

## Sottoprogetto 5 – Tema 1

### *Aspetti tipici:*

- Come si propagano le onde di spostamento a lungo periodo (1-10 s) in un grande bacino sedimentario come la pianura padana?
- Come si deve modificare di conseguenza la relazione di attenuazione (con le dovute conseguenze sulla mappatura della pericolosità) ?

## **Lavoro svolto da UR4 durante i primi 6 mesi di S5**

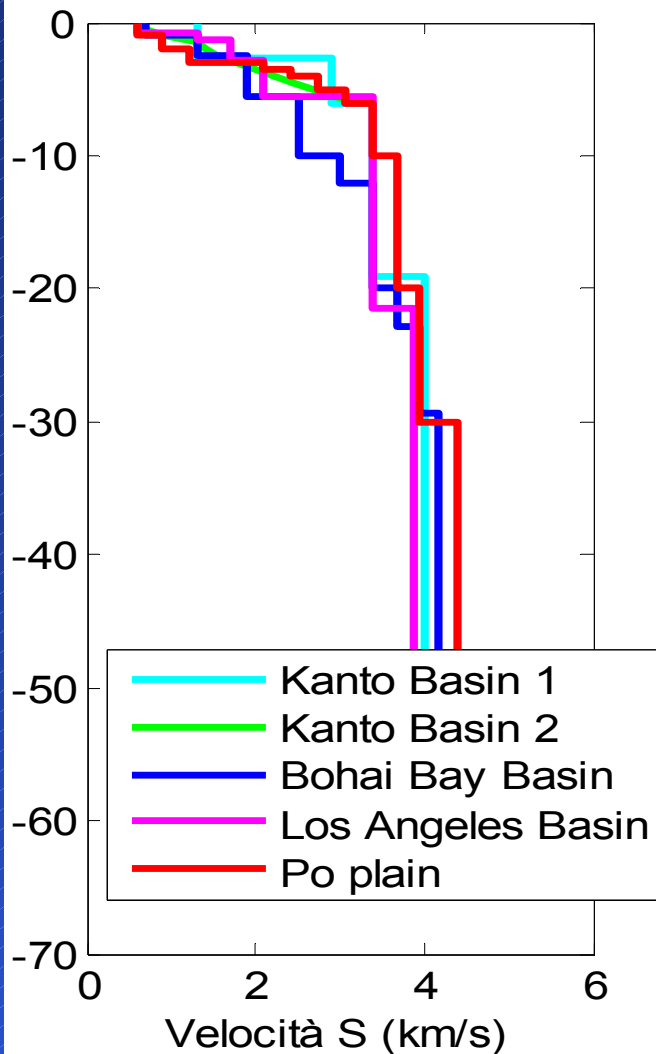
- **Preparazione degli input per le simulazioni (modello strutturale, parametri di sorgente)**
- **Validazione del modello strutturale e del modello di attenuazione preliminare**
- **Prove parametriche a sorgente puntiforme per valutare effetti di attenuazione e parametri sorgente su SRS**
- **Ricerca e selezione di un database di riferimento per la validazione dei risultati (spettri di risposta in spostamento per terremoti registrati nei bacini sedimentari)**

# **Metodi di calcolo per i sismogrammi sintetici in spostamento**

Le simulazioni con modelli strutturali 1D/3D mirano a definire lo scuotimento in termini di spostamento atteso nel caso di propagazione di onde di superficie in bacino sedimentario profondo (3-5 km) nell'intervallo di distanze 50 – 300 km.

- Metodo EXWIM (Priolo et al., 2002) - propagazione 3-D in mezzi verticalmente eterogenei (1-D) anelastici con sorgente finita.
- Metodo pseudospettrale di Fourier a griglie sfalsate per un mezzo anelastico 3-D con sorgente finita (Klinc et al, 2004).

# Modelli strutturali per la Pianura Padana



Modello strutturale da  
dati geologico-geofisici  
AGIP (Cassano et al., 1986) e  
profili DSS (e.g. Scarascia e  
Cassinis, 1997)

Modello di rif. 1-D (già preparato)  
Modello 3-D (in corso di  
costruzione)



# Modello di attenuazione

- Da dati di altri bacini sedimentari (e.g. Los Angeles basin - Olsen et al., (2004)), e misure di attenuazione da esperimenti di sismica attiva (in corso).

- $V_s < 1.5 \text{ km/s}$        $Q_s/V_s = 0.02$

- $V_s > 1.5 \text{ km/s}$        $Q_s/V_s = 0.1$

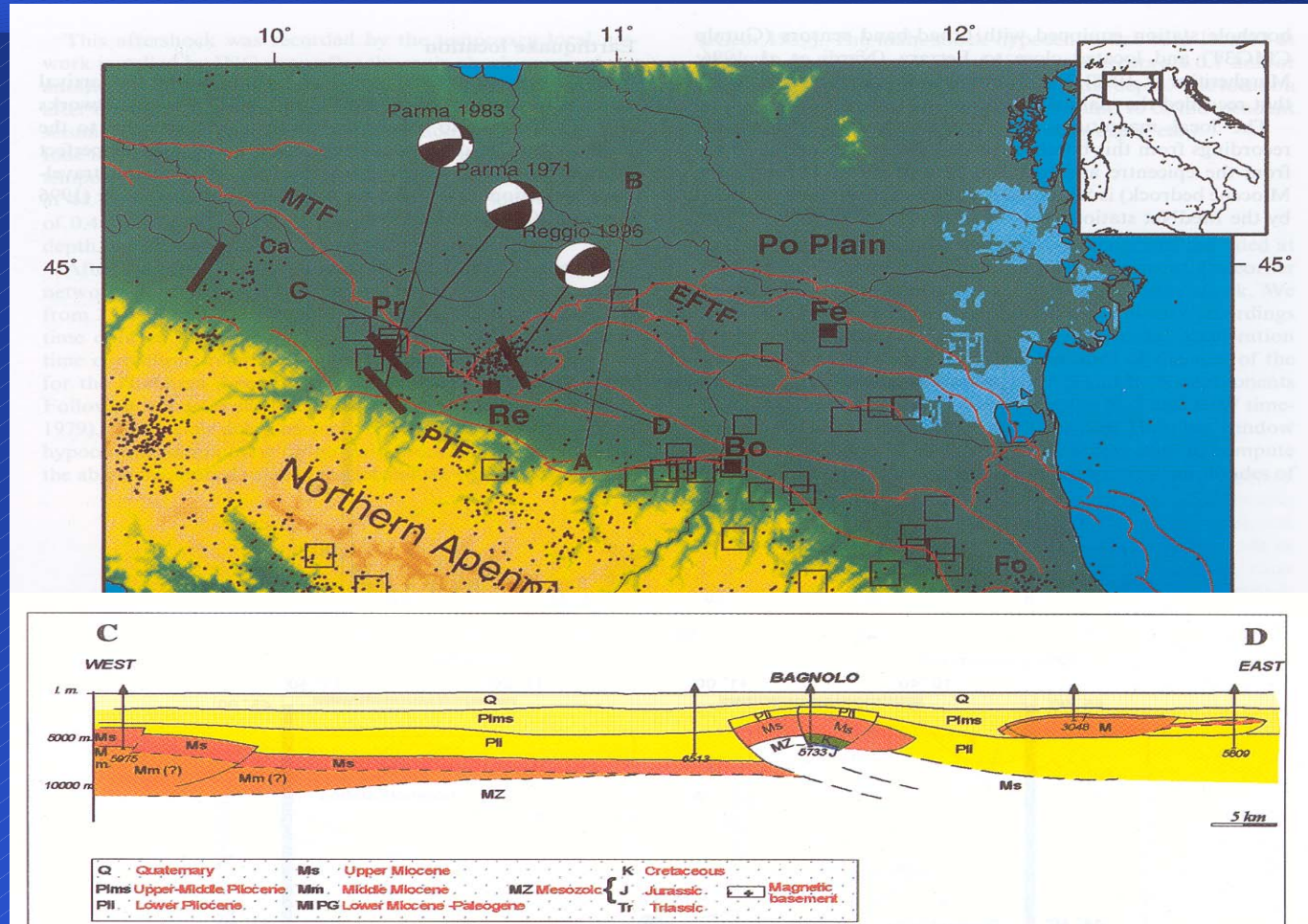
Nel bacino di Los Angeles i PGV previsti con questi modelli anelastici sono inferiori di un fattore 2.5 rispetto ai valori di PGV previsti con modelli elastici.

# Modello di riferimento 1-D per la Pianura Padana

## PP01

H(km) – Depth Range	V <sub>P</sub>	V <sub>S</sub>	RHO	Q <sub>P</sub>	Q <sub>S</sub>	Layer
1.0 – (0.0-1.0)	1.500	0.60	1.60	40	20	Unconsolidated sediments
1.0 – (1.0-2.0)	1.800	0.90	1.70	40	20	
1.0 – (2.0-3.0)	2.160	1.20	1.70	80	40	
0.5 – (3.0-3.5)	3.500	2.10	1.90	400	200	Consolidated sediments
0.5 – (3.5-4.0)	4.150	2.40	2.10	400	200	
1.0 – (4.0-5.0)	4.750	2.75	2.75	400	200	
1.0 – (5.0-6.0)	5.330	3.05	3.50	600	300	Upper crust
4.0 – (6.0-10.0)	5.880	3.40	3.85	600	300	
10. – (10.0-20.0)	6.340	3.67	3.90	600	300	Middle crust
10. – (20.0-30.0)	6.800	3.93	3.90	1000	500	Lower crust
	7.700	4.41	3.95	1000	500	Upper Mantle

# Validazione del modello PP01 (e.g. terremoto di Correggio 1996, $M=5.4$ )



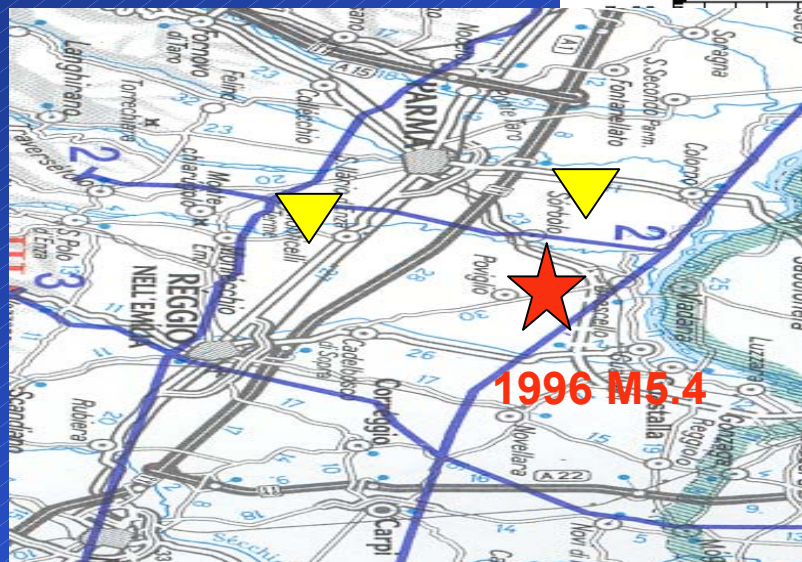
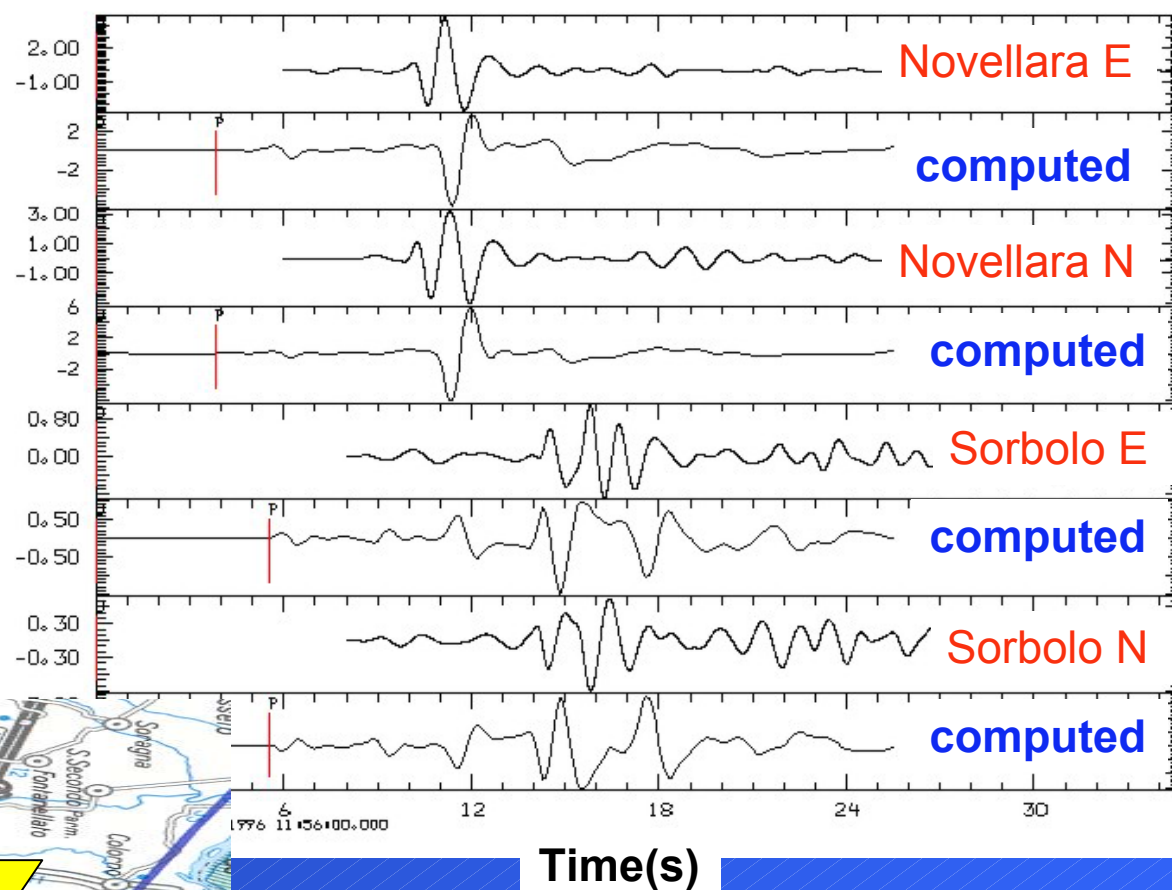
## Da Selvaggi et. Al., 2001 (GJI)



Source depth: 12km  
Seismic Moment:  
 $6.46 \times 10^{24}$  dyne\*cm

Strike  $217^\circ$   
Dip  $53^\circ$   
Rake  $47^\circ$

Velocity (cm/s)



All data pass band filtered  
From 0.1 Hz to 1 Hz



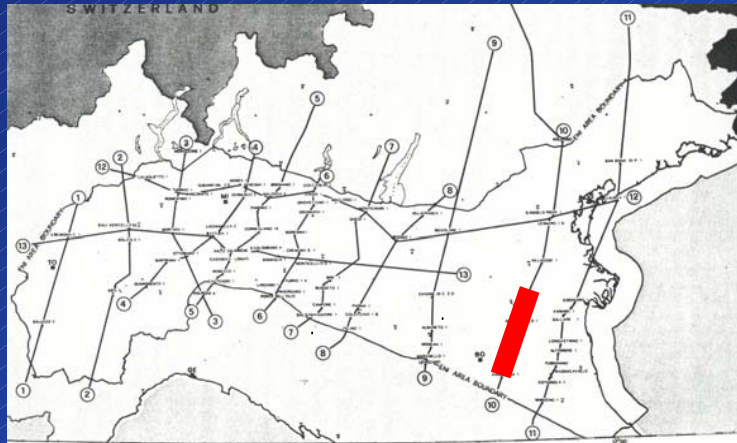
# **Ulteriore validazione del modello per terremoti e registrazioni di sismica attiva in Pianura Padana**

**Sono in corso ulteriori validazioni con dati di sismica attiva e terremoti “deboli” registrati dal Dip. CRS dell’OGS.**

**1-Brillamento ordigno bellico 1000 lb. a Padova il 20 Novembre 2005 (array lineare di 20 stazioni tra Padova e Rovigo) con sensori a larga banda, 5s e 1s (vibrometria).**

**2- Terremoto  $M=3.5$  a Mantova il 20 Novembre**

# Modello Strutturale 3-D della Pianura Padana

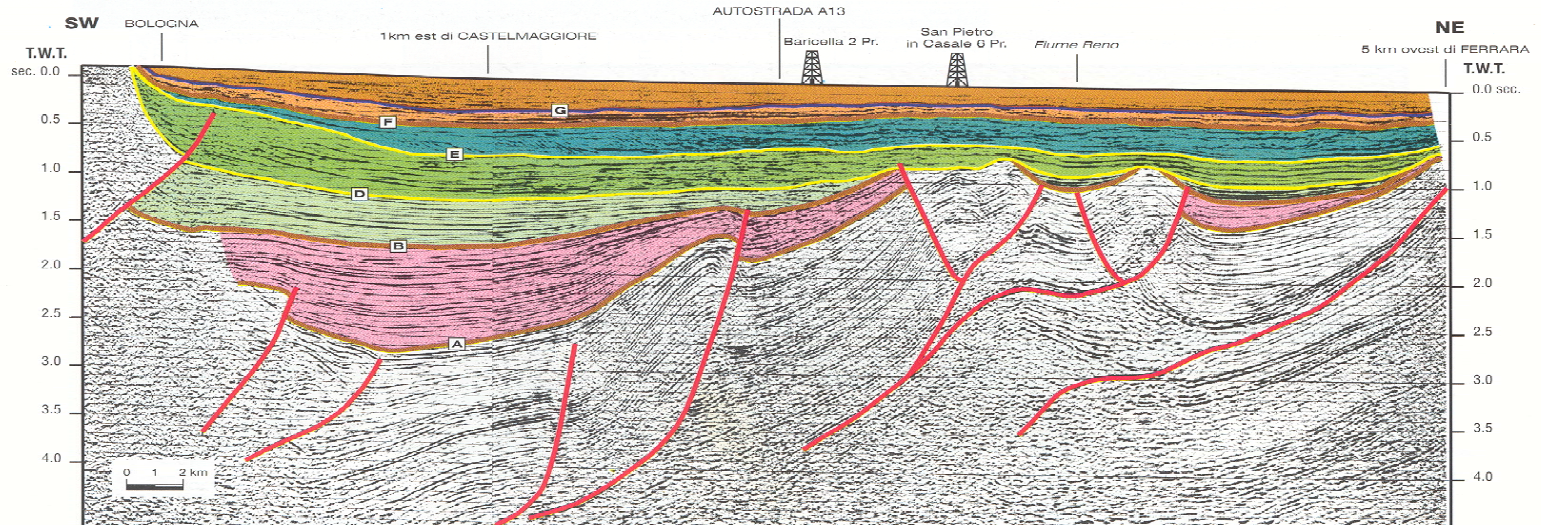


PRINCIPALI UNITÀ STRATIGRAFICHE				CITA (milioni di anni)		SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	
AFFIORANTI		REPOLTE					
QUATERNARIO CONTINENTALE #	TERZIARIA (P) - ALLUVIONI E FALDIONI #	QUATERNARIO CONTINENTALE #	QUATERNARIO CONTINENTALE #	-0.12		0.125	
	QUATERNARIO CONTINENTALE #	QUATERNARIO CONTINENTALE #	QUATERNARIO CONTINENTALE #	-0.35-0.45			
	QUATERNARIO CONTINENTALE #	QUATERNARIO CONTINENTALE #	QUATERNARIO CONTINENTALE #	-0.65			
QUATERNARIO MARINO #	QUATERNARIO MARINO #	QUATERNARIO MARINO #	QUATERNARIO MARINO #	-0.6		0.65	
	QUATERNARIO MARINO #	QUATERNARIO MARINO #	QUATERNARIO MARINO #	-1.0		1.72	
	QUATERNARIO MARINO #	QUATERNARIO MARINO #	QUATERNARIO MARINO #	-2.2			
P2	FORMAZIONE # CASTELLANQUARTO #	FORMAZIONE # CASTELLANQUARTO #	FORMAZIONE # CASTELLANQUARTO #	-3.3-3.6		3.55	

## Riferimenti Bibliografici

1. Ricci Lucchi et Al. (1982)
2. Carta Geologica d'Italia 1:100.000
3. Cremaschi (1980)
4. Vai (1984) - Marabini et Al. (1987)
5. Farsbegli (1985)
6. Gasperi et Al. (1967)
7. Nuova Carta Geologica d'Italia 1:50.000 (in stampa) F. 218 - F. 254
8. Di Dio et Al. (1997) a/b
9. Amorosi & Fenna (1994)
10. AGIP S.p.A. (1982)

## Ordinamento delle discontinuità stratigrafiche





# Terremoti di riferimento

1. Friuli-Veneto Orientale (zona sismogenetica 905)\*
2. Garda-Veronese (zona sismogenetica 906)\*
3. Garfagnana-Mugello (zona sismogenetica 915)\*

(\*) Zonazione sismica ZS9

Abbiamo scelto le zone a ridosso della Pianura dove si attende la massima magnitudo ( terremoti di  $M_w=6.6$  presenti nel catalogo CPTI2). Per le zone 906 e 915 i meccanismi focali tipici sono faglie normali mentre la zona 905 è caratterizzata da faglie inverse.



# **Prove parametriche a sorgente puntiforme**

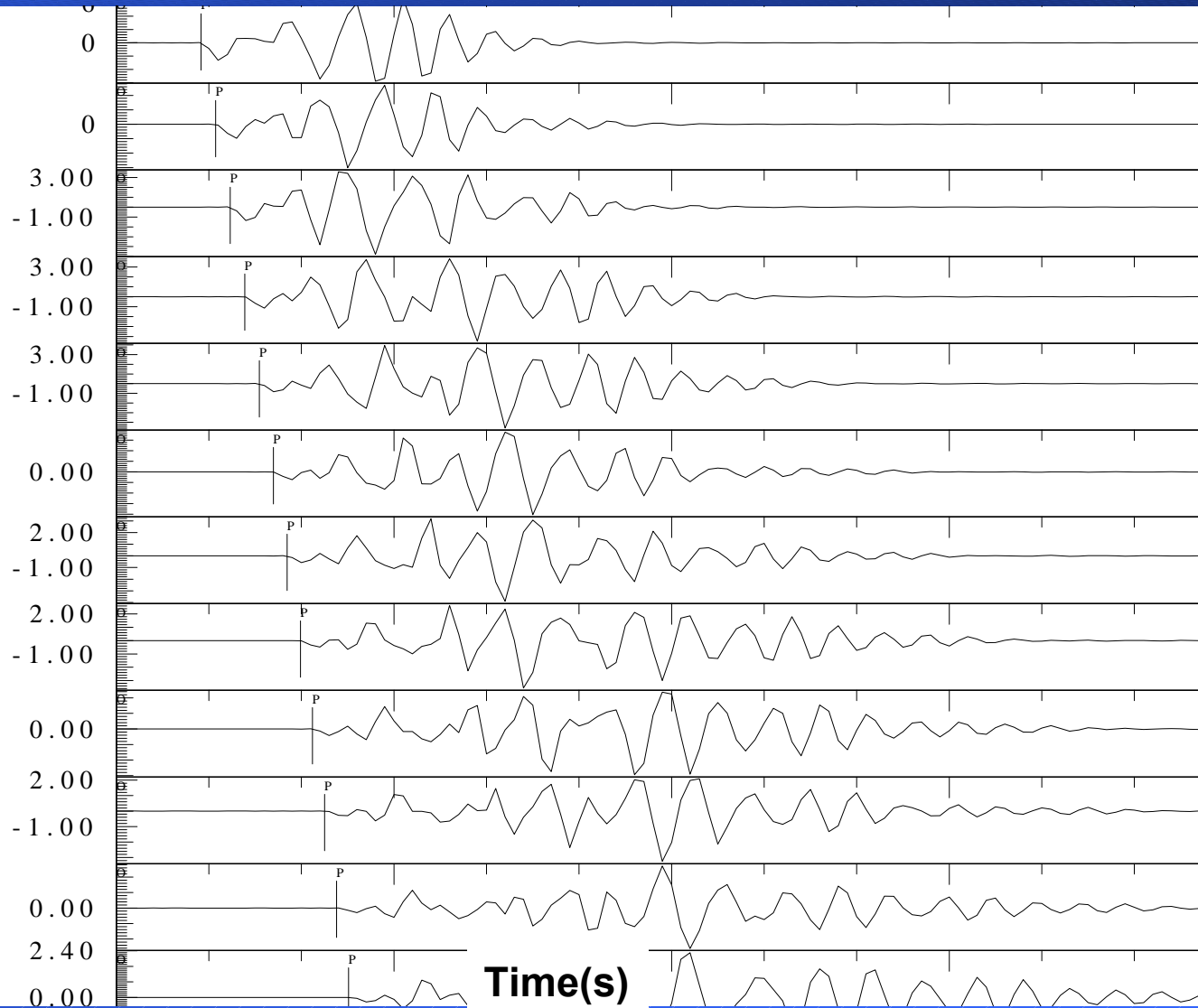
**intervallo di distanze tra 70 km e 160 km - magnitudo 6.6**

- variazione di SD per diversi spessori coltre sedimentaria**
- variazione di SD per diversi valori di attenuazione nei sedimenti**
- variazione di SD per diverso azimuth sorgente-sito**
- variazione di SD per diverse durate della "source time function"**
- variazione di SD per diverse profondità della sorgente**
- variazione di SD per sorgente lineare di estensione  $L=30$  km**

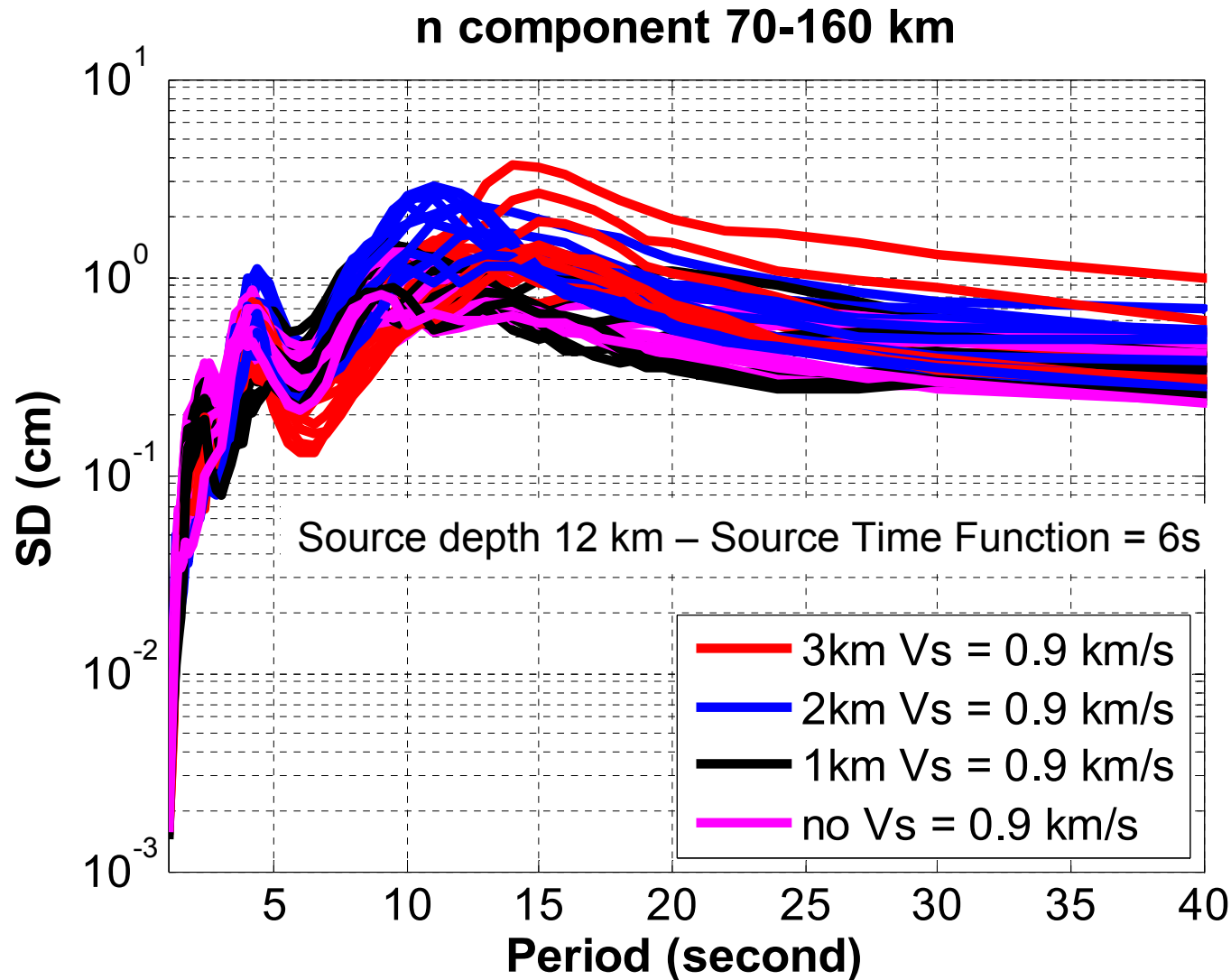
**Modello strutturale di riferimento: PP01**

# Esempio sismogrammi

Displacement (cm)

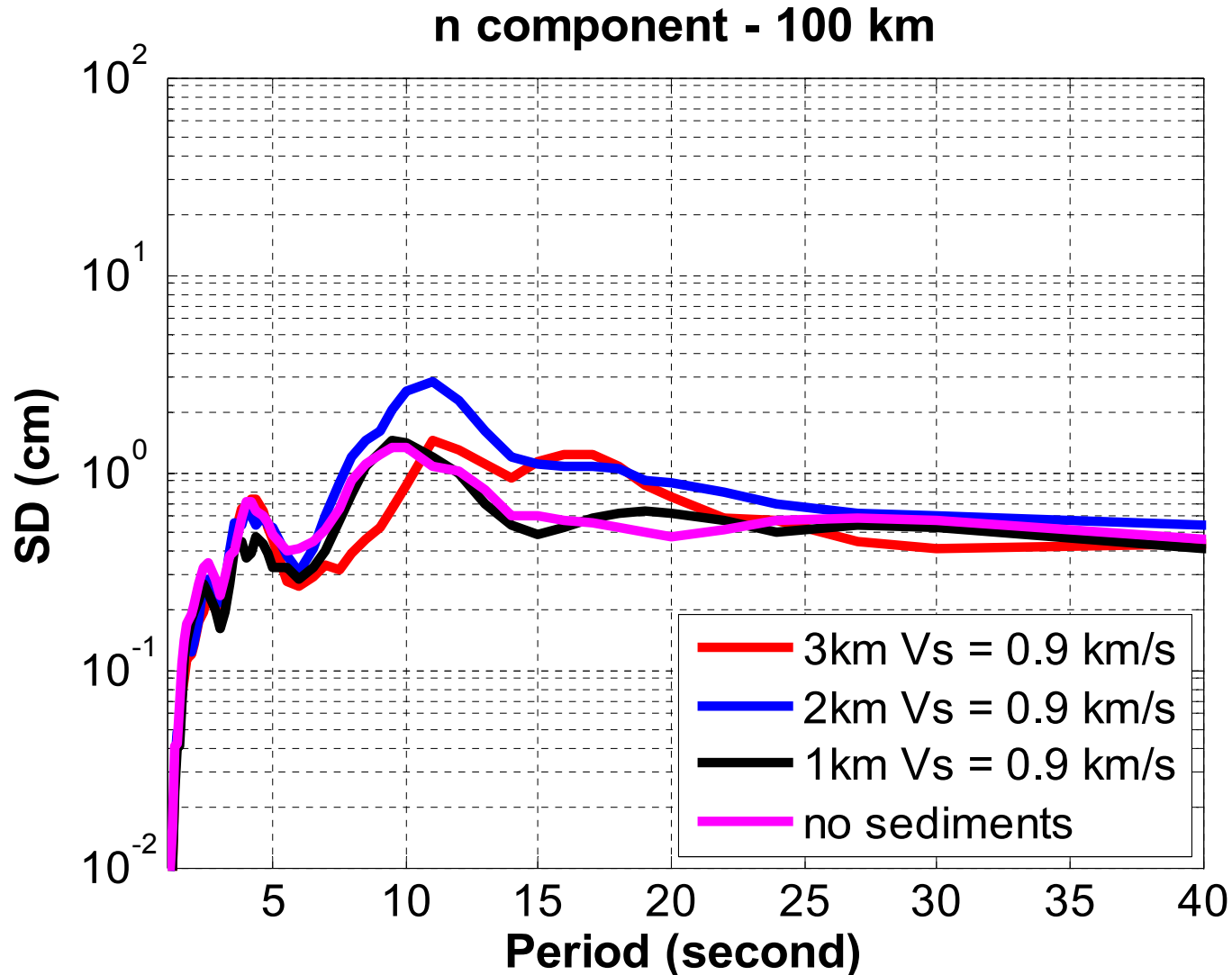


# Variazione SD per diversi spessori dei sedimenti

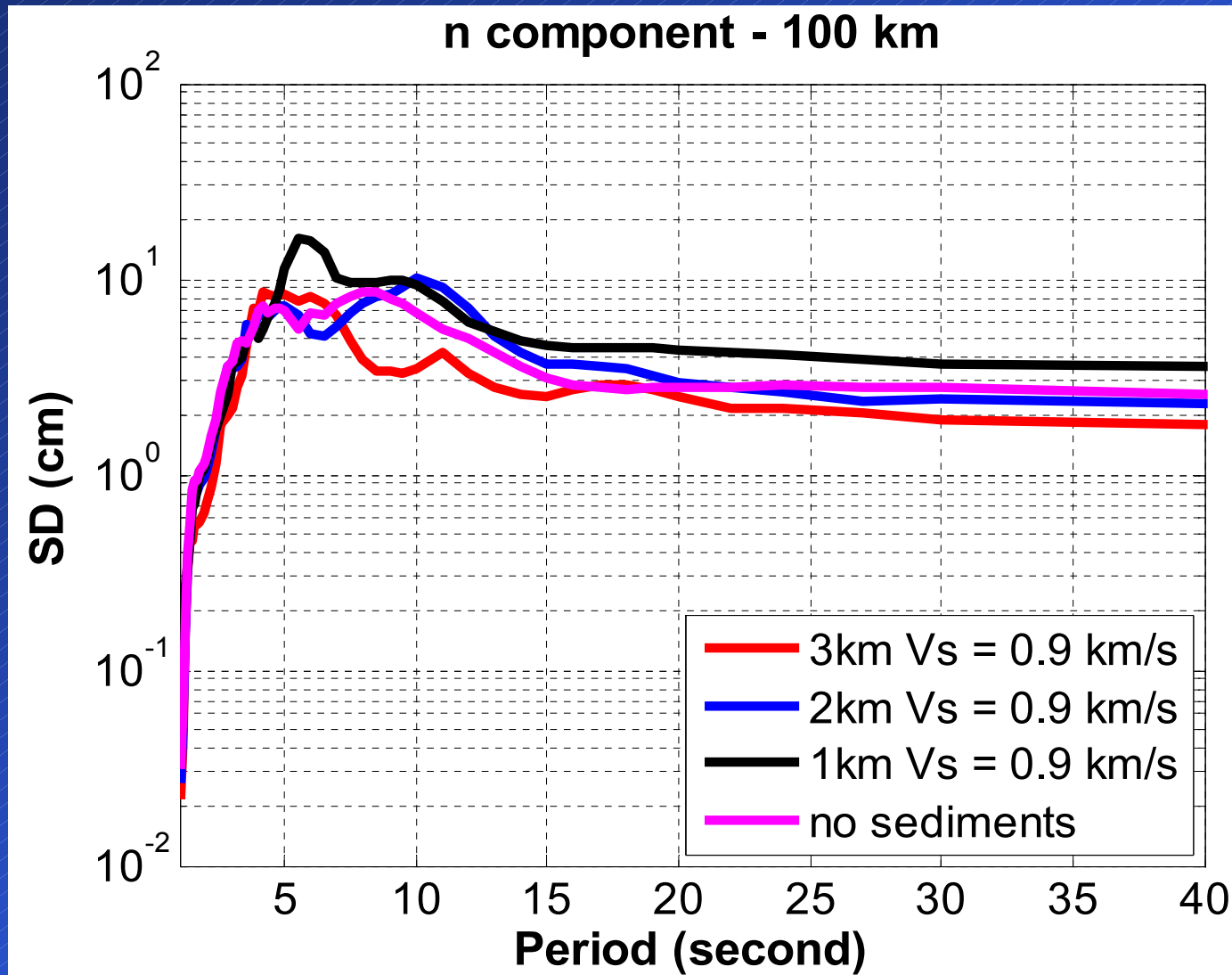




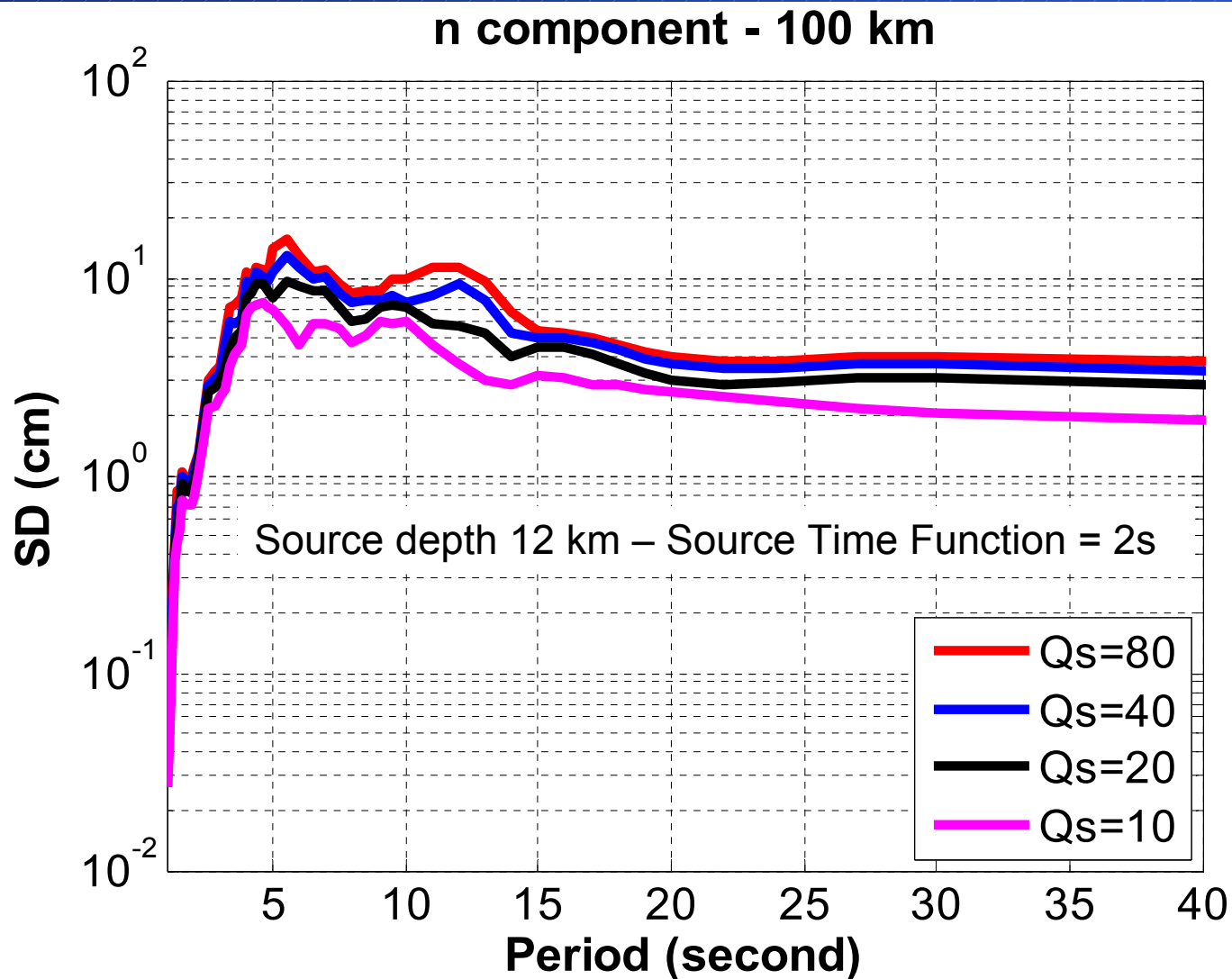
# Variazione SD per diversi spessori dei sedimenti



# Variazione SD per diversi spessori dei sedimenti

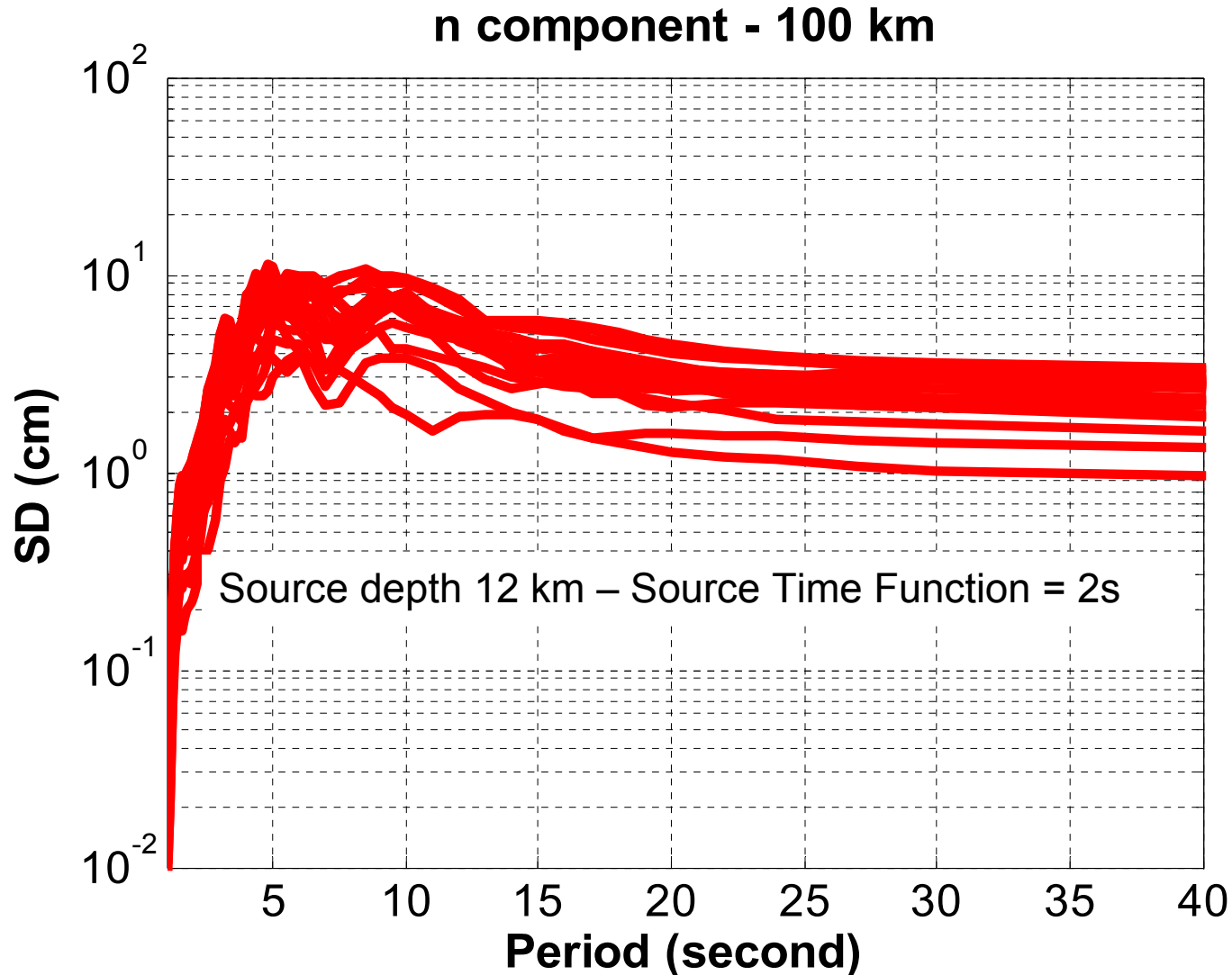


# Variazione SD per diverso Qs nei sedimenti

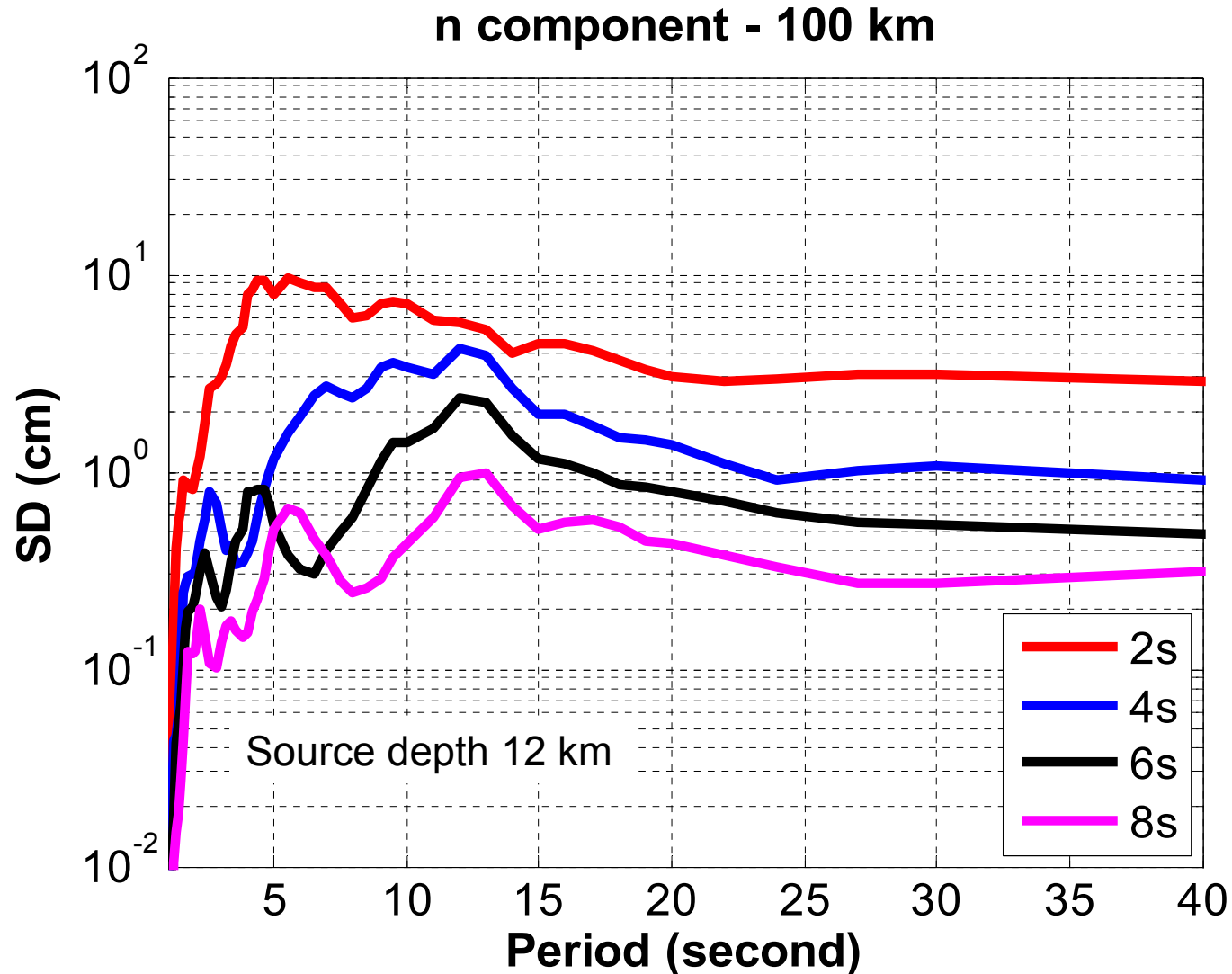




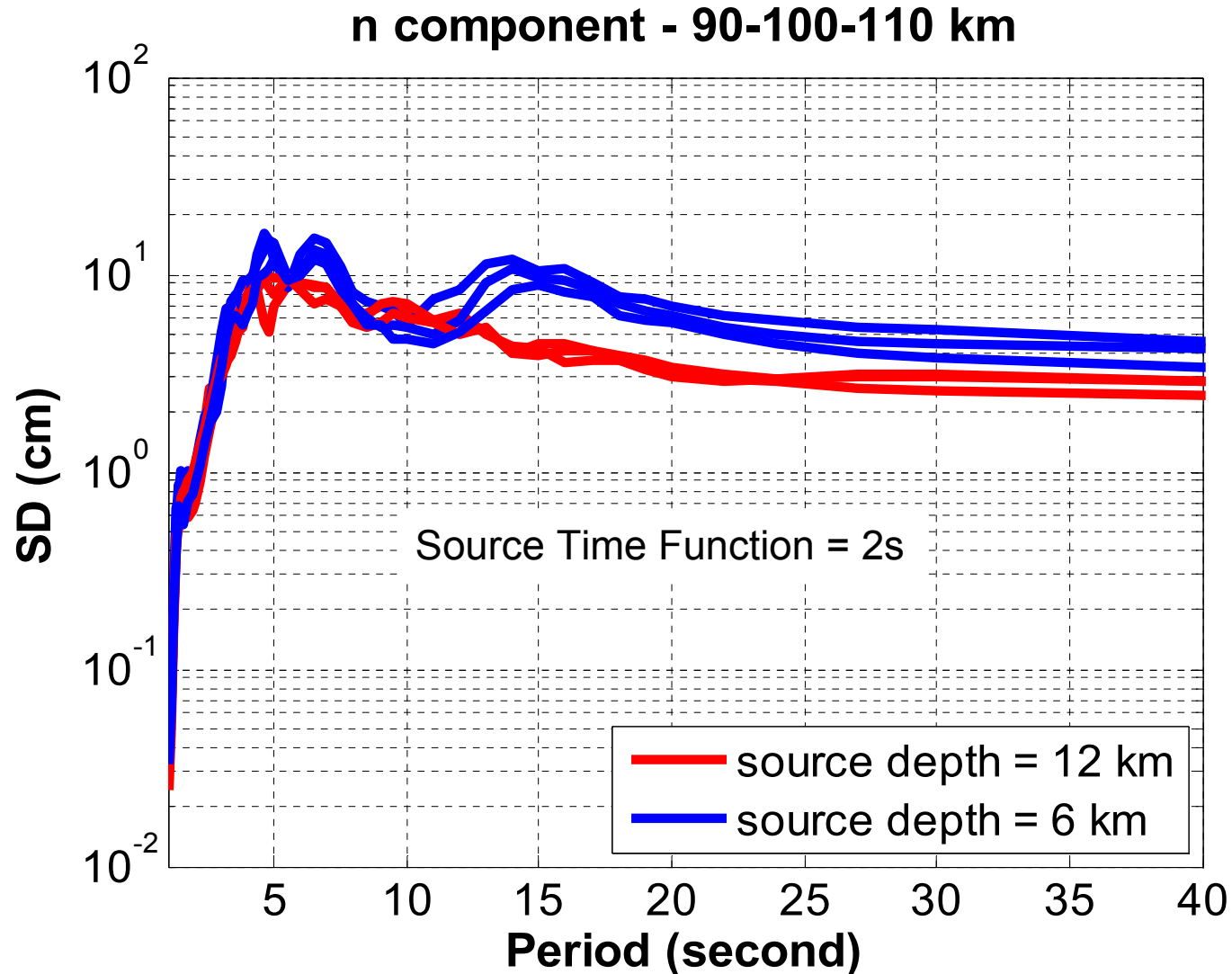
# Variazione SD per diverso angolo di radiazione



# Variazione SD per diversa durata sorgente

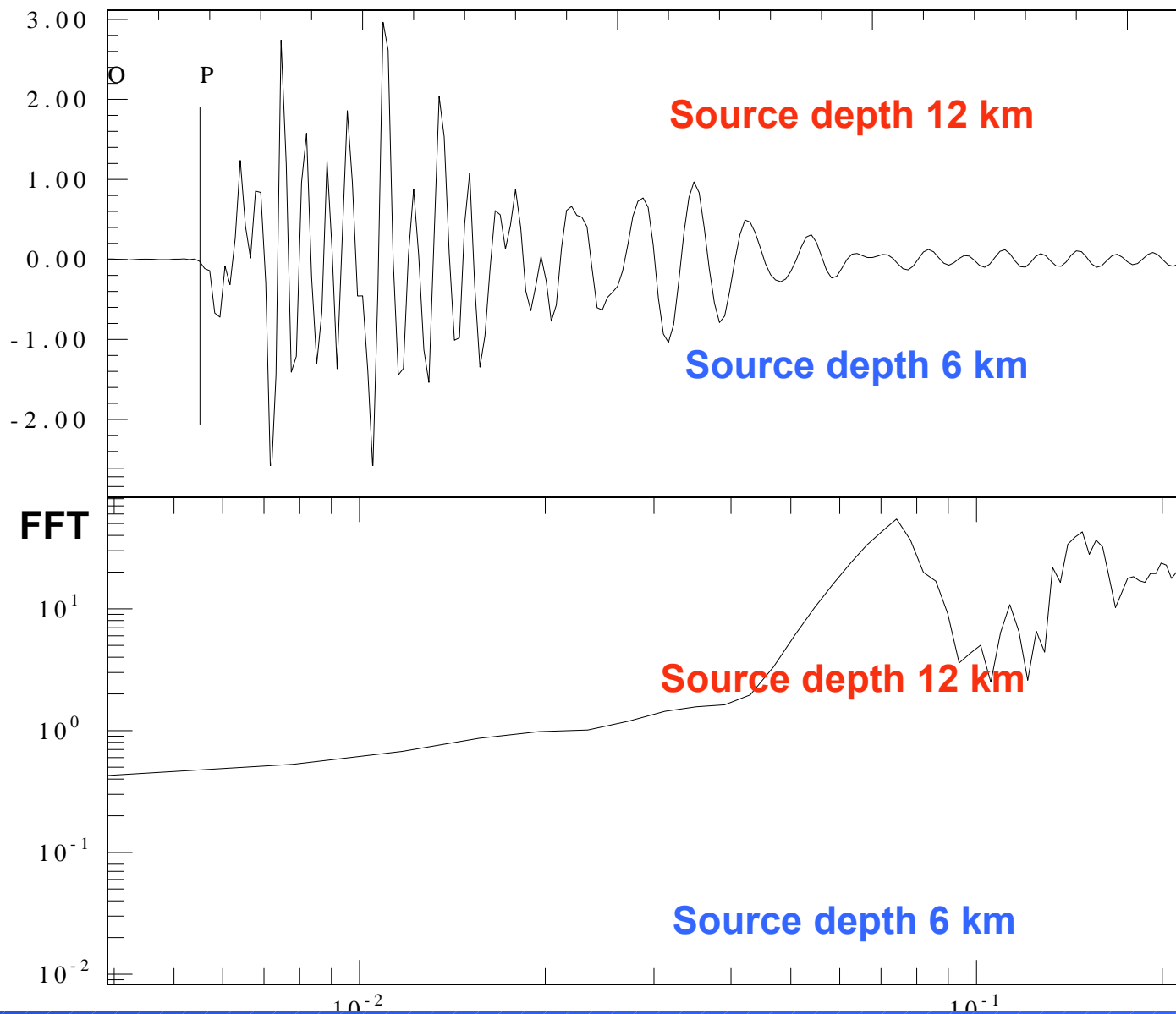


# Variazione SD per diversa profondità sorgente



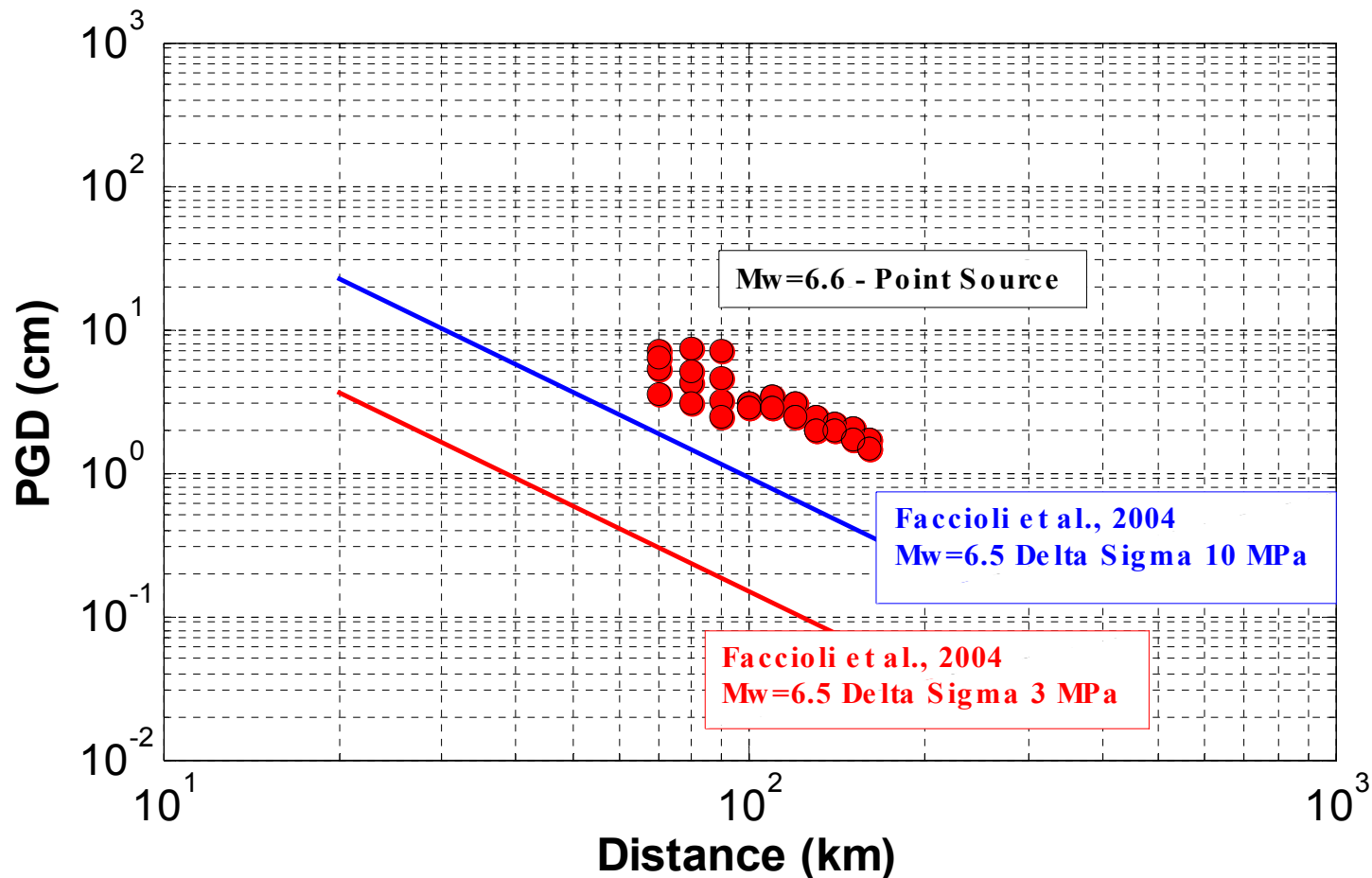


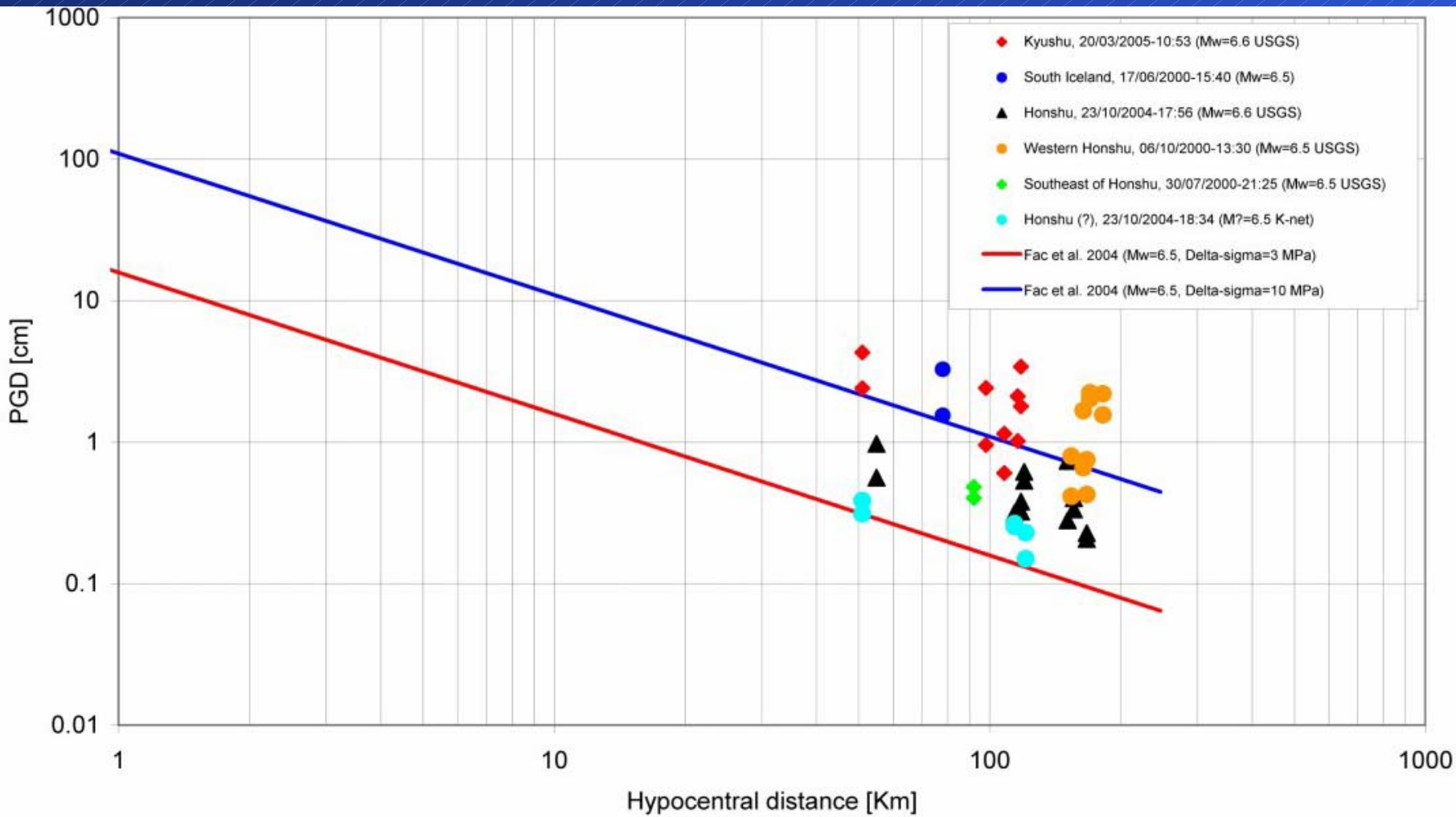
Displacement(cm)



# Attenuazione dei PGD (20s) 70-160km per una sorgente puntiforme $M=6.6$

## modello PP01

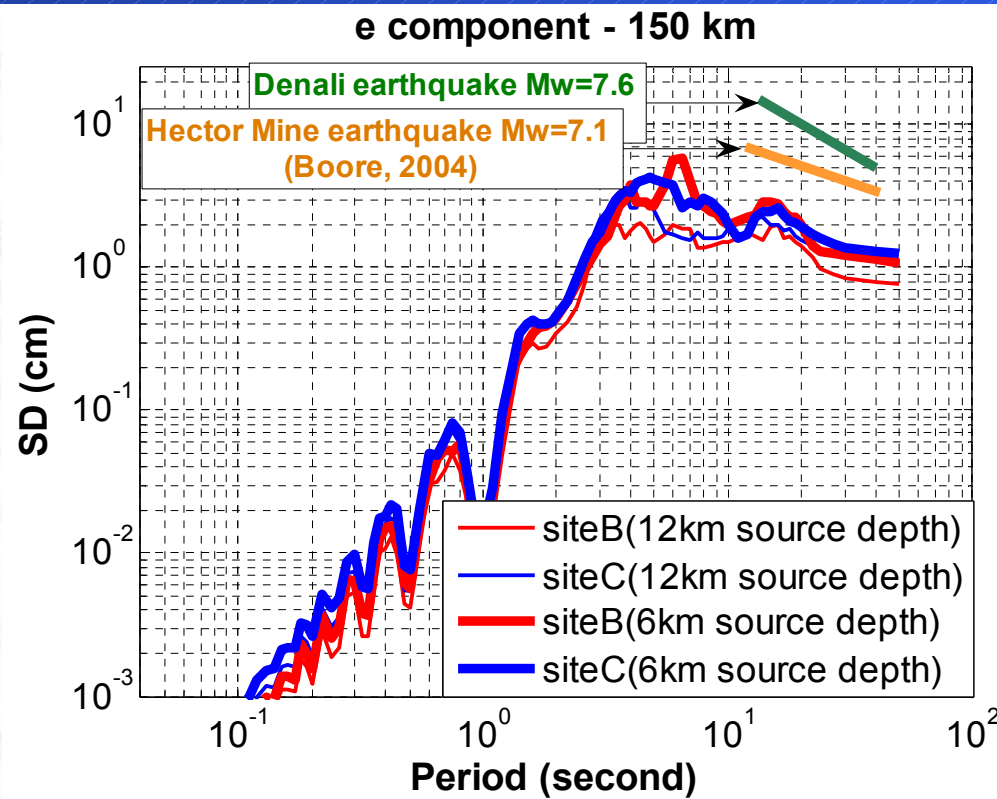
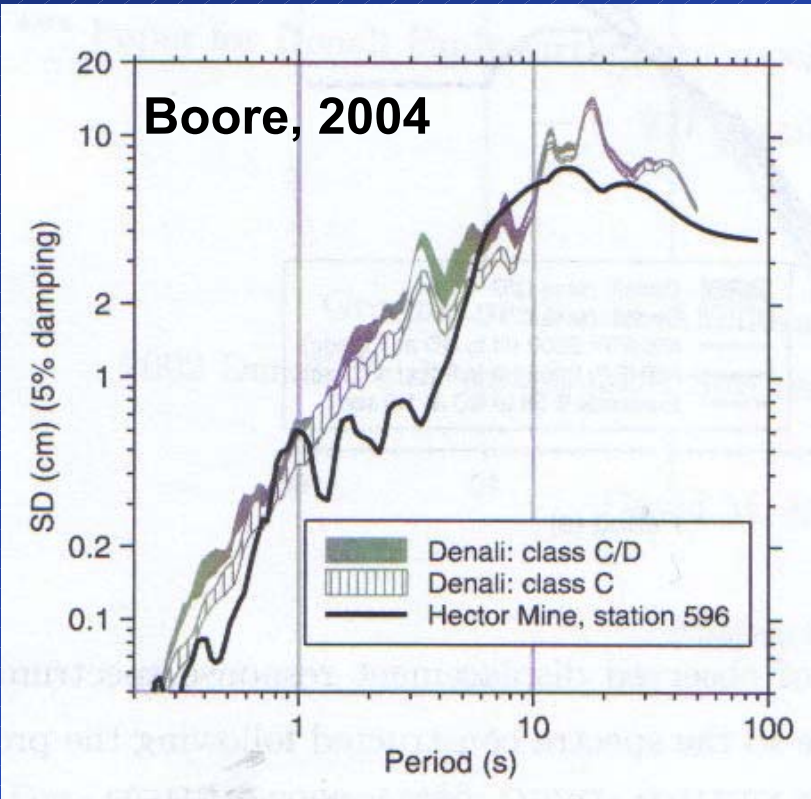




PGD - Around Mw=6.5



# Confronto dei valori di picco di SD per Mw=6.6 con terremoti di Mw > 7 (Hector Mine e Denali)



modello PP01(sito B) e PP03 (gradiente di velocità S da 300m/s a 600m/s(sito C))

# Controllo della deformazione

Max Horizontal Particle Velocity / Shallowest Vs = Strain

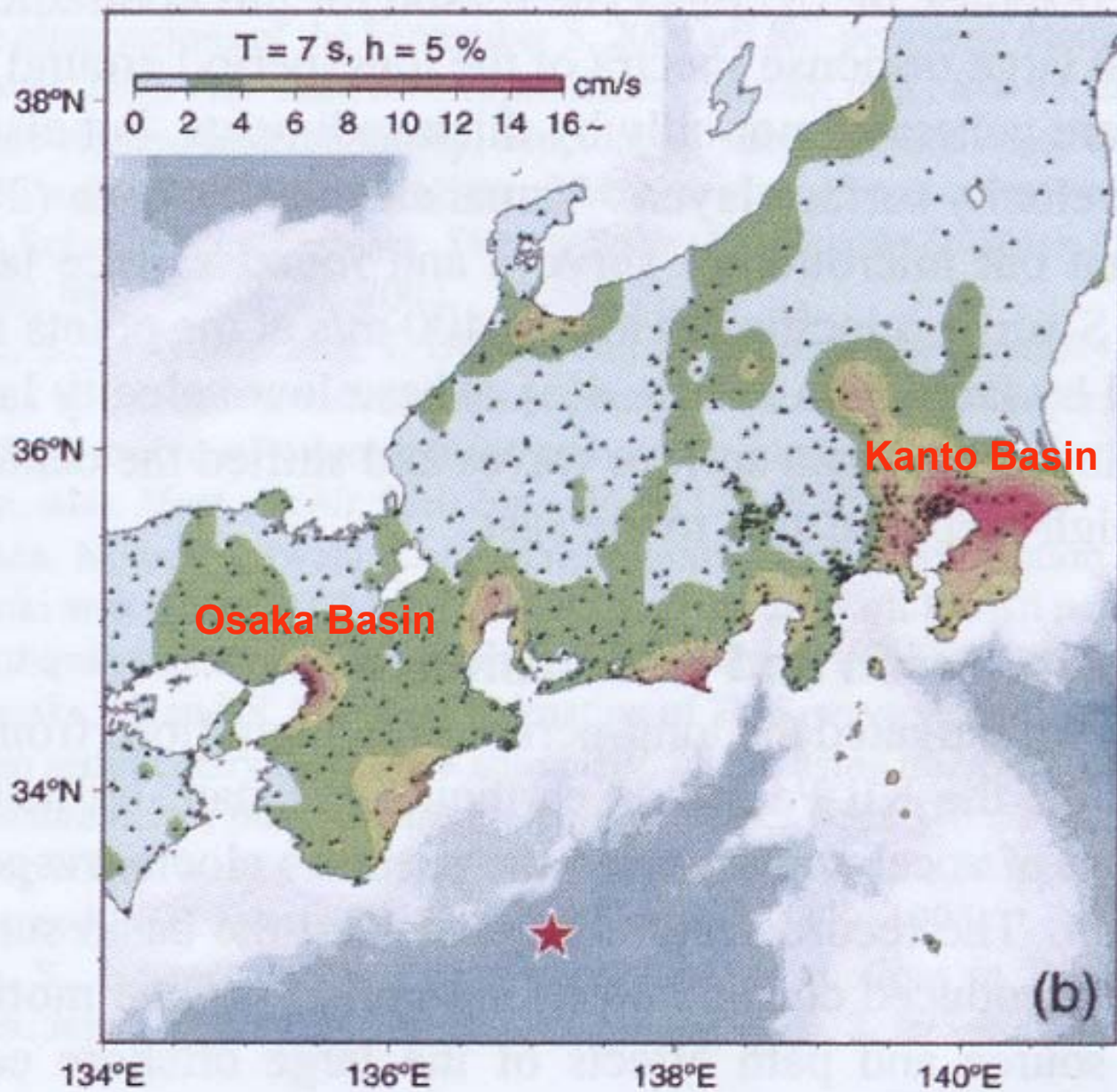
Prove di laboratorio sui suoli mostrano (e.g. Vucetic, 1994) che la deformazione diventa dipendente in modo non lineare dal damping per valori che superano approssimativamente  $10^{-4}$  (per suoli ad alta plasticità) -  $10^{-5}$  (per suoli a bassa plasticità).

Nelle modellazioni appena discusse il valore più alto della deformazione è di circa  $10^{-4}$

# Database per la validazione dei risultati

- Per la validazione degli spettri in spostamento ottenuti sia da modelli 1D che 3D, vista la mancanza di dati in Pianura Padana, si useranno i dati registrati dalla rete KiK-Net nei bacini sedimentari di Kanto ed Osaka.
- I periodi di amplificazione (PSV) del Kanto Basin sono compresi tra 5 e 10 s (Miyake e Koketsu, 2005). Vista la similitudine nei modelli strutturali, tali periodi possono quindi essere ragionevolmente attesi anche per la Pianura padana.





Da Miyake & Koketsu, Earth Planetary Space, 57, 203-207, 2005

