάλλον συμπεριφέρθηκε αρκετά καλά. Ειδικότερα οι κατασκευές από σκυρόδεμα είχαν σημαντικά περιορισμένες βλάβες. Αυτό οφείλεται στην ορθή ένταξη της Κω σε περιοχή με υψηλή σεισμικότητα τις δεκαετίες που πέρασαν.

Οι αναστυλωμένοι κίονες, τα τείχη, οι μιναρέδες και γενικά κατασκευές με υψηλή ιδιοπερίοδο ανέπτυξαν σημαντικές βλάβες και μερικές καταρρεύσεις.

Σε κτίρια από φέρουσα λιθοδομή αναπτύχθηκαν περιορισμένες βλάβες με εξαίρεση τους δύο ναούς στην πόλη της Κω οι οποίοι παρουσίασαν εκτενείς ρηγματώσεις και μερική κατάρρευση στις κόγχες του ιερού στην Ανατολική πλευρά τους.

Ο σεισμός του 1933 είχε ως αποτέλεσμα να εκδηλώσουν αστοχία, σεισμικά τρωτές κατασκευές από λιθοδομή και να γίνει ανοικοδόμηση με κατασκευές όπου εφαρμόστηκαν καλύτερες κατασκευαστικές πρακτικές και παραδοσιακές αντισεισμικές τεχνικές.

Ως προς τα χαρακτηριστικά της ισχυρής σεισμικής κίνησης από την παρατήρηση της απόκρισης του δομημένου περιβάλλοντος συνάγεται ότι ενδέχεται να αναπτύχθηκαν υψηλές επιταχύνσεις στην περιοχή των περιόδων 0.4 με 0.5sec.

Από την εικόνα των βλαβών και με βάση παρατηρήσεις άλλων σεισμών για την περίπτωση ήπιων βλαβών η αναπτυσσόμενη εδαφική επιτάχυνση κυμάνθηκε μεταξύ 0.16 – 0.20g. Η τιμή της εδαφικής επιτάχυνσης όπως προέκυψε από τους χάρτες αισθητότητας (shakemaps.itsak.gr) είναι σε συμφωνία με τα αποτελέσματα αυτά.

Από την παραμόρφωση μεταλλικού στοιχείου προβόλου στην κορυφή Τζαμιού και από τις βλάβες στην ανατολική πλευρά δύο Ναών προκύπτει ότι η ισχυρή κίνηση ήταν σφοδρότερη προς την διεύθυνση Βοράς – Νότος. Εκτίμηση αυτή είναι σε συμφωνία τόσο με τα αποτελέσματα των Saltogianni et al., (2017) για τις θεωρητικές και πειραματικές τιμές των διανυσμάτων ολίσθησης όσο και από τις ενόργανες τιμές των επιταχύνσεων στη διεύθυνση NS σχέση με τη EW.

Από την απόκριση δύο μιναρέδων και των κατασκευών κατά τους σεισμούς του 1933 και 2017 προκύπτει το συμπέρασμα ότι οι επιταχύνσεις που αναπτύχθηκαν ήταν παρόμοιες. Στην παρούσα περίοδο οι συνολικές βλάβες ήταν λιγότερες λόγω της βελτίωσης της δομικής ποιότητας των κατασκευών.



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085

Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



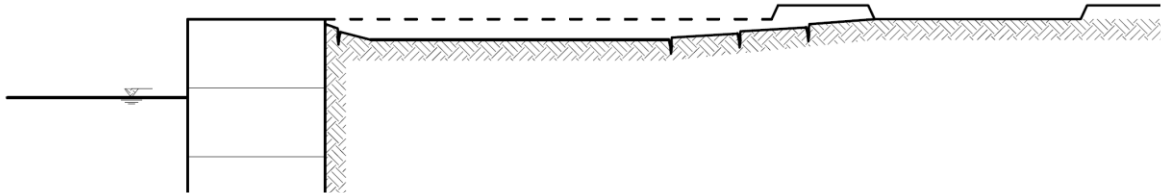
ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Λιμενικά Έργα

Κατάσταση πριν τον σεισμό στην αποβάθρα της μαρίνας στην πόλη της Κω



Κατάσταση μετά τον σεισμό στην αποβάθρα της μαρίνας στην πόλη της Κω



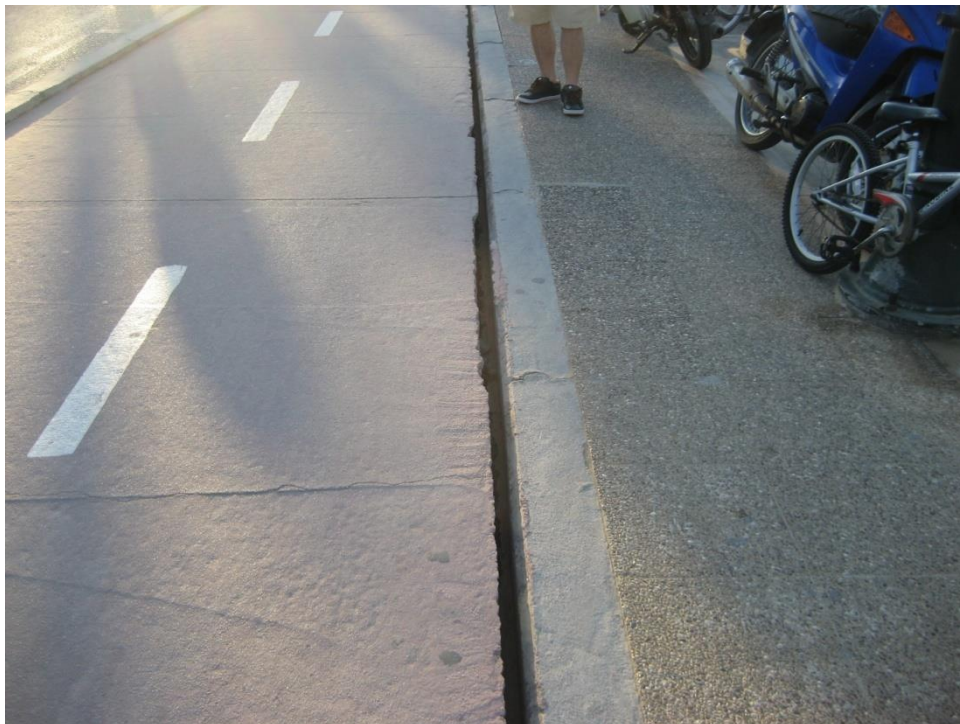
Εικόνα 1. Ένδειξη καθίζησης πίσω από το μέτωπο της αποβάθρας στην μαρίνα της Κω



Εικόνα 2. Άποψη από την μαρίνα της Κω.



Εικόνα 3. Άποψη από την μαρίνα της Κω.



Εικόνα 4. Άποψη από την μαρίνα της Κω. Πίσω μέρος της περιοχής με καθιζήσεις όπου παρατηρείται ήπια κλίση



Εικόνα 5. Αποψη από την μαρίνα της Κω. Πίσω μέρος της περιοχής με καθιζήσεις όπου παρατηρείται ήπια κλίση



Εικόνα 5. Ρηγματώσεις και καθιζήσεις στην επιβατική - εμπορική αποβάθρα.



Εικόνα 6. Ρηγματώσεις και καθιζήσεις στην επιβατική - εμπορική αποβάθρα.



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Αρχαιότητες



Εικόνα 7. Πτώση κίονων οι οποίοι είχαν αναστυλωθεί



Εικόνα 8. Ρηγμάτωση σε τείχος του κάστρου στην πόλη της Κω



Εικόνα 9.. Μερική κατάρρευση λιθοδομής



Εικόνες 10. Μερική κατάρρευση λιθοδομής



Εικόνα 11, Εσωτερικό αναστυλωμένου μνημείου (Casa Romana). Δεν υπάρχουν βλάβες στους κίονες



Εικόνα 12. Διάσπαρτες ρηγματώσεις σε φέρουσες λιθοδομές αναστυλωμένου μνημείου (Casa Romana)



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085

Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Οθωμανικά Μνημεία



Εικόνα 13. Αστοχία Μιναρέ και τοπικές αστοχίες τζαμιού στην εμπορική πλατεία της Κω



Εικόνα 14. Πίσω όψη τζαμιού με τοπικές αστοχίες



Εικόνα 15. Τοπικές αστοχίες σε μιναρέ στην πλατεία όπου βρίσκεται ο πλάτανος του Ιπποκράτη



Εικόνα 16. Αστοχίες σε γεμίματα παραθύρων



Εικόνα 17. Τοπικές αστοχίες σε λιθοδομή



Εικόνα 18. Αστοχία κατασκευής στην πλατεία του πλάτανου του Ιπποκράτη



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Κτίρια από Φέρουσα Τοιχοποιία & Ναοί



Εικόνες 19, 20. Αστοχία λιθοδομής ορόφου στην περιοχή Εξάρχεια στην πόλη της Κω. Θέση όπου σημειώθηκαν δύο θάνατοι και έξι τραυματισμοί



Εικόνα 21. Ρηγματώσεις στην ανατολική λιθοδομή του Ναού της Αγία Παρασκευής στην πόλη της Κω



Εικόνα 22. Νότια λιθοδομή του Ναού της Αγίας Παρασκευής. Ρηγματώσεις περιορισμένου εύρους.



Εικόνα 23. Ναός Αγίου Νικολάου στην πόλη της Κω. Αστοχία ανατολικής λιθοδομής.



Εικόνα 24. Βόρεια λιθοδομή του ίδιου Ναού. Σημαντικά περιορισμένες βλάβες.



Εικόνες 25, 26. Αστοχία κτιρίου από λιθοδομή με στοιχεία σκυροδέματος στην πόλη της Κω



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085

Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΒΛΑΒΩΝ

Κτίρια από Οπλισμένο Σκυρόδεμα



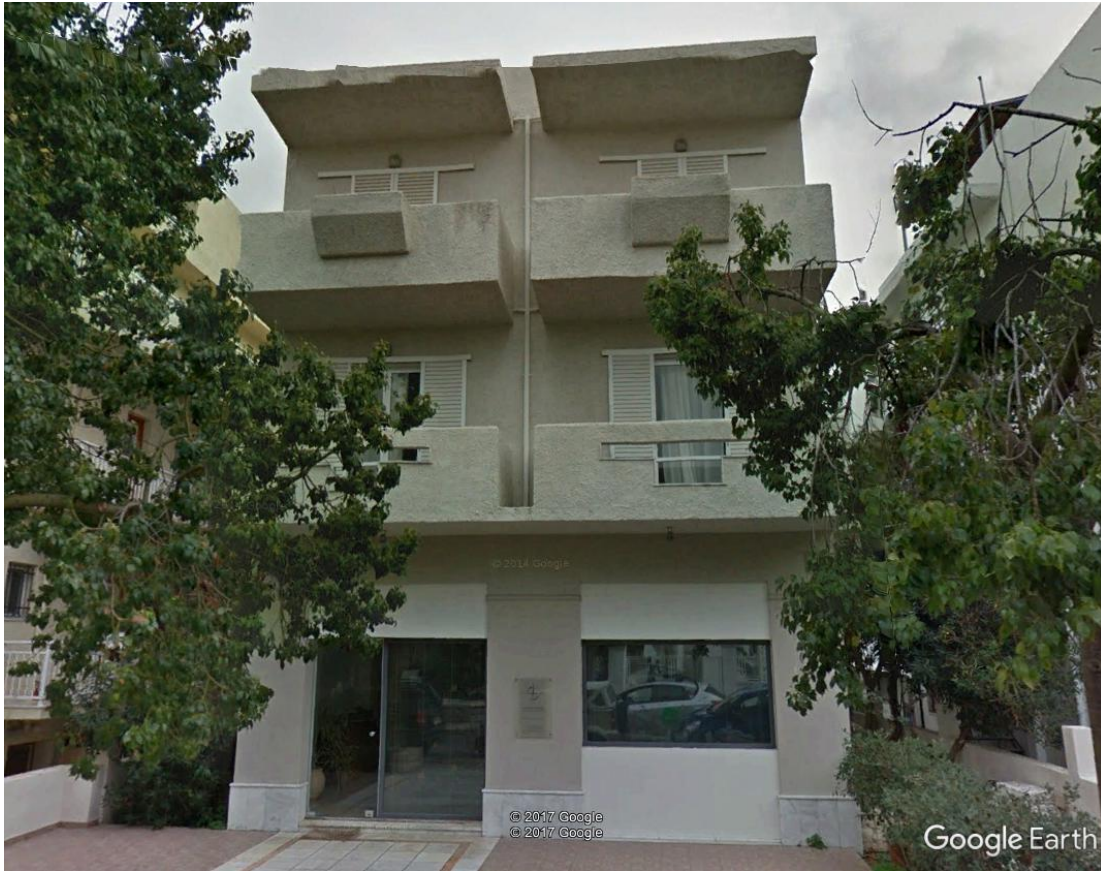
Εικόνα 27. Διάνοιξη αρμού μεταξύ δύο κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα



Εικόνα 28. Καμπτική ρωγμή σε στοιχείο από οπλισμένο σκυρόδεμα στο Νοσοκομείου Κω.



Εικόνες 29, 30. Ρηγματώσεις σε τοιχοποιίες πλήρωσης κτιρίου από οπλισμένο σκυρόδεμα στην πόλη της Κω



Εικόνες 31 32. Οικοδομή στην οδό Αρσενίου στην πόλη της Κω. Άνω: άποψη πριν τον σεισμό και Κάτω: αστοχία του ισόγειου μετά τον σεισμό της 21^{ης} Ιουλίου.



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΕΙΣΜΟΥ 1933



Εικόνες 31, 32. Αστοχία μιναρέ κατά τους σεισμούς 1933 και 2017







Εικόνες 34, 35. Απόκριση μιναρέ κατά τους σεισμούς 1933 και 2017. Εμφάνιση τοπικής αστοχίας κατά τον σεισμό του 2017.



15. Η Επισκευή των Γκαζιού ανακατασκευάζονται
(Φωτογραφία: Αρχείο ΕΤΕ Σεισμικός Φάκελος
Αρκετών Σεισμογράφων)



3. Η πρώτη περίοδος της καταστροφής
(Φωτογραφία: Αρχείο ΕΤΕ Σεισμικός Φάκελος
Αρκετών Σεισμογράφων)





ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085



Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το δίκτυο του ΟΑΣΠ-ΙΤΣΑΚ εγκαταστάθηκε και παρακολουθείται σε στενή συνεργασία της τ. Διεύθυνσης Τεχνικής Σεισμολογίας και του Εργαστηρίου του ΙΤΣΑΚ. Η κα. Κωνσταντινίδου Κυριακή, MSc Πληροφορικός και ο Πολιτικός μηχανικός Στρ. Ζαχαρόπουλος έχουν την ευθύνη για την εύρυθμη 24ωρη λειτουργία του δικτύου Η/Υ του ΙΤΣΑΚ και την επαφή με το δίκτυο SYZEFXIS για τη μεταφορά δεδομένων.

Ευχαριστίες επίσης οφείλονται στο προσωπικό του Δήμου Κω και ιδιαίτερα στο Δήμαρχο Κω κ. Γιώργο Κυρίτση, και τον υπεύθυνο Πληροφορικής κ. Αλέξανδρο Καλούδη, για την διάθεση χώρου .και τη βοήθεια με το δίκτυο SYZEFXIS.

Τα αποτελέσματα της παρουσίασης αυτής είναι προκαταρκτικά και είναι πιθανόν να τροποποιηθούν μελλοντικά εφ' όσον γίνουν λεπτομερέστερες αναλύσεις και προστεθούν νέα δεδομένα από όργανα τα οποία δεν είναι συνδεδεμένα μέσω INTERNET με τις εγκαταστάσεις του ΙΤΣΑΚ.



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΥΠΟΔΟΜΩΝ & ΜΕΤΑΦΟΡΩΝ
ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΑΝΤΙΣΕΙΣΜΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ & ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (Ο.Α.Σ.Π.)

Ι.Τ.Σ.Α.Κ.

Οδός Δασυλλίου, ΠΥΛΑΙΑ-ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ
Τηλ. 2310476081-4, Fax 2310476085

Ταχ. Διεύθυνση: Ταχ. Θυρίδα 22453 Φοίνικας, ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 55102





ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Akkar, S. and J. J. Bommer (2010): Empirical equations for the prediction of PGA, PGV and spectral accelerations in Europe, the Mediterranean region and the Middle East, *Seismological Research Letters*, 81, 195-206
- Ambraseys, N. N., J. Douglas, S. K. Sarma, and P. Smit (2005): Equations for the estimation of strong ground motions from shallow crustal earthquakes using data from Europe and the Middle East: Horizontal peak ground acceleration and spectral acceleration. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 3, 1–53.
- Παπαζάχος, Β.Κ. και Κ.Β. Παπαζάχου (2003): Σεισμοί της Ελλάδας Γ Έκδοση, *Εκδόσεις Ζήτη*, Θεσσαλονίκη σελ. 286.
- Papazachos, B.C. and C.B. Papazachou (1997): The earthquakes of Greece. *Ziti Publ. Thessaloniki, Greece*, 304 pp.
- Παπαζάχος, Β. Κ., Δ. Μ., Μουντράκης, Κ.Β. Παπαζάχος, Μ. Δ. Τρανός, Γ. Φ, Καρακαϊσης, και Α. Σ. Σαββαΐδης (2001): Τα ρήγματα που προκάλεσαν τους γνωστούς ισχυρούς σεισμούς στην Ελλάδα και τη γύρω περιοχή από τον 5^ο αιώνα π.Χ. μέχρι σήμερα. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, Θεσσαλονίκη, 28-30 Νοεμβρίου 2001, Α, 17-26.
- Saltogian, Ω., T. Taymaz, S. Yolsal-Çevikbilen, T. Eken, M. Gianniu, T.Öcalan, S. Pytharouli and St. Stiros (2017): Fault-model of the 2017 Kos-Bodrum (east Aegean Sea) Mw 6.6 earthquake from inversion of seismological and GPS data – Preliminary Report, www.emsc-csem.org, 4pp.
- Skarlatoudis, A.A., C.B. Papazachos, B.N. Margaritis, N. Theodulidis, Ch. Papaioannou, I. Kalogeras, E.M. Scordilis and V. Karakostas (2003): Empirical peak ground motion predictive relations for shallow earthquakes in Greece. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 93, 2591-2603.

Θεσσαλονίκη

Αύγουστος 2017

Η έκθεση αυτή συντάχθηκε από τους ερευνητές της Μονάδας ΙΤΣΑΚ του ΟΑΣΠ. Οι απόψεις οι οποίες διατυπώνονται αποτελούν προσωπικές επιστημονικές απόψεις και δεν αντανακλούν κατ' ανάγκη επίσημες θέσεις του ΟΑΣΠ.