



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ
Διευθυντής: Καθηγητής Σ. Α. ΠΑΪΠΕΤΗΣ, Διπλ. Μηχ., DIC, PhD

Αρ. Πρωτ. $\frac{69}{16-1-90}$

ΤΕΛΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ

Ερευνητικού Προγράμματος με Τίτλο

"Πρόγνωση Σεισμών με Ακουστικές Εκπομπές"

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 1990

75

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

	Σελίδα
1. ΓΕΝΙΚΑ	1
2. ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	2
3. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΣΥΣΚΕΥΕΣ.....	3
4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΤΑΘΜΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	4
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ.....	5
6. ΟΜΑΔΑ ΣΥΝΕΡΓΑΤΩΝ.....	6
7. ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΟΣ ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΑΝΑΛΥΣΗ ΔΑΠΑΝΩΝ.....	7
8. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I : ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ	
9. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III : ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΗΜΑΤΩΝ	
10. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV : ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ ΣΤΑΘΜΩΝ	



Τ Ε Λ Ι Κ Η Ε Κ Θ Ε Σ Η Π Ρ Ο Ο Δ Ο Υ Ε Ρ Γ Ο Υ

"ΓΕΩΛΟΓΟΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΣΕΙΣΜΩΝ ΜΕ ΑΚΟΥΣΤΙΚΕΣ ΕΚΠΟΜΠΕΣ"

Η παρούσα Τελική Έκθεση Προόδου του έργου, συντάχθηκε σε εκτέλεση της από 1.1.1987 Σύμβασης που εγκρίθηκε με την 516/21.10.1986 Απόφαση του Δ.Σ. του Ο.Α.Σ.Π. και αποτελεί συνέχεια της από 3.7.1987 Συνοπτικής Έκθεσης του έργου.

1. ΓΕΝΙΚΑ

Στο χρονικό διάστημα που διέρρευσε, σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στο έργο, συγκεκριμένα έγιναν οι εξής εργασίες:

- (α) Εξασφαλίστηκε καθ' όλη την διάρκεια του 1987 και 1988⁽¹⁹⁸⁹⁾ η υποστήριξη του έργου από το Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ, με ομάδα ηλεκτρονικών, τηλεπικοινωνιακών, καθώς και εξειδικευμένων στην ανάλυση σημάτων επιστημόνων.
 - (β) Στο έργο εξακολούθησαν να συμμετέχουν, εκτός από επιστήμονες του Εργαστηρίου Γεωφυσικής και Γεωθερμίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, και επιστήμονες του Γεωλογικού Τμήματος του Πανεπιστημίου Πατρών, οι οποίοι πρόσφατα συνέταξαν και υπέβαλαν στον Ο.Α.Σ.Π. τον νεοτεκτονικό χάρτη του Ν. Αχαιίας και γνωρίζουν την μορφολογία και την τεκτονική δομή της υπό έρευνα περιοχής.
- Επίσης εξασφαλίστηκε από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Αστεροσκοπείου Αθηνών η κοινοποίηση στο Εργαστήριό μας, τόσο του Seismological Monthly Bulletin που εκδίδει, όσο και ενός εβδομαδιαίου δελτίου σεισμών που αφορά την περιοχή του έργου.
- (γ) Μεταφέρθηκε από το χωριό Ψαθόπυργος στο Κτήριο Φυσικής της Πανεπιστημιούπολης Ρίου ο Κεντρικός Σταθμός Απόληψης και Επεξεργασίας σημάτων.
 - (δ) Εκτελέσθηκε (30.3.1988 μέχρι 4.4.1988) μία νέα γεώτρηση βάθους 16 m στη θέση Γκλοβίνο του Αγίου Νικολάου, σε αντικατάσταση της παλαιάς η οποία είχε καταρρεύσει.
 - (ε) Αντικαταστάθηκαν οι αναλογικοί timers με άλλους μεγαλύτερας ακριβείας ψηφιακούς timers-multiplexers, οι οποίοι δεν επηρεάζονται από τις καιρικές συνθήκες.
 - (ς) Αντικαταστάθηκαν στους σταθμούς Σκαλώματος και Παλαιόκαστρου οι πομποί και οι δέκτες UHF FM της S.T.E. με VHF FM Hermes.
 - (η) Κατασκευάσθηκε στο Παλαιόκαστρο ένας σταθμός αναμετάδοσης σημάτων, για την αναμετάδοση των σημάτων του Σταθμού Παρακο-



λούθησης του Αγίου Νικολάου.

- (θ) Διαπιστώθηκε η πιθανότητα ύπαρξης προδρόμων σημάτων στις εγγραφές πριν από σεισμούς που έγιναν κοντά στην περιοχή που διεξάγεται η έρευνα.
- (ι) Μετά από πολύμηνη έρευνα αγοράς, βρέθηκε σε πολύ καλή τιμή και αγοράστηκε από το εξωτερικό ένας Data acquisition and processing A/D board, για την μετατροπή των αναλογικών σημάτων λήψης σε ψηφιακά, επιτρέποντας έτσι την σύνδεση του δικτύου παρακολούθησης δραστηριότητας ΑΕ με τον Η/Υ.
- (κ) Αναπτύχθηκε user friendly software, με τη βοήθεια του οποίου έγινε δυνατή η σύνδεση του δικτύου παρακολούθησης με τον Η/Υ ο οποίος επεξεργάζεται τα σήματα της δραστηριότητας ΑΕ που ανιχνεύθηκαν.

2. ΣΤΟΧΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το ερευνητικό έργο στοχεύει στην ανίχνευση και τον προσδιορισμό παραμέτρων των σημάτων Ακουστικής Εκπομπής, οι οποίες μεταβάλλονται πριν από τον επικείμενο σεισμό, είτε από τις παραμορφωμένες και ρηγματούμενες γεωλογικές δομές ή από την stick-slip της μετακίνησης υφισταμένων σεισμικών ρηγμάτων, ώστε να γίνει έτσι δυνατή η πρόγνωση του. Αργότερα με την επέκταση του δικτύου σε πέντε σταθμούς παρακολούθησης θα γίνει δυνατός ο προσδιορισμός του επικέντρου και του υποκέντρου των σεισμών.

3. ΟΡΓΑΝΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΣΥΣΚΕΥΕΣ

Κατασκευάστηκαν συνολικά τρεις σταθμοί παρακολούθησης ΑΕ στην Στερεά Ελλάδα, στις τοποθεσίες Γκλοβίνο Αγίου Νικολάου, Παλαιόκαστρο (έναντι της Νήσου Τριζόνια) και Σκάλωμα, που φαίνονται στο Χάρτη 1 (Παράρτημα Ι).

Από την ερευνητική ομάδα σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν οι εξής συσκευές:

- (α) Ένας ρυθμιζόμενος ψηφιακός Timer-multiplexer που ενεργοποιεί το σύστημα παρακολούθησης για ένα λεπτό και μετά το σταματά. Λειτουργεί ανά τακτά χρονικά διαστήματα που μπορούν να ρυθμισθούν (π.χ. ανά 2', ανά 45' ή ανά δύο ώρες). Φέρει έναν ενισχυτή ρυθμιζόμενο που μπορεί να συνδεθεί με έναν event recorder (προς το παρόν είναι συνδεδεμένος με ένα γεώφωνο ABEM), που ενεργοποιεί το σύστημα τηλεμετρίας ανεξάρτητα από το σύστημα παρακολούθησης δραστηριότητας Ακουστικής Εκπομπής. Δεν επηρεάζεται ούτε από τις μεταβολές της θερμοκρασίας ούτε από την υγρασία και όπως υπολογίσαμε, σε διάστημα 6 μηνών χάνει μόνο ένα δευτερόλεπτο.



- (β) Ένα remote control για το καταγραφικό μαγνητόφωνο και ένα offset control για τις δύο καταγραφικές συσκευές TOA Poly-recorders.
- (γ) Ένας signal discriminator ο οποίος επιτρέπει να εκπέμπονται σήματα δραστηριότητας Ακουστικής Εκπομπής ένος καθορισμένου ορίου εμβέλειας συχνοτήτων.
- (δ) Απόλυτα στεγανοί καθετήρες (borehole probes) για τους μορφοτροπέις, μέσα στους οποίους υπάρχει χώρος για την εγκατάσταση ηλεκτρονικών συσκευών (π.χ. προενισχυτών).
- (ε) Κλωβοί ασφαλείας από γαλβανισμένη λαμαρίνα πάχους 2 mm , απόλυτα στεγανοί με εξαεριστήρες για τον αερισμό των συσκευών που βρίσκονται μέσα τους, καθώς επίσης βάσεις για τούς ιστούς των αντεννών και ρυθμιζόμενες βάσεις για την τοποθέτηση των φωτοβολταϊκών τόξων.

Επίσης, αγοράσθηκε και εγκαταστάθηκε στον Η/Υ ένας Data acquisition and processing A/D board μετατροπής αναλογικών σημάτων σε ψηφιακά, για την απόληψη των αναλογικής μορφής σημάτων, την μετατροπή τους σε ψηφιακά και την εν συνεχεία επεξεργασία τους από τον συμβατό του τύπου IBM AT Η/Υ.

Η αγορά ενός A/D board με τέτοιες δυνατότητες και σε τόσο καλή τιμή, (US \$ 495) θα πρέπει να θεωρηθεί επιτυχία μας, όταν παρεμφερείς συσκευές στοιχίζουν άνω των US \$ 1700.

Στον Η/Υ τοποθετήθηκε συνεπεξεργαστής Norton 8087 για την ταχύτερη επεξεργασία των στοιχείων και προσετέθη μνήμη 514 K στην μνήμη RAM διότι η υπάρχουσα δεν επαρκούσε.

Επίσης αναπτύχθηκε στη γλώσσα μηχανής του Η/Υ μας, Software που ασχολείται με την Data Acquisition, Data Display, Correlation, και FFT Spectrum Analysis, για να γίνεται η επεξεργασία των σημάτων της δραστηριότητας Ακουστικής Εκπομπής που ανιχνεύονται από τους σταθμούς παρακολούθησης.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι η κατασκευή του Software δεν συμπεριλαμβανόταν στις συμβατικές μας υποχρεώσεις.



4. ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΤΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Κάθε σταθμός παρακολούθησης αποτελείται από μια γεώτρηση, τον κλωβό ασφαλείας που έχει εγκιβωτισθεί με ειδικό κονίαμα αγκυρώσεων στο βραχώδες έδαφος, επάνω στον οποίο βρίσκεται τοποθετημένο το φωτοβολταϊκό τόξο παροχής ηλεκτρικού ρεύματος, τον ιστό με την αντέννα και την περίφραξη του (φωτογραφίες στο Παράρτημα ΙΙΙ).

Μέσα στον κλωβό ασφαλείας βρίσκεται: ο Timer-multiplexer που είναι συνδεδεμένος με ένα γεώφωνο ABEM και με τον πομπό του τηλεμετρικού συστήματος αναμετάδοσης σημάτων (που είναι κατά περίπτωση VHF FM ισχύος 15 W ή UHF FM 5 W), ένας ενισχυτής σημάτων 60 db (Conditioning charge amplifier Brüel & Kjaer Type 2635) που συνδέεται με τον μορφοτροπέα, ένας συσσωρευτής 12 V και ο ρυθμιστής τάσης του συστήματος τροφοδοσίας ενέργειας.

Στον πυθμένα της γεώτρησης βρίσκεται ο καθετήρας με τον μορφοτροπέα (ένα πιεζοηλεκτρικό επιταχυνσιόμετρο Brüel & Kjaer Type 4370).

Ειδικά στον σταθμό του Παλαιοκάστρου, υπάρχει και ένας δεύτερος κλωβός με ακόμα ένα φωτοβολταϊκό τόξο, έναν συσσωρευτή 12 V και τον ρυθμιστή τάσης του, όπως επίσης έναν δέκτη UHF FM και έναν πομπό VHF FM, για την αναμετάδοση του σήματος του σταθμού του Αγίου Νικολάου.

Τα εκπεμπόμενα σήματα φθάνουν στον κεντρικό σταθμό απόληψης, όπου, μέχρι πριν από λίγους μήνες, καταγραφόντουσαν σε δύο διαυλικές καταγραφικές συσκευές TOA Polyrecorders με τη βοήθεια του Offset control που είχαμε κατασκευάσει, καθώς και σε ένα καταγραφικό μαγνητόφωνο Brüel & Kjaer Type 7003 για περαιτέρω επεξεργασία. Σήμερα πλέον μετατρέπονται σε ψηφιακά, σώζονται σε floppy disk και η επεξεργασία τους γίνεται από τον Η/Υ. Ταυτόχρονα καταγράφονται και από το καταγραφικό μαγνητόφωνο.

Ο Signal discriminator που είχαμε κατασκευάσει κατά την πρώτη φάση του έργου, αφαιρέθηκε από τους σταθμούς παρακολούθησης, έτσι ώστε να ανιχνεύονται σήματα ευρείας ζώνης (wide band).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ-ΑΠΟΤΙΜΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

Μέχρι σήμερα παρατηρήθηκαν τα ακόλουθα:

- (α) Από τις κυματομορφές των σημάτων που κατέγραψαν που κατέγραψαν οι TOA Polyrecorders αρκετές ώρες πριν από τον σεισμό της 3.3 .1988 (στις 22,35, ML 3,3) οι οποίες διέφεραν σημαντικά από τις άλλες εγγραφές (Γραφήματα 1, 2, 3, 4 , 5) , συμπεραίνεται ότι πρόκειται για καταγραφή προδρόμου φαινομένου.
- (β) Δυστυχώς τότε , λόγω του μεγάλου κόστους του, δεν διέθεται ο κεντρικός σταθμός A/D board για την απόληψη των σημάτων και την επεξεργασία τους και δεν ήταν δυνατή η καταγραφή περισσότερων συγκριτικών στοιχείων.
- (γ) Σήμερα, μετά την προμήθεια του A/D board και την ανάπτυξη του Software υπάρχει πλέον αυτή η δυνατότητα (βλέπε Γραφήματα 6, 7, 8, 9, 10) και αναμένεται η εμφάνιση σεισμικών φαινομένων στην υπό έρευνα περιοχή για να μελετηθούν και να υποστηριχθεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου.
- (δ) Επειδή το software που αναπτύχθηκε έχει ανάγκη από χειριστή καταβάλεται προσπάθεια για να αυτοματοποιηθεί η λειτουργία του.

Πρέπει να σημειωθεί ότι στο "Seminar on Earthquake Prediction Case Histories", Geneva Switzerland, Oct. 12-15 1982, (Publication by Office of the UN Disaster Relief Coordinator, Geneva, Switzerland, pp. 19-27, 1983) , καθώς και στο " Japan-China Symposium on Earthquake Prediction" Tokyo, Japan 3-5 Dec. 1984, (Zhizhen Zheng, Journal of Physics of the Earth, Vol. 34, suppl., 1986, pp. 35-44), ανακοινώθηκε το πρόδρομο φαινόμενο του "γεώηχου" (geosound), ο οποίος όπως αναφέρουν οι Κινέζοι ερευνητές είναι ανιχνεύσιμος σε απόσταση 100 Km από το υπόκεντρο του σεισμού και αποτελεί σήμερα αντικείμενο που συγκεντρώνει το ενδιαφέρον των Κινέζων ερευνητών.

Πρόκειται περί ενός ήχου εμβέλειας συχνοτήτων από 10 Hz μέχρι 1000 Hz περίπου ο οποίος προέρχεται από προσεισμικά ελαστικά κύματα υψηλών συχνοτήτων που προσπίπτουν σχεδόν κάθετα επάνω στην επιφάνεια του εδάφους και μεταδίδονται στην ατμόσφαιρα.

Η μελέτη του "γεώηχου" στοχεύει στην διερεύνηση της σχέσης που υπάρχει μεταξύ της προδρόμου δραστηριότητας Ακουστικής Εκπομπής και της προπαρασκευαστικής διεργασίας των σεισμών.

Όσον αφορά το απαιτούμενο βάθος της γεώτρησης για την μείωση του θορύβου του περιβάλλοντος (π.χ. τον άνεμο, τον θόρυβο από τα διερχόμενα οχήματα κ.τ.λ.) καθώς και την βελτίωση του λόγου του σήματος προς τον θόρυβο (signal to noise ratio, SNR), αφού μελετήσαμε την σχετική βιβλιογραφία (Douze, E.J., Noise Attenuation in Shallow Holes, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 56, No. 3, June 1966), καταλήξαμε στο συμπέρασμα πως οι μορφοτροπείς θα πρέπει να τοποθετηθούν σε βάθος μεγαλύτερο των 60 m.

6. ΟΜΑΔΑ ΣΥΝΕΡΓΑΤΩΝ

Επιστημονικός Υπεύθυνος της ερευνητικής ομάδας είναι ο Καθηγητής του Πανεπιστημίου Πατρών κ. Στέφανος Α. Παϊπέτης. Εκτός από τον Επιστημονικό Υπεύθυνο εργάζονται:

Με μερική απασχόληση και χωρίς αμοιβή οι κκ.:

Ν.Δ. Δελημπασής, Δρ. Σεισμολόγος-Γεωφυσικός, Επίκουρος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Θ. Δούτσος, Δρ. Γεωλόγος, Επίκουρος Καθηγητής του Πανεπιστημίου Πατρών.

Κ. Δαγκάκης, Δρ. Μηχανικός, Επιστημονικός Συνεργάτης του Ινστιτούτου Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ, καθώς και οι μόνιμοι Συνεργάτες του Ε.Κ.Ε.Φ.Ε. ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ κκ. Α. Βλαχάκης και Π. Κατριβάνος, Διπλ. Ηλεκτρολόγοι-Ηλεκτρονικοί Μηχανικοί οι οποίοι εκπονούν Διδακτορική Διατριβή με θέματα σχετικά με το αντικείμενο του έργου.

Επίσης εργάζεται με πλήρη απασχόληση χωρίς αμοιβή σε επίπεδο διδακτορικής διατριβής ο επιστημονικός συνεργάτης του Πανεπιστημίου Πατρών κ. Ν.Γ. Μαλάκης, Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.
ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑ



Χάρτης 1. Χάρτης της υπό έρευνα περιοχής στον οποίο φαίνονται οι σταθμοί παρακολούθησης του Σκαλώματος, του Παλαιοκάστρου, του Αγίου Νικολάου, καθώς και ο 1ος Κεντρικός Σταθμός Απόληψης Σημάτων (στον Ψαθόπυργο) και ο 2ος που βρίσκεται στην Πανεπιστημιούπολη.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.
ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΣΗΜΑΤΩΝ

MEZARIXTA
←→ 24° 3.31E

4.3.83

2.00

2.00

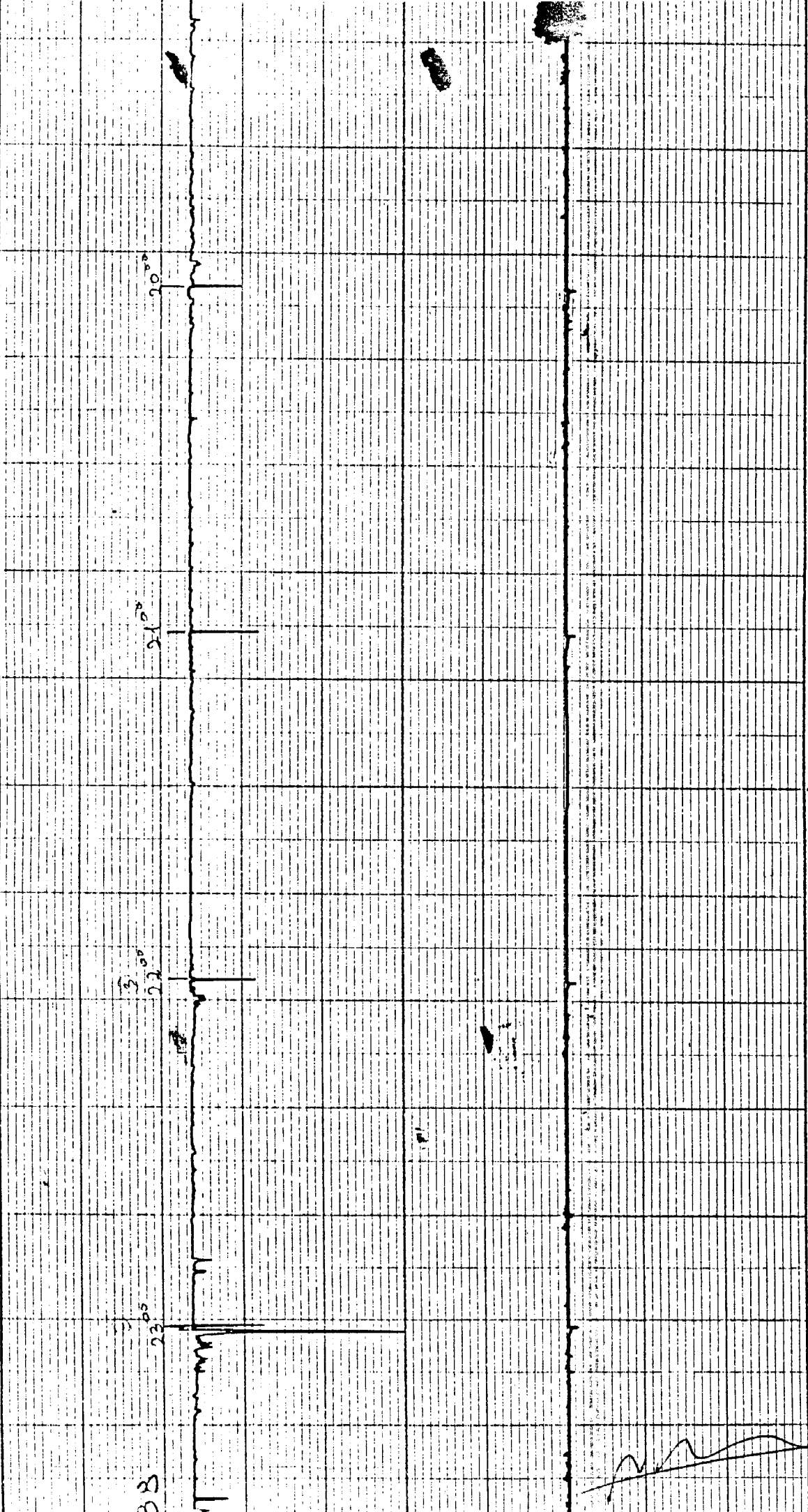
3.00



[Handwritten scribble]

Japan No. SE-10

TOKYO TONA Electronics Ltd. Japan No. SE-10



2000

4000

3000

2300

BB

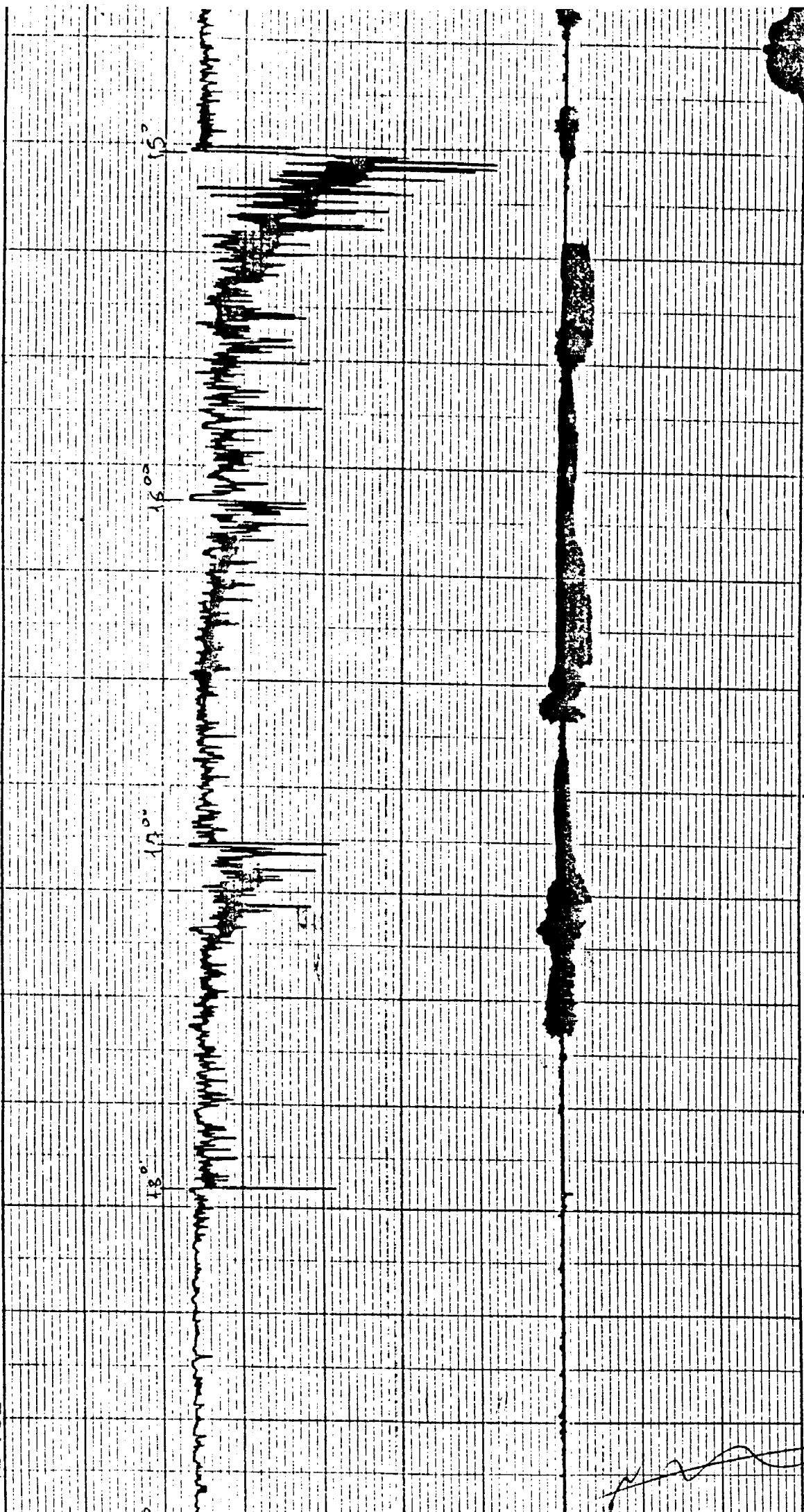
[Handwritten signature]

+

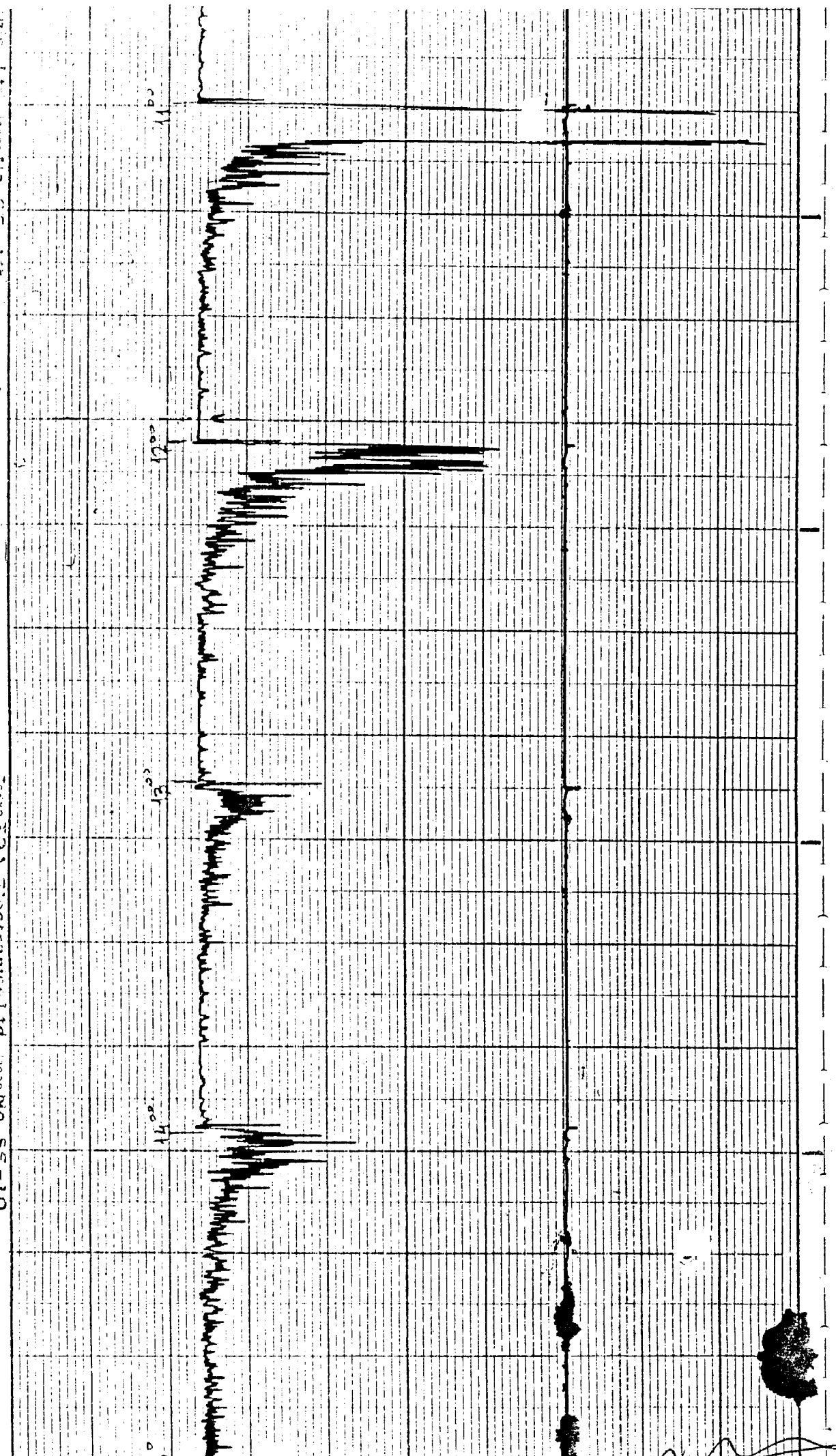
Tokyo TDA Electronics Ltd. Japan No. SE-10

+

Tokyo TDA Elect



[Handwritten signature]



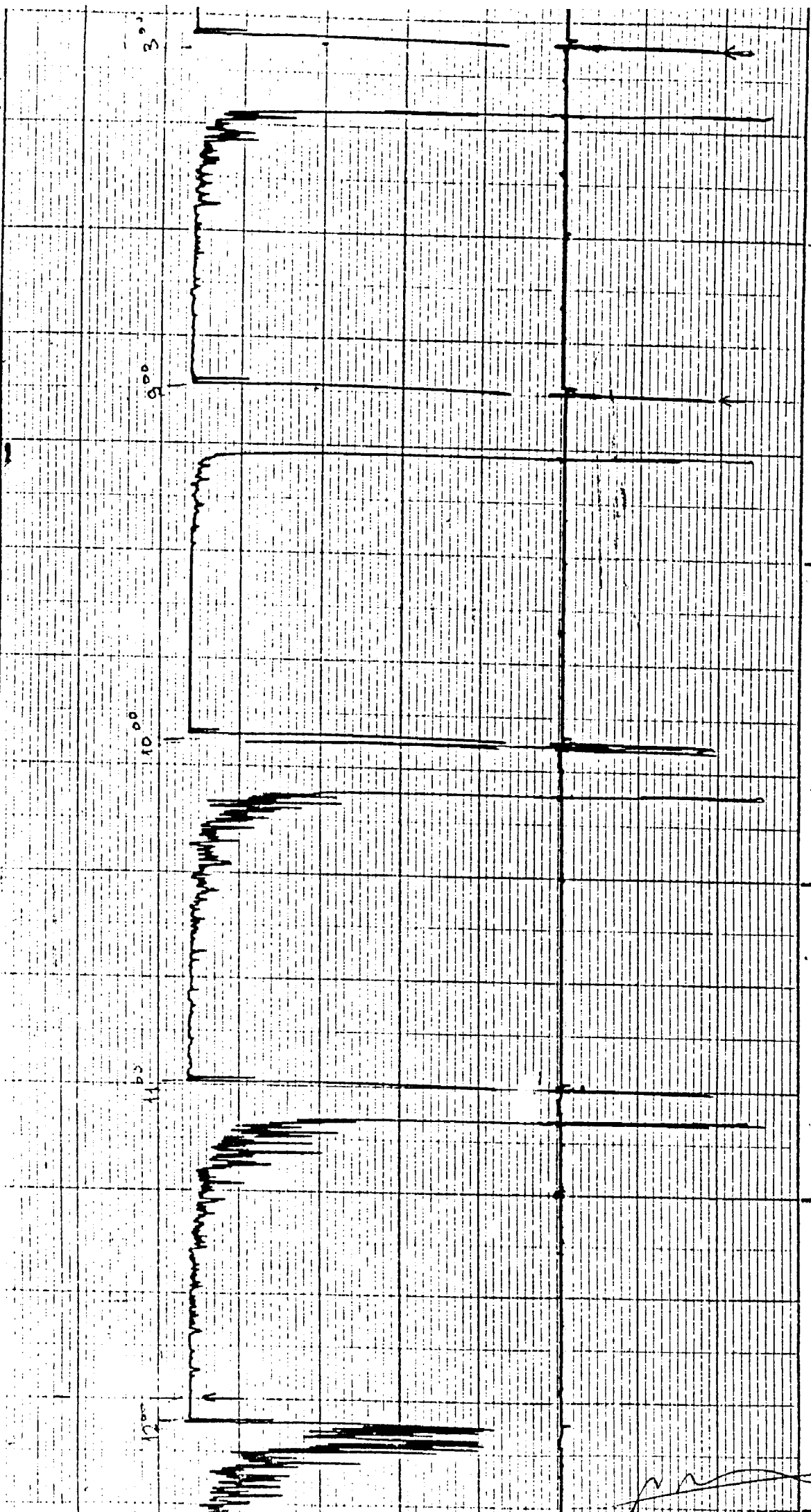
Yokohama Electric Co. Ltd. SE-10

Yokohama Electric Co. Ltd. Japan No. SE-10

Handwritten scribbles and lines at the bottom of the page.

ORION LTD. (PART) NO. SE-10

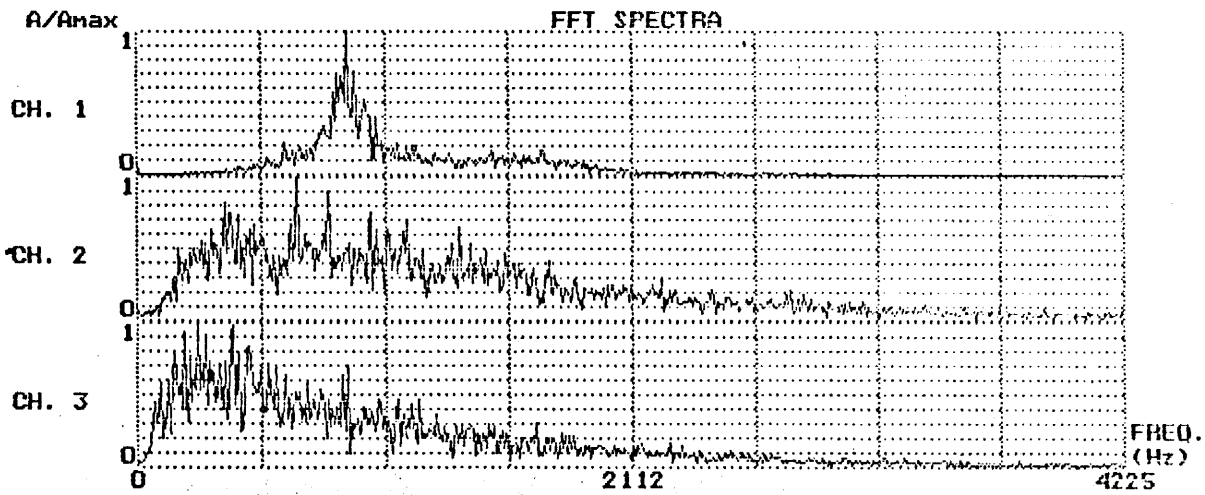
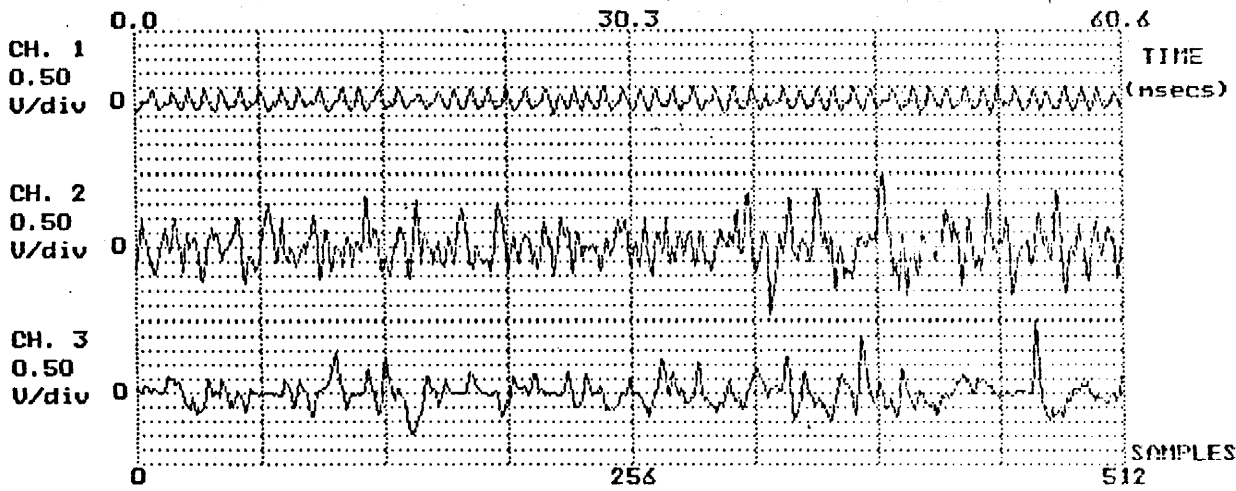
ORION LTD. Electronic Ltd. (PART) NO. SE-10

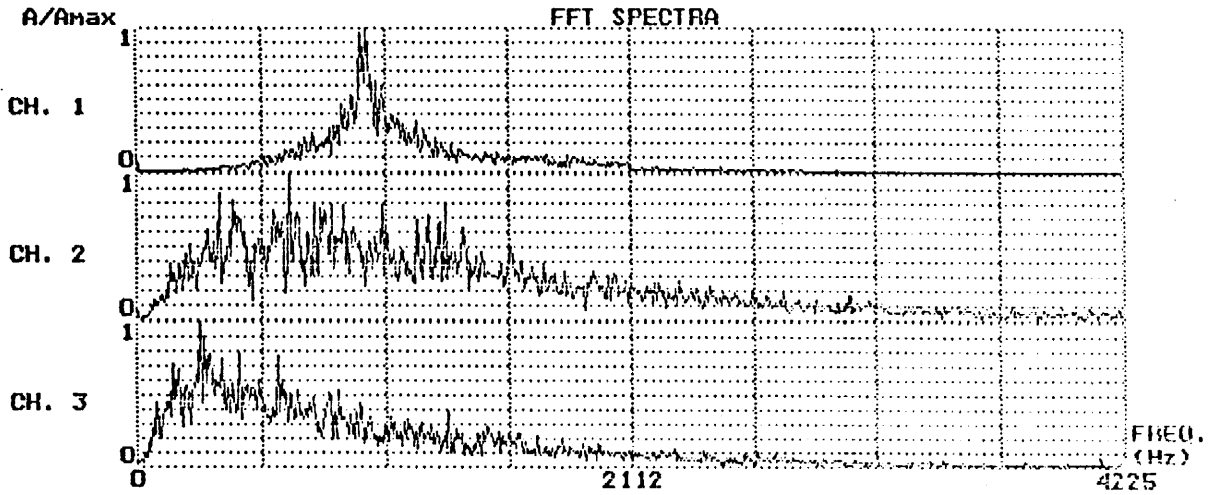
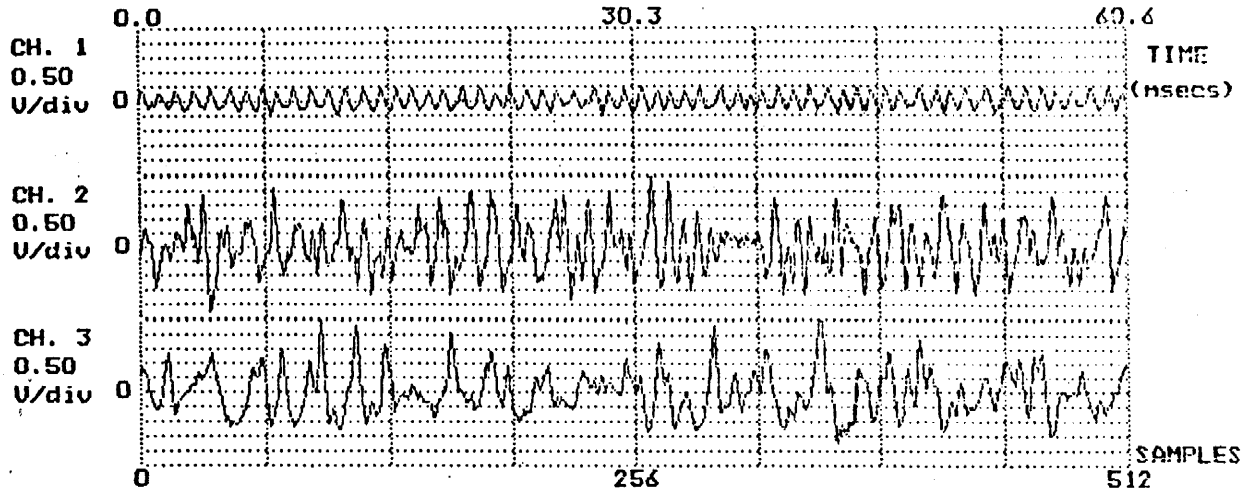


(1)

15/09/89

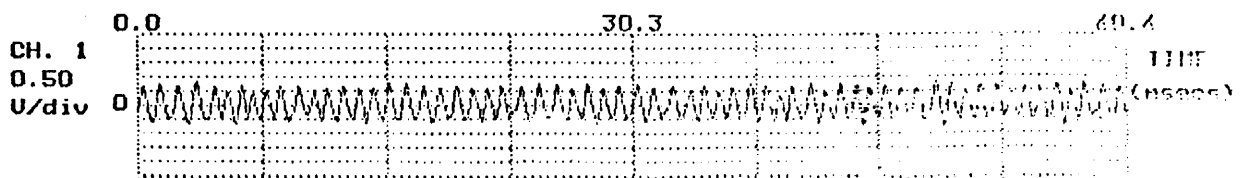
10.2



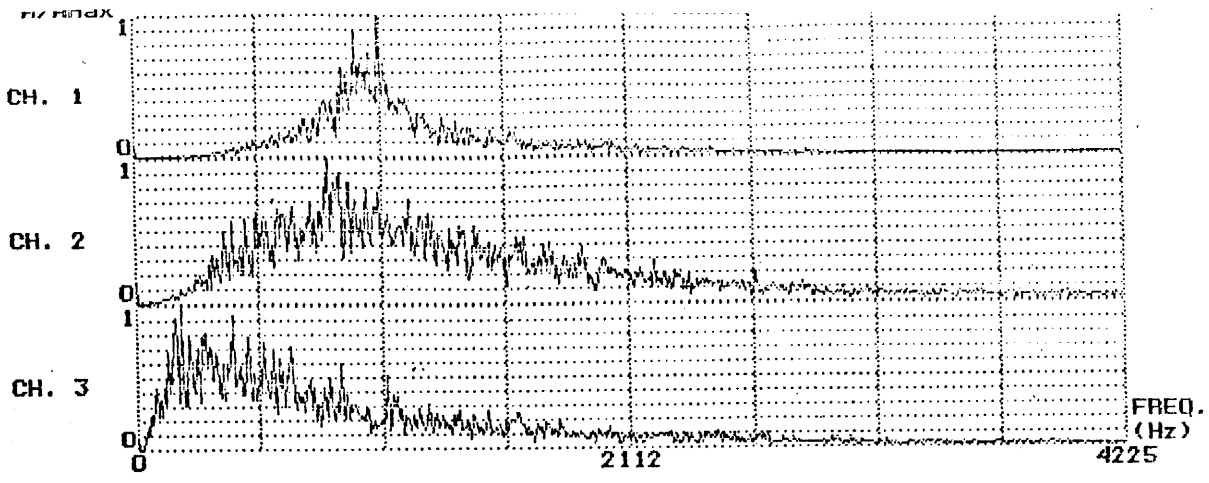


Handwritten scribble

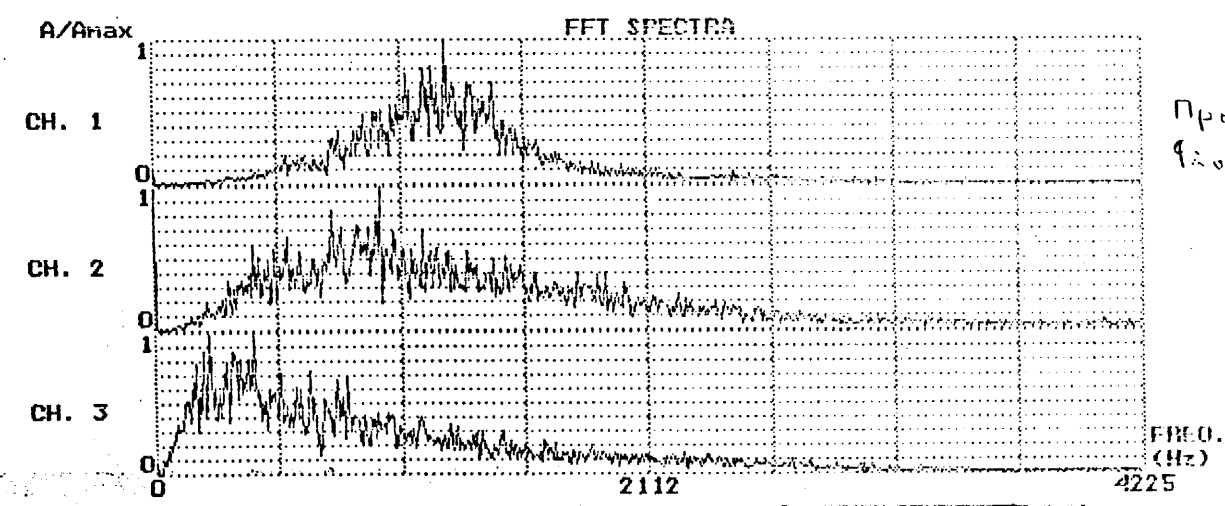
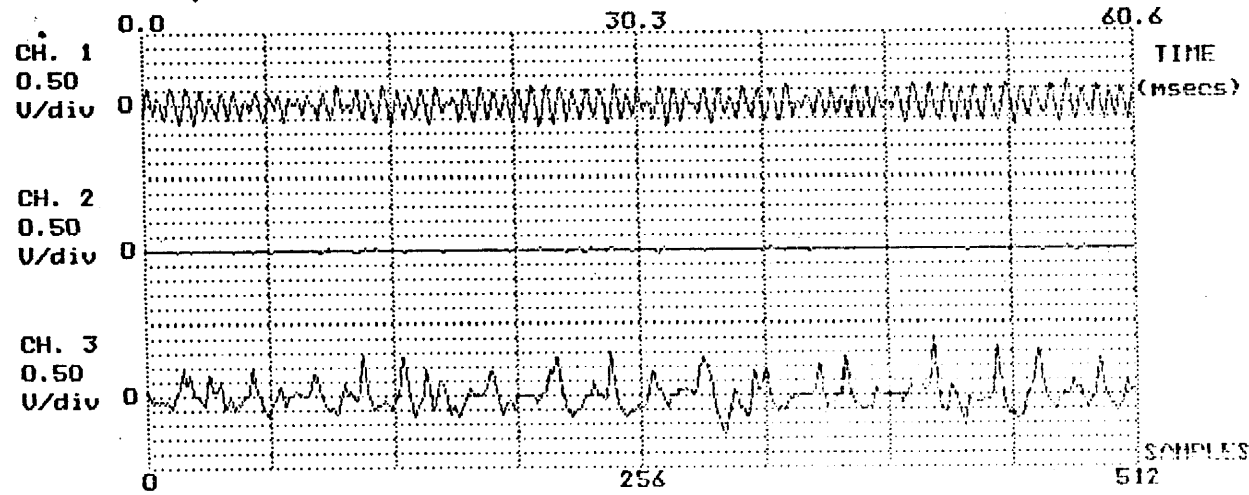
13.30



8



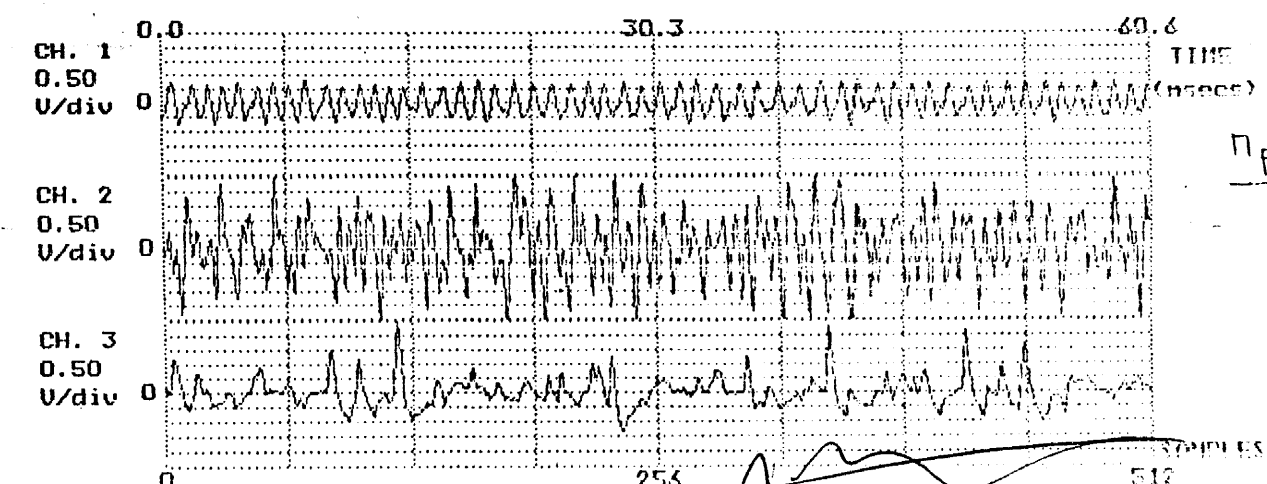
18.9.89 22.30



19.6.89 11.00

Программа

Задания
6Т15 5 Т9
Трех

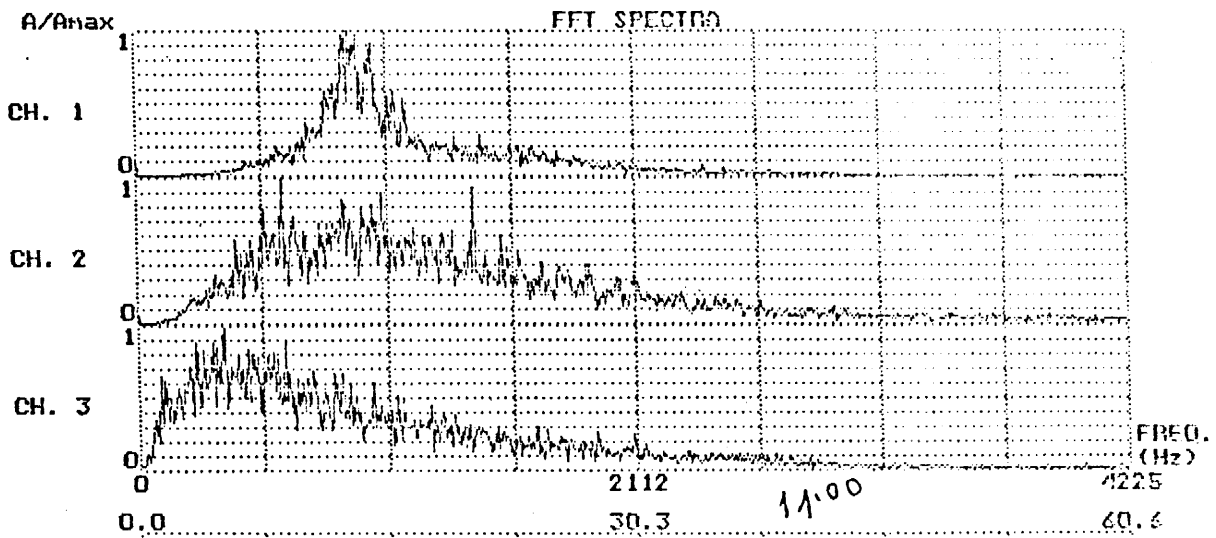


Программа

21.9.89

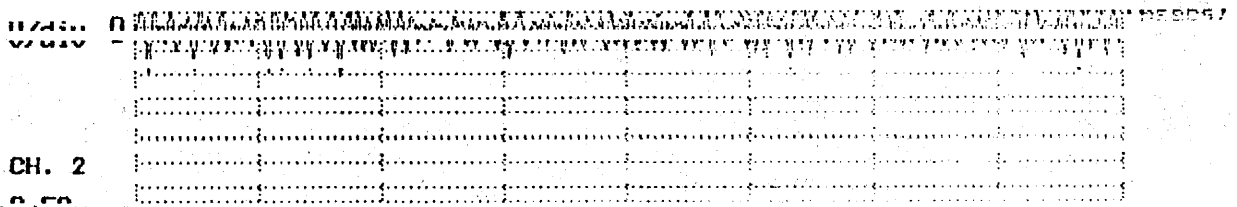
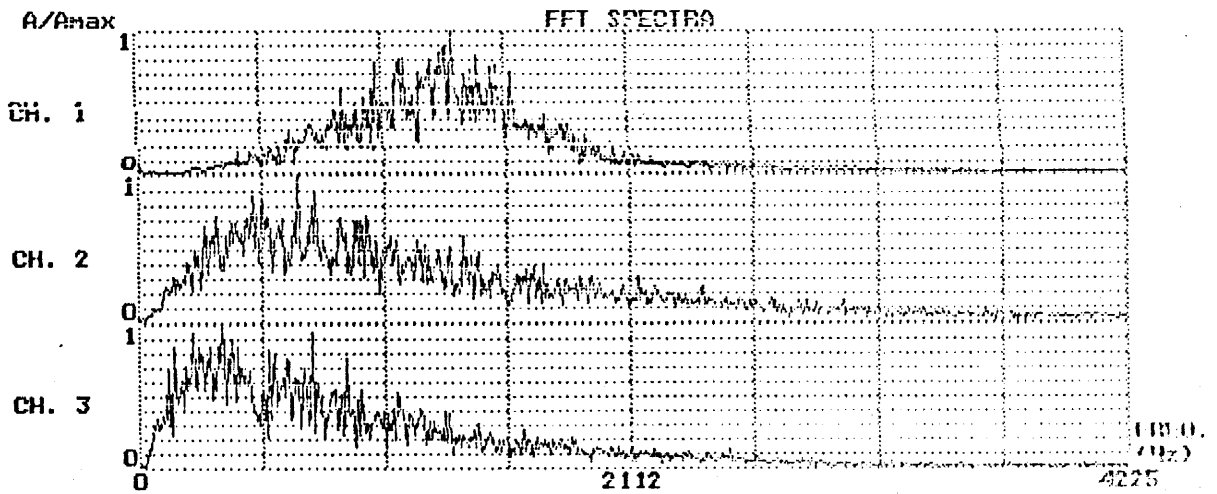
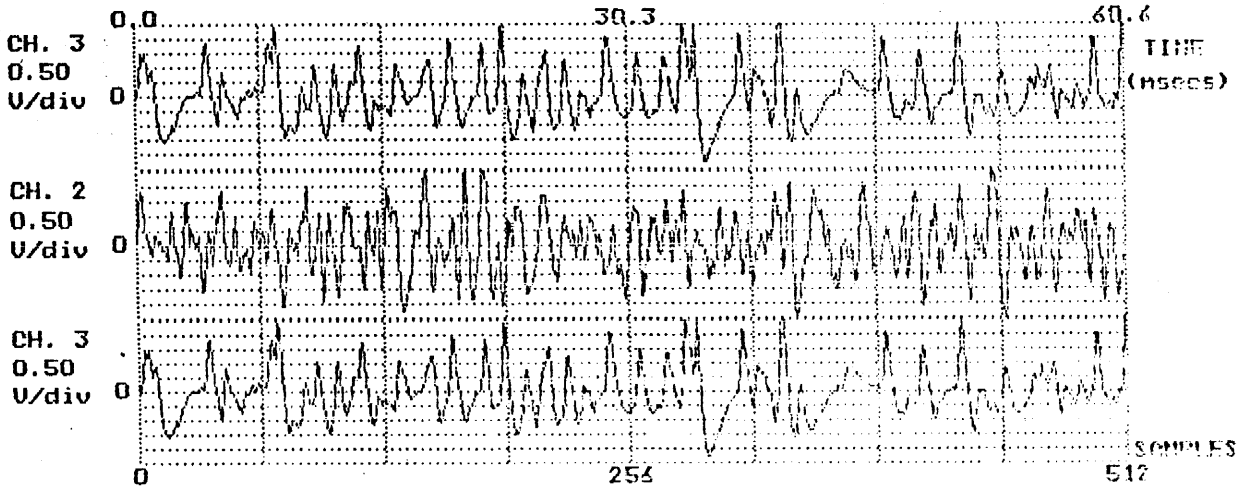
10.30 nr.

9

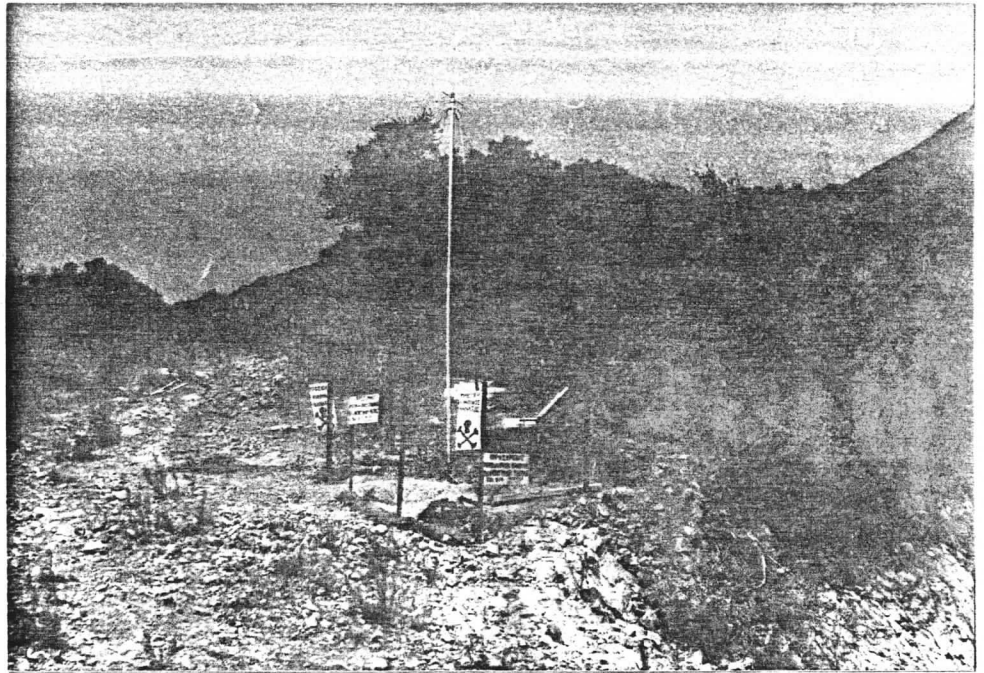


Μέτρηση
28.9.1989

15.00 hrs



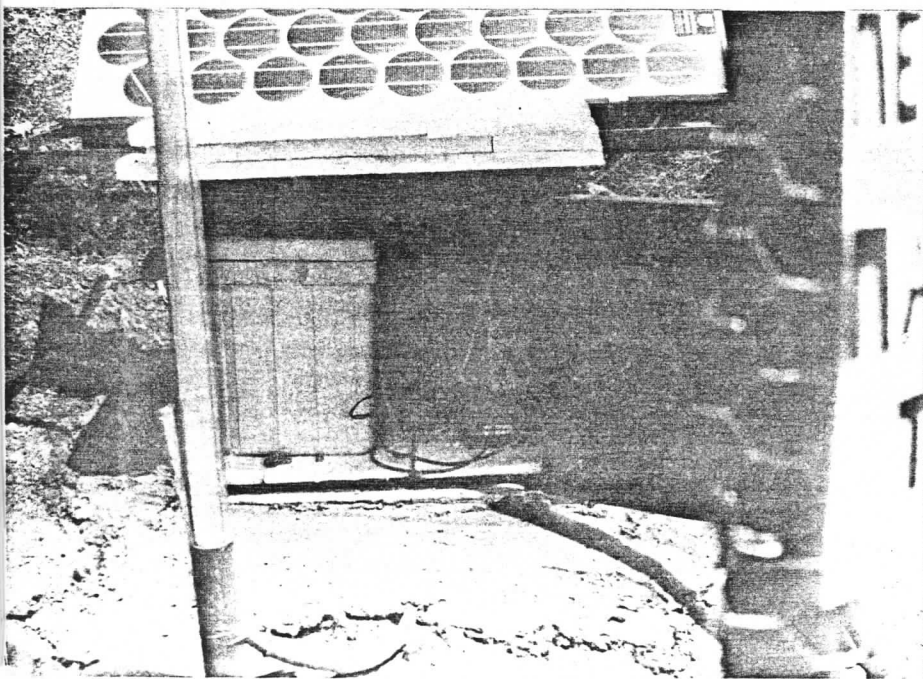
[Handwritten signature]



Γενική άποψη
Σταθμού Σκαλώματος.



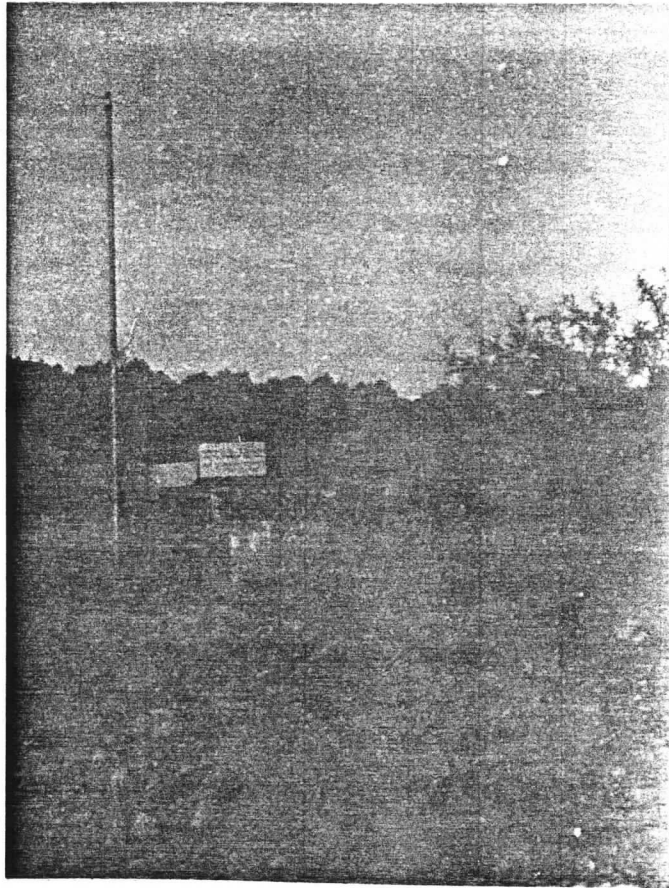
Επίσκεψη Κινέζων επιστημόνων
ειδικών στην πρόγνωση σεισμών
στο Σκάλωμα.



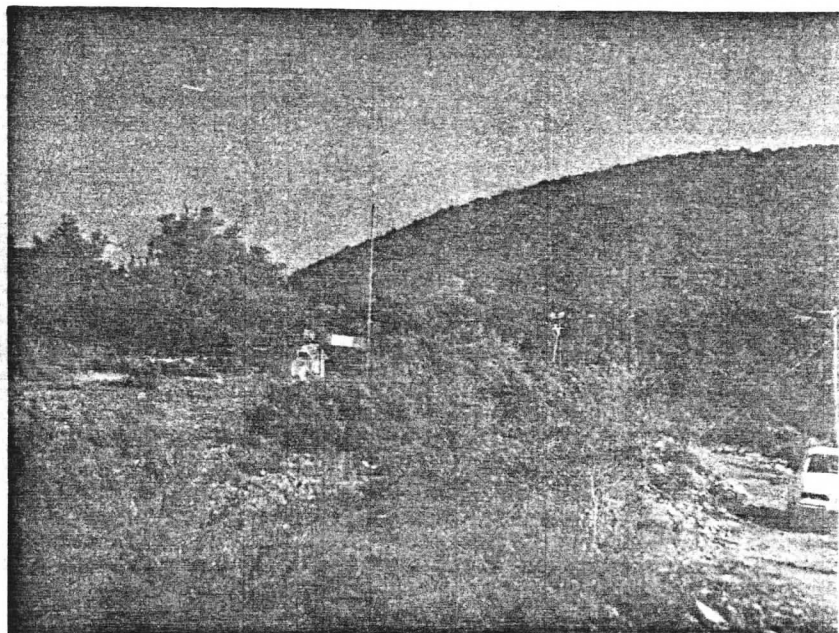
Εσωτερικό του κλωβού
ασφαλείας στο Σκάλωμα
(παλαιά φωτογραφία)

[Handwritten signature]

ΣΤΑΘΜΟΣ ΠΑΛΑΙΟΚΑΣΤΡΟΥ



ΣΤΑΘΜΟΣ ΑΓΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ



Handwritten signature or scribble