



Rete dei Laboratori Universitari di Ingegneria Sismica

Progetto esecutivo 2005–2008

Progetto di ricerca N. 9

Monitoraggio e early warning di strutture e infrastrutture strategiche

Coordinatore Paolo Gasparini

Unità di Ricerca N°6 - ENEA

**Sistemi di early warning per infrastrutture strategiche ed opere
d'arte**

Responsabile scientifico Gerardo De Canio

Periodo di riferimento: Ottobre 2005 - Settembre 2006

decanio@casaccia.enea.it

Obiettivi realizzativi I° anno

1. **Stato dell'Arte** del'Early warning antisismico per:

- **MONUMENTI**: strutture statuarie a prevalente sviluppo verticale come il David di Michelangelo;
- **INFRASTRUTTURE STRATEGICHE**: Impianti petroliferi ed oleodotti in Val D'Agri, Basilicata.

2. Monumenti : Studio dei dispositivi di protezione attivati da un sistema SEW per la protezione sismica del David of Michelangelo.

3. Modello Numerico Sa_SEW per il Picking della P_wave e la stima in tempo reale del PGA atteso alla base della struttura da proteggere.

4. Studio di fattibilità di una rete dedicata di single-station SEW per gli impianti petroliferi e gli oleodotti della Val D'Agri in Basilicata.

concentrazione Beni Culturali museali e statuaria di primaria importanza.

Fonte: Comunicato del 19 -1-
2006 Corte dei Conti

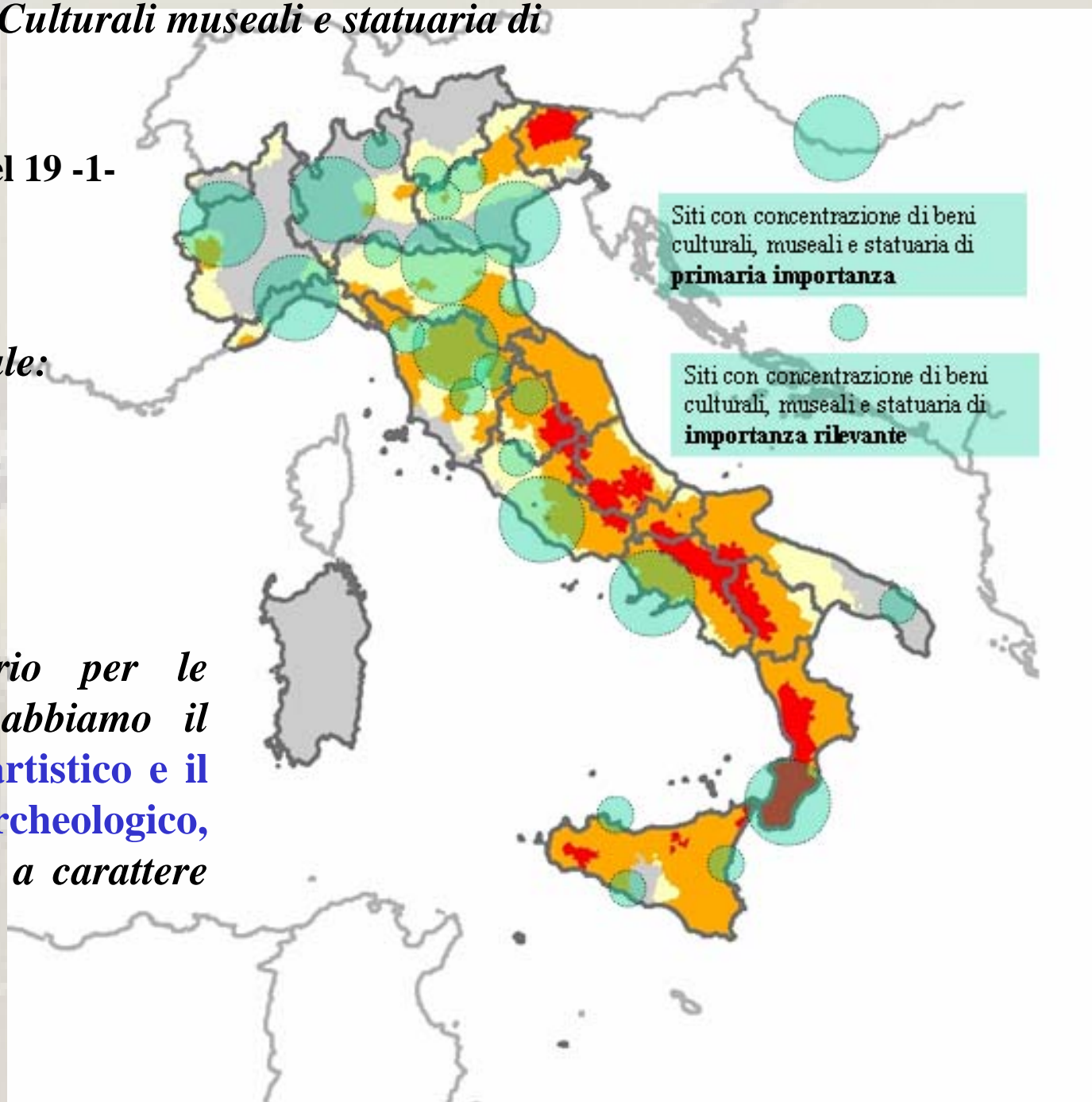
concentrazione museale:

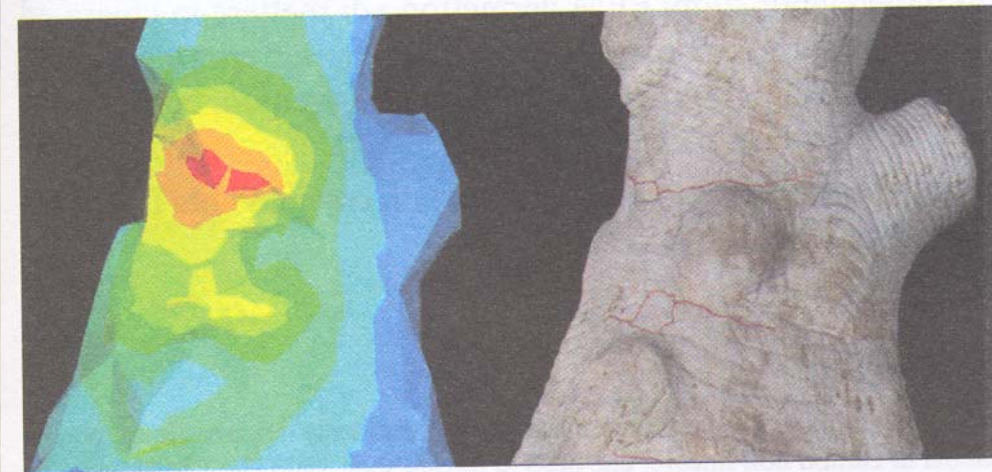
Nord: 43,03%

Centro: 33,76%

Sud + Isole: 23,21%

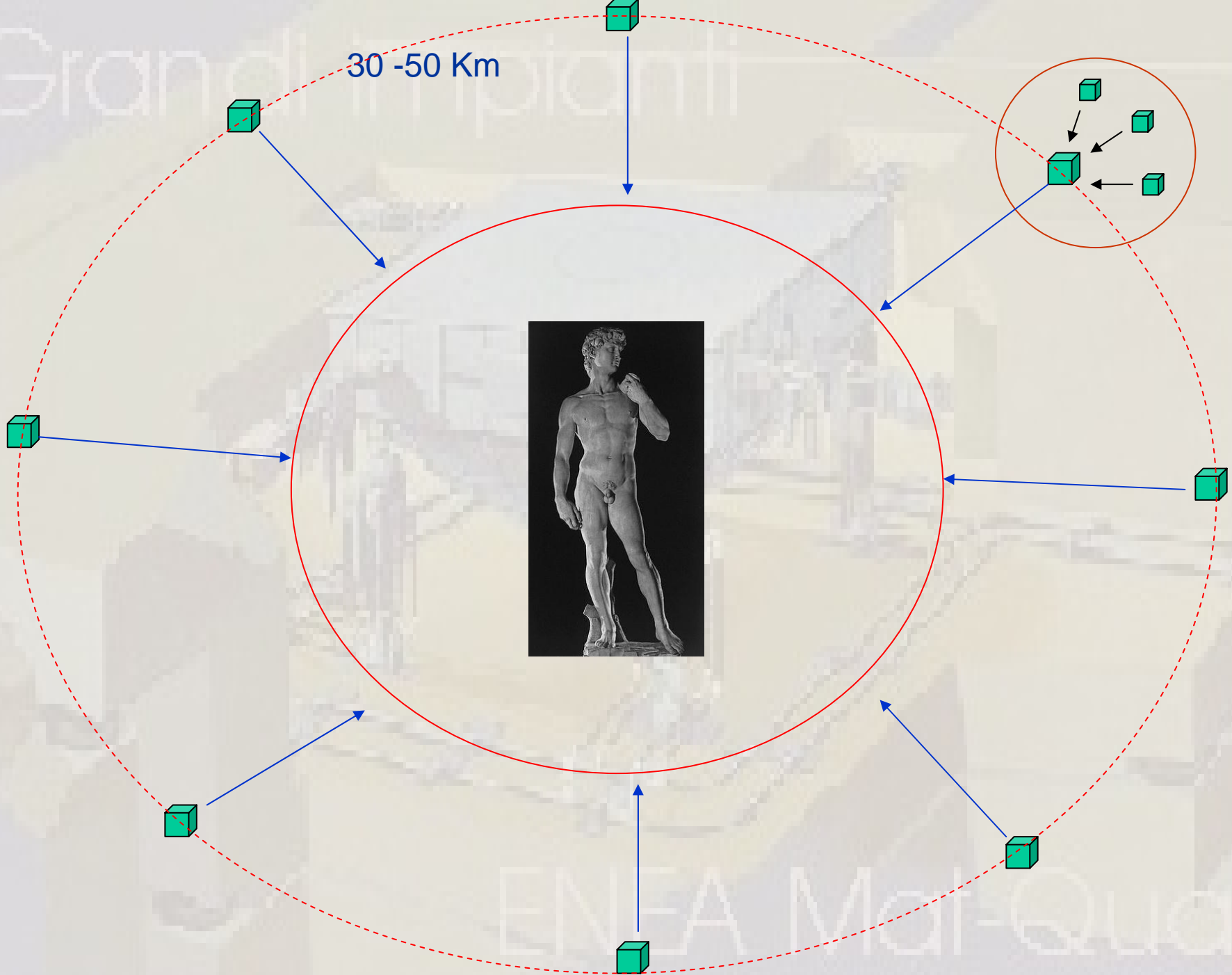
Su tutto il territorio per le strutture pubbliche abbiamo il 32,4% di carattere artistico e il 31,9% di natura archeologico, per la restante quota a carattere misto.





Borri – La stabilità delle Grandi Statue:
Il david di Michelangelo
Ed. Collana Centro studi
Sisto Mastrodicasa

Grandi Impianti



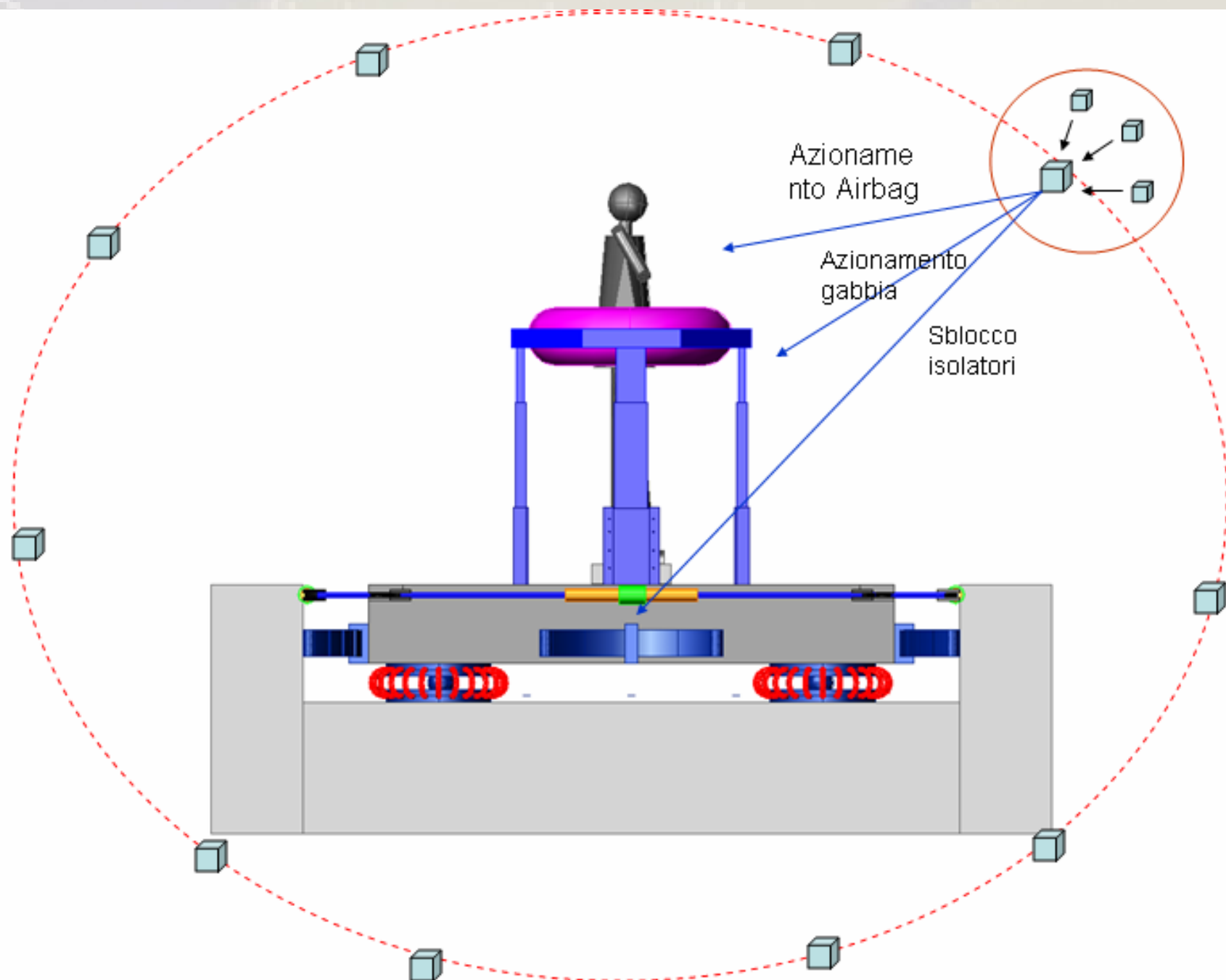
ENEA Mat-Quad

Systema **Earlyprot** per il David di Michelangelo

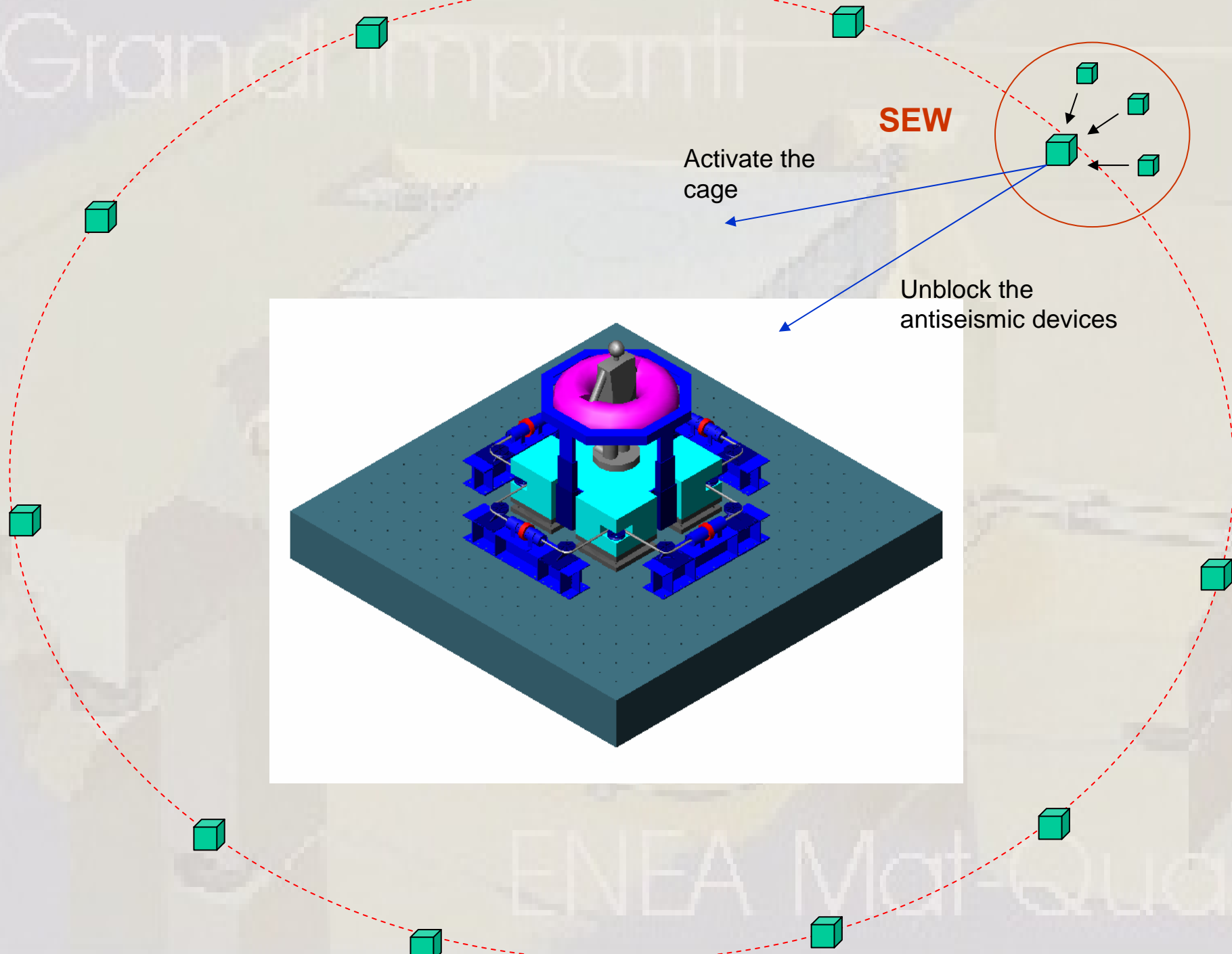
-dispositivi in ceramica a bassa rigidezza ed a bassa dissipazione

-Gabbia antisismica con speciali airbag per sostenere la statua all'altezza della vita per prevenire il rocking.

I dispositivi e la gabbia antisismica sono nascosti alla vista sotto il pavimento ed attivati solo al momento opportuno dal SEW.



Grandi Impianti



SEW

Activate the cage

Unblock the antiseismic devices

ENEA Mat-Qua

Tempi warning e stima del PGA

Sa_SEW : modello per la stima della Magnitudo dai primi 4 sec dell'onda P

osservabili di misura dei primi 4 sec della P_wave :

HI = Integrale dello spettro di Velocità

HD = Integrale dello spettro di Spostamento

$$\tau_p^{\max} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\left(\int_{t1}^{t2} Sv \cdot d\tau \right)_{P_wave}}{\left(\int_{t1}^{t2} Sd \cdot d\tau \right)_{P_Wave}}$$

Altri Metodi di predizione in letteratura:

VS (Virtual Seismologist Method), ElarmS, ecc....

Allen, Nakamura, Kanamori, Tsai, Wu, Olson, Lockman,

1) Analisi di (PA, PV, PD)P-Wave(0-2sec filtrando le componenti HF)

$$\log(PGV) = a \cdot \log(Pd) + b$$

$$a = 0.832, b = 1.481$$

2) ElarmS Nakamura :

$$\tau_p^{\max} = 2\pi / \sqrt{r}$$

$$r = \int \dot{u}^2(t) dt / \int_0^{\tau} u^2(t) dt$$

T_{sew} VS Magnitudine

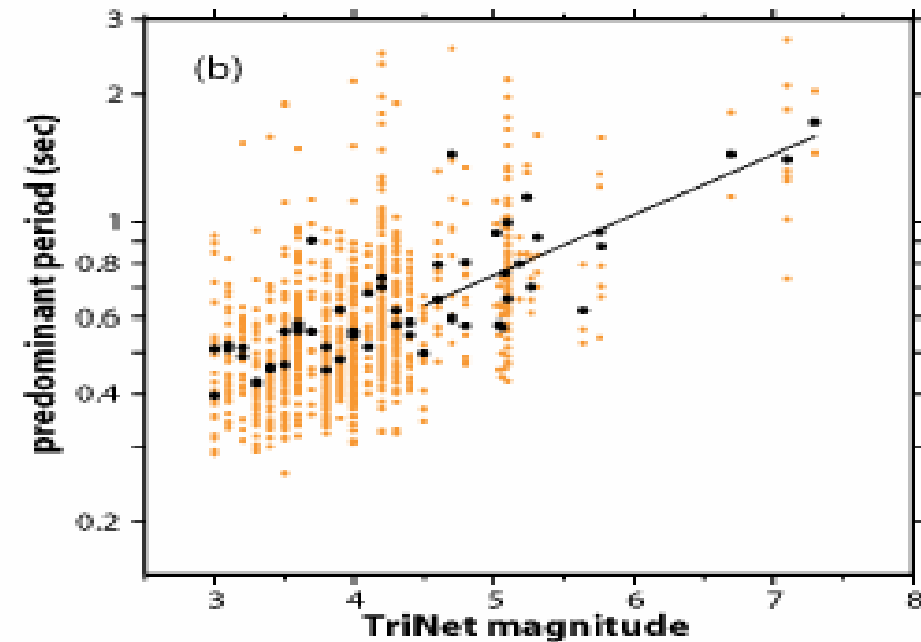
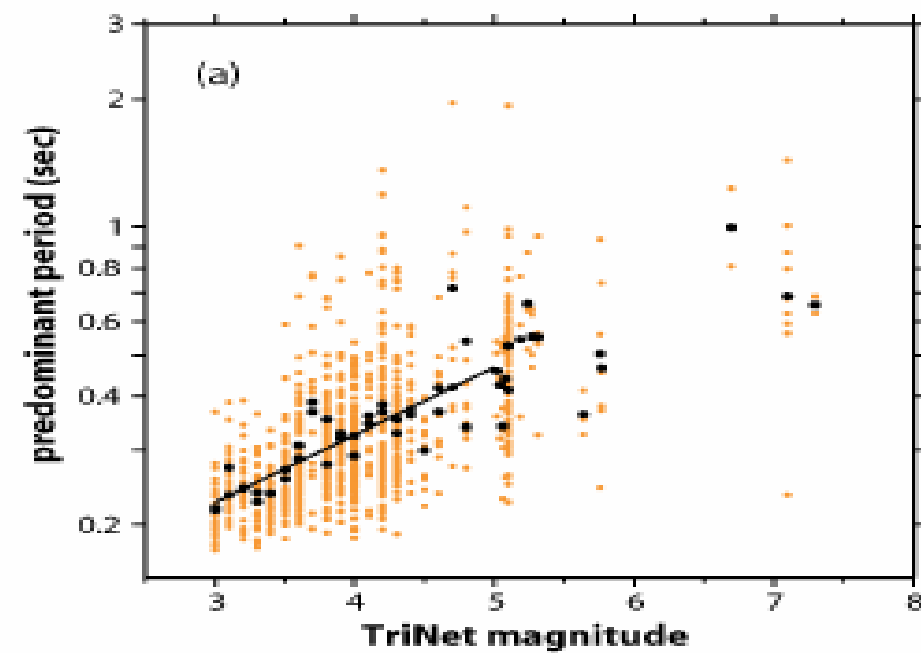
a) Primi 2 secondi della P_Wave
filtro Low pass 10 Hz

La linea di tendenza è calcolata per
 $3.0 < M < 5.0$

b) Primi 4 secondi della P_wave,
filtro 3 Hz.

La linea di tendenza è calcolata per
 $5.0 < M < 7.3$

I punti neri sono ottenuti mediando
alcune stazioni !!



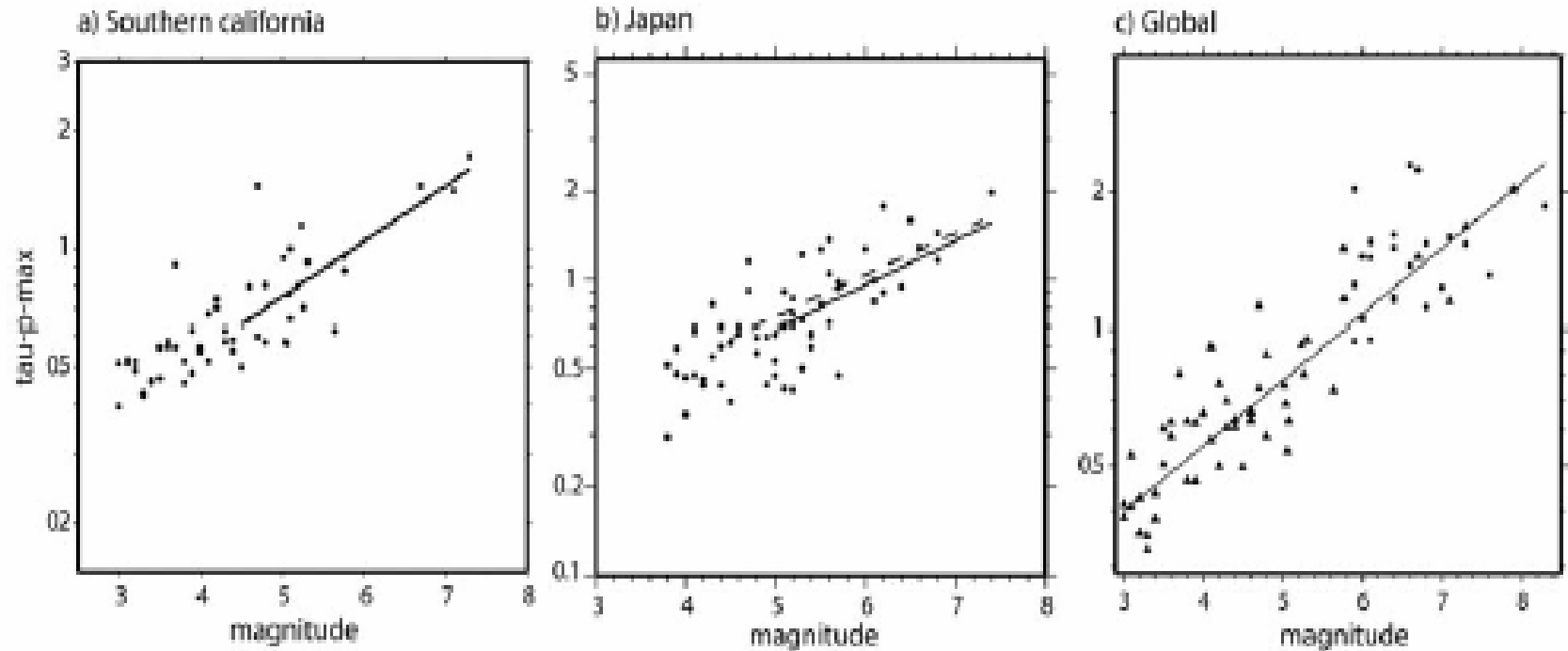


Fig. 3. Scaling relation between event-averaged τ_p^{\max} and magnitude. All data has been processed using the same recursive algorithms. A) Southern California earthquakes and best fit relation (solid line). From [Allen and Kanamori, 2003]. B) Earthquakes in Japan and best fit relation (solid line). The dashed line is the best fit relation for California shown in A which is nearly identical. From [Lockman and Allen, in review]. C) Global compilation of earthquakes including southern California, Japan, Taiwan and the Denali earthquake. Waveforms are a mixture of accelerometers and broadband velocity instruments. From [Olson and Allen, in review].

Tempo di warning per il terremoto Campano-Lucano del 1980

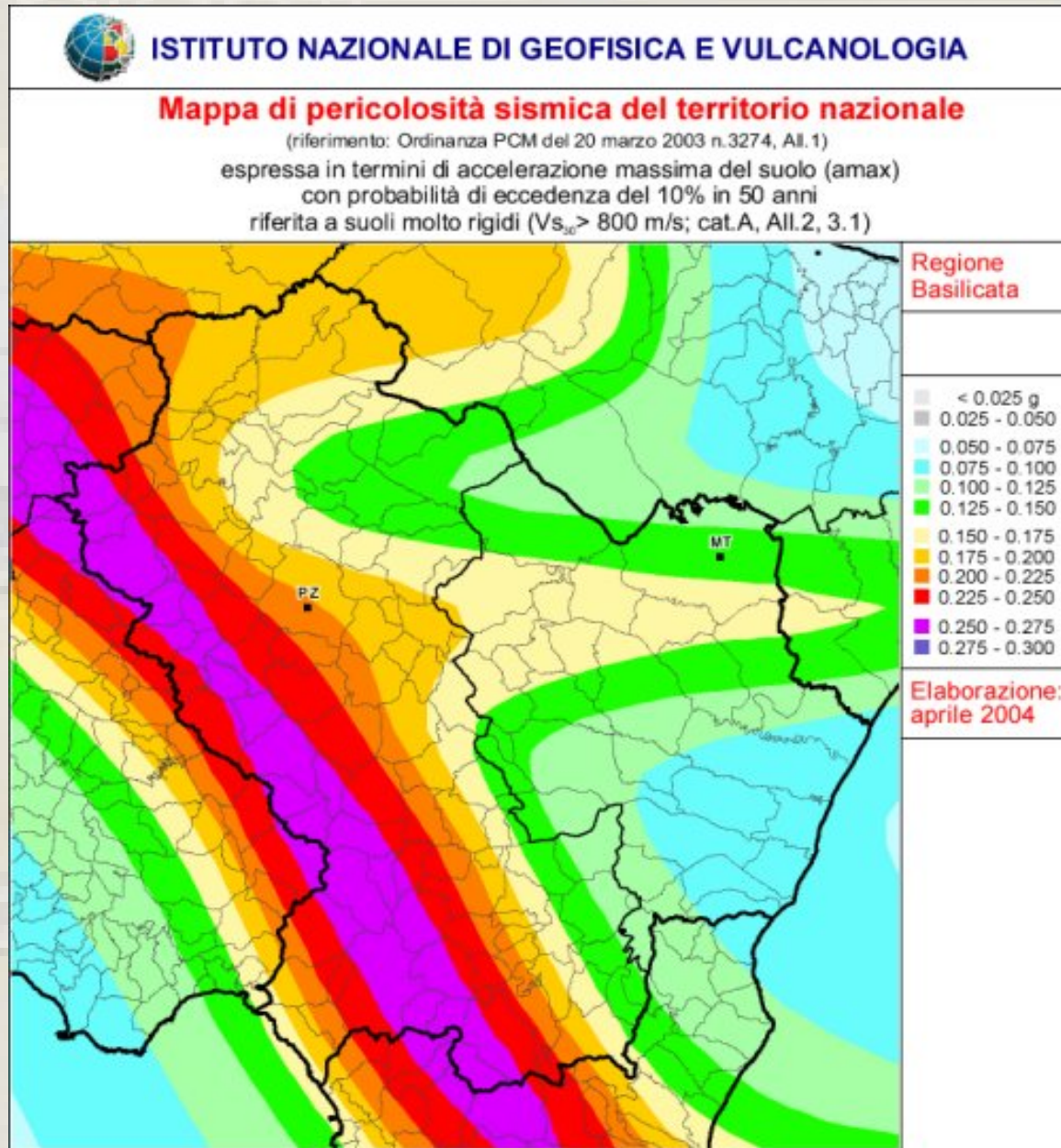
Studio di fattibilità di un SEW in Basilicata per

- Ospedali
- Campi petroliferi ed oleodotti in Val D'Agri

Occorre calibrare i modelli di regressione tra il periodo principale dei primi 4 sec della P_wave e la magnitudo.

In Val d'Agri vi sono importanti giacimenti petroliferi ed impianti di perforazione in un contesto sismotettonico estremamente pericoloso come l'appennino campano-Lucano.

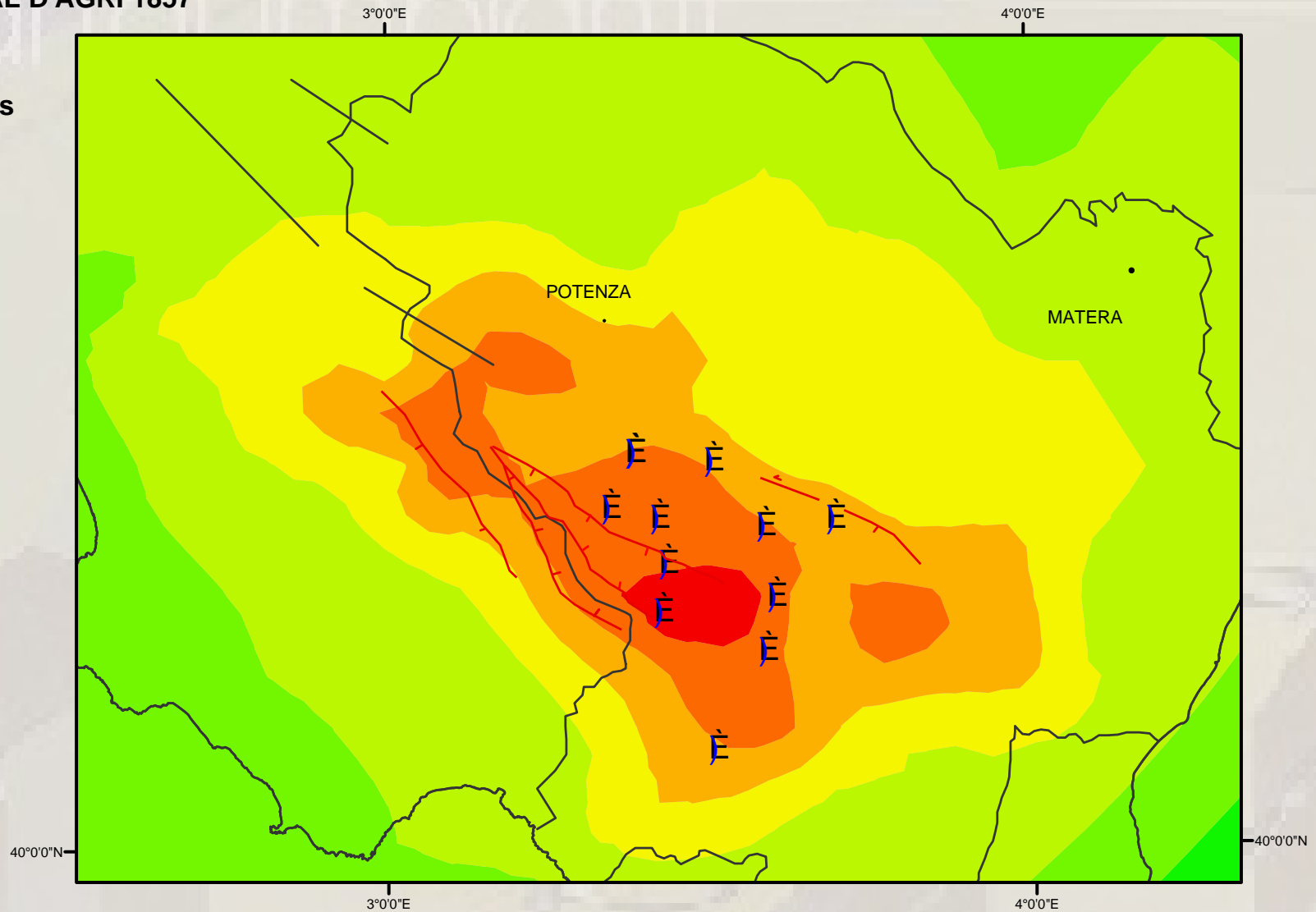
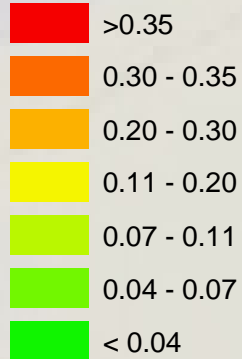
gli impianti si trovano nell'area epicentrale del disastroso terremoto del 1857.



SCENARIO VAL D'AGRI 1857

PGA (g)

Filled Contours



Scenario di scuotimento del terremoto del 1857 ed Ubicazione dei pozzi petroliferi.

Le faglie (in rosso) sono segnalate anche in Maschio, L. Ferranti e P. Burrato; 2005

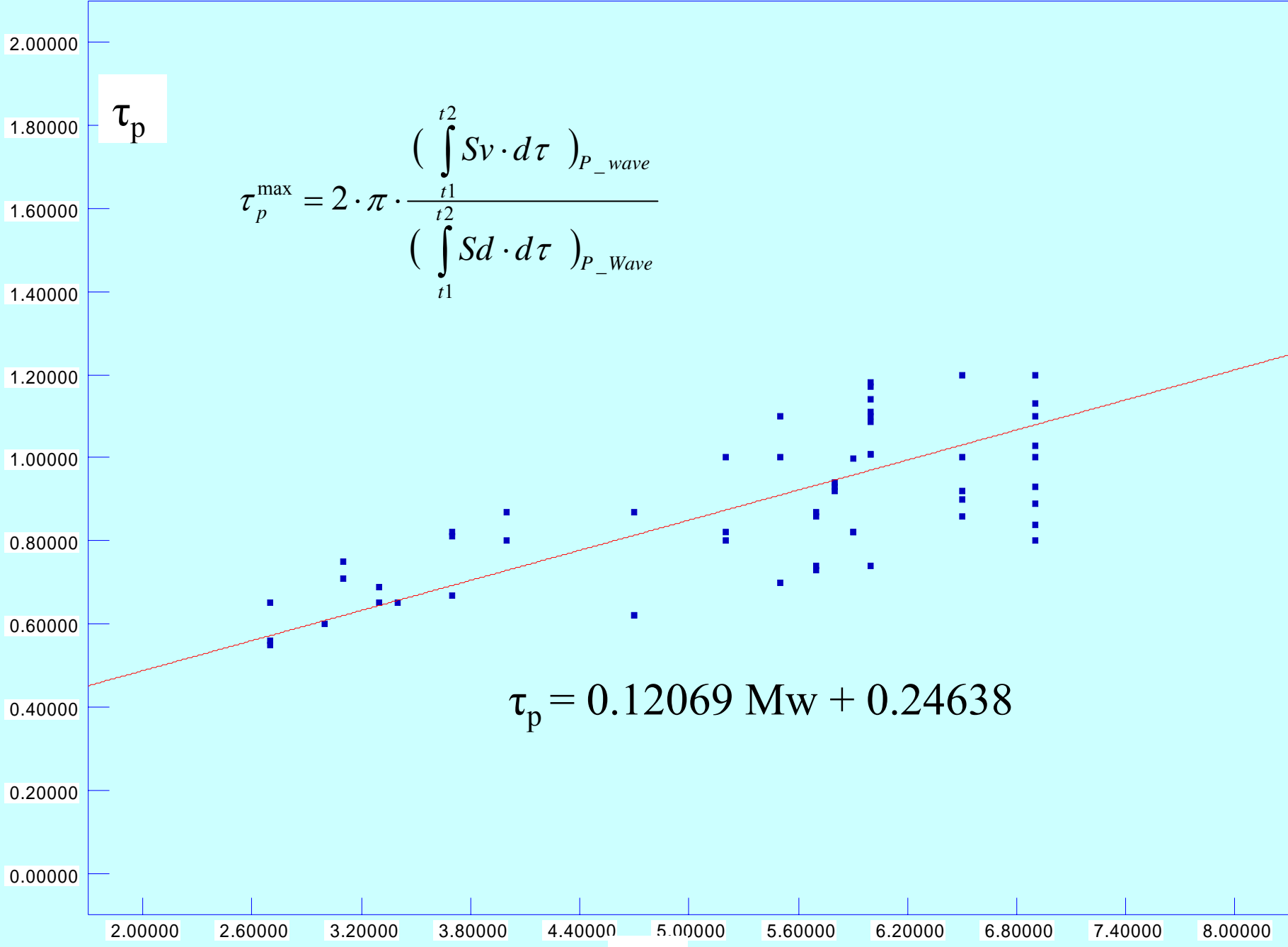
TERREMOTO CAMPANO-LUCANO Mw 6.9

STAZIONE	Depicentrale(k m)	Pd 4sec(cm)	HI (Housner modificato)	T_Sew Periodo dominante(sec.)
CALITRI	16	0.54	0.07	0.82
BAGNOLI IRPINO	22	4.64	0.31	1.11
STURNO	32	0.49	0.12	1.11
BRIENZA	43	0.07	0.01	0.90
TRICARICO	72	0.18	0.02	1.10
AURIENZO	78	2.0	0.01	0.85
MERCATO SAN SEVERINO	48	0.03	0.01	0.95
AULETTA	25	0.18	0.03	1.12
RIONERO IN VULTURE	33	0.12	0.02	0.95

■ τ_p

τ_p

$$\tau_p^{\max} = 2 \cdot \pi \cdot \frac{\left(\int_{t1}^{t2} Sv \cdot d\tau \right)_{P_wave}}{\left(\int_{t1}^{t2} Sd \cdot d\tau \right)_{P_Wave}}$$



$$\tau_p = 0.12069 Mw + 0.24638$$

Y = 0.12069X + 0.24638

Mw

IMPIANTI LEGATI ALLA COLTIVAZIONE DIIDROCARBURI	TEMPO DI WARNING (sec)
Calvello	14 - 20
Laurenzana	20 - 26
Monte Caldarosa	20 - 26
Corleto Perticara	20 - 26
Gorgoglione	26 - 30
Grumento Nova	20 - 26
San Martino D'Agri	26 - 30
Monte Alpi	26 - 30
Viggiano	20 - 26
Monte Volturino	14 - 20

AZIENDA OSPEDALIERA	TEMPO DI WARNING (sec)
Matera	oltre 30
Potenza	14
Bari	oltre 30
Taranto	oltre 30
Salerno	14 - 20
Napoli	26 - 30
Benevento	20 - 26
Avellino	14 - 20
Caserta	26 - 30

41°0'0"N

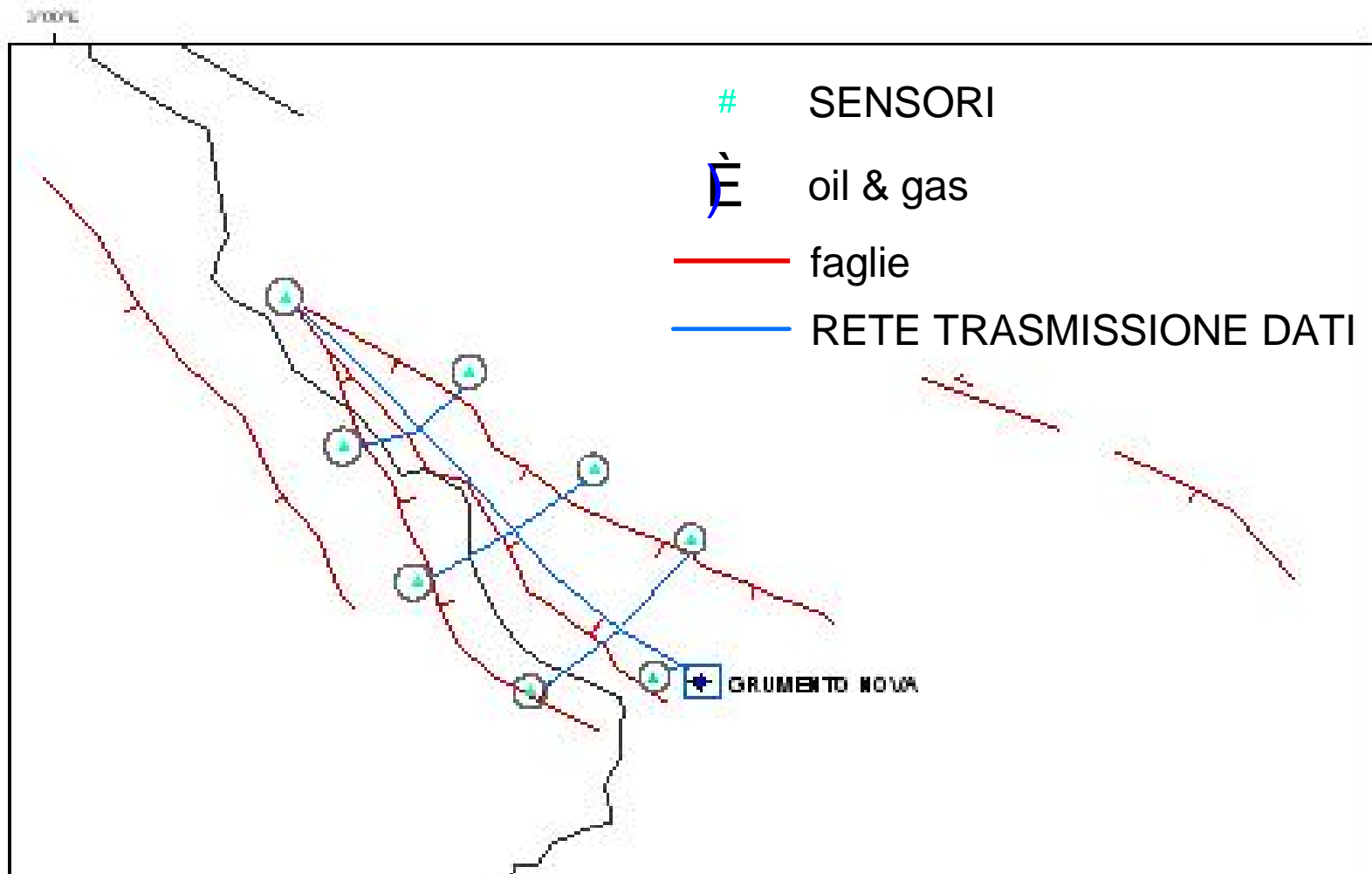
40°0'0"N

5°0'0"E

41°0'0"N

5°0'0"E

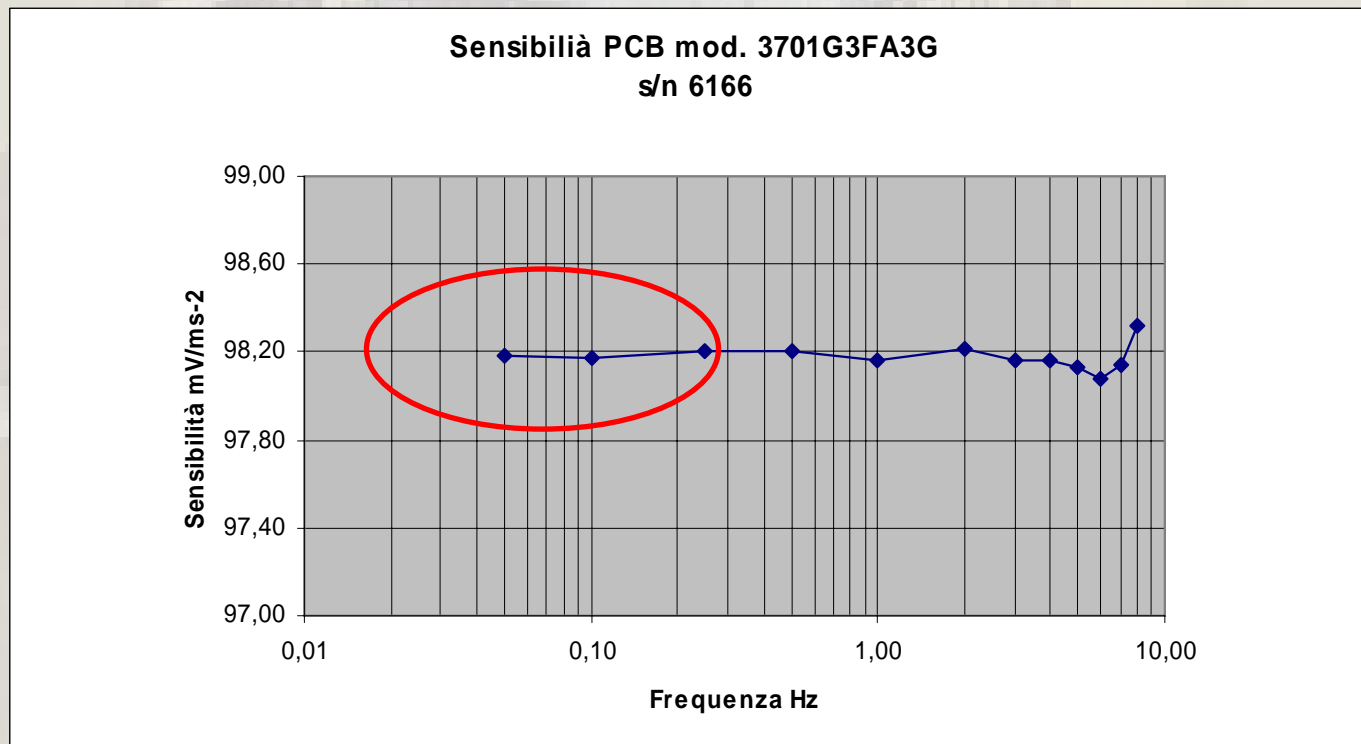
40°0'0"N



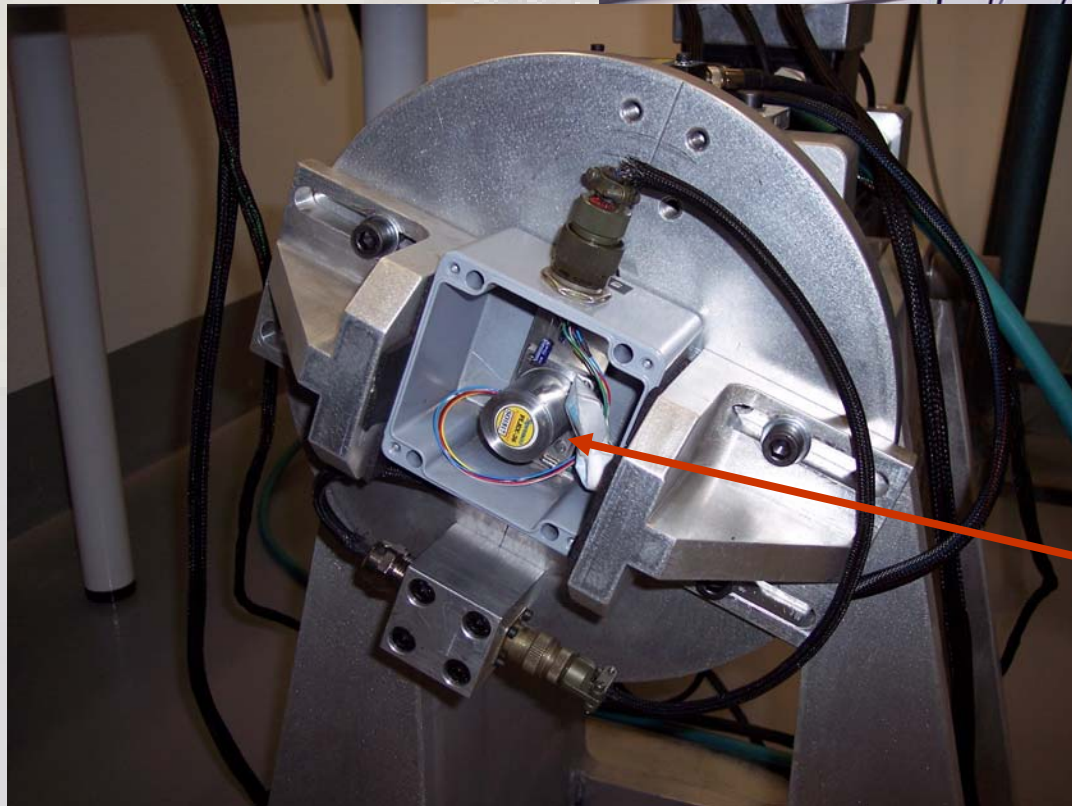
possibile installazione di un SEW per il monitoraggio degli impianti petroliferi in Val d'Agri; come applicazione pilota è stato scelto l'impianto di Grumento Nova situato nell'area della massima intensità macrosismica del terremoto del 1857 (Branno, 1987).

Sistema ENEA di calibrazione di grandezze accelerometriche

- **ENEA** : > 0.01 Hz
- **DKD** : Istituto Primario in Germania : > 0,1 Hz ;
- **Colonnetti**: Istituto Primario in Italia : > 0,5 Hz ;



Grandi



Accelerometro
PCB 3701G3FA3G

Note salienti e conclusioni:

1.) applicazioni del SEW per la protezione delle opere d'arte

E' possibile approntare i sistemi SEW per le opere d'arte primarie, i tempi di allerta sarebbero significativi

2.) Sistema Earlyprot: progetto sperimentazione su tavola sismica

In condizioni operative normali i dispositivi sono bloccati. Il segnale di Early warning sblocca i dispositivi e fa scattare la gabbia protettiva con gli airbag.

A parte l' azionamento automatico della gabbia protettiva e lo sblocco degli isolatori con il segnale di EW, la protezione antisismica viene fatta con materiali e tecnologie compatibili ed, in parte, disponibili anche in epoca rinascimentale (marmo, molle a balestra e/o di torsione, ceramica).

3.) **Periodo principale della P_wave** *calcolato tramite il rapporto tra l'integrale dello spettro di velocità e dello spettro di spostamento dei primi 4 sec. della P_wave.*

L'integrale dello spettro di velocità HI (Housner modificato) sembra essere più robusto di Pa nei modelli VS. Analogamente, l'integrale dello spettro di spostamento HD può essere usato in luogo di Pd

4.) **Studio di fattibilità** di una rete dedicata di single-station SEW (innestata nella rete **AMRA INGV**) per gli impianti petroliferi e gli oleodotti della Val D'Agri in Basilicata.

Grandi impianti

relazione I Annualità

Fine

ENEA Mat-Qual