

6. Modalità di parametrizzazione della sismicità

In questo paragrafo vengono descritte le modalità con cui i dati di sismicità (par.3) sono stati gestiti, in associazione agli elementi descritti in precedenza (par.4 e 5), allo scopo di predisporre gli elementi di ingresso per il calcolo della pericolosità sismica con il codice prescelto.

Le procedure di gestione e le scelte che si effettuano nel corso della valutazione della pericolosità sismica sono molto critiche, e i risultati in termini di a_{max} possono essere influenzati in modo significativo da esse. Nella letteratura scientifica un numero notevole di passaggi non viene descritto con sufficiente dettaglio; quindi non sempre è possibile ricostruire l'intero percorso che porta dai dati di ingresso ai risultati.

Dato il carattere di questa ricerca e in sintonia con il dettato dell'Ordinanza (All.1, 2e), questo paragrafo è concepito per illustrare dati, procedure e scelte in modo tale da offrire a revisori e utenti la massima trasparenza possibile.

6.1. Definizione delle classi di magnitudo. Questo aspetto va trattato prioritariamente, in quanto condiziona tutti gli altri che seguono. In previsione dell'impiego di relazioni di attenuazione che usano tipi diversi di magnitudo (M_s , M_w e M_{sp}), considerato che le relazioni fra M_s , M_w e M_{sp} non sono completamente lineari, si rende necessario determinare in modo appropriato le classi di magnitudo per ciascuna M .

In particolare occorre tener presente che: i) il codice adottato non consente l'utilizzo di classi di M a dimensione variabile; ii) poiché i valori di M del catalogo si concentrano prevalentemente attorno a valori discreti di origine macrosismica, occorre evitare di sovraccaricare alcune classi (scaricandone altre), cumulando inavvertitamente in una stessa classe di M due "picchi" di terremoti.

Come magnitudo-guida è stata assunta M_w ; per essa, tenuto conto di quanto sopra è stata adottata una scansione in 12 classi di $0.23M_w$, con classe inferiore $M_w 4.76 \pm 0.115$; in questo modo il catalogo di partenza degli eventi afferenti alle ZS contiene 1525 eventi con $M_w \geq 4.65$ (tab.2).

Per ragioni di bilanciamento energetico, i calcoli relativi ai rami che adottano le altre magnitudo verranno eseguiti utilizzando lo stesso catalogo. Per determinare le classi di M_s e M_{sp} si è proceduto al confronto presentato in fig.25, che mostra come le dimensioni delle classi di M_s e M_{sp} derivate da M_w non siano costanti.

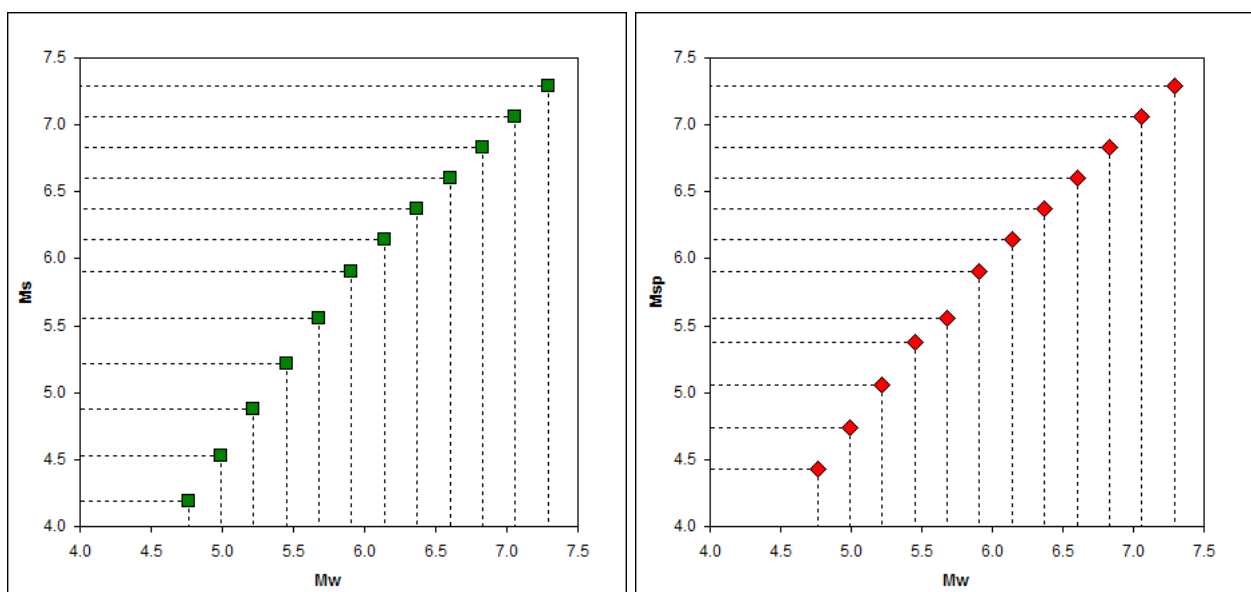


Figura 25. Confronto fra valori centrali e dimensioni delle classi di M_w , M_s e M_{sp} secondo le relazioni adottate fra queste magnitudo (par.3 e App.1).

ZS	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14	6.37	6.6	6.83	7.06	7.29
901	6	1	6	1	2	0	0	0	0	0	0	0
902	12	3	6	3	2	2	1	0	0	0	0	0
903	24	1	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0
904	4	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
905	39	16	18	8	5	3	0	2	3	0	0	0
906	14	11	6	2	2	0	1	0	1	0	0	0
907	9	10	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
908	19	5	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0
909	4	1	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0
910	7	3	2	3	2	1	0	1	0	0	0	0
911	5	3	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0
912	12	9	6	7	2	2	0	0	0	0	0	0
913	26	13	11	6	4	1	0	0	0	0	0	0
914	21	14	11	6	3	4	0	0	0	0	0	0
915	31	17	19	1	4	2	1	0	1	0	0	0
916	14	8	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0
917	12	8	9	4	6	3	0	0	0	0	0	0
918	21	5	7	3	3	3	2	0	0	0	0	0
919	23	8	17	9	3	7	1	2	0	0	0	0
920	23	14	23	4	1	0	0	0	0	0	0	0
921	30	19	14	4	3	1	0	0	0	0	0	0
922	12	6	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0
923	68	14	28	12	3	7	1	4	3	1	1	0
924	10	7	11	6	3	2	2	0	0	1	0	0
925	8	2	5	0	1	0	1	2	0	1	0	0
926	3	6	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0
927	28	8	11	1	4	4	1	2	3	3	2	0
928	5	7	9	2	3	0	0	0	0	0	0	0
929	48	13	24	8	4	7	4	0	2	2	2	1
930	9	7	2	2	2	1	1	1	1	0	0	0
931	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
932	9	5	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0
933	19	4	5	6	2	2	0	0	0	0	0	0
934	4	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0	0
935	9	1	6	2	3	2	0	0	2	0	0	1
	4.30	4.53	4.76	4.99	5.22	5.45	5.68	5.91	6.14	6.83	7.06	7.29
936	34	20	8	4	4	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 2. Distribuzione dei terremoti di CPTI2 nelle ZS e nelle classi di Mw.

Tuttavia, per ovviare ai problemi ricordati più sopra, si è ritenuto accettabile suddividere il catalogo CPTI2 in classi di dimensione costante per ciascun tipo di M. Ad esempio, in fig.26 alla distribuzione dei terremoti di CPTI2 in termini di Ms (istogramma) sono sovrapposti gli intervalli di Ms adottati per questa ricerca (barra inferiore) e quelli, di dimensione variabile, che si possono definire per Ms utilizzando le relazioni Mw/Ms. Si può vedere che la distribuzione adottata evita che nella seconda classe si cumulino due picchi di Ms; il disallineamento è maggiore per le alte magnitudo, ma il suo effetto sull'intero processo è trascurabile.

Il catalogo è stato pertanto suddiviso in 12 classi di Ms e Msp di dimensioni poco differenti (rispettivamente 0.3Ms e 0.28Msp), con valori centrali della classe inferiore rispettivamente uguali a Ms4.3±0.15; Msp4.49±0.14 (tab.3). I controlli eseguiti assicurano che il numero di terremoti per ciascuna classe di M e per ciascuna ZS è sufficientemente stabile per i tre tipi di M, e comunque tale da far ritenere accettabile la "linearizzazione" adottata per le classi di Ms e Msp (fig.27; se si adottassero le scansioni indotte dalle relazioni fra le M, le tre distribuzioni risulterebbero uguali).

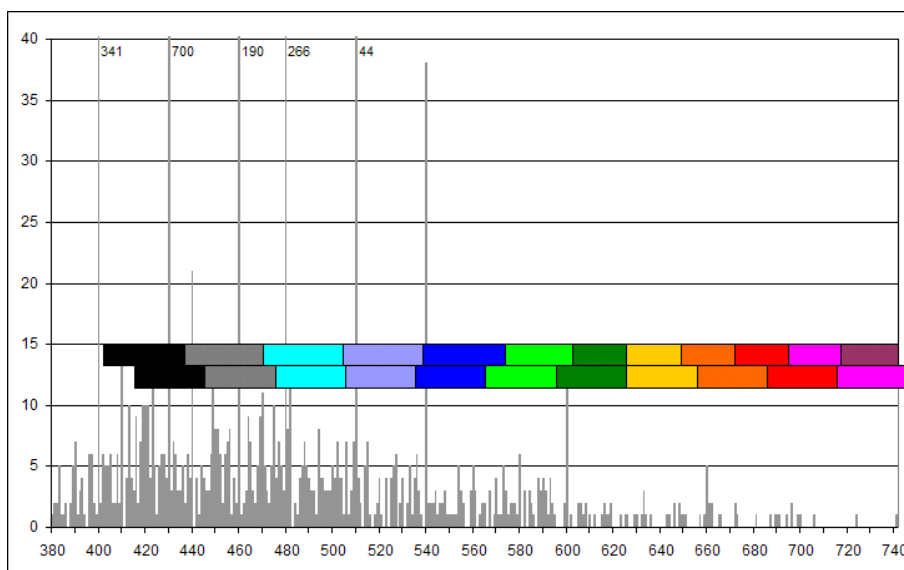


Figura 26. Istogramma del catalogo CPTI2 in termini di Ms a confronto con le scansioni teorica (barra superiore) e adottata (barra inferiore).

N	Mw	Ms	Msp	Io(MCS)
1	4.76 ± 0.115	4.3 ± 0.15	4.49 ± 0.14	6
2	4.99 ± 0.115	4.6 ± 0.15	4.77 ± 0.14	6/7
3	5.22 ± 0.115	4.9 ± 0.15	5.05 ± 0.14	7
4	5.45 ± 0.115	5.2 ± 0.15	5.33 ± 0.14	7/8
5	5.68 ± 0.115	5.5 ± 0.15	5.61 ± 0.14	8
6	5.91 ± 0.115	5.8 ± 0.15	5.89 ± 0.14	8/9
7	6.14 ± 0.115	6.1 ± 0.15	6.17 ± 0.14	9
8	6.37 ± 0.115	6.4 ± 0.15	6.45 ± 0.14	9/10
9	6.60 ± 0.115	6.7 ± 0.15	6.73 ± 0.14	10
10	6.83 ± 0.115	7.0 ± 0.15	7.01 ± 0.14	10/11
11	7.06 ± 0.115	7.3 ± 0.15	7.29 ± 0.14	11
12	7.29 ± 0.115	7.6 ± 0.15	7.57 ± 0.14	11/12

Tabella 3. Confronto fra i valori centrali delle classi adottate di Mw, Ms e Msp (e di Io).
 (Nota: alla classe 12 di Mw viene fatto afferire anche un terremoto con Mw7.41)

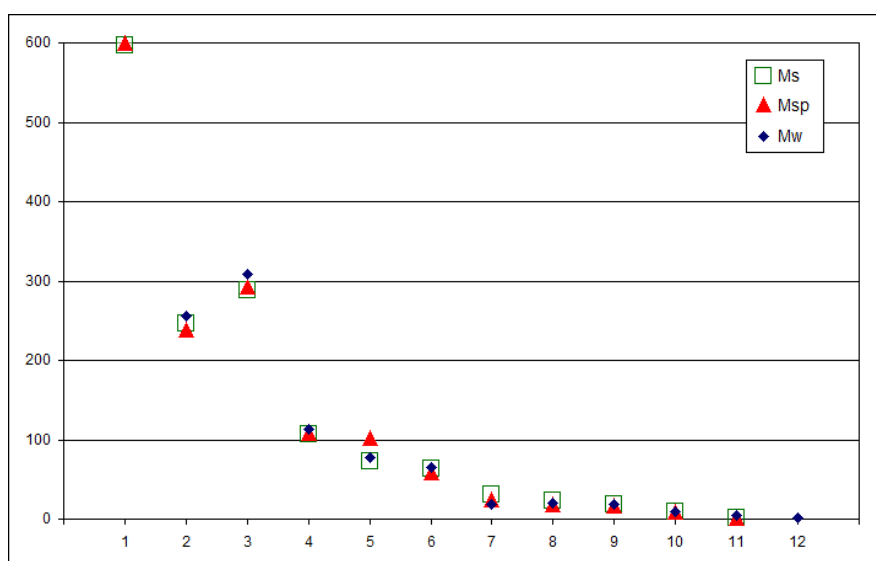


Figura 27. Confronto fra il numero di eventi in ciascuna delle 12 classi nei tre tipi di M.

6.2. *Determinazione degli intervalli di completezza dei dati del catalogo.* L'impatto sui tassi di sismicità degli intervalli di completezza per ciascuna classe di M, determinati con le procedure statistiche convenzionali, è stato discusso da Stucchi e Albinì (2000) con particolare riferimento ai cataloghi italiani.

In particolare, questa analisi ha mostrato che tali intervalli determinano: a) un divario notevole fra numero di terremoti contenuti in 1000 anni di catalogo e numero di terremoti (virtuali) stimato in 1000 anni a partire dai tassi di sismicità risultanti (fig.28); b) incrementi significativi nei valori di a_{max} attesi.

Tale divario, scontato per terremoti di energia medio-bassa il cui campione presente nei cataloghi è ovviamente molto incompleto, risulta particolarmente elevato anche nel caso di terremoti distruttivi ($I_0 \geq 8/9$; $M_s \geq 5.8$); nel caso di fig.28 (catalogo NT4.1 e numero di terremoti virtuali stimati a partire dai tassi di sismicità utilizzati da Slejko et al., 1998) il divario è di circa 200 eventi (331 virtuali - 134 in NT4.1, ossia una volta e mezza il numero di terremoti nel catalogo stesso!). Questo valore, che può segnalare sia una eccessiva cautela nella determinazione degli intervalli di completezza, sia un aumento reale della sismicità distruttiva negli ultimi 4 secoli (periodo tradizionalmente considerato "completo"), sembra comunque poco accettabile per un catalogo basato su una tradizione e una ricerca storico-sismologica considerata di prim'ordine.

Per ridurre questo divario, in questa ricerca gli intervalli di completezza sono stati determinati utilizzando approcci di tipo sia storico, sia statistico. In particolare sono stati definiti due insiemi di intervalli di completezza, definiti rispettivamente (prevalentemente) "storico" (CO-04.2) e (prevalentemente) "statistico" (CO-04.4).

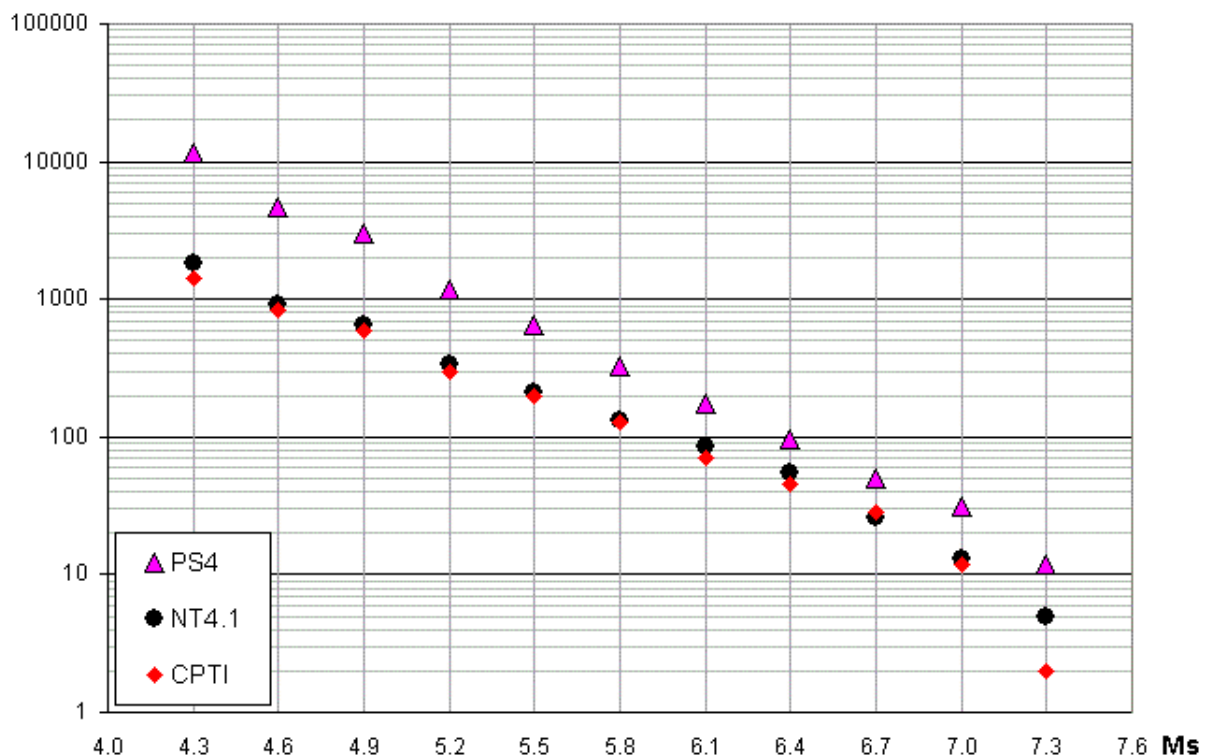


Figura 28. Catalogo NT4.1 (in forma cumulativa) a confronto con il catalogo virtuale "PS4" (ottenuto proiettando su 1000 anni i tassi di sismicità utilizzati per le valutazioni di pericolosità sismica di Slejko et al., 1998), e con il catalogo CPTI.

a) Intervalli di completezza prevalentemente "storici" (CO-04.2). Per determinare questo insieme di intervalli sono state utilizzate le stime di completezza dei dati storici di sito ($I_{sito} \geq 9/10MCS$, $I_{sito} \geq 8/9MCS$, $I_{sito} \geq 7/8MCS$) ottenute, per 18 località (fig.29), con approcci di tipo storico da ricerche svolte per il SSN (Albini et al., 2001) e nel progetto GNDT "Scenari di danno..." (Albini et al., 2002).

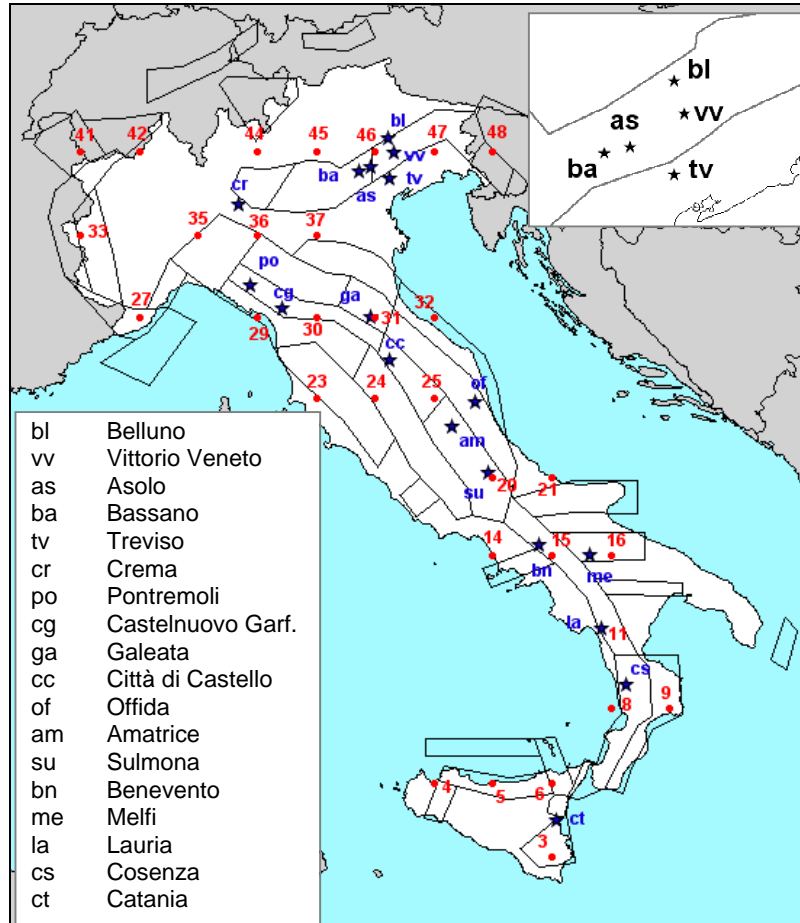


Figura 29. Stelle blu: Località oggetto di indagine storica. Punti rossi: siti oggetto di analisi statistiche (si veda più avanti).

Queste stime (fig.30) sono state ottenute: i) analizzando, in via speditiva, il potenziale informativo di carattere storico e storiografico riguardante le località in esame; ii) valutando in modo esperto gli intervalli temporali per i quali risulta poco credibile che un eventuale effetto della predetta intensità possa non essere stato "registrato" dalla documentazione storica che concorre al potenziale informativo.

Le stime in questione riguardano dunque la completezza della informazione al sito, e sono espresse in termini di anno di decorrenza della completezza del relativo valore di I risentito al sito.

Esse sono interpretabili anche in termini di intensità epicentrale come riferite a eventi con $I_o = I_{sito}$ e epicentro nella località; di conseguenza, sono interpretabili come riferite a eventi con M_w , M_s o M_{sp} , localizzati nella stessa località, utilizzando le corrispondenze proposte dalla tab.3.

Assunzioni e argomentazioni storiche e sismologiche alla base di questa procedura sono descritte in Stucchi et al. (2004), con un esempio di determinazione delle completezze per una località.

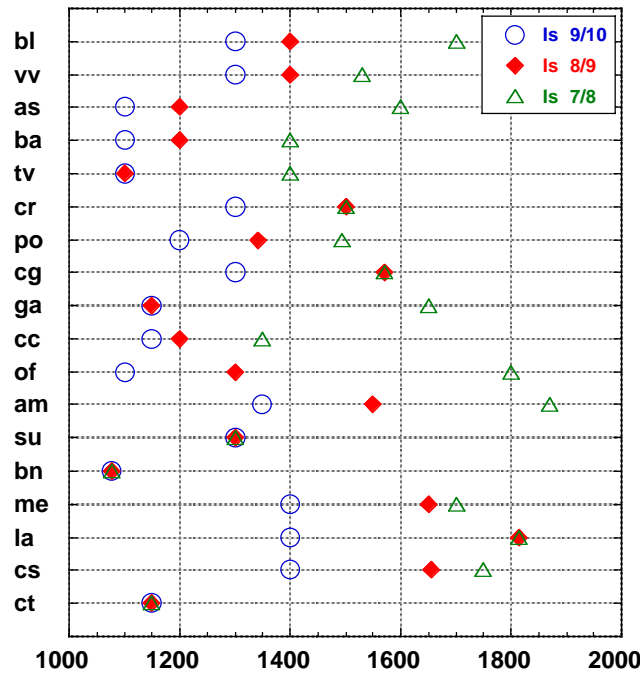


Figura 30. Anno di decorrenza della completezza per i tre valori di Isito nelle 18 località.

Nella presente ricerca gli intervalli di completezza per ciascuna ZS sono stati ottenuti, per le tre classi di Io citate e per le magnitudo corrispondenti, attribuendo a ciascuna ZS gli intervalli determinati per le località che vi ricadono, operando scelte di tipo esperto per le ZS in cui ricadono più località studiate.

I risultati ottenuti per le classi Mw6.37 (Io9/10MCS), Mw5.91 (Io8/9MCS) e Mw5.45 (Io7/8MCS) sono presentati rispettivamente in figg. 31, 32 e 33 (quadrati verdi, vuoti). L'estensione alle ZS per le quali non sono disponibili dati di sito è stata eseguita mediante considerazioni storiche di prima approssimazione, facendo riferimento a 5 macrozone (fig.34).

La legenda comune alle figg. 31, 32 e 33, che presentano anche risultati statistici spiegati nel seguito, è la seguente:

Rappresentazione spazio-temporale (ZS vs tempo), per una data Mw, dei seguenti parametri: i) terremoti di CPTI2 (*pallini grigi*); ii) decorrenze di completezza storica, per le 18 località indagate (*stelle blu*); iii) scelte finali di decorrenza di completezza storica per tutte le ZS (CO-04.2, *quadrati vuoti verdi*); iv) decorrenze di completezza statistica, con intervalli di confidenza, per i 30 siti analizzati (*triangoli pieni rossi e barre rosse*); v) scelte finali di decorrenza statistica per tutte le ZS (CO-04.4, *triangoli vuoti verdi*). I colori del numero delle ZS individuano le 5 macrozone di fig.34.

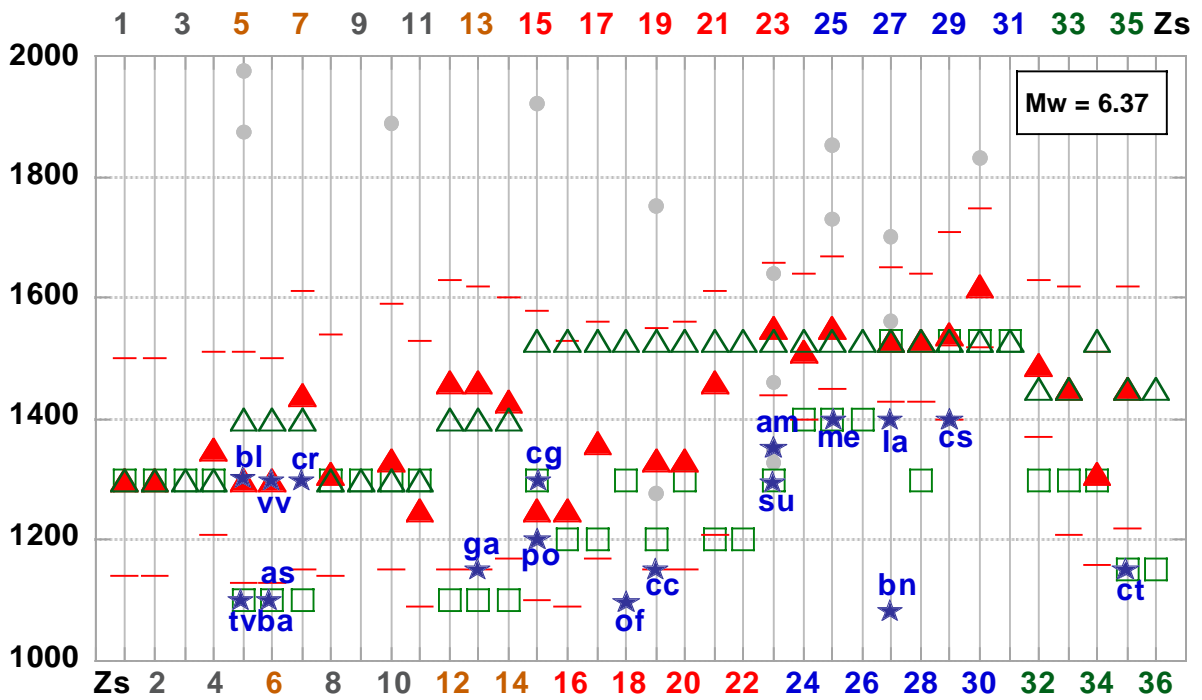


Figura 31. Risultati delle indagini e delle scelte relativi alla classe Mw6.37.

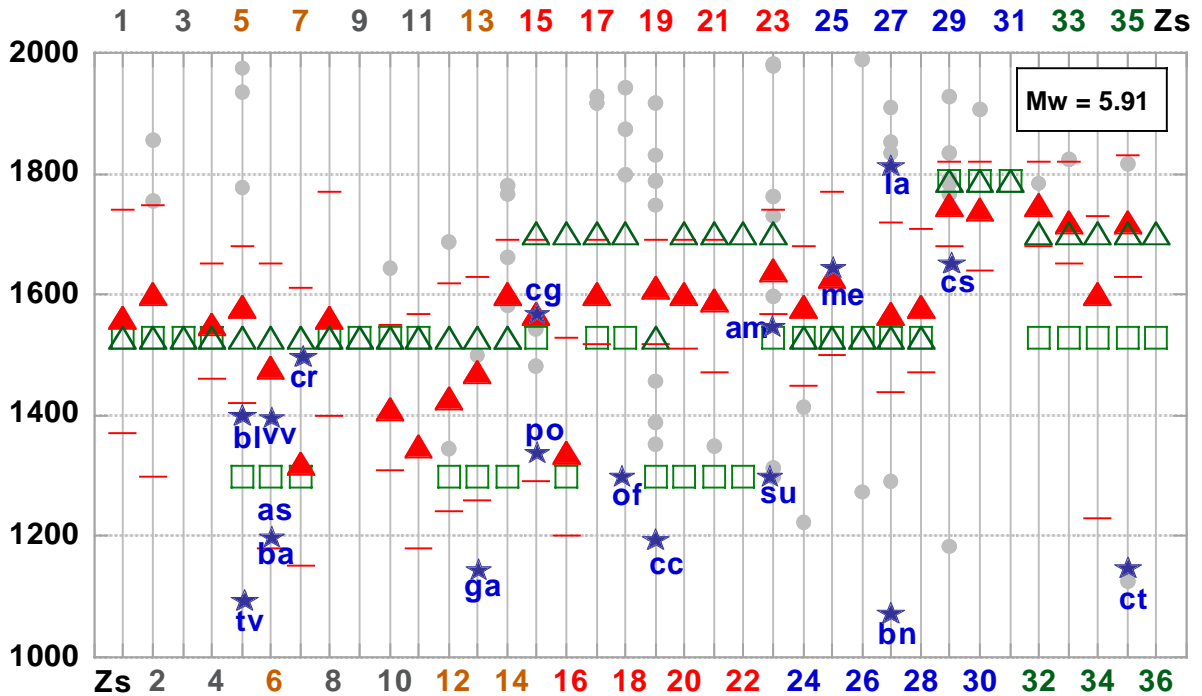


Figura 32. Risultati delle indagini e delle scelte relativi alla classe Mw5.91.

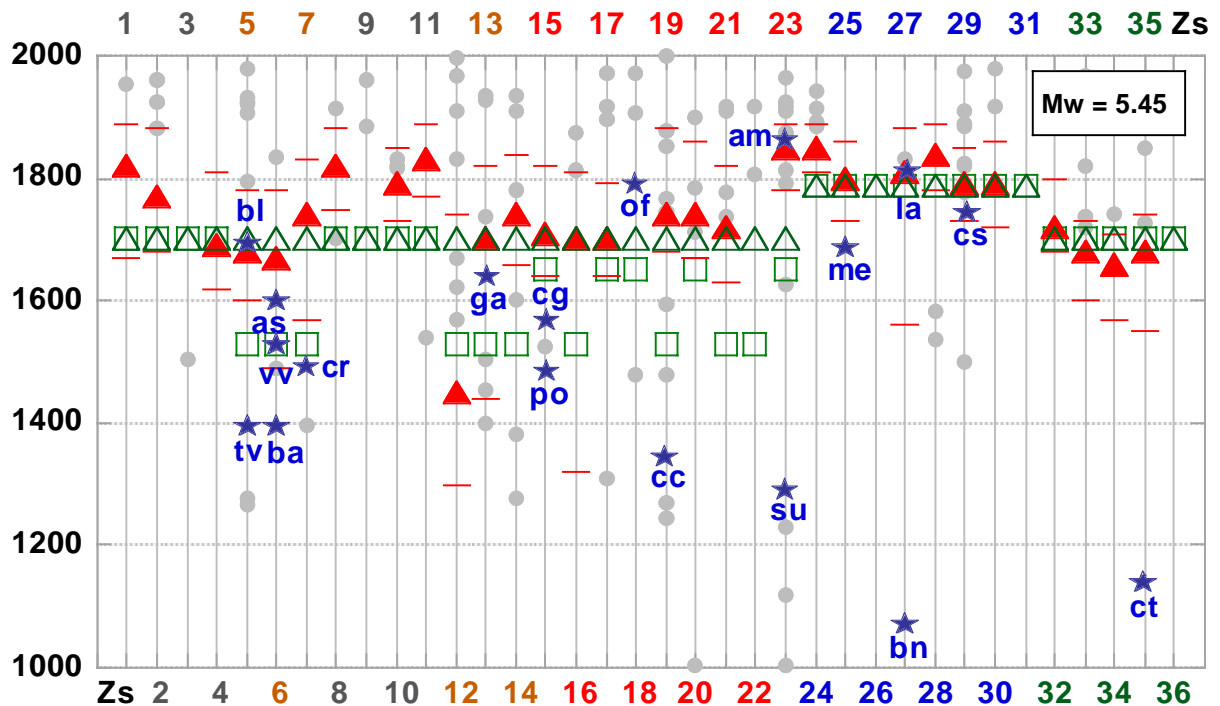


Figura 33. Risultati delle indagini e delle scelte relativi alla classe Mw5.45.

Poichè le considerazioni di tipo storico che stanno alla base del metodo non si applicano a terremoti con scarsa capacità distruttiva, gli intervalli di completezza determinati per le tre classi di Mw citate sono stati estesi in modo ragionato alle classi di Mw inferiori, avendo come riferimento le determinazioni di tipo statistico (da qui il titolo dell'insieme di intervalli) descritte nel seguito. E' stato inoltre adottato l'accorgimento di non introdurre variazioni temporali di eccessivo dettaglio (ovvero, si è inteso evitare un numero eccessivo di "scalini" nelle spezzate di fig.34); in pratica, agli intervalli di completezza sono state consentite variazioni cronologiche in riferimento ad almeno due classi di Mw, pari a circa 0.5Mw. Gli intervalli di completezza determinati in termini di Mw sono stati poi associati ai corrispondenti valori di Ms e Msp secondo la tab.3 già ricordata.

b) *Intervalli di completezza prevalentemente "statistici" (CO-04.4).* Per determinare questo insieme di intervalli sono state considerate le stime di tipo statistico ottenute dall'applicazione della metodologia di Albarello et al. (2001) a una trentina di punti (fig.30); tali stime sono corredate da un intervallo temporale di confidenza (figg.31, 32, 33; triangoli pieni rossi e barre rosse).

In analogia a quanto fatto per i valori storici, i valori statistici di sito sono stati attribuiti in modo ragionato alle ZS e estesi alle ZS prive di dati, utilizzando vincoli di coerenza areale con riferimento alle 5 macrozone e avendo cura che le scelte effettuate (figg.31, 32, 33; triangoli verdi vuoti) ricadessero all'interno del relativo intervallo di confidenza.

I due insiemi di intervalli, CO-04.2 e CO-04.4, sono riportati in tabb.4 e 5.

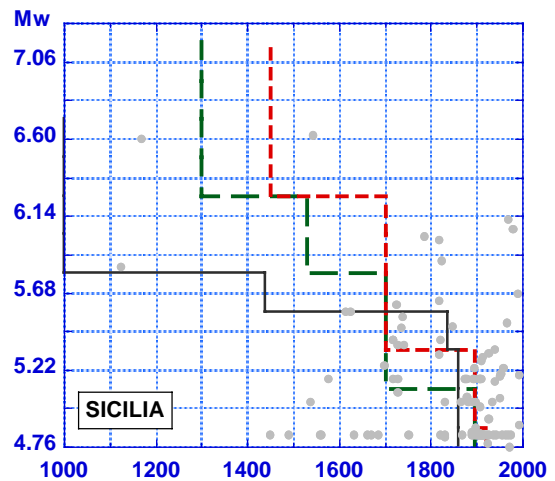
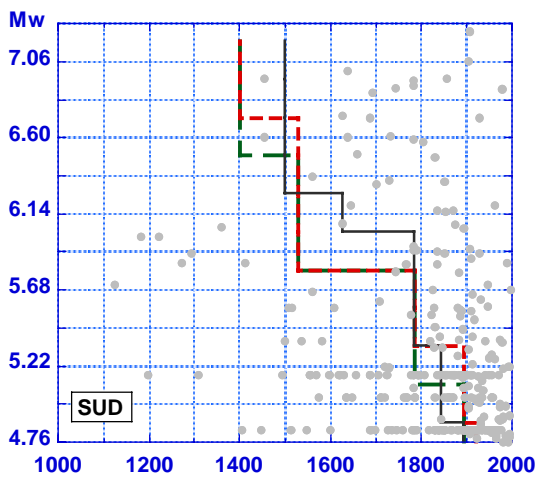
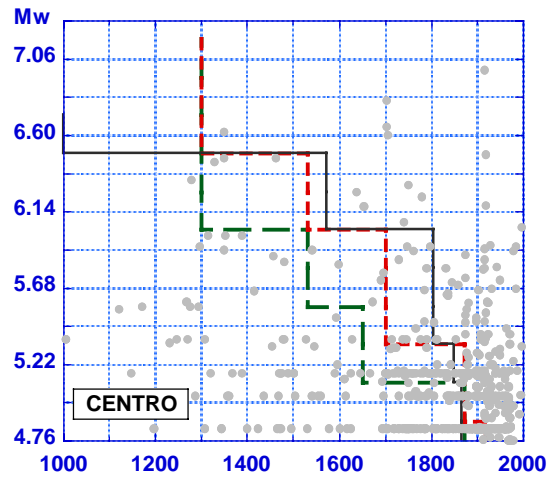
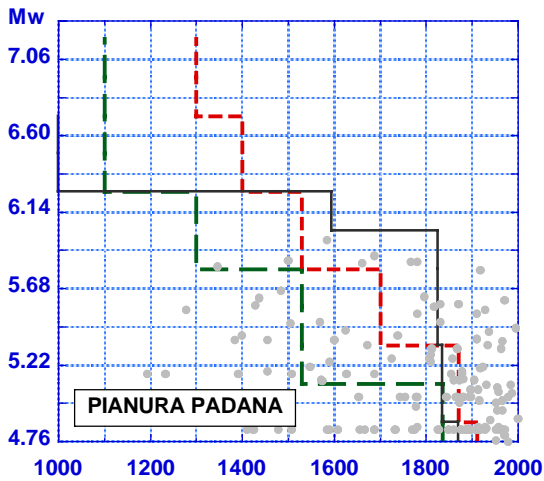
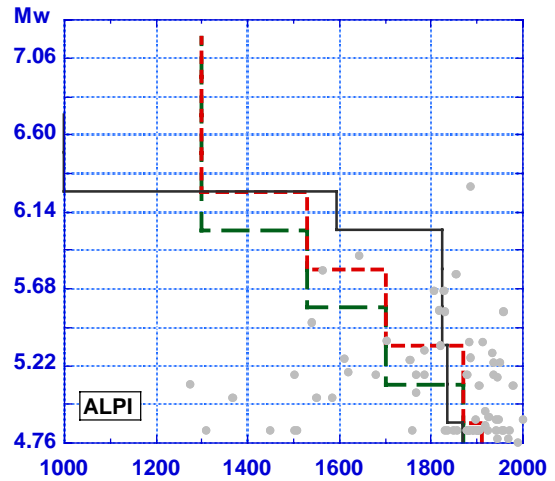
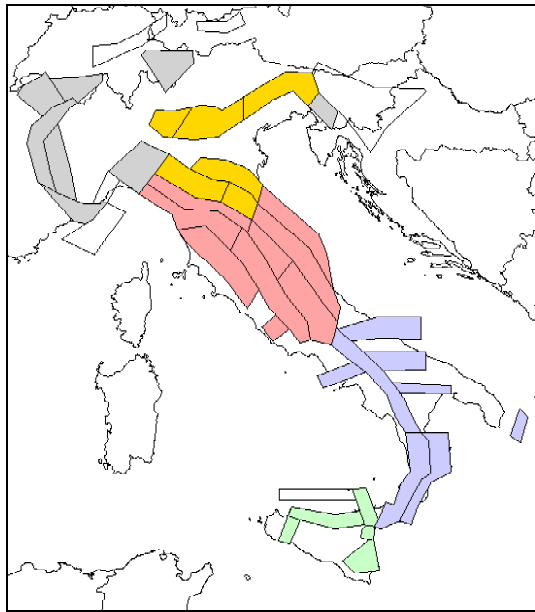


Figura 34. Macrozone di riferimento per l'estrapolazione degli intervalli di completezza e relativi andamenti medi per CO-04.2 (spezzate verdi) e CO-04.4 (spezzate rosse). Sono riportati (nero) anche gli andamenti per gli intervalli CO-96, utilizzati da Slejko et al. (1998), definiti allora in termini di M_s e qui ricalcolati in termini di M_w .

nome ZS	ZS	Classi di Mw											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Savoia	901	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Vallese	902	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Grigioni-Valtellina	903	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Trieste-Monte Nevoso	904	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Piemonte	908	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Alpi Occidentali	909	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Nizza-Sanremo	910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Savona-Valle Scrivia	911	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Friuli-Veneto Orientale	905	1836	1836	1530	1530	1530	1300	1300	1100	1100	1100	1100	1100
Garda - Veronese	906	1836	1836	1530	1530	1530	1300	1300	1100	1100	1100	1100	1100
Bergamasco	907	1836	1836	1530	1530	1530	1300	1300	1100	1100	1100	1100	1100
Dorsale Ferrarese	912	1836	1836	1530	1530	1530	1300	1300	1100	1100	1100	1100	1100
App. Emiliano-Romagn.	913	1836	1836	1530	1530	1530	1300	1300	1100	1100	1100	1100	1100
Forlivese	914	1836	1836	1530	1530	1530	1300	1300	1100	1100	1100	1100	1100
Garfagnana-Mugello	915	1871	1871	1650	1650	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Versilia-Chianti	916	1871	1871	1530	1530	1530	1300	1300	1200	1200	1200	1200	1200
Rimini-Ancona	917	1836	1836	1650	1650	1530	1530	1300	1200	1200	1200	1200	1200
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918	1871	1871	1650	1650	1650	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Val Tiberina	919	1871	1871	1530	1530	1530	1300	1300	1200	1200	1200	1200	1200
Trasimeno-Ceccano	920	1871	1871	1650	1650	1650	1300	1300	1300	1200	1200	1200	1200
Etruria	921	1871	1871	1530	1530	1530	1300	1300	1200	1200	1200	1200	1200
Colli Albani	922	1871	1871	1530	1530	1530	1300	1300	1200	1200	1200	1200	1200
Appennino Abruzzese	923	1871	1871	1650	1650	1650	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Molise-Gargano	924	1871	1871	1787	1787	1787	1530	1530	1400	1400	1400	1400	1400
Ofanto	925	1871	1871	1787	1787	1787	1530	1530	1400	1400	1400	1400	1400
Matera	926	1871	1871	1787	1787	1787	1530	1530	1400	1400	1400	1400	1400
Sannio-Irpinia-Basilicata	927	1895	1895	1787	1787	1787	1530	1530	1530	1400	1400	1400	1400
Ischia-Vesuvio	928	1871	1871	1787	1787	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300	1300
Calabria tirrenica	929	1895	1895	1787	1787	1787	1787	1530	1530	1400	1400	1400	1400
Calabria ionica	930	1895	1895	1787	1787	1787	1787	1530	1530	1400	1400	1400	1400
Otranto	931	1950	1950	1950	1787	1787	1787	1530	1530	1530	1530	1530	1530
Eolie-Patti	932	1895	1895	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Sicilia settentrionale	933	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Belice	934	1895	1895	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Iblei	935	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1530	1150	1150	1150	1150	1150
Etna	936	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1530	1150	1150	1150	1150	1150

Tabella 4. Intervalli di completezza "storici" (CO-04.2) per ZS e classi di M.
I valori in grassetto si riferiscono a classi per le quali esistono terremoti in CPTI2.

nome ZS	ZS	Classi di Mw											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Savoia	901	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Vallese	902	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Grigioni-Valtellina	903	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Trieste-Monte Nevoso	904	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Piemonte	908	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Alpi Occidentali	909	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Nizza-Sanremo	910	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Savona-Valle Scrivia	911	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300	1300
Friuli-Veneto Orientale	905	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1400	1400	1300	1300	1300
Garda - Veronese	906	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1400	1400	1300	1300	1300
Bergamasco	907	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1400	1400	1300	1300	1300
Dorsale Ferrarese	912	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1400	1400	1300	1300	1300
App. Emiliano-Romagn.	913	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1400	1400	1300	1300	1300
Forlivese	914	1910	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1400	1400	1300	1300	1300
Garfagnana-Mugello	915	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Versilia-Chianti	916	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Rimini-Ancona	917	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Val Tiberina	919	1920	1871	1871	1700	1700	1530	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Trasimeno-Ceccano	920	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Etruria	921	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Colli Albani	922	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Appennino Abruzzese	923	1920	1871	1871	1700	1700	1700	1530	1530	1530	1300	1300	1300
Molise-Gargano	924	1920	1895	1895	1787	1787	1530	1530	1530	1530	1400	1400	1400
Ofanto	925	1920	1895	1895	1787	1787	1530	1530	1530	1530	1400	1400	1400
Matera	926	1920	1895	1895	1787	1787	1530	1530	1530	1530	1400	1400	1400
Sannio-Irpinia-Basilicata	927	1920	1895	1895	1787	1787	1530	1530	1530	1530	1400	1400	1400
Ischia-Vesuvio	928	1920	1895	1895	1787	1787	1530	1530	1530	1530	1300	1300	1300
Calabria tirrenica	929	1920	1895	1895	1787	1787	1787	1787	1530	1530	1400	1400	1400
Calabria ionica	930	1920	1895	1895	1787	1787	1787	1787	1530	1530	1400	1400	1400
Otranto	931	1950	1950	1950	1787	1787	1787	1787	1530	1530	1530	1530	1530
Eolie-Patti	932	1920	1895	1895	1700	1700	1700	1700	1450	1450	1450	1450	1450
Sicilia settentrionale	933	1920	1895	1895	1700	1700	1700	1700	1450	1450	1450	1450	1450
Belice	934	1920	1895	1895	1700	1700	1700	1530	1530	1300	1300	1300	1300
Iblei	935	1920	1895	1895	1700	1700	1700	1700	1450	1450	1450	1450	1450
Etna	936	1920	1895	1895	1700	1700	1700	1700	1450	1450	1450	1450	1450

Tabella 5. Intervalli di completezza "statistici" (CO-04.4) per ZS e classi di M.
I valori in grassetto si riferiscono a classi per le quali esistono terremoti in CPT12.

6.3 - Adozione del valore di M_{max} . Il valore di M_{max} rappresenta tradizionalmente un elemento di tipo cautelativo che viene adottato per garantire le determinazioni di M_{max} dalla possibilità che si verifichino, sia pure con probabilità molto bassa, eventi di M superiore a quelle verificatisi nel corso del periodo di osservazione del catalogo.

Questa scelta riflette ovviamente la scarsa conoscenza del potenziale sismogenetico di una regione; non a caso, è oggetto di particolare attenzione nelle regioni a sismicità medio-bassa e/o in quelle poco investigate. Il valore di M_{max} viene determinato con approcci diversi, di tipo prevalentemente statistico; spesso, per motivi cautelativi, in tali regioni la differenza fra M_{max} adottato e il valore massimo proposto dal catalogo ($M_{maxCPTI2}$) risulta molto elevata.

In questa ricerca sono stati definiti due insiemi di valori di M_{max} : a) uno calibrato, in modo cautelativo, sui dati sismologici e geologici, definito M_{max1} ; b) uno di tipo maggiormente cautelativo, definito M_{max2} . Ciascun insieme è stato determinato inizialmente per M_w e quindi per gli altri due tipi di M utilizzati (M_s e M_{sp}).

a) M_{max1} ("osservata"). Questo insieme di valori è stato determinato, per ciascuna ZS, dal confronto fra il valore M_{wmax} osservato in CPTI2 ($M_{maxCPTI2}$) e il valore di M_w proposto su base esclusivamente geologica da DISS2, assunto come vincolo indipendente. In particolare sono state adottate le seguenti convenzioni:

- i) se $M_{maxCPTI2}$ è maggiore del valore centrale della rispettiva classe di M_w per una quantità $\geq 0.8M_w$ (pari a 1/3 della dimensione della classe stessa), M_{wmax} è assunto uguale al valore della classe superiore;
- ii) se l'evento con $M_{maxCPTI2}$ ricade al di fuori del relativo intervallo di completezza (ossia se l'evento non entra nei calcoli di pericolosità sismica), si adotta comunque, a titolo cautelativo, $M_{wmax} = M_{maxCPTI2}$ (ZS 903, 920 per CO-04.2, cui si aggiungono le ZS 906, 913 e 921 per CO-04.4);
- iii) se $M_{maxCPTI2} \leq M_{wmaxDISS2}$, si adotta $M_{wmax} = M_{wmaxDISS2}$ (ZS 907, 912, 917);
- iv) in tutti gli altri casi si adotta $M_{wmax} = M_{maxCPTI2}$.

Sono state fatte le seguenti eccezioni:

- a) per la ZS 916 (Versilia-Chianti), che non ricadeva nel caso i), è stato adottato un valore di M_{wmax} più alto di una classe allo scopo di non rendere troppo eccessivo il divario con il valore dell'insieme M_{wmax2} ;
- b) per la ZS 922 (Colli Albani), che ricade nel caso i) per una quantità di $0.01M_w$, non è stata adottata la classe superiore in quanto il terremoto che determina il valore M_{wmax_oss} è stato associato a questa ZS con considerazioni già cautelative;
- c) per la ZS 933 (Sicilia settentrionale) le considerazioni prodotte al par.4 hanno suggerito l'adozione di un valore di M_{wmax} più alto di una sola classe ($M_w6.14$) rispetto al valore $M_{wmaxCPTI2}$ ($M_w5.91$). Resta inteso che tale valore ha un significato operativo all'interno di questo progetto e non rappresenta il potenziale sismogenetico della ZS F.

b) M_{max2} ("cautelativa"). Allo scopo di garantire ai risultati un maggior margine di sicurezza, su suggerimento dei revisori è stato determinato un secondo insieme di valori di M_{wmax} , maggiormente cautelativo rispetto al precedente, corrispondente al criterio di portare al valore $M_{wmax} = 6.14M_w$ tutte le ZS con $M_{maxCPTI2}$ inferiore a tale valore. Questo suggerimento è stato adottato con l'esclusione delle ZS vulcaniche dei Colli Albani (922), Ischia-Vesuvio (928) e Etna (936).

I valori considerati sono visualizzati in fig.35. e presentati in dettaglio in tab.6. In fig.36 viene presentata la distribuzione dei valori di Mwmax adottati per CO-04.2 secondo i due insiemi Mwmax1 e Mwmax2. I valori di Msmax e Mspmax sono stati determinati trasformando i valori di Mwmax mediante la tab.3.

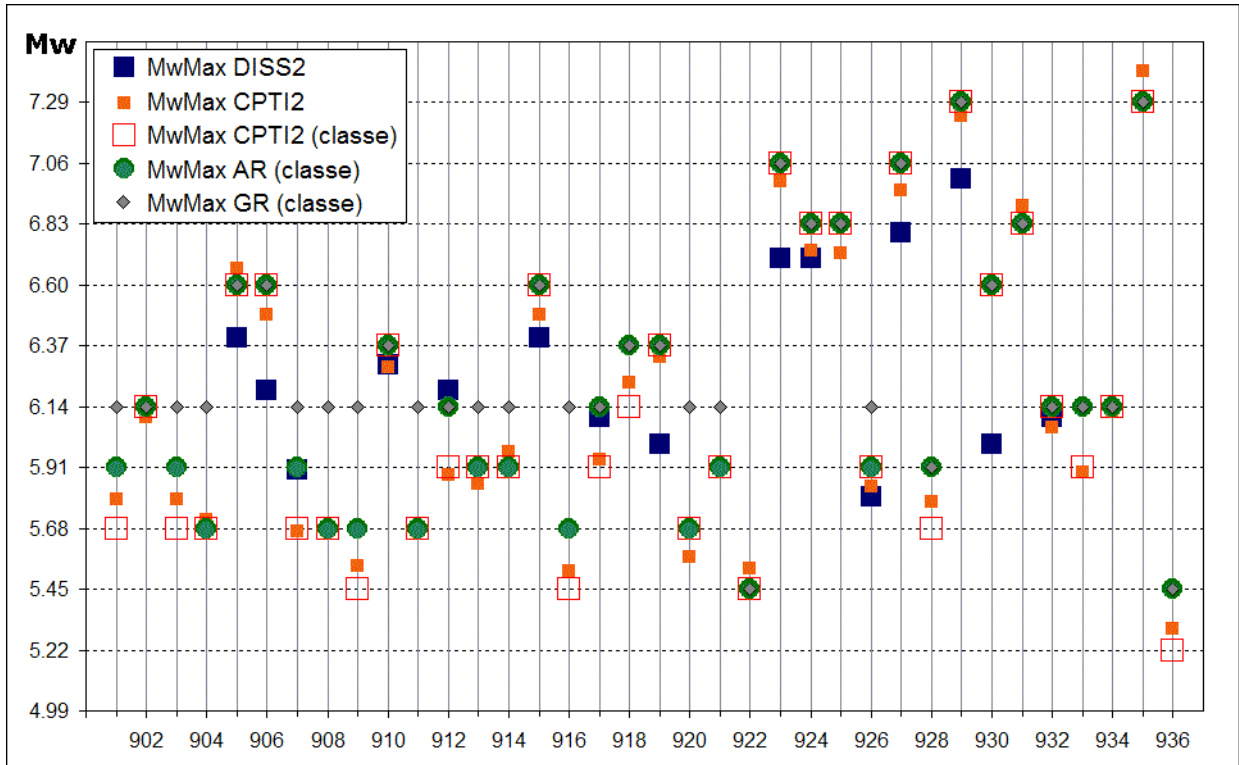


Figura 35. Valori di Mmax osservati (CPTI2 e DISS2) e adottati in questa ricerca.

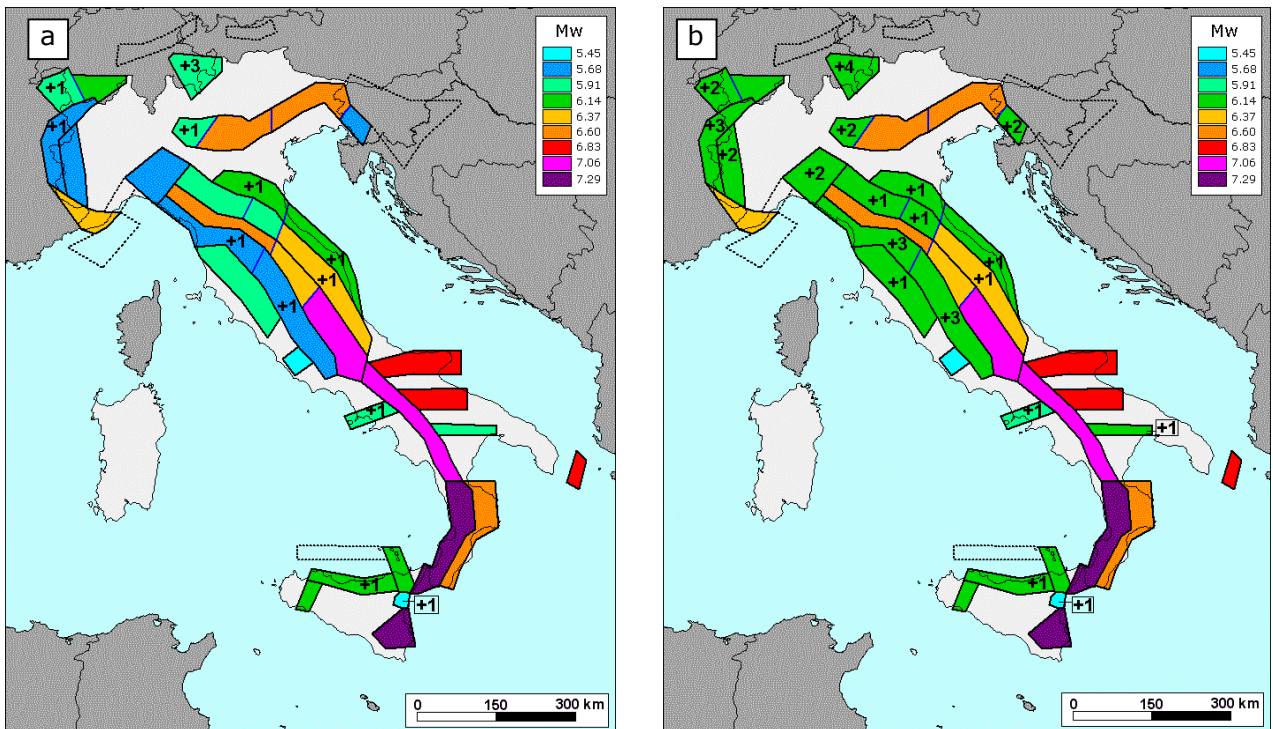


Figura 36. Valori di Mwmax corrispondenti ai due insiemi: a) "osservati" (Mwmax1); b) "cautelativi" (Mwmax2).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	DISS2 MwMax	CPTI2 MwMax	CPTI2 MwMax (classe)	CPTI2 completo 04.2	Az1	Mw Max1	Az2	Mw Max2
Savoia	901		5.79	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+2(d)	6.14
Vallese	902		6.10	6.14	6.14		6.14		6.14
Grigioni-Valtellina	903		5.79	5.68	5.22	+3(b)	5.91	+4(d)	6.14
Trieste -Monte Nevoso	904		5.71	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.4	6.66	6.60	6.60		6.60		6.60
Garda-Veronese	906	6.2	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Bergamasco	907	5.9	5.67	5.68	5.68	G	5.91	+2(d)	6.14
Piemonte	908		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Alpi Occidentali	909		5.54	5.45	5.45	+1(a)	5.68	+3(d)	6.14
Nizza-Sanremo	910	6.3	6.29	6.37	6.37		6.37		6.37
Tortona-Bobbio	911		5.67	5.68	5.68		5.68	+2(d)	6.14
Dorsale Ferrarese	912	6.2	5.88	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Appennino Emiliano-Romagn.	913		5.85	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Forlivese	914		5.97	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Garfagnana-Mugello	915	6.4	6.49	6.60	6.60		6.60		6.60
Versilia-Chianti	916		5.52	5.45	5.45	+1(c)	5.68	+3(d)	6.14
Rimini-Ancona	917	6.1	5.94	5.91	5.91	G	6.14	G	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918		6.23	6.14	6.14	+1(a)	6.37	+1(a)	6.37
Appennino Umbro	919	6.0	6.33	6.37	6.37		6.37		6.37
Val di Chiana-Ciociaria	920		5.57	5.68	5.45	+1(b)	5.68	+3(d)	6.14
Etruria	921		5.91	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Colli Albani	922		5.53	5.45	5.45		5.45		5.45
Appennino Abruzzese	923	6.7	6.99	7.06	7.06		7.06		7.06
Molise-Gargano	924	6.7	6.73	6.83	6.83		6.83		6.83
Ofanto	925		6.72	6.83	6.83		6.83		6.83
Basento	926	5.8	5.84	5.91	5.91		5.91	+1(d)	6.14
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	6.8	6.96	7.06	7.06		7.06		7.06
Ischia-Vesuvio	928		5.78	5.68	5.68	+1(a)	5.91	+1(a)	5.91
Calabria Tirrenica	929	7.0	7.24	7.29	7.29		7.29		7.29
Calabria Ionica	930	6.0	6.60	6.60	6.60		6.60		6.60
Canale d'Otranto	931		6.90	6.83	6.83		6.83		6.83
Eolie-Patti	932	6.1	6.06	6.14	6.14		6.14		6.14
Sicilia settentrionale	933		5.89	5.91	5.91	+1(c)	6.14	+1(c)	6.14
Belice	934		6.12	6.14	6.14		6.14		6.14
Iblei	935		7.41	7.29	7.29		7.29		7.29
Etna	936		5.30	5.22	5.22	+1(a)	5.45	+1(a)	5.45

Tabella 6. Valori di Mwmax da DISS2 e CPTI2 (col.3, 4, 5); valori di Mwmax dopo l'applicazione degli intervalli di completezza CO-04.2 (col.6); azioni e valore finale di Mwmax1 (col.7, 8); azioni e valori finali di Mwmax2 (col.9, 10). Le azioni indicano l'aumento (in numero di classi) rispetto ai valori della colonna 6 determinato da:

- a = aumento di 1 classe per convenzione (i) (arrotondamento alla classe superiore);
- b = aumento per convenzione (ii) (adozione dell'evento massimo osservato anche se al di fuori del periodo di completezza);
- c = aumento per motivazioni particolari descritte nel testo;
- d = aumento fino alla classe 6.14 per ragioni di maggiore cautela (vedi testo);
- G = aumento per adeguamento al dato geologico di DISS2.

6.4. *Determinazione dei tassi di sismicità.* In aggiunta alla modalità di calcolo adottata per la versione di novembre 2003 (tassi individuali ovvero *activity rates*, AR), secondo le indicazioni dei revisori i tassi di sismicità sono stati determinati anche mediante relazioni tipo Gutenberg-Richter troncate (*GR rates*). Gli insiemi Mmax1 e Mmax2 sono stati usati in combinazione con i tassi rispettivamente AR e GR.

a) *Tassi individuali (Activity rates, AR).* I tassi sono stati calcolati, per ciascuna classe di M e per ciascuna ZS, utilizzando le colonne Mw, Ms e Msp di CPTI2, dividendo il numero di terremoti presenti nella ZS, nella classe e nella finestra temporale ritenuta completa, per la lunghezza della finestra stessa. Il numero totale di terremoti afferenti alle ZS è 1525; con l'adozione degli intervalli di completezza diventa 1137 (CO-04.2) e 768 (CO-04.4). I tassi relativi ai valori di Mwmax (e ai corrispondenti valori di Msmax e Mspmax) sono stati determinati come segue:

- i) nei casi in cui Mwmax=MmaxCPTI2, dagli intervalli di completezza;
- ii) nel caso di valori di Mwmax corrispondenti a eventi collocati al di fuori dal relativo intervallo di completezza, utilizzando l'intervallo temporale trascorso dall'evento al 2002 (termine del catalogo);
- iii) nel caso di valori da DISS2, dai valori di ricorrenza minimi ivi proposti.

b) *Tassi da relazioni G-R. (GR rates).* I parametri delle relazioni G-R sono stati determinati in termini di Mw, per tutte le ZS e per ciascuno degli insiemi di intervalli di completezza, con le seguenti procedure:

- i) il valore del parametro \underline{b} è stato ottenuto interpolando, con il metodo dei minimi quadrati, il logaritmo dei tassi AR cumulativi. Fanno eccezione alcune ZS per le quali lo scarso numero di tassi su cui eseguire l'interpolazione non garantisce la stabilità dei risultati. Per questi casi sono stati adottati i valori di \underline{b} come segue: alla ZS 903 (Grigioni-Valtellina) è stato attribuito il valore di \underline{b} della ZS 902 (Vallese); alla ZS 920 (Val di Chiana-Ciociaria) quello della ZS 916 (Versilia-Chianti); alla ZS 922 (Colli Albani), quello della ZS 921 (Etruria);
- ii) i valori di Mmax non "osservati", ovvero non compresi nel campione utilizzato per ricavare i tassi AR, non sono stati usati per calcolare il parametro \underline{b} ;
- iii) il valore del parametro \underline{a} è stato assunto sempre uguale al tasso relativo a Mwmin, per garantire il bilanciamento energetico fra i campioni utilizzati per determinare i tassi AR e GR. Per la sola ZS 927 (CO-04.2), è stata fatta una eccezione, adottando il valore di Mwmin calcolato dalla G-R, in quanto per questa ZS il divario con la G-R bilanciata era molto rilevante (fig.39);
- iv) i tassi GR sono quindi stati calcolati "decumulando" la distribuzione logaritmica fornita dalla relazione G-R;
- v) i tassi relativi ai valori di Mwmax sono stati determinati scegliendo il valore inferiore tra il tasso calcolato da G-R e tasso calcolato dagli intervalli di completezza, allo scopo di garantire che il periodo di ritorno associato a Mwmax sia superiore all'intervallo di completezza della classe.

Le figg.38 e 39 (con la tab.7), 40 e 41 (legenda parziale qui sotto) propongono l'intera casistica.

AR	GR	GR
■ da CPTI2	⊕ da CPTI2	○ da CPTI2
■ da CPTI2 + 1 classe	⊕ da CPTI2 + 1 classe	○ da CPTI2 + 1 classe
■ da DISS2.0	⊕ da DISS2.0	○ da DISS2.0

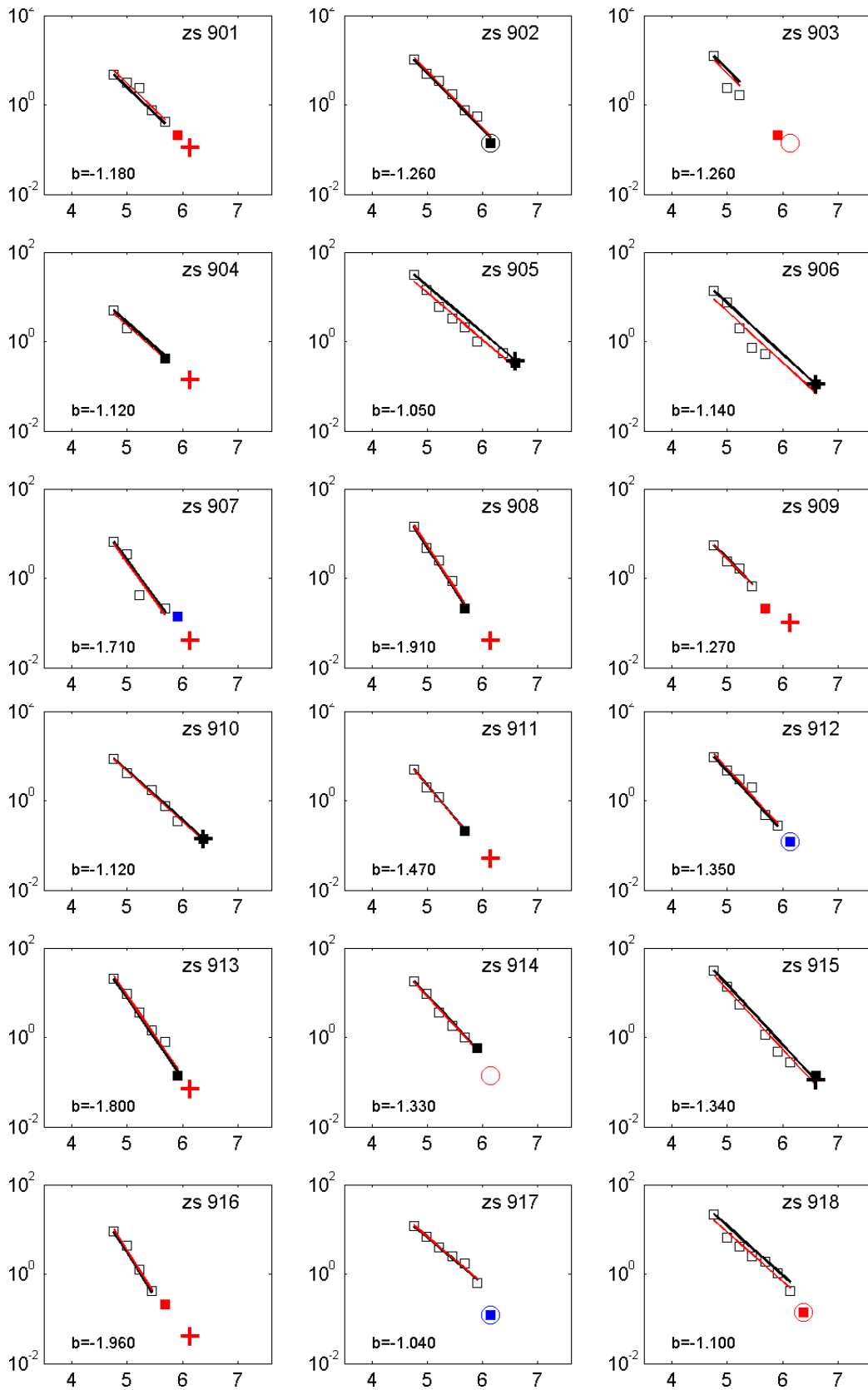


Figura 38. Confronto tra tassi individuali AR (quadrati vuoti), valori di b , G-R interpolate dai tassi (linee rosse) e loro versione bilanciata (linee nere), valori di M_{max} e relativi tassi, per le ZS da 901 a 918 e per intervalli di completezza "storici" CO-04.2.

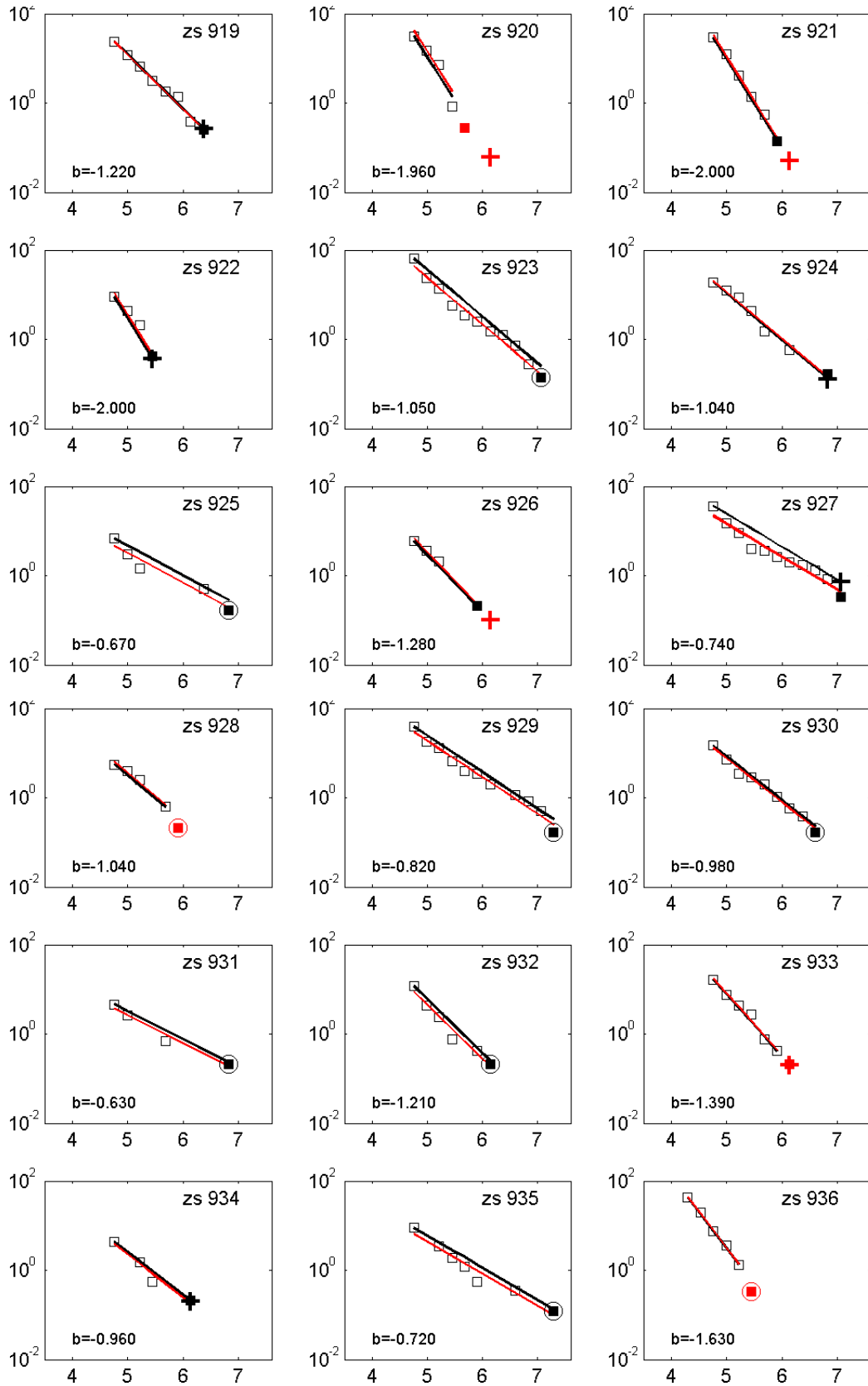


Figura 39. Confronto tra tassi individuali AR (quadrati vuoti), valori di b , G-R interpolate dai tassi (linee rosse) e loro versione bilanciata (linee nere), valori di M_{max} e relativi tassi, per le ZS da 919 a 936 e per intervalli di completezza "storici" CO-04.2.

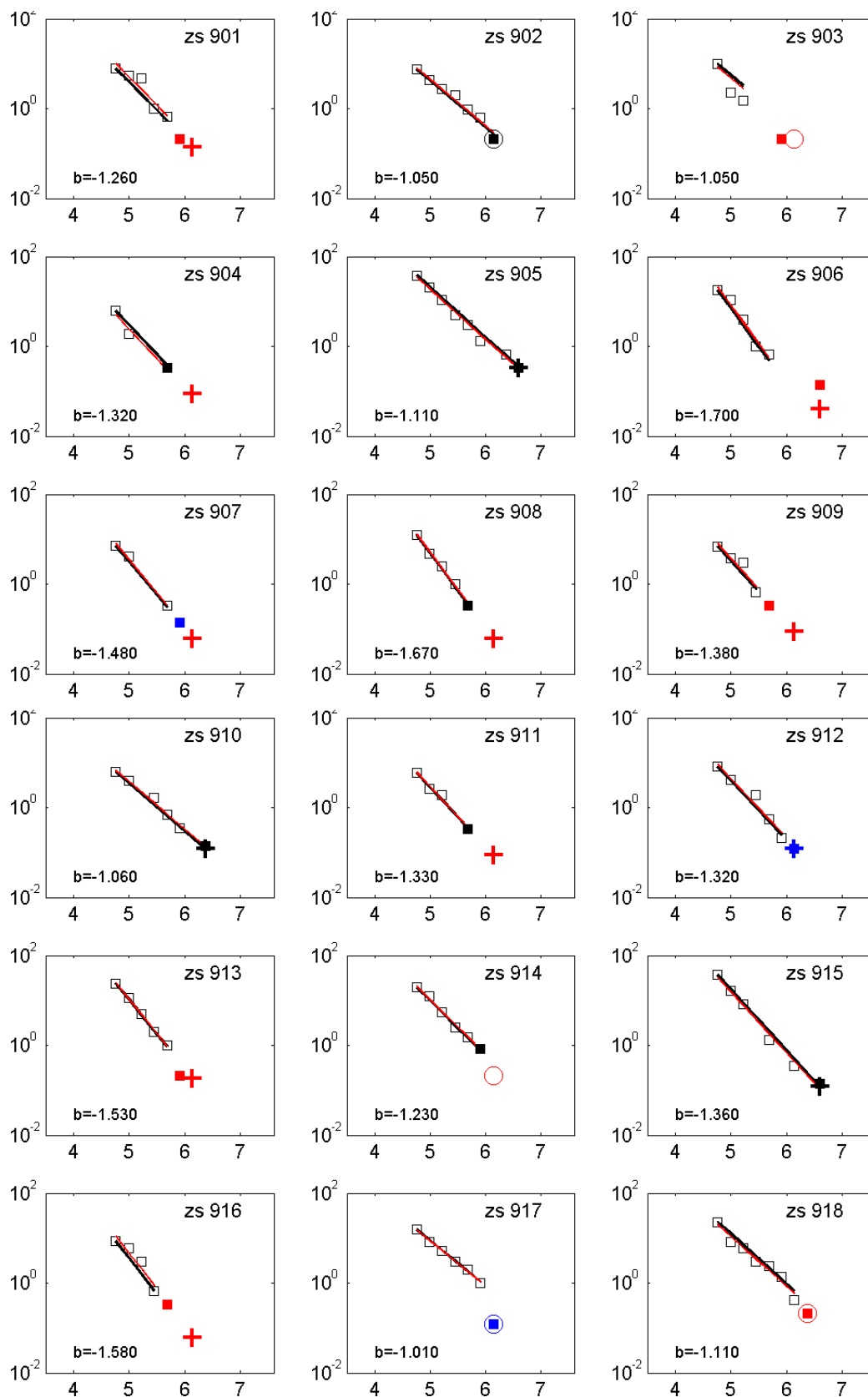


Figura 40. Confronto tra tassi individuali AR (quadrati vuoti), valori di \underline{b} , G-R interpolate dai tassi (linee rosse) e loro versione bilanciata (linee nere), valori di Mmax e relativi tassi, per le ZS da 901 a 918 e per intervalli di completezza "statistici" CO-04.4.

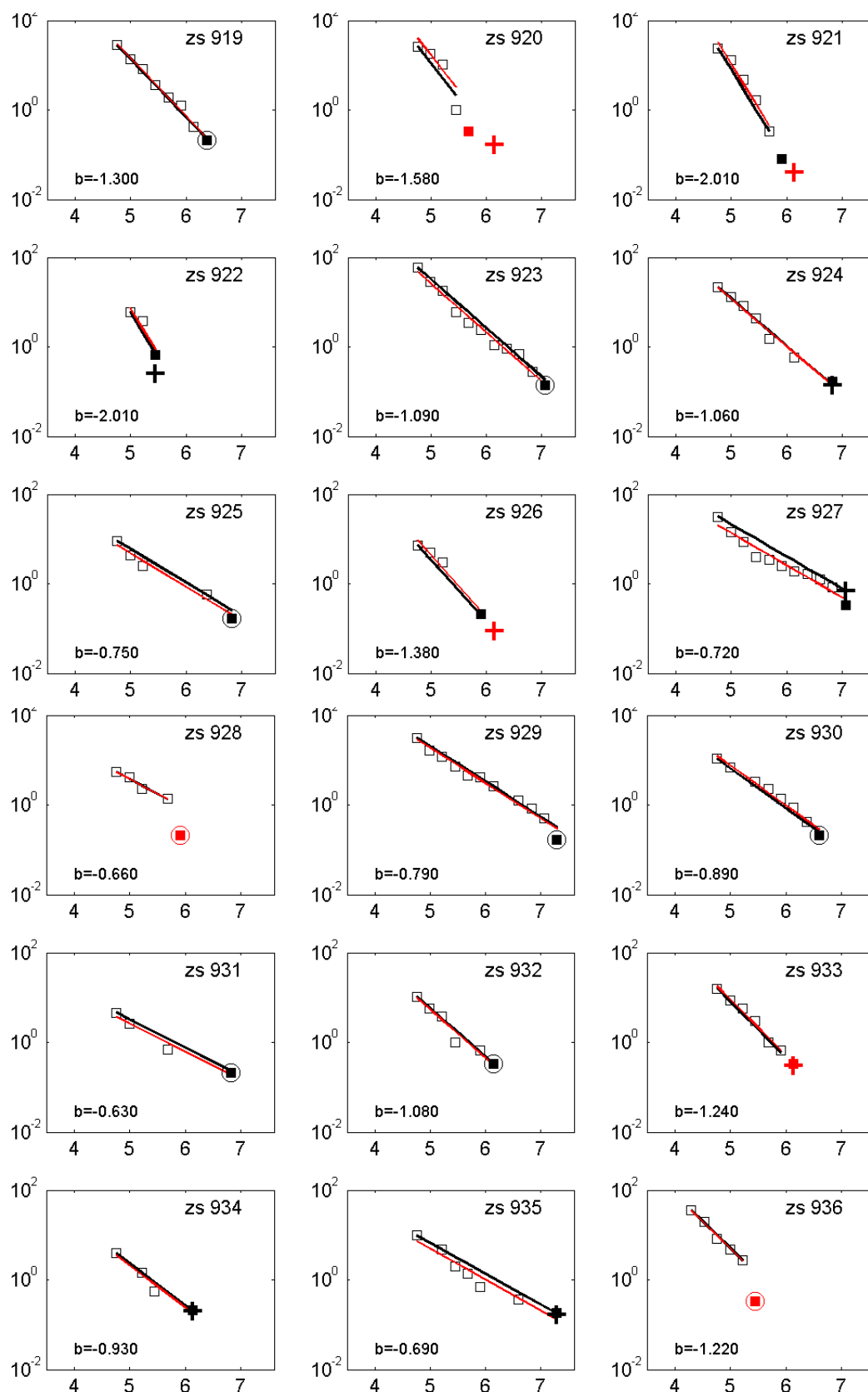


Figura 41. Confronto tra tassi individuali AR (quadrati vuoti), valori di b , G-R interpolate dai tassi (linee rosse) e loro versione bilanciata (linee nere), valori di M_{max} e relativi tassi, per le ZS da 919 a 936 e per intervalli di completezza "statistici" CO-04.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
nome ZS	N ZS	MwMax1	Tassi AR	MwMax2	b	Tassi da CO-04.2	Tassi da GR	Azione	Tassi GR adottati
Savoia	901	5.91	0.21	6.14	-1.18	0.14	0.11	A	0.11
Vallese	902	6.14	0.14	6.14	-1.26	0.14	0.19	A	0.14
Grigioni-Valtellina	903	5.91	0.21	6.14	-1.26	0.14	0.23	A	0.14
Trieste -Monte Nevoso	904	5.68	0.42	6.14	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Friuli -Veneto Orientale	905	6.60	0.33	6.60	-1.05	0.11	0.37	B	0.37
Garda-Veronese	906	6.60	0.11	6.60	-1.14	0.11	0.11	A	0.11
Bergamasco	907	5.91	0.14	6.14	-1.71	0.14	0.03	C	0.04
Piemonte	908	5.68	0.21	6.14	-1.91	0.14	0.03	C	0.04
Alpi Occidentali	909	5.68	0.21	6.14	-1.27	0.14	0.10	A	0.10
Nizza-Sanremo	910	6.37	0.14	6.37	-1.12	0.14	0.14	A	0.14
Tortona-Bobbio	911	5.68	0.21	6.14	-1.47	0.14	0.05	A	0.05
Dorsale Ferrarese	912	6.14	0.12	6.14	-1.35	0.12	0.13	A	0.12
Appennino Emiliano-Romagn.	913	5.91	0.14	6.14	-1.80	0.14	0.07	A	0.07
Forlivese	914	5.91	0.57	6.14	-1.33	0.14	0.26	A	0.14
Garfagnana-Mugello	915	6.60	0.14	6.60	-1.34	0.14	0.11	A	0.11
Versilia-Chianti	916	5.68	0.21	6.14	-1.96	0.14	0.02	C	0.04
Rimini-Ancona	917	6.14	0.12	6.14	-1.04	0.12	0.43	A	0.12
Medio-Marchigiana/Abruzz.	918	6.37	0.14	6.37	-1.10	0.14	0.37	A	0.14
Appennino Umbro	919	6.37	0.25	6.37	-1.22	0.12	0.26	B	0.26
Val di Chiana-Ciociaria	920	5.68	0.28	6.14	-1.96	0.14	0.06	A	0.06
Etruria	921	5.91	0.14	6.14	-2.00	0.14	0.05	A	0.05
Colli Albani	922	5.45	0.42	5.45	-2.00	0.21	0.37	B	0.37
Appennino Abruzzese	923	7.06	0.14	7.06	-1.05	0.14	0.25	A	0.14
Molise-Gargano	924	6.83	0.17	6.83	-1.04	0.17	0.13	A	0.13
Ofanto	925	6.83	0.17	6.83	-0.67	0.17	0.28	A	0.17
Basento	926	5.91	0.21	6.14	-1.28	0.21	0.10	A	0.10
Sannio-Irpinia -Basilicata	927	7.06	0.33	7.06	-0.74	0.17	0.43	B	0.43
Ischia-Vesuvio	928	5.91	0.21	5.91	-1.04	0.21	0.35	A	0.21
Calabria Tirrenica	929	7.29	0.17	7.29	-0.82	0.17	0.33	A	0.17
Calabria Ionica	930	6.60	0.17	6.60	-0.98	0.17	0.23	A	0.17
Canale d'Otranto	931	6.83	0.21	6.83	-0.63	0.21	0.22	A	0.21
Eolie-Patti	932	6.14	0.21	6.14	-1.21	0.21	0.25	A	0.21
Sicilia settentrionale	933	6.14	0.21	6.14	-1.39	0.21	0.20	A	0.20
Belice	934	6.14	0.21	6.14	-0.96	0.21	0.20	A	0.20
Iblei	935	7.29	0.12	7.29	-0.72	0.12	0.13	A	0.12
Etna	936	5.45	0.33	5.45	-1.63	0.33	0.57	A	0.33

Tabella 7. Tassi riferiti all'insieme Mmax1 nel caso AR (col.4); valori di b adottati (col.6); tassi riferiti a Mmax2 ottenuti da CO-04.2 (col.7) e da GR (col.8); decisioni (col.9) e tassi adottati (col.10).

- A: il tasso scelto è il valore minore tra quello calcolato da completezza (2002 - anno di completezza/100) e quello calcolato da GR;
- B: il tasso scelto è il valore fornito dalla GR perché, a parità di MwMax, il tasso calcolato da completezza è minore del tasso AR;
- C: il tasso è imposto pari a 0.04 per garantire al terremoto di MwMax un periodo di ricorrenza non superiore a 2500 anni.

c) *valutazioni*. Utilizzando i tassi determinati come descritto più sopra si possono ottenere le distribuzioni analoghe a quelle di fig.28. Le figg.42 e 43, riferite agli insiemi di intervalli di completezza CO-04.2 e CO-04.4, mettono a confronto in forma cumulativa CPTI2 con le distribuzioni di eventi virtuali in 1000 anni stimate dai tassi di sismicità AR (con Mmax1), GR1 e GR2 (con Mmax2).

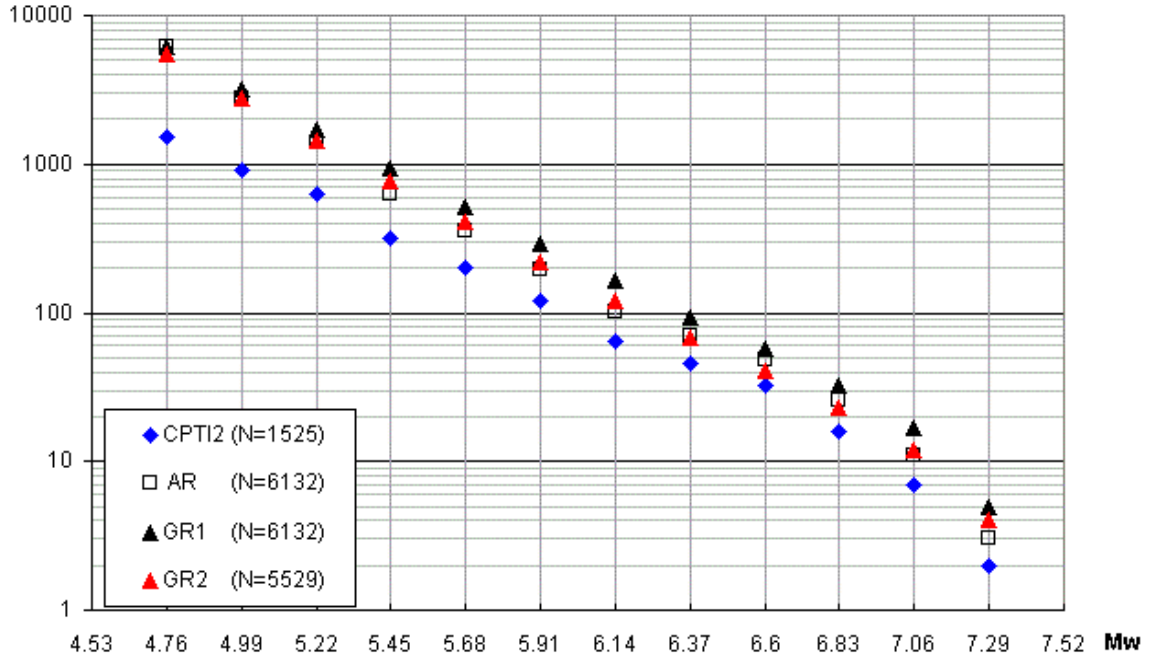


Figura 42. Numero cumulativo di eventi in CPTI2 a confronto con il numero cumulativo dei eventi virtuali, stimato dai tassi di sismicità ottenuti dagli intervalli di completezza CO-04.2 ("storici").

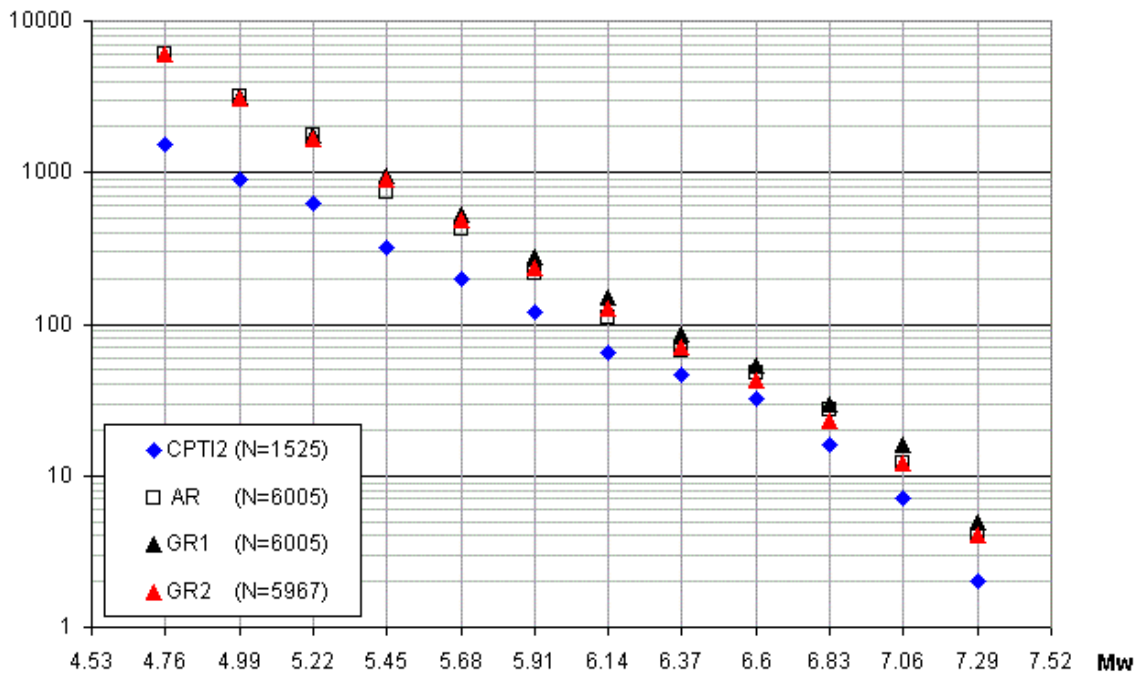


Figura 43. Numero cumulativo di eventi in CPTI2 a confronto con il numero cumulativo dei eventi virtuali, stimato dai tassi di sismicità ottenuti dagli intervalli di completezza CO-04.4 ("statistico").

Le differenze fra numero totale di terremoti in CPTI2 e numero totale di terremoti virtuali stimato a partire dai tassi di sismicità sono riassunte nelle 4 colonne di destra:

	CPTI2 (ZS)	CO- 04.2	CO- 04.4	CO- 04.2	CO- 04.4
		AR	AR	GR	GR
Mw ≥ 5.91	121	74	95	149	154
Mw ≥ 6.14	64	38	47	85	88

Va sottolineato che in alcuni casi tali differenze eccedono addirittura il numero di terremoti di CPTI2 nella relativa classe di Mw.

Poiché ai valori di Mw considerati corrispondono eventi distruttivi, capaci cioè di determinare un impatto notevole e di lasciare tracce persistenti sul territorio e nella relativa memoria storica, le differenze esposte appaiono elevate, anche se inferiori a quelli riscontrati per le citate, precedenti valutazioni di pericolosità. Si deve ritenere pertanto che gli insiemi di intervalli di completezza utilizzati si collochino entrambi sul versante cautelativo dei dati di ingresso.

Le distribuzioni nelle ZS di tali differenze sono presentate in figg.44, 45, 46, 47. Data la somiglianza degli andamenti nelle quattro distribuzioni presentate, si ritiene di poter concludere che per le ZS 905 (Friuli-Veneto or.), 923 (Appennino abruzzese), 927 (Sannio-Irpinia-Basilicata), 929 (Calabria Tirrenica) e 935 (Iblei) le assunzioni adottate vanno considerate particolarmente cautelative.

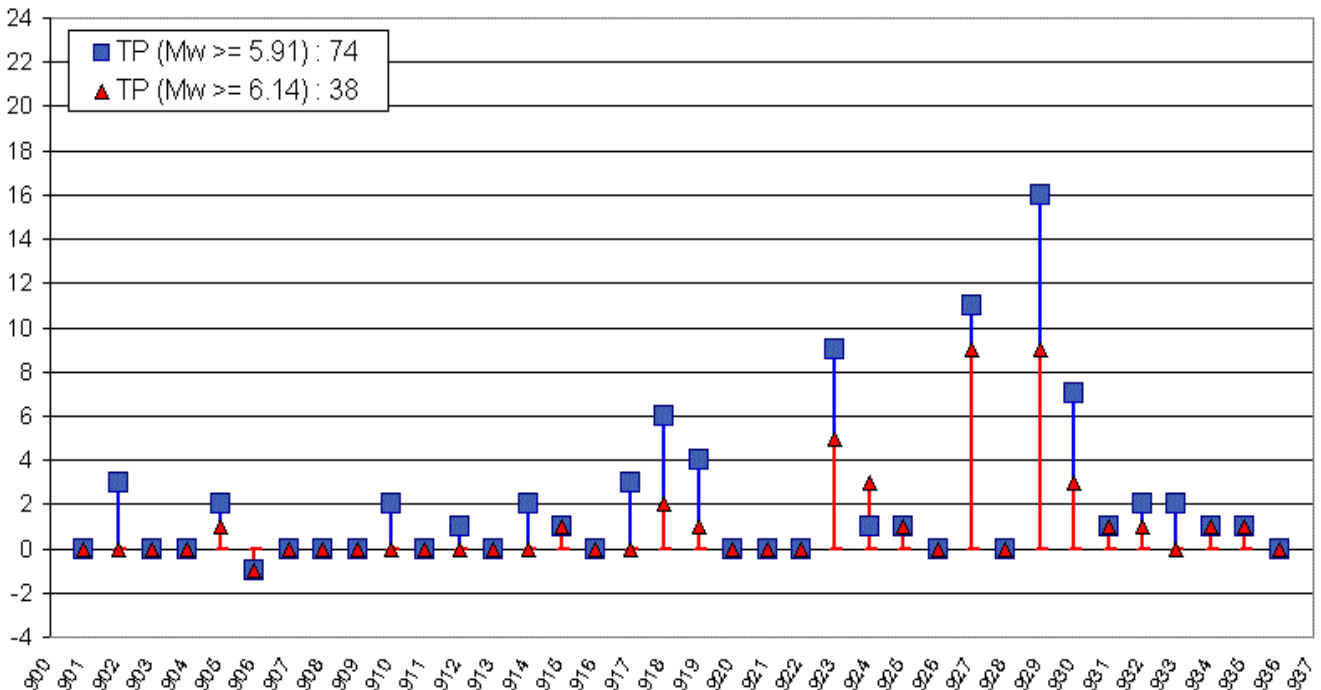


Figura 44. Distribuzione nelle ZS, per due classi di Mw, delle differenze fra numero di eventi in CPTI2 e numero di eventi virtuali stimato dai tassi (CO-04.2; tassi AR).

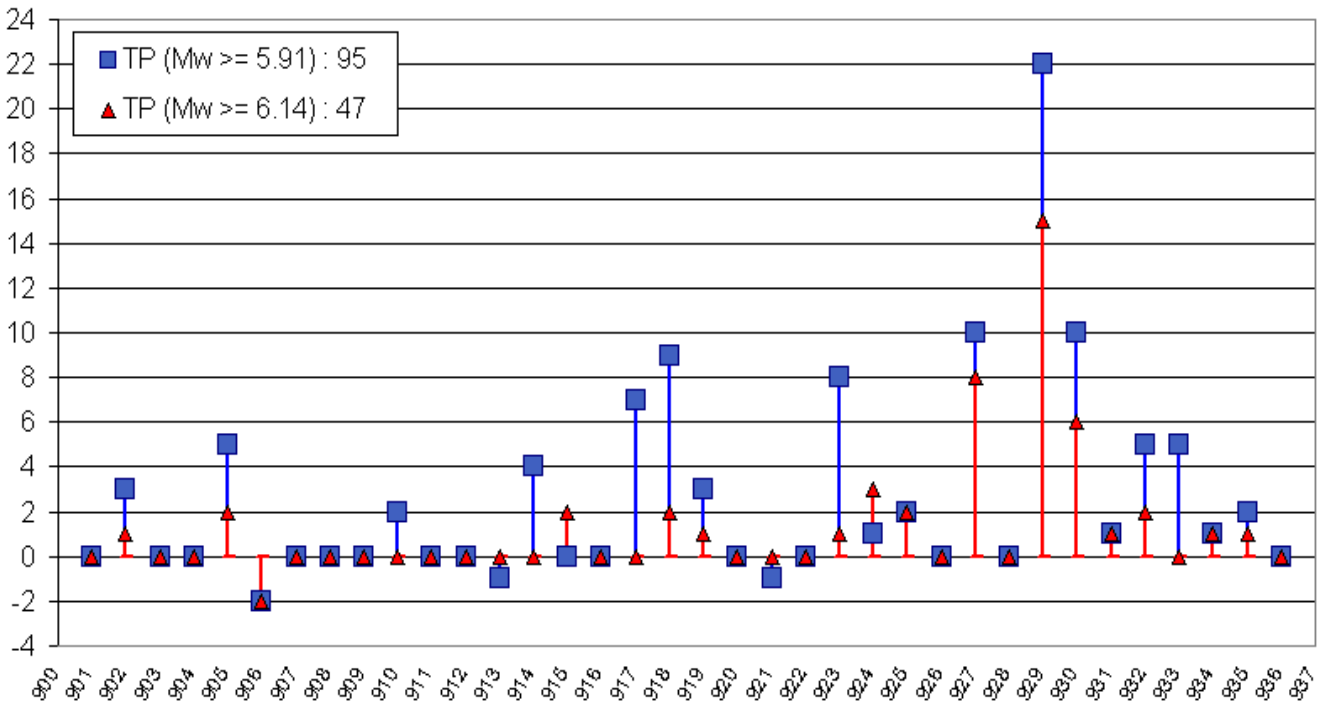


Figura 45. Distribuzione nelle ZS, per due classi di Mw, delle differenze fra numero di eventi in CPTI2 e numero di eventi virtuali stimato dai tassi (CO-04.4; tassi AR).

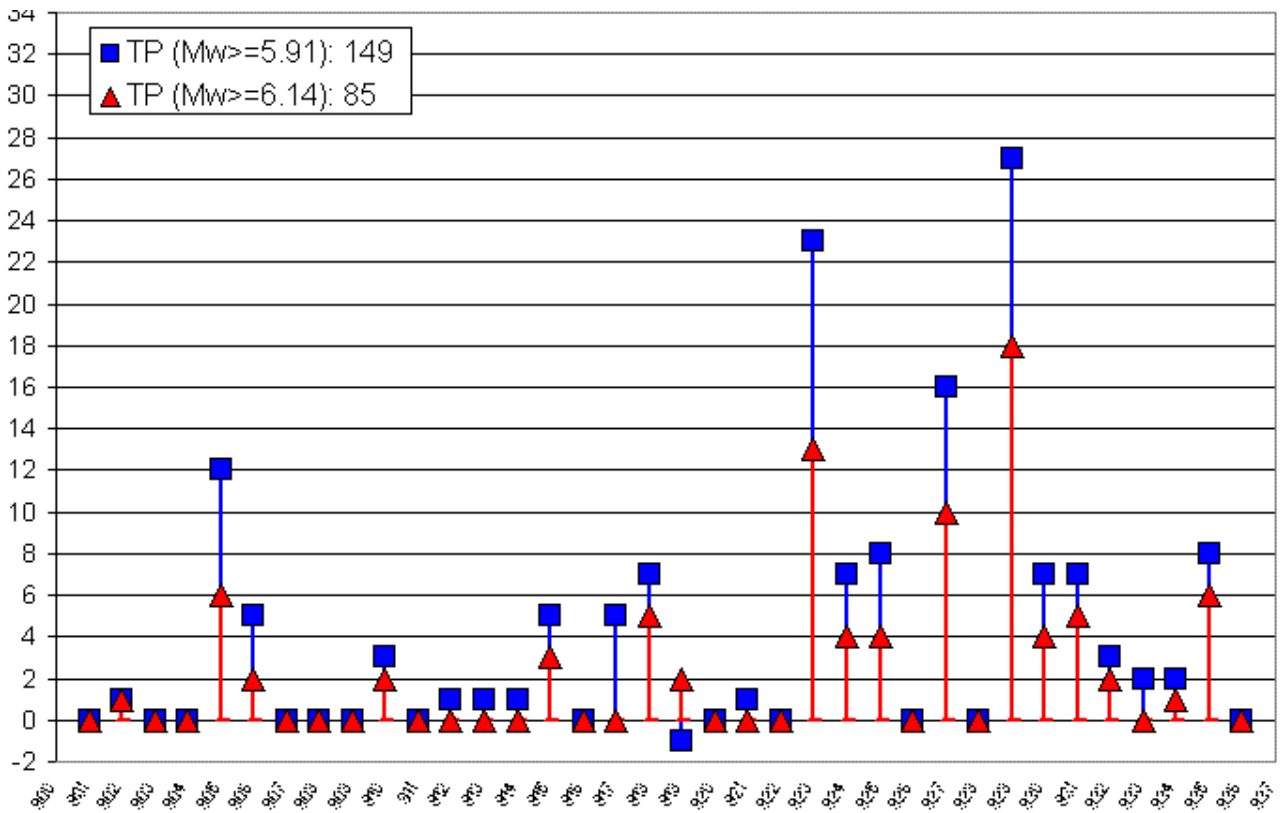


Figura 46. Distribuzione nelle ZS, per due classi di Mw, delle differenze fra numero di eventi in CPTI2 e numero di eventi virtuali stimato dai tassi (CO-04.2; tassi GR).

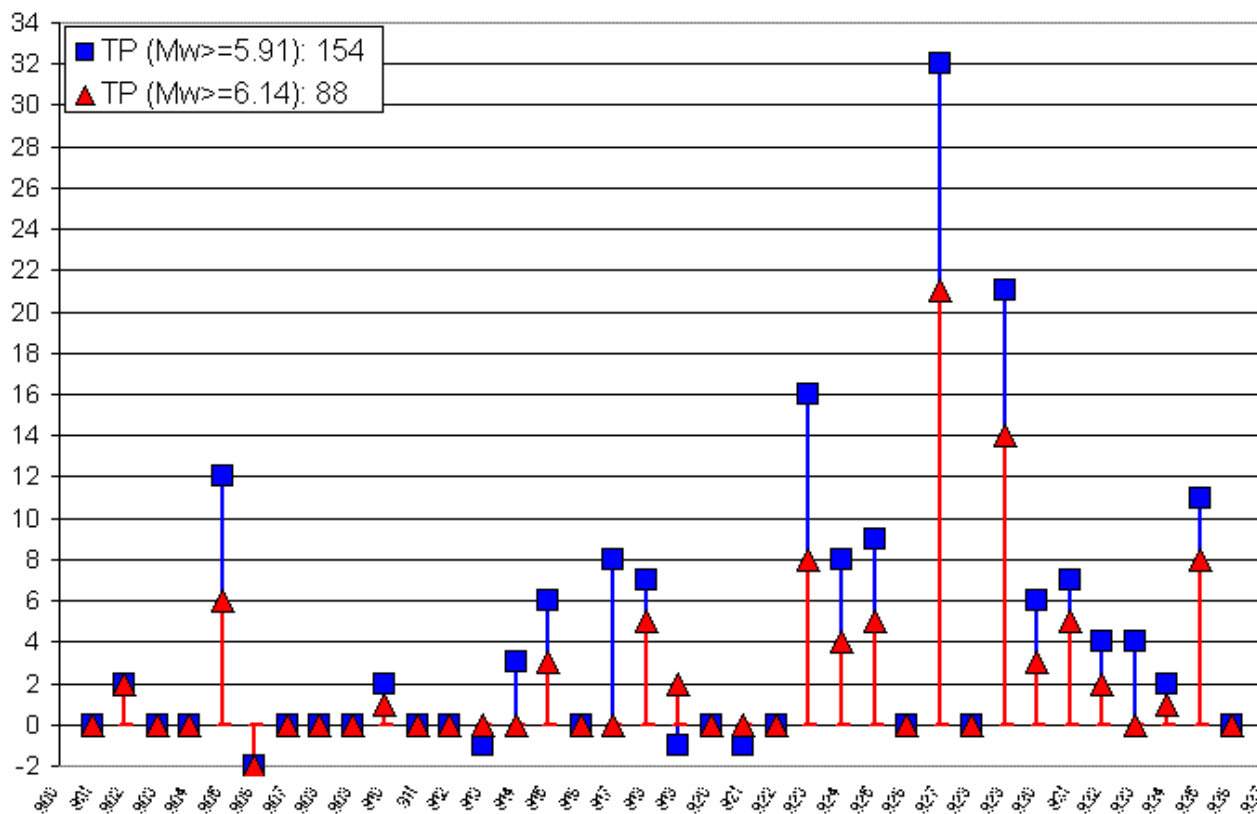


Figura 47. Distribuzione nelle ZS, per due classi di Mw, delle differenze fra numero di eventi in CPTI2 e numero di eventi virtuali stimato dai tassi (CO-04.4; tassi GR).