

RAPPORTI TECNICI INGV

Correzioni di stazione per il calcolo
della Magnitudo Locale in Italia
(aggiornate alla configurazione della
Rete Sismica Nazionale di giugno 2018)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

413

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Luigi CUCCI - Editor in Chief (luigi.cucci@ingv.it)
Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)
Mario CASTELLANO (mario.castellano@ingv.it)
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)
Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)
Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)
Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)
Milena MORETTI (milena.moretti@ingv.it)
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)
Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)
Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Coordinatore
Rossella CELI
Barbara ANGIONI
Tel. +39 06 51860068
redazionecen@ingv.it

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale
di Geofisica e Vulcanologia
Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

Correzioni di stazione per il calcolo della
Magnitudo Locale in Italia
(aggiornate alla configurazione della Rete
Sismica Nazionale di giugno 2018)

*Station corrections for the calculation of the
Local Magnitude in Italy
(updated for the configuration of the National
Seismic Network of June 2018)*

Francesco Mariano Mele e Matteo Quintiliani

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

Accettato 26 giugno 2019 | Accepted 26th June 2019

Come citare | *How to cite* Mele F.M. e Quintiliani M., (2020). Correzioni di stazione per il calcolo della Magnitudo Locale in Italia (aggiornate alla configurazione della Rete Sismica Nazionale di giugno 2018). Rapp. Tec. INGV, 412: 1-60.

In copertina Distribuzione degli epicentri utilizzati per la determinazione delle correzioni di stazione (rielaborazione di B. Angioni) | *Cover
Distribution of the epicentres used to determine station corrections (image redrafting by B. Angioni)*

413

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	7
1. Base di dati	7
2. Selezione dei dati utili	8
3. Ipotesi di lavoro	11
4. Passi dell'analisi	13
5. Primo passo: definizione dei periodi omogenei di funzionamento	15
6. Secondo passo: determinazione delle correzioni di stazione	19
7. Distribuzione spaziale delle correzioni di stazione	20
Ringraziamenti	21
Bibliografia	22
Appendice A	23
Appendice B	35
Appendice C	47
Appendice D	55

Riassunto

Massimo Di Bona ha calcolato e pubblicato una relazione per la determinazione della magnitudo locale in Italia, unitamente a coefficienti correttivi per 197 stazioni sismiche, usando terremoti italiani avvenuti tra il settembre 2003 e il marzo 2009 [Di Bona, 2016]. In questo lavoro, usando la stessa relazione pubblicata da Di Bona, calcoliamo oltre 500 correzioni per le stazioni attive in Italia dall'aprile 2009 al luglio 2018. Otteniamo le correzioni ML per un totale di 400 stazioni ancora oggi attive.

Abstract

Massimo Di Bona has published a function for the calculation of the local magnitude in Italy, together with correction coefficients for 197 seismic stations, using Italian earthquakes between September 2003 and March 2009 [Di Bona, 2016]. In this work, using the same function published by Di Bona, we calculate over 500 corrections for stations active in Italy from April 2009 to July 2018. We obtain the ML corrections for a total of 400 stations still active today.

Introduzione

Massimo Di Bona ha pubblicato nel 2016 una relazione per il calcolo della magnitudo locale in Italia, unitamente a coefficienti correttivi per 197 stazioni sismiche [Di Bona, 2016]. Nel seguito faremo riferimento a tale lavoro con la sigla "DB16". Secondo tale relazione il calcolo ottimale della magnitudo locale alla i -esima stazione è dato dalla relazione:

$$(M_L)_i = \log A_i + 1.667 \log (R_i/100) + 0.001736 (R_i - 100) + 3 + C_i \quad (1)$$

dove A_i è l'ampiezza Wood-Anderson (WA nel seguito) misurata alla stazione, R_i è la distanza ipocentrale e C_i è la correzione della i -esima stazione calcolata in DB16. Di Bona utilizzò terremoti avvenuti in Italia tra il settembre 2003 e il marzo 2009. La configurazione della Rete Sismica Nazionale è in continua trasformazione [Michellini et al., 2016]. A tutt'oggi 176 di quelle 197 stazioni utilizzate in DB16 sono attive. Tuttavia dalla fine di marzo 2009, termine della base di dati utilizzata in DB16, sono avvenute in Italia le tre sequenze sismiche più importanti dopo il terremoto irpino del 1980. Alle stazioni operanti ad inizio primavera 2009 si sono affiancate, nell'ultimo decennio, tra permanenti e temporanee, oltre 330 stazioni che hanno contribuito al monitoraggio sismico nazionale. Scopo di questo lavoro è individuare i coefficienti correttivi della magnitudo locale per una gran parte delle nuove stazioni.

1. Base di dati

La presenza di tre importanti sequenze sismiche nel periodo analizzato (Aquila 2009, Emilia 2012 e Amatrice-Visso-Norcia 2016) richiede una particolare attenzione nella selezione degli eventi. La base di dati utilizzata in questo lavoro per definire le correzioni di stazione è costituita da terremoti crostali avvenuti in Italia tra settembre 2003 e luglio 2018, con profondità massima di 40 km, ed include tre diversi insiemi. Il primo insieme, che indicheremo nel seguito con la sigla *db1*, è costituito dai dati pubblicati in DB16 (26406 ampiezze WA). Essi devono essere inclusi per verificare la continuità di funzionamento delle stazioni sismiche tra il periodo analizzato in DB16 e gli anni successivi fino ad oggi. Il secondo insieme, indicato come *db2*, è costituito da

eventi di magnitudo 3.8 e superiore avvenuti durante le tre sequenze sismiche. Tale limite di magnitudo non ha un significato specifico; è stato scelto empiricamente allo scopo di evitare una eccessiva concentrazione di dati nelle aree coinvolte dalle sequenze. La tabella 1 riporta le aree e gli archi temporali che abbiamo selezionato per le tre sequenze. Il terzo insieme, nominato *db3* (112661 ampiezze), è costituito da eventi di magnitudo 3.0 o superiore avvenuti al di fuori delle tre principali sequenze sismiche. I terremoti in *db1* coprono l'arco temporale che va dal settembre 2003 al marzo 2009. L'insieme di *db2* e *db3* copre l'arco temporale che va da aprile 2009 fino alla prima settimana di luglio 2018.

L'unione di *db1*, *db2* e *db3* comprende complessivamente 173289 ampiezze WA provenienti da un totale di 539 stazioni sismiche e 2137 terremoti.

	Latitudine min e max		Longitudine min e max		inizio	fine	Magnitudo min e max (da bollettino per <i>db2</i> e <i>db3</i>)		N.ev (2137 totale)	N-amp (173289 totale)
DB16	Italia				2003-09-01	2009-03-31	2.20 5.58	db1	336	26406
L'Aquila	41.9	42.7	12.9	13.7	2009-04-01	2009-12-31	3.80 5.90	db2	336	2359
Emilia	44.7	45.0	10.8	11.6	2012-05-01	2012-12-31	3.75 5.87		59	2352
Amatrice Norcia Visso	42.2	43.2	12.8	13.5	2016-08-01	2018-06-30	3.75 6.10		151	29511
Italia	Italia, ad esclusione delle aree delle 3 sequenze principali				2009-04-01	2018-07-07	2.95 5.23	db3	1543	112661

Tabella 1 Criteri di selezione dei dati utilizzati in questo lavoro. La base di dati *db1* è stata pubblicata come materiale supplementare in DB16 e copre l'arco di tempo che va dal settembre 2003 al marzo 2009. Le basi di dati *db2* e *db3* sono temporalmente sovrapposte e coprono l'arco temporale che va dall'aprile 2009 al luglio 2018.

Table 1 Criteria for selecting data used in this work. The database *db1* was published as additional material in DB16 and covers the period from September 2003 to March 2009. The databases *db2* and *db3* are overlapping in time and cover the period from April 2009 to July 2018.

2. Selezione dei dati utili

Per il calcolo dei residui ML di stazione occorre selezionare sia le ampiezze utili, sia i terremoti utili, escludendo ampiezze dubbie o terremoti con poche misurazioni di ampiezze WA o con attribuzioni di ampiezze massime dubbie.

Usiamo per questo lavoro le ampiezze WA sintetiche riportate in DB16 e nel data base INGV. Esse sono state calcolate con algoritmi diversi in diversi periodi di tempo. I vari algoritmi seguono la tecnica standard di deconvoluzione del segnale con la risposta strumentale e successiva convoluzione con la risposta del sismometro WA. La differenza principale tra i vari metodi sta nella scelta del segmento di segnale da analizzare per la ricerca della elongazione massima. In particolare, tutte le ampiezze in *db1* provengono da segnali WA sintetici ricalcolati e revisionati visivamente

specificatamente per la stesura di DB16. Le ampiezze relative al periodo dal 1 aprile 2009 al 30 aprile 2012 provengono dal sistema di acquisizione *Backnet* [Amato et al., 2006] usato in quell'arco di tempo per il servizio di sorveglianza sismica nazionale. In *Backnet* il segmento di segnale utile alla ricerca del massimo WA iniziava dall'arrivo teorico della fase *P* e terminava all'istante $t_0 + 2\tau_s$ dove t_0 indica il tempo origine del terremoto e τ_s indica il tempo di tragitto teorico della fase *S*. A partire dal 1 maggio 2012 il servizio di sorveglianza sismica nazionale si è avvalso del sistema *Earthworm* [Johnson et al., 1995]. La versione di *Earthworm* che ha operato tra il maggio 2012 e il novembre 2016 ricercava l'ampiezza massima WA tra l'arrivo della fase *P* e il tempo $t_0 + \tau_s + 40s$, ovvero fino a 40 secondi dopo l'arrivo teorico della fase *S*, indipendentemente dalla distanza della stazione dell'ipocentro. Questa scelta implicò, soprattutto durante le sequenze sismiche, degli errori di attribuzione delle ampiezze. In pratica, ogni qual volta un terremoto di magnitudo maggiore seguiva entro 40 secondi un terremoto di magnitudo minore, al primo terremoto venivano attribuite le ampiezze del secondo. Errori analoghi di attribuzione sono possibili anche quando il terremoto di magnitudo maggiore precede il terremoto di magnitudo minore e la stazione sismica è sufficientemente distante: può accadere che il massimo WA del primo terremoto sia successivo all'arrivo della fase *P* del secondo. A partire dal dicembre 2016 abbiamo apportato una modifica al modulo *Localmag* (effettuata dagli autori di questo lavoro) che applica la seguente definizione del periodo di ricerca del massimo WA (Figura 1):

$$start\ time = t_0 + \tau_p \qquad end\ time = t_0 + \tau_s + 40s * [1 - \exp(-\tau_s / 40s)] \qquad (2)$$

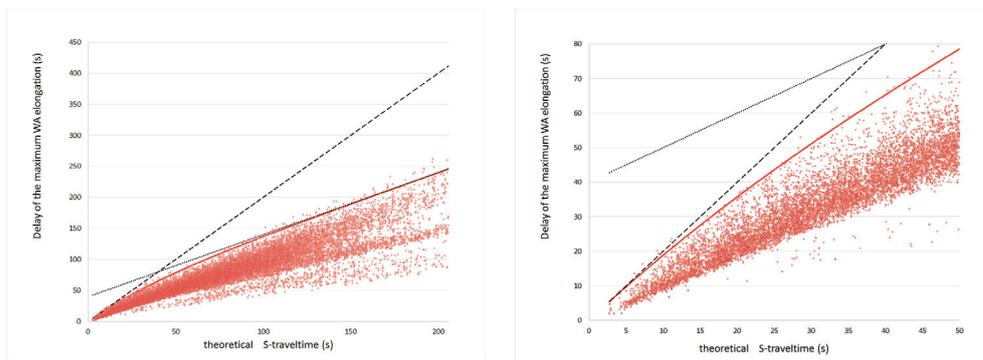


Figura 1 Distribuzione dei ritardi, rispetto al tempo origine, delle ampiezze WA utilizzate in DB16, in funzione del tempo di tragitto teorico delle onde S (punti rossi); i dati in db1 sono stati tutti rivisti manualmente. Le curve rosse a tratto pieno indicano il ritardo massimo ammesso in questo lavoro nel selezionare le ampiezze WA; questo stesso criterio di selezione viene usato a partire dal dicembre 2016 nel sistema Earthworm della Rete Sismica Nazionale INGV; nel sistema Earthworm funzionante oggi le ampiezze WA lette oltre tale limite vengono escluse. Le linee puntinate nere indicano il tempo massimo di ricerca delle ampiezze WA che veniva utilizzato dal sistema Earthworm nel periodo che va da maggio 2012 fino a novembre 2016. Le linee tratteggiate nere indicano i limiti di ricerca che venivano usati nel sistema Backnet prima del maggio 2012.

Figure 1 Distribution of the delays, with respect to the origin time, of the Wood-Anderson amplitudes used in DB16, as a function of the theoretical travel time of the S waves (red points); all the data in db1 have been manually revised in DB16. Solid lines indicate the maximum delay allowed in this work in selecting the Wood-Anderson amplitudes; this same selection criterion is used since December 2016 in the Earthworm system of the National Seismic Network of INGV; the WA amplitudes read beyond this limit are excluded by the Earthworm system in operation today. The black dotted lines indicate the maximum search time of the Wood-Anderson amplitudes that was used by the Earthworm system in the period from May 2012 to November 2016. The black dashed lines indicate the search limit that was used in the Backnet system before May 2012.

La nuova formulazione ha dato buoni risultati nel sistema di analisi automatica *Earthworm* e ridotto di molto le attribuzioni errate di ampiezza massima. Il data base contiene l'informazione riguardante il tempo di misura del massimo e del minimo del segnale WA che insieme definiscono la massima elongazione utilizzata per il calcolo della magnitudo locale. Abbiamo pertanto eliminato le ampiezze WA non comprese nell'intervallo definito dalla equazione (2). Abbiamo inoltre eliminato ampiezze calcolate su valori di massimo e minimo che avessero distanza temporale superiore a 5 secondi.

Dalla base di dati ottenuta con le selezioni indicate abbiamo scelto un sottoinsieme di terremoti utili per il calcolo delle correzioni di stazione. Esaminando i terremoti in ordine cronologico abbiamo individuato le coppie di terremoti con tempi origine distanti meno di 3 minuti l'uno dall'altro escludendo il terremoto di magnitudo minore.

Abbiamo inoltre escluso eventi la cui ML ha deviazione standard maggiore di 0.5 unità di magnitudo e gli eventi per i quali la stazione più vicina usata nel calcolo della ML dista più di 100 km dall'ipocentro.

Riassumendo, la selezione di dati rispetta le seguenti regole:

- per ogni ampiezza selezionata il massimo WA ricade nell'intervallo definito dalle equazioni (2);
- il massimo e minimo WA distano meno di 5 secondi;
- utilizziamo nel lavoro unicamente stazioni che forniscono ampiezze WA ad almeno 20 terremoti;
- ogni evento selezionato dista più di tre minuti da un qualunque altro evento selezionato;
- ogni evento ha una magnitudo di riferimento calcolata con almeno 20 componenti provenienti da stazioni per le quali è nota la correzione DB16;
- la deviazione standard della magnitudo d'evento, calcolata con la relazione DB16 e le relative correzioni di stazione, è inferiore a 0.5 unità di magnitudo;
- la distanza della stazione più vicina all'ipocentro è inferiore a 100 km.

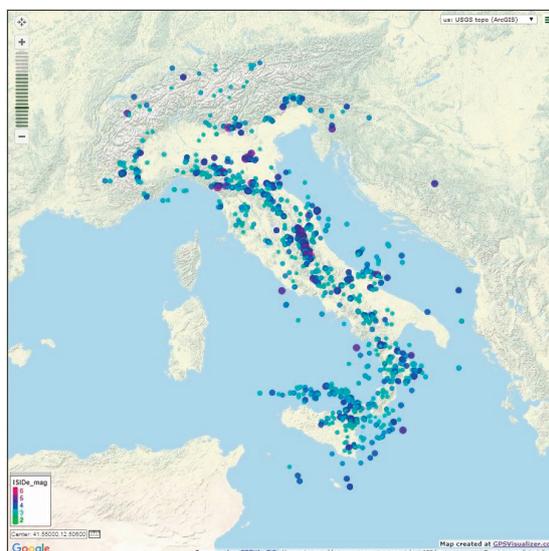
Al termine delle selezioni rimangono 1334 eventi che comprendono 134278 ampiezze WA così distribuite: 73786 ampiezze provengono da stazioni per le quali è stata determinata in DB16 la correzione di stazione, che utilizziamo per determinare la magnitudo d'evento di riferimento; le rimanenti 60492 ampiezze WA provengono da stazioni per le quali occorre definire una nuova correzione di stazione.

La figura 2 mostra la distribuzione sul territorio italiano e aree limitrofe degli epicentri selezionati.

Figura 2 Distribuzione degli epicentri utilizzati per la determinazione delle correzioni di stazione.

Il colore degli epicentri varia in funzione della magnitudo, come riportata nel catalogo ISIDE [2016, e aggiornamenti successivi].

Figure 2 Distribution of the epicentres used to determine station corrections. The colour of the epicenters varies according to the magnitude, as reported in the ISIDE catalogue [2016, and subsequent updates].



3. Ipotesi di lavoro

Hutton e Boore, [1987], analizzando terremoti della California meridionale, formularono la seguente relazione per il calcolo della magnitudo locale:

$$(M_L)_i = \log A_i + 1.110 \log (R_i/100) + 0.00189 (R_i - 100) + 3 + C_i \quad (3)$$

Questa relazione si rivela non idonea al calcolo della ML in Italia: essa, a 600 km di distanza ipocentrale, sottostima la magnitudo di 0.35 unità rispetto alla valutazione fornita da DB16, mentre a 10 km di distanza ipocentrale sovrastima la magnitudo di 0.54 unità (figura 3).

È qui utile citare un lavoro di Paolo Gasperini [2002]: utilizzando dati completamente diversi da quelli usati in DB16, ma lo stesso tipo di formulazione per la legge di attenuazione, Gasperini giunse a definire la seguente relazione per il calcolo della magnitudo locale in Italia:

$$(M_L)_i = \log A_i + 1.70 \log (R_i/100) + 0.00150 (R_i - 100) + 3 + C_i \quad (4)$$

definita per un *range* di distanze tra 100 e 600 km; le equazioni (1) e (4) forniscono valori di magnitudo coincidenti a 100 km di distanza ipocentrale, che si discostano fino a un massimo di nove centesimi di magnitudo a 600 km (figura 3). Si noti che le due equazioni sono quasi coincidenti anche per distanze inferiori ai 100 km, che Gasperini non prese in considerazione nel suo lavoro, con differenza di due centesimi di unità di magnitudo per distanza ipocentrale di cinque chilometri.

Assumiamo qui le seguenti ipotesi:

- a. la relazione $-\log A_0$ individuata in DB16 è di per sé rappresentativa dell'attenuazione a scala regionale su tutto il territorio italiano;
- b. i coefficienti correttivi di stazione tengono conto di eventuali variazioni a scala sub-regionale.

La prima ipotesi è corroborata dal fatto che i terremoti in DB16 sono distribuiti omogeneamente sul territorio nazionale ed è anche confermata dalla similitudine della equazione (1) con la equazione (4), relazione individuata da Gasperini, [2002] usando dati diversi ma appartenenti allo stesso territorio italiano.

L'ipotesi (b) può essere considerata una approssimazione operativamente utile; DB16, con una attenta analisi dei risultati, dimostra che le correzioni di stazione e le equazioni 3 e 13 ivi calcolate (riassunte nella equazione 1 di questo lavoro) generano come risultato finale una distribuzione media dei residui di ML indipendente dalla distanza, il cui valore assoluto è inferiore a 0.05 unità di magnitudo per tutte le distanze fino a 550 km (figura 11d di DB16). L'indipendenza dei residui di magnitudo dalla distanza è dimostrata in tutto il territorio coperto dalla rete sismica nazionale, con una unica eccezione: l'area compresa tra le Alpi orientali e l'Appennino Tosco-Emiliano mantiene una dipendenza dei residui medi dalla distanza anche dopo l'applicazione delle correzioni calcolate in DB16 (figura 12b in DB16). In questa regione le correzioni di stazioni hanno un valore medio pari a -0.3 che indicherebbe una bassa attenuazione dell'area. Tuttavia la distribuzione dei residui finali in funzione della distanza rimane negativa per distanze inferiori ai 100 km e si avvicina allo zero solo per distanze tra 100 e 300 km. Se ne deduce che le correzioni di stazione calcolate per l'Italia nord-orientale accomodano una bassa attenuazione che si presenta solo per distanze superiori ai 100 km; queste correzioni però non tengono conto di una maggiore attenuazione a cui sono soggetti i raggi sismici che attraversano gli strati più superficiali della Pianura Padana. Tale maggiore attenuazione a breve distanza, rispetto ad altre aree italiane, fu messa in evidenza anche da Bragato e Tento [2005]. Bragato et al. [2011], analizzando dati di accelerazione registrati durante il terremoto di Parma del 23

dicembre 2008 di magnitudo ML 5.2, misero in evidenza una bassa attenuazione della Pianura Padana a distanze comprese tra 70 e 200 chilometri; attraverso simulazioni e l'osservazione dei dati, gli autori individuano nelle fasi S_mS la causa dell'aumento dei picchi di accelerazione, aumento che raggiunge un fattore 2.5 tra 90 e 150 chilometri di distanza dell'epicentro; gli autori attribuiscono tale amplificazione a fenomeni di riflessione alla moho.

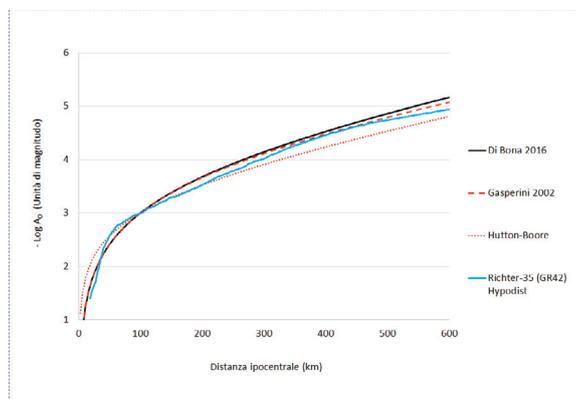


Figura 3 Confronto tra le relazioni $-\text{Log } A_0$ di Di Bona, [2016] (linea nera continua), Gasperini, [2002] (linea rossa tratteggiata) e Hutton-Boore, [1984] (linea rossa puntinata). La linea azzurra mostra le correzioni per la distanza ottenute unendo la tabella 1 di pagina 6 della pubblicazione di Richter [1935] (nel range di distanze epicentrali tra 30 e 600 km), e la tabella 3, pagina 168, della pubblicazione di Gutenberg e Richter [1942] che fornisce correzioni nel range di distanze tra 0 e 30 km per ipocentri a 18 km di profondità (le distanze delle tabelle pubblicate nei due ultimi lavori citati sono epicentrali, ma sono state qui corrette in ipocentrali assumendo una profondità media dei terremoti di 18 km, in conformità con quanto ipotizzato da Gutenberg e Richter).

Figure 3 Comparison of the relations $-\text{Log } A_0$ of Di Bona, [2016] (continuous black line), Gasperini, [2002] (dashed red line) and Hutton-Boore, [1984] (dotted red line). The blue line shows the distance corrections obtained by combining table 1 on page 6 of Richter's publication [1935] (in the range of epicenter distances between 30 and 600 km), and table 3, page 168, of the publication of Gutenberg and Richter [1942] which provides corrections in the range of distances between 0 and 30 km for hypocentres at 18 km depth (the distances of the tables published in the last two works cited are epicentres, but have been corrected here in hypocentres assuming an average depth of earthquakes of 18 km, in accordance with what hypothesised by Gutenberg and Richter).

Le considerazioni precedenti sono rilevanti per definire le operazioni da seguire per estendere la relazione DB16 ad altre stazioni non incluse in DB16. Il metodo di analisi usuale per la determinazione delle correzioni di stazione prevede che la somma totale delle correzioni sia posta a zero. La condizione è necessaria quando si determinano simultaneamente la relazione di attenuazione, le magnitudo dei terremoti utilizzati per l'analisi e le correzioni di stazione utili al calcolo di quelle stesse magnitudo. L'assenza di tale condizione renderebbe il problema mal posto. L'applicazione della regola di somma nulla è ovvia se le correzioni di stazione e le magnitudo degli eventi vengono calcolate simultaneamente; meno ovvio è come procedere quando parte delle correzioni di stazione sia già precedentemente determinata e, anzi, costituisca il riferimento per il calcolo di nuove magnitudo d'evento e di nuove correzioni di stazione. L'opportunità di richiedere il rispetto della condizione di somma nulla va riesaminata se si pensa che la formazione delle stazioni che costituiscono la Rete Sismica Nazionale è variabile nel tempo. Abbiamo già visto che circa venti delle iniziali 197 stazioni usate in DB16 non sono più attive, sicché la condizione di somma nulla è presumibilmente già decaduta in quel sottoinsieme di stazioni che è il nostro riferimento di oggi. La relazione $-\text{Log } A_0$ e le correzioni di stazione associate calcolate in DB16

non possono essere più considerate valori relativi ad una data configurazione della rete, ma assumono valore assoluto di rappresentazione di una realtà geologica: rappresentano rispettivamente l'attenuazione media a scala regionale (nazionale), e correzioni rilevanti a scala sub-regionale. Di conseguenza procederemo con questo metodo: la relazione di attenuazione $-\text{Log } A_0$ e le correzioni determinate in DB16 sono il riferimento assoluto per il calcolo delle magnitudo di evento. Tale riferimento non va modificato anche se non tutte le 197 stazioni del lavoro DB16 sono oggi attive. Le magnitudo d'evento del data-set qui utilizzato saranno calcolate unicamente applicando la relazione $-\text{Log } A_0$ e le correzioni di stazione di riferimento calcolate in DB16. Avendo già definito un riferimento assoluto, non è necessario porre condizioni aggiuntive per il calcolo delle nuove correzioni di stazione, ovvero non sarà posta alcuna restrizione di media nulla sulle nuove correzioni di stazione.

4. Passi dell'analisi

Come primo passo, calcoliamo le magnitudo d'evento usando la relazione di attenuazione e le correzioni di stazione definite in DB16. Le altre stazioni non usate in DB16 non partecipano alla definizione della magnitudo d'evento. Tuttavia calcoliamo i residui di stazione per tutte le stazioni e per tutti gli eventi selezionati.

Si giunge così ad avere un ampio set di residui di stazione, sia per le stazioni usate in DB16 che per altre. Per ogni stazione con almeno 20 letture WA calcoliamo il residuo medio di stazione. Nella prassi usuale la correzione di stazione viene calcolata come residuo medio di stazione cambiato di segno. I risultati del primo passo dell'analisi sono riassunti dalle figure 4 e 5.

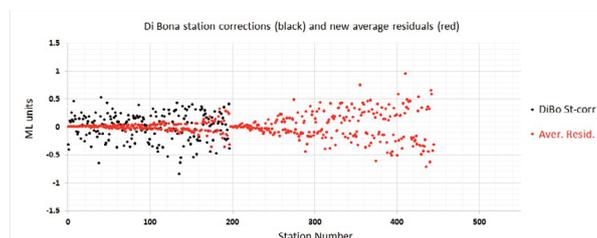


Figura 4 Correzioni già calcolate in DB16 (punti neri) e medie dei residui di stazione (punti rossi) ottenute nel primo passo dell'analisi. Le stazioni utilizzate in DB16 sono numerate da 1 a 197. Le successive numerate da 198 a 445 non sono state prese in considerazione in DB16 perché o installate successivamente al marzo 2009, o con pochi dati disponibili a quella data.

Figure 4 Corrections already calculated in DB16 (black dots) and mean station residuals (red dots) obtained in the first step of the analysis. The stations used in DB16 are numbered from 1 to 197. The following numbers 198 to 445 were not taken into account in DB16 because they were either installed after March 2009, or with few data available at that date.

Come aspettato, la maggior parte delle stazioni utilizzate in DB16 mostra un residuo medio trascurabile, in genere inferiore a 0.1 unità di magnitudo, perché l'applicazione della correzione DB16 ha già eliminato, per quelle stazioni, lo scostamento dal valore medio di magnitudo dovuto alla geologia sub-regionale. Tuttavia per un certo numero di stazioni presenti in DB16 il residuo medio appare non trascurabile (punti rossi di figura 4). La figura 5 mostra il valore assoluto del residuo medio (punti rossi, scala di valori a sinistra); nella stessa figura i punti neri indicano la probabilità, ottenuta con il test *t* di Student, che si commetta un errore nel rifiutare l'ipotesi che il valor medio dei residui sia nullo (scala di valori a destra).

Ad esempio, per la stazione n. 100 rifiutare l'ipotesi che il valore medio dei residui sia dovuto solo ad errori casuali (cioè rifiutare l'ipotesi che per quella stazione non occorra apportare ulteriori correzioni di magnitudo rispetto alla correzione già calcolata in DB16) farebbe commettere un errore con probabilità leggermente superiore al 40%.

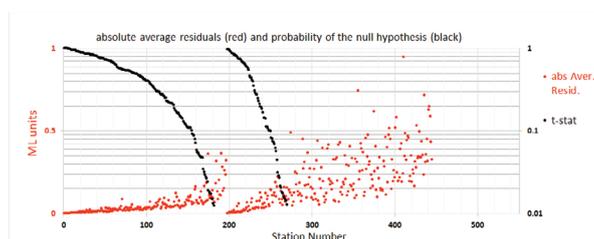


Figura 5 Valore assoluto dei residui medi (punti rossi e scala di valori a sinistra) e probabilità che l'ipotesi nulla sia vera, ovvero probabilità di errore nel rifiuto della ipotesi nulla (punti neri e scala di valori a destra). Il primo gruppo da 1 a 197 corrisponde alle stazioni usate in DB16. Seguono le stazioni non trattate in DB16. I due gruppi di dati son mostrati in ordine di probabilità di ipotesi nulla decrescente. Non sono mostrati nel grafico i valori di probabilità inferiori all'1%.

Figure 5 Absolute value of the average residuals (red dots and scale of values on the left) and probability that the null hypothesis is true, i.e. probability of error in the rejection of the null hypothesis (black dots and scale of values on the right). The first group of points from 1 to 197 corresponds to the stations used in DB16. The following values refer to the stations not treated in DB16. The figure shows the two data groups, each ordered in descending order of probability of the null hypothesis. Probability values below 1% are omitted.

Se però scegliamo come livello di confidenza la probabilità 0.05, troviamo 32 stazioni usate in DB16 per le quali l'ipotesi nulla può essere rifiutata con probabilità di errore inferiore al 5%.

La prima analisi dei dati ha evidenziato un problema comune a molte reti sismiche: alcune stazioni della Rete Sismica Nazionale, fortunatamente in piccola percentuale, mostrano risposte strumentali apparenti non costanti nel tempo. Ciò è immediatamente evidente se, data una certa stazione e l'intera popolazione degli eventi analizzati, si osserva l'andamento nel tempo delle differenze tra le magnitudo calcolate a quella particolare stazione e le magnitudo d'evento. Tali differenze possono dipendere da numerosi fattori e sono generalmente disperse intorno a un valor medio in fasce di magnitudo ampie anche una intera unità di magnitudo o più. Tuttavia, in alcuni casi, si possono facilmente individuare variazioni improvvise del valore medio intorno a cui si distribuiscono le differenze. Sono eclatanti i casi in cui la variazione avviene dopo un periodo di assenza di dati. Il riapparire dei dati indica che è stato effettuato un intervento di manutenzione. Se, a seguito dell'intervento, varia il valor medio delle differenze tra magnitudo di stazione e magnitudo di evento, possiamo dedurre che ci troviamo in presenza di almeno un errore umano o un malfunzionamento: o prima o dopo l'intervento (nella peggiore delle ipotesi sia prima che dopo l'intervento) la funzione di risposta nota della stazione non corrisponde alla funzione di risposta reale, oppure la strumentazione non sta operando correttamente. Per la maggior parte dei casi è presumibile che l'anomalia sia dovuta ad una o più errate definizioni dei parametri strumentali all'interno del data-base delle risposte strumentali.

È possibile individuare altre anomalie dove sono presenti due strumenti, tipicamente un accelerometro e un velocimetro. Se i due strumenti mostrano valori di magnitudo costantemente diversi, ci troviamo anche in questo caso in presenza o di un malfunzionamento, o di un errore insito nel data-base delle risposte strumentali.

Le considerazioni precedenti hanno suggerito un metodo di analisi dei dati che prevede due

passi successivi: il primo passo ha come unico scopo la definizione di periodi omogenei di funzionamento delle stazioni. Nel secondo passo calcolo le correzioni di stazione; se una data stazione mostra diversi periodi di funzionamento, ovvero diversi livelli di valor medio della dispersione delle differenze tra magnitudo di stazione e magnitudo d'evento, ogni singolo periodo di funzionamento deve essere trattato come stazione a sé stante. Analogamente, se due strumenti posti nello stesso luogo mostrano magnitudo costantemente diverse, essi devono essere trattati come stazioni diverse a cui è necessario attribuire correzioni diverse. In alcuni casi più sfortunati esiste una differenza di risposta tra le due componenti Nord-Sud e Est-Ovest dello stesso strumento che non è attribuibile ad anisotropia ma a malfunzionamento.

5. Primo passo: definizione dei periodi omogenei di funzionamento

Selezioniamo eventi con almeno 20 ampiezze WA rilevate sul set di 197 stazioni con correzione già calcolata in DB16: calcoliamo le magnitudo d'evento unicamente con i dati provenienti da queste stazioni. Poiché DB16 utilizzava questa stessa regola di selezione, usiamo tutti i terremoti presenti in *db1*. Calcoliamo un residuo medio di stazione unicamente per le stazioni che contribuiscono al calcolo della magnitudo di almeno 20 eventi.

Poiché in DB16 tutte le ampiezze WA erano state verificate manualmente, accettiamo tutte le ampiezze pubblicate in DB16 senza alcuna esclusione. Le ampiezze associate ai terremoti presenti in *db2* e *db3*, avvenuti successivamente agli anni esaminati in DB16, sono state invece selezionate effettuando i check di qualità di cui si è detto nel paragrafo riguardante la selezione dei dati. Rimangono incluse nell'analisi 445 stazioni, che comprendono le 197 trattate in DB16. Nelle figure che seguono i colori indicano il tipo di canale, secondo il codice dei colori riportato in figura 6.



Figura 6 Legenda dei colori per le figure successive: ad ogni colore corrisponde un diverso canale strumentale. Il codice dei canali segue lo standard SEED, ad eccezione della sigla XHZ che fu utilizzata per indicare temporaneamente canali con risposta strumentale ancora non definita. In questo lavoro sono stati utilizzati dati provenienti unicamente da componenti orizzontali.

Figure 6 Colour legend for the following figures: each colour corresponds to a different instrument channel. The channel code follows the SEED standard, with the exception of the XHZ code, which was used to temporarily indicate channels with an undefined instrument response. In this work, data from horizontal components only have been used.

A titolo di esempio, la figura 7 mostra l'andamento nel tempo dei residui per due stazioni che non presentano anomalie di funzionamento. Si tratta delle stazioni di Santa Sofia (SFI) e Monte Urbino (MURB) che operano rispettivamente in provincia di Forlì-Cesena e Perugia; il residuo è definito come la differenza tra il valore di magnitudo ML calcolato con la singola componente (Nord-Sud o Est-Ovest) di un dato strumento di una data stazione (velocimetro o accelerometro) e il valore di magnitudo ML attribuito all'evento utilizzando la relazione (1) e le correzioni di stazione definite in DB16.

Poiché DB16 aveva attribuito sia a Santa Sofia che a Monte Urbino una correzione di stazione, le magnitudo calcolate alle due stazioni risultano già corrette: i residui si distribuiscono

omogeneamente intorno al valore nullo per tutto il tempo analizzato e non mostrano alcuna anomalia di funzionamento. Si noti che le correzioni di stazione calcolate in DB16 sono applicabili anche ai nuovi accelerometri installati nel corso del 2012, quindi in un periodo successivo all'arco temporale coperto dai dati usati in DB16.

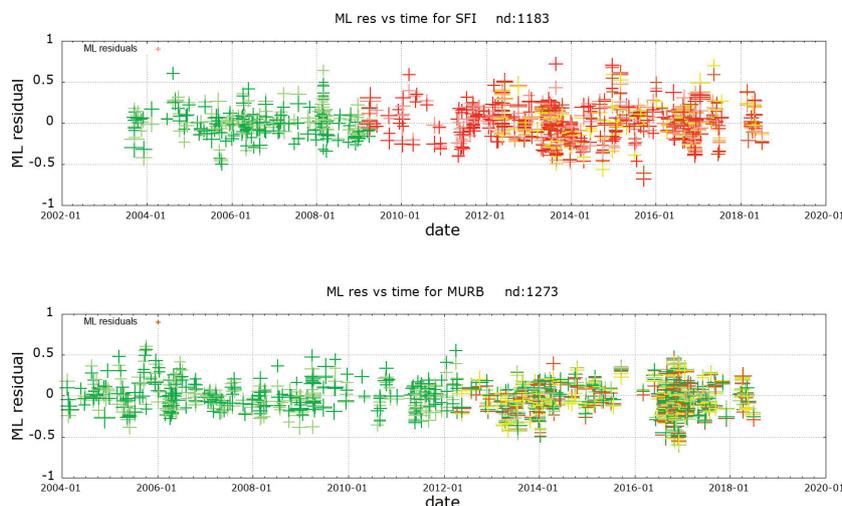


Figura 7 Esempi di stazioni Santa Sofia (SFI, provincia di Forlì-Cesena) e Monte Urbino (MURB, provincia di Perugia) che non mostrano alcuna anomalia nella risposta strumentale. Per tutto il periodo osservato i residui di stazione si distribuiscono omogeneamente in una unica fascia di variabilità, con maggiore dispersione dei dati in corrispondenza di importanti sequenze sismiche. In entrambe le stazioni sono stati installati nel corso del 2012 degli accelerometri (canali HNN e HNE i cui dati vengono mostrati rispettivamente in giallo e marrone); la distribuzione dei residui di magnitudo dovuta agli accelerometri è del tutto coerente con la distribuzione dei residui dovuta ai velocimetri (canali HHN e HHE in verde chiaro e scuro e canali EHN e EHE in rosso chiaro e scuro).

Figure 7 Examples of stations Santa Sofia (SFI, province of Forlì-Cesena) and Monte Urbino (MURB, province of Perugia) that show no anomaly in the instrumental response. For the whole period observed, the station residuals are evenly distributed in a single range of variability, with greater dispersion of data in correspondence of important seismic sequences. In both stations accelerometers have been installed during 2012 (channels HNN and HNE whose data are shown respectively in yellow and brown); the distribution of residuals of magnitude due to the accelerometers is fully consistent with the distribution of residuals due to velocimeters (channels HHN and HHE in light green and dark green and channels EHN and EHE in light and dark red).

La figura 8 mostra come per le magnitudo calcolate alla stazione di Vulcano Piano (IVPL) sia possibile individuare chiaramente due diversi periodi di funzionamento. Fino alla prima metà del 2010 i residui si distribuiscono omogeneamente intorno allo zero, in conformità con la correzione calcolata in DB16. A partire dalla prima metà del 2011, dopo un periodo di assenza di dati che fa supporre un malfunzionamento e un intervento alla stazione, i residui si distribuiscono intorno ad un valore positivo, valutabile visivamente intorno a 0.4; si deduce che alla correzione già calcolata in DB16 occorrerà aggiungere una ulteriore correzione di circa -0.4 unità di magnitudo. In alcune stazioni sono installati oggi, o sono stati installati in passato, due sensori. Il confronto dei segnali permette di mettere in evidenza particolari effetti locali di amplificazione quando i sensori sono installati a diverse profondità rispetto alla superficie. Occorre però notare che se la posizione dei sensori coincide, una differenza sostanziale nelle ampiezze registrate è un indizio di probabile errore nelle funzioni di trasferimento note o di malfunzionamento di uno strumento. La figura 9 mostra la distribuzione dei residui di magnitudo ottenuti in due casi di coppie di

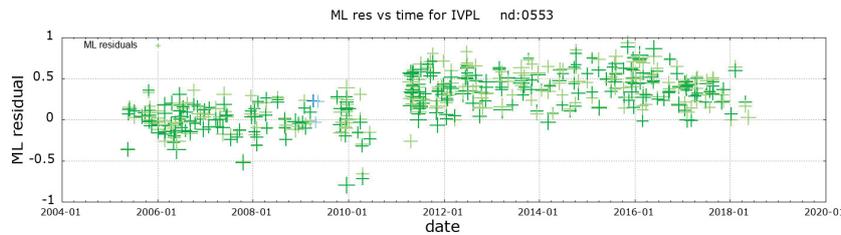


Figura 8 Andamento dei residui di magnitudo per la stazione di Vulcano Piano (IVPL), in provincia di Messina. Dopo un periodo di assenza di dati e un intervento avvenuto presumibilmente nel 2011, la risposta strumentale appare modificata.

Figure 8 Trend of magnitude residuals for the station of Vulcano Piano (IVPL), in the province of Messina. After a period of absence of data and an intervention that presumably took place in 2011, the instrumental response appears modified.

sensori, un velocimetro e un accelerometro, installati nella stessa stazione. Il primo esempio (figura 9A) è relativo alla stazione di Castelleone (CTL8), in provincia di Cremona, dove è stato installato un velocimetro da pozzo ad una profondità di 162 metri (croci rosse e rosa); l'accelerometro opera in superficie (croci marroni e gialle). La magnitudo calcolata sulle due componenti orizzontali dell'accelerometro risulta in media maggiore di circa 0.5 unità rispetto alla magnitudo calcolata sulle componenti del velocimetro. La maggiore amplificazione misurata dall'accelerometro potrebbe essere attribuita in parte ad un effetto di superficie, in parte a una diversa litologia tra la superficie e il livello di installazione in pozzo.

La figura 9B mostra un caso di differenza di risposta tra due strumenti installati a Busso, in provincia di Campobasso (BSSO), entrambi posti in superficie; la correzione di stazione calcolata in DB16 è 0.158. Nel 2014, dopo un periodo di assenza di dati, venne eseguito un intervento durante il quale si affiancò un accelerometro al velocimetro già presente alla stazione. In seguito l'accelerometro mostra residui compatibili con la correzione già calcolata, correttamente distribuiti intorno allo 0. Al contrario, il velocimetro dopo l'intervento mostra, per tutto il periodo dal 2013 al 2018, valori di magnitudo inferiori rispetto al valore medio di evento: esso necessita di una correzione diversa (o di un intervento alla stazione per il ripristino delle condizioni iniziali di funzionamento). Per alcune stazioni è possibile che le variazioni nel tempo del residuo medio di stazione possano dipendere da una diversa distribuzione degli epicentri nel tempo; potrebbe accadere che, durante una importante sequenza sismica, i segnali disponibili a una data stazione appartengano in prevalenza ad eventi della sequenza, quindi con limitata variabilità dell'azimut di provenienza. Questo fatto potrebbe indurre una variazione temporale del residuo medio alla stazione. Per ovviare a questo inconveniente nel selezionare gli eventi abbiamo euristicamente scelto soglie minime di magnitudo più alte nelle aree colpite dalle tre sequenze sismiche principali (si veda la Tabella 1).

Un ulteriore tipo di anomalia, probabilmente dovuta a malfunzionamento della strumentazione, si presenta nella stazione di Vitulano (VITU), in provincia di Benevento, i cui dati sono mostrati in figura 10. La componente Nord dell'accelerometro (croci gialle) mostra valori di magnitudo perfettamente compatibili con i valori calcolati sulla componente Nord del velocimetro (verde chiaro). La componente Est dell'accelerometro (marrone) sottostima la magnitudo rispetto alla stessa componente del velocimetro di oltre 0.5 unità di magnitudo (figura 10).

Alla luce delle considerazioni precedenti abbiamo analizzato visivamente l'andamento nel tempo dei residui di tutte le stazioni, individuando per ogni stazione eventuali anomalie e diversi periodi di comportamento omogeneo o gruppi di canali con comportamento omogeneo. Come aspettato, tutte le 32 stazioni per le quali risulta una bassa probabilità di errore nel rifiutare l'ipotesi di media nulla mostrano almeno una anomalia nella distribuzione temporale dei residui.

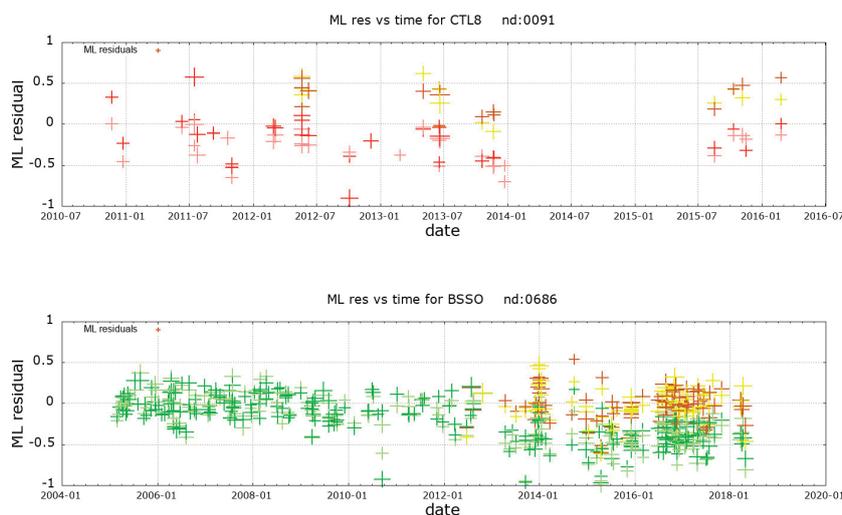


Figura 9 Confronto tra coppie di sensori. In alto: andamento dei residui di magnitudo per la stazione di Castelleone (CTL8), in provincia di Cremona: il velocimetro installato in pozzo, ad una profondità di 162 metri, presenta residui in media negativi (in rosso e rosa); al contrario i dati calcolati con l'accelerometro installato in superficie (in giallo e marrone) assumono valori in media positivi; il diverso grado di amplificazione potrebbe essere dovuto alla diversa posizione degli strumenti. Il grafico in basso mostra l'andamento dei residui di magnitudo per la stazione di Busso (BSSO), in provincia di Campobasso: dopo un periodo di assenza di dati e un intervento avvenuto presumibilmente all'inizio del 2013, la risposta strumentale dell'accelerometro è compatibile con i dati precedenti ma il velocimetro fornisce, in media, valori di magnitudo sottostimati di circa 0.5 unità.

Figure 9 Comparison of pairs of sensors. A Above: trend of magnitude residuals for the Castelleone station (CTL8), in the province of Cremona: the velocimeter installed in the borehole, at a depth of 162 meters, shows negative residues on average (in red and pink); on the contrary, the data measured with the accelerometer installed on the surface (in yellow and brown) assume positive values on average; the different degree of amplification could be due to the different position of the instruments. The graph B below shows the trend of magnitude residuals for the station of Busso (BSSO), in the province of Campobasso: after a period of absence of data and an intervention presumably occurred at the beginning of 2013, the instrumental response of the accelerometer is compatible with previous data but the velocimeter provides, on average, magnitude values underestimated by about 0.5 units.

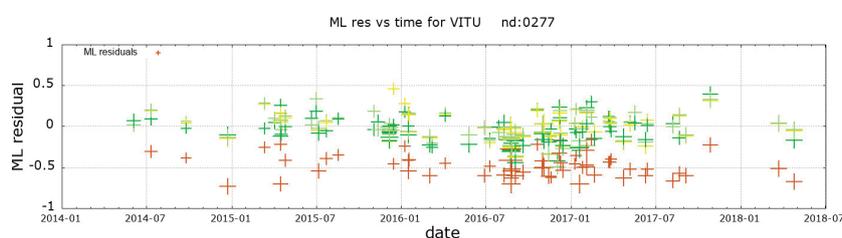


Figura 10 Andamento dei residui alla stazione di Vitulano (VITU), in provincia di Benevento. La componente Est dell'accelerometro (croci marroni) mostra valori anomali. Le componenti Nord del velocimetro e dell'accelerometro forniscono invece valori perfettamente compatibili.

Figure 10 Trend of residuals at the station of Vitulano (VITU), in the province of Benevento. The East component of the accelerometer (brown crosses) shows anomalous values. The North components of the velocimeter and accelerometer provide perfectly compatible values.

6. Secondo passo: determinazione delle correzioni di stazione

Per ogni stazioni abbiamo prodotto un grafico con la distribuzione nel tempo dei residui ottenuti dal primo passo. Il residuo è la differenza tra la magnitudo osservata alla stazione e la magnitudo d'evento calcolata con la relazione DB16 e relative correzioni. Si vedano a tal proposito le Appendici B e C. L'osservazione dei grafici ha permesso di identificare per ogni stazione i diversi periodi di tempo nei quali la stazione mostra una risposta coerente, oppure di individuare differenze di risposta nei vari strumenti o canali.

Nel secondo passo dell'analisi effettuiamo gli stessi calcoli eseguiti già nel primo passo, ma trattando separatamente, come stazioni diverse, i diversi periodi nei quali una data stazione mostra risposte strumentali variate. Analogamente trattiamo come se fossero appartenenti a stazioni diverse due strumenti che, seppure posti nello stesso luogo, forniscano sistematicamente valori diversi di magnitudo. Seguendo questo schema abbiamo calcolato in tutto 528 correzioni su un totale di 439 stazioni effettive (figure 11 e 12). Si noti che mentre nel primo passo dell'analisi le stazioni analizzate sono 445, nel secondo passo il numero di stazioni effettive per le quali è possibile calcolare una correzione di stazione si riduce a 439; ciò è dovuto al fatto che trattando separatamente i dati relativi a periodi diversi di funzionamento, alcune stazioni non superano più, in nessun periodo di funzionamento, il limite minimo di 20 eventi per correzione calcolata.

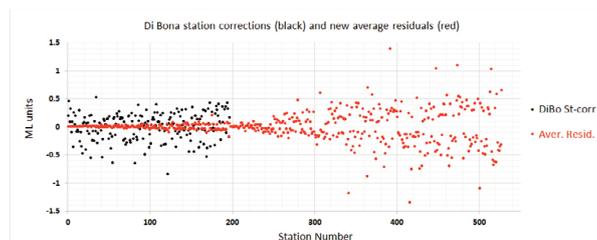


Figura 11 Correzioni da DB16 (punti neri) e medie dei residui di stazione (punti rossi) ottenute nel secondo passo dell'analisi. Le stazioni utilizzate in DB16 sono numerate da 1 a 197. Si noti che in questo passo il numero totale apparente di stazioni analizzate è 530 poiché il grafico include, per alcune stazioni, diversi periodi di funzionamento, o diversi strumenti, ciascuno dei quali viene trattato separatamente dagli altri relativi alla stessa stazione. I residui medi di stazione sono ordinati per probabilità decrescente dell'ipotesi nulla ottenuta con test t di Student.

Figure 11 Corrections from DB16 (black dots) and averages of station residuals (red dots) obtained in the second step of the analysis. The stations used in DB16 are numbered from 1 to 197. Note that in this step the total apparent number of stations analyzed is 530 because the graph includes, for some stations, different periods of operation, or different instruments, each of which is treated separately from the others, although related to the same station. The average station residuals are sorted by decreasing probability of the null hypothesis obtained with the t test of Student.

Il risultato è riassunto nelle figure 11 e 12 dove i residui medi sono suddivisi in due gruppi; in ciascun gruppo le correzioni sono ordinate per valori decrescenti di probabilità che l'ipotesi nulla sia vera (a seguito di test t di Student). Il primo gruppo (numerato da 1 a 197) include in sé 156 stazioni già trattate in DB16 che non mostrano alcuna variazione di funzionalità per l'intero periodo di tempo coperto da $db1$, $db2$ e $db3$; le altre 41 correzioni del primo gruppo riguardano il primo periodo di funzionamento delle rimanenti 41 stazioni già trattate in DB16. Per queste ultime 41 stazioni il primo periodo di funzionamento generalmente comprende l'arco di tempo coperto da $db1$, ma a volte si estende anche a parte del periodo di tempo coperto da $db2$ e $db3$.

Il residuo medio calcolato per tutte le 197 stazioni appartenenti al primo gruppo è trascurabile. Per queste stazioni, o per i primi periodi di funzionamento di alcune di esse, la probabilità di errore nel rifiuto dell'ipotesi nulla è superiore al 5% (figura 12). Come già detto, per 41 di queste stazioni il residuo calcolato in DB16 si riferisce solo al primo periodo di funzionamento; per i periodi successivi abbiamo ottenuto correzioni diverse. In due casi la correzione calcolata in DB16 può essere confermata solo per uno dei due strumenti presenti alla stazione: per la stazione BSSO la correzione DB16 è confermata solo per l'accelerometro (canali HN*); per la stazione CRMI la correzione DB16 è confermata solo per il velocimetro (canali HH*).

Il secondo gruppo di residui medi riportati nelle figure 11 e 12, numerati dal 198 a 528, riguarda sia nuove stazioni non trattate in DB16, eventualmente nei loro diversi periodi di funzionamento, sia correzioni riguardanti 41 stazioni già trattate in DB16, ma con riferimento a periodi successivi a quello coperto da *db1*.

L'Appendice A contiene la tabella delle correzioni di stazione calcolate in DB16 ancora valide oggi e la tabella delle nuove correzioni calcolate in questo lavoro. Nella stessa Appendice A riportiamo anche alcune correzioni di stazione applicabili in periodi che precedono l'ultimo periodo di osservazione trattato in questo lavoro, correzioni che non sono più applicabili oggi.

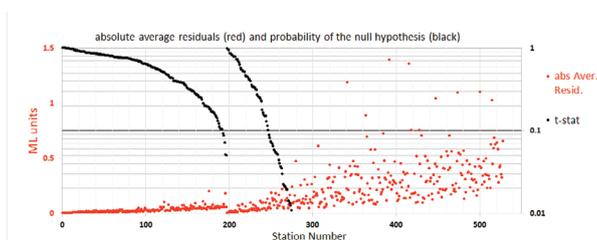


Figura 12 Valori assoluti dei residui medi ottenuti nel secondo passo dell'analisi e probabilità di errore nel rifiutare l'ipotesi nulla. La probabilità risulta essere superiore al 5% per tutte i primi 197 punti che si riferiscono alle stazioni usate in DB16.

Figure 12 Absolute values of the average residuals obtained in the second step of the analysis and probability of error in rejecting the null hypothesis. The probability is higher than 5% for all the first 197 points referring to the stations used in DB16.

7. Distribuzione spaziale delle correzioni di stazione

L'analisi delle correzioni di stazione permette di verificare la correttezza delle ipotesi espresse nel paragrafo 3. La figura 13 mostra la distribuzione in mappa delle correzioni, analoga a quella già trovata in DB16. La coerenza della distribuzione spaziale delle correzioni conferma che esse possono essere utilizzate per tenere conto, nel calcolo della ML, della variabilità dell'attenuazione a scala sub-regionale.

La catena appenninica e l'arco alpino nord-occidentale hanno correzioni vicine allo zero (in azzurro). Il versante tirrenico mostra prevalentemente correzioni positive (in verde-giallo-arancione) che sono indice di maggiore attenuazione rispetto alla media nazionale, con un picco nelle aree ad alto gradiente termico della Toscana; il versante adriatico e la Sicilia mostrano bassa attenuazione (correzioni negative in blu-viola), con un minimo nella Sicilia orientale. Le correzioni negative caratteristiche dell'Italia nord-orientale sono indice di bassa attenuazione prevalentemente attribuibile a fasi *SmS* generate prevalentemente da terremoti localizzati nell'Appennino tosco-emiliano e in Italia centrale. Da un punto di vista operativo l'equazione 1

e le correzioni di stazione per il calcolo della ML individuate in DB16 e in questo lavoro sono facilmente applicabili nelle procedure standard utilizzate durante il servizio di sorveglianza sismica nazionale e per la produzione del Bollettino Simico Italiano.

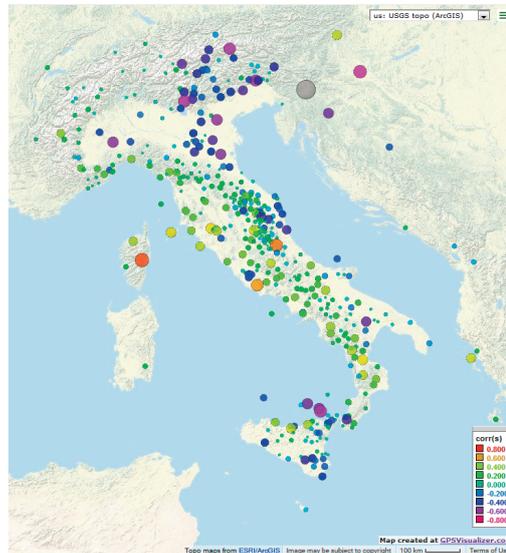


Figura 13 Distribuzione delle correzioni di stazione per il calcolo della ML. I raggi dei cerchi sono proporzionali al valore assoluto della correzione. I piccoli cerchi azzurri indicano correzione vicina allo 0; essi si estendono sull'intera catena Appenninica e l'Arco Alpino nord-occidentale. Cerchi di colore verde-giallo-arancione, che indicano correzioni positive, si distribuiscono principalmente sul versante tirrenico in corrispondenza di zone termicamente attive con alta attenuazione; cerchi di colore blu-viola indicano correzioni negative sul versante adriatico con evidenza di bassa attenuazione in Sicilia Orientale e nell'area compresa tra la Pianura Padana orientale e l'Arco Alpino orientale. In quest'ultima zona le correzioni negative, indice di bassa attenuazione, sono principalmente attribuibili a fasi SmS che determinano i massimi di ampiezza WA a distanze epicentrali oltre i 70 km.
(Map generated at: <http://www.gpsvisualizer.com/> with Google Maps/Google Earth: terms of use at https://www.google.com/intl/en-US_US/help/terms_maps/).

Figure 13 Distribution of station corrections for calculating the ML. The radii of the circles are proportional to the absolute value of the correction. The small blue circles indicate correction close to 0; they extend over the entire Apennine chain and the north-western Alpine Arc. Green-yellow-orange circles, which indicate positive corrections, are distributed mainly on the Tyrrhenian side in correspondence with thermally active areas with high attenuation; blue-violet circles indicate negative corrections on the Adriatic side with evidence of low attenuation in Eastern Sicily and in the area between the Eastern Po Valley and the Eastern Alpine Arc. In the latter area, the negative corrections, index of low attenuation, are mainly attributable to SmS phases that determine the maximum WA amplitude at epicenter distances over 70 km.
(Map generated at: <http://www.gpsvisualizer.com/> with Google Maps/Google Earth: terms of use at https://www.google.com/intl/en-US_US/help/terms_maps/).

Ringraziamenti

Si ringraziano Massimo Di Bona, Anna Maria Lombardi, Lucia Margheriti e Giovanna Cultrera per gli utili commenti; si ringraziano altresì la editor Milena Moretti e i revisori Marco Cattaneo e Pier Luigi Bragato per gli utili commenti che hanno contribuito alla chiarezza del testo e alla

completezza dell'interpretazione dei risultati. Le figure 2 e 13 sono state prodotte con l'ausilio del sito web www.gpsvisualizer.com che fa uso di Google Maps/Google Earth. Si ringrazia Rossella Celi per l'attento lavoro di editing.

Bibliografia

- Amato A., Badiali L., Cattaneo M., Delladio A., Doumaz F. and Mele F.M., (2006). *The real-time earthquake monitoring system in Italy*. In: Les risques telluriques, N. Olin Ed., Géosciences, 4, september 2006. <https://www.brgm.fr/journal-revue/geosciences-ndeg4-risques-telluriques>.
- Bragato P.L. and Tonto A. (2005). *Local magnitude in northeastern Italy*. Bull. Seismol. Soc. Am., 95 (2), 579-591.
- Bragato P.L., Sukan M., Augliera P., Massa M., Vuan A. and Saraò A., (2011). *Moho Reflection Effects in the Po Plain (Northern Italy) Observed from Instrumental and Intensity Data*. Bull. Seismol. Soc. Am., 101 (5), 2142-2152.
- Di Bona M., (2016). *A Local Magnitude Scale for Crustal Earthquakes in Italy*. Bull. Seismol. Soc. Am., 106 (1), pp. 242-258. doi: 10.1785/0120150155.
- Gasperini P., (2002). *Local magnitude revaluation for recent Italian earthquakes (1981-1996)*. J. Seism., 6, pp. 503-524.
- Gutenberg B. and Richter C.F., (1942). *Earthquake magnitude, intensity, energy and acceleration*. Bull. Seismol. Soc. Am., 32 (3), pp. 163-191.
- Hutton L.K. and Boore D.M., (1987). *The ML scale in Southern California*. Bull. Seismol. Soc. Am., 77 (6), pp. 2074-2094.
- ISIDe (2016). *ISIDe working group version 1.0*, doi: 10.13127/ISIDe (last accessed July 8th 2018).
- Johnson C.E., Bittenbinder A., Bogaert B., Dietz L. and Kohler W., (1995). *Earthworm: A flexible approach to seismic network processing*. Incorporated Research Institutions for Seismology (IRIS) Newsletter 14, 1-4. Official Earthworm repository - <http://earthworm.isti.com/trac/earthworm/>
- Michelini A., Margheriti L., Cattaneo M., Cecere G., D'Anna G., Delladio A., Moretti M., Pintore S., Amato A., Basili A., Bono A., Casale P., Danecek P., Demartin M., Faenza L., Lauciani V., Mandiello A.G., Marchetti A., Marcocci C., Mazza S., Mele F.M., Nardi A., Nostro C., Pignone M., Quintiliani M., Rao S., Scognamiglio L. and Selvaggi G., (2016). *The Italian National Seismic Network and the earthquake and tsunami monitoring and surveillance systems*, Adv. Geosci., 43, 31-38, <https://doi.org/10.5194/adgeo-43-31-2016>.
- Richter C. F., (1935). *An instrumental earthquake magnitude scale*. Bull. Seismol. Soc. Am., 25 (1), pp. 1-32.

APPENDICE A

Riportiamo qui la tabella delle correzioni di stazione da utilizzare per l'attuale configurazione della Rete Sismica Nazionale (l'ultimo terremoto analizzato è avvenuto il 7 luglio 2018). Al codice di stazione segue il codice dei canali a cui si deve riferire la correzione di stazione; si veda la legenda per il significato dei codici di canale. Le stazioni marcate con il simbolo '#', il cui elenco è anche riportato in Appendice D, non hanno partecipato ad alcuna localizzazione durante l'anno appena trascorso (periodo dal 18 ottobre 2017 al 18 ottobre 2018). La tabella riporta anche il numero di terremoti utilizzati per calcolare il residuo medio di stazione e la conseguente correzione di stazione, e l'errore associato. La tabella è suddivisa in 5 parti: la prima parte elenca le correzioni calcolate in DB16 e confermate, la seconda le nuove correzioni di stazioni già analizzate in DB16 ma che necessitano di una modifica; la terza le nuove correzioni per stazioni non prese in considerazione in DB16. La quarta include la sola stazione di San Nicola dell'Alto in provincia di Crotone (LADO), già trattata in DB16, per la quale non è stato possibile calcolare una nuova correzione di stazione a causa della eccessiva variabilità dei residui nel periodo successivo a quello trattato in DB16. Infine la quinta parte riporta le correzioni di stazione valide per periodi passati a cui hanno fatto seguito modifiche dello stato delle stazioni. La colonna "start date" riporta il valore "start" quando la correzione di stazione è valida già dal primo dato presente in *db1*, *db2* o *db3*, oppure il mese e l'anno da cui la correzione è valida. La colonna "end date", presente solo nella quarta e quinta sezione, riporta mese e anno di termine del periodo di validità della correzione.

Codice dei canali <i>Channel codes</i>	Legenda	<i>Legend</i>
***	Tutti i canali velocimetrici e accelerometrici presenti alla stazione	<i>All channels (velocimeter and accelerometer)</i>
H	Tutti i canali velocimetrici (ma non gli accelerometrici)	<i>All velocimeter channels (accelerometer excluded)</i>
N	Tutti i canali accelerometrici (ma non i velocimetrici)	<i>All accelerometer channels (velocimeter excluded)</i>
*HN	Solo il canale Nord del velocimetro	<i>North channel of the velocimeter only</i>
*HE	Solo il canale Est del velocimetro	<i>East channel of the velocimeter only</i>
*NE	Solo il canale Est dell'accelerometro	<i>East channel of the accelerometer only</i>
!(*NE)	Tutti i canali tranne il canale Est dell'accelerometro	<i>All channels except the East channel of the accelerometer</i>

Le colonne della tabella che segue riportano nell'ordine: Codice di stazione, codice di canale, correzione attuale per il calcolo della ML, correzione di stazione calcolata in DB16, numero di eventi usati in DB16 in cui appare la stazione, errore associato alla correzione di stazione DB16, nuova correzione di stazione calcolata in questo lavoro, numero di eventi in cui appare la stazione, errore associato, data di inizio della validità della correzione, data di fine del periodo di validità della correzione.

Appendix A contains the table of station corrections to be used for the current configuration of the Italian National Seismic Network (the last earthquake analyzed occurred on July 7, 2018). The station code is followed by the code of the channels to which the station correction refers; see the legend for the meaning of the channel codes. The stations marked with the '#' symbol, the list of which is also given in Appendix D, did not participate in any location during the year just ended (period from 18 October 2017 to 18 October 2018). The table also shows the number of earthquakes used to calculate the average station residual and the subsequent station correction, and the associated error. The table is divided into 5 parts: the first part lists the corrections calculated in DB16 and confirmed, the second part lists the new corrections of stations already analysed in DB16 but which need to be modified, and the third part lists the new corrections for stations not taken into account in DB16. The fourth includes only the station of LADO, already treated in DB16, for which it was not possible to calculate a new station correction because of the excessive variability of the residues in the period following that treated in DB16. Finally, the fifth part shows the station corrections valid for past periods, which were followed by changes in the state of the stations. The column "start date" shows the value "start" when the station correction is already valid from the first data present in db1, db2 or db3, or the month and year from which the correction is valid. The column "end date", present only in the fourth and fifth sections, shows the month and year of the end of the period of validity of the correction.

The columns in the following table show in order: Station code, channel code, current correction for ML calculation, station correction calculated in DB16, number of events used in DB16 where the station appears, error associated with DB16 station correction, new station correction calculated in this job, number of events where the station appears, associated error, start date of correction validity, end date of correction validity period.

Correzioni di stazione calcolate in DB16 e confermate											
code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC err	start date	end date
AGST	***	-0.023		-0.023	91	0.020				start	last
ALJA	***	0.078		0.078	15	0.048				start	last
AMUR	***	0.029		0.029	110	0.018				start	last
AOI	***	0.086		0.086	117	0.017				start	last
APPI	***	-0.316		-0.316	65	0.023				start	last
AQU	***	0.075		0.075	127	0.017				start	last
ARCI	***	0.519		0.519	90	0.020				start	last
ARVD	***	0.245		0.245	68	0.022				start	last
BADI	***	0.093		0.093	109	0.018				start	last
BDI	***	0.15		0.15	105	0.018				start	last
BERNI	***	0.06		0.06	23	0.038				start	last
BLB	***	0.044	#	0.044	24	0.038				start	last
BNI	***	0.393		0.393	49	0.027				start	last
BRMO	***	0.191		0.191	98	0.019				start	last
BSSO	*N*	0.158		0.158	97	0.019				Apr-13	last
BULG	***	0.101		0.101	44	0.028				start	last
CAFE	***	0.085		0.085	90	0.020				start	last
CAFI	***	0.296		0.296	20	0.041				start	last
CAMP	***	0.195		0.195	102	0.018				start	last
CARO	***	-0.128	#	-0.128	78	0.021				start	last
CASP	***	0.366		0.366	28	0.035				start	last
CDRU	***	0.422		0.422	102	0.018				start	last
CEL	***	0.194		0.194	80	0.021				start	last
CERA	***	0.012		0.012	74	0.021				start	last
CERT	***	0.168		0.168	137	0.016				start	last
CGRP	***	-0.363		-0.363	18	0.043				start	last
CIGN	***	0.23		0.23	109	0.018				start	last
CII	***	0.106	#	0.106	44	0.028				start	last
CING	***	0.138		0.138	151	0.015				start	last
CLLN	***	-0.069	#	-0.069	13	0.052				start	last
CLTB	***	-0.369		-0.369	18	0.044				start	last
CMPO	***	-0.537		-0.537	29	0.034				start	last
CMPR	***	0.345		0.345	96	0.019				start	last
CORL	***	-0.08		-0.08	46	0.028				start	last
CRAC	***	-0.24		-0.24	66	0.023				start	last
CRE	***	0.163		0.163	114	0.017				start	last
CRMI	*H*	0.429		0.429	53	0.025				start	last
CSNT	***	0.303		0.303	118	0.017				start	last
CTI	***	-0.319		-0.319	83	0.020				start	last
CUC	***	0.161		0.161	106	0.018				start	last
DAVOX	***	-0.048		-0.048	80	0.021				start	last
DIX	***	0.026		0.026	55	0.025				start	last
DOI	***	-0.181	#	-0.181	73	0.022				start	last
ECNV	***	-0.124	#	-0.124	36	0.031				start	last
EMV	***	0.096	#	0.096	39	0.030				start	last
ERBM	***	0.182	#	0.182	107	0.018				start	last
ESLN	***	-0.052		-0.052	69	0.023				start	last
FAEN	***	-0.261		-0.261	40	0.029				start	last
FAGN	***	-0.228		-0.228	139	0.016				start	last
FDMO	*** (bh: 8m)	0.193		0.193	28	0.035				start	last
FIAM	***	0.128		0.128	139	0.016				start	last
FIU	***	-0.357		-0.357	71	0.022				start	last
FNVD	***	0.019		0.019	108	0.018				start	last
FSSB	***	-0.213		-0.213	94	0.019				start	last
FUORN	***	-0.009		-0.009	63	0.023				start	last
FVI	***	-0.138		-0.138	107	0.018				start	last
GIUL	***	0.323		0.323	100	0.019				start	last
GROG	***	0.183		0.183	39	0.030				start	last
GUAR	***	0.163		0.163	67	0.023				start	last
GUMA	***	-0.409		-0.409	13	0.051				start	last
HAGA	***	0.04		0.04	68	0.023				start	last
HAVL	***	-0.283	#	-0.283	87	0.020				start	last
HCRL	***	0.034	#	0.034	19	0.043				start	last
HMDC	***	-0.218		-0.218	62	0.024				start	last
HVZN	***	-0.379		-0.379	95	0.020				start	last
IACL	***	-0.15		-0.15	43	0.029				start	last
ILLI	***	-0.55		-0.55	99	0.019				start	last
IMI	***	0.034		0.034	15	0.048				start	last
INTR	***	-0.125		-0.125	158	0.015				start	last
JOPP	***	0.247		0.247	71	0.022				start	last
LPEL	***	0.059		0.059	20	0.041				start	last
LSD	***	0.154		0.154	12	0.053				start	last

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC err	start date	end date
LTRZ	***	0.045		0.045	28	0.035				start	last
MABI	***	0.197		0.197	99	0.019				start	last
MAGA	***	-0.65		-0.65	52	0.026				start	last
MAIM	***	0.245		0.245	65	0.023				start	last
MAON	***	0.452		0.452	79	0.021				start	last
MATE	***	0.031		0.031	24	0.038				start	last
MCEL	***	0.162		0.162	68	0.023				start	last
MDI	***	-0.093		-0.093	86	0.020				start	last
MGR	***	0.192		0.192	91	0.020				start	last
MIDA	***	0.189		0.189	124	0.017				start	last
MIGL	***	-0.499		-0.499	62	0.024				start	last
MMK	***	0.082		0.082	61	0.024				start	last
MMME	***	0.025	#	0.025	122	0.017				start	last
MNO	***	-0.136		-0.136	10	0.059				start	last
MNS	***	0.188	#	0.188	141	0.016				start	last
MODR	***	0.254		0.254	23	0.038				start	last
MONC	***	-0.334		-0.334	61	0.024				start	last
MPAZ	***	0.105		0.105	68	0.023				start	last
MRB1	***	-0.109		-0.109	76	0.021				start	last
MRGE	***	-0.064		-0.064	50	0.026				start	last
MRLC	***	0.263		0.263	118	0.017				start	last
MRVN	***	0.253		0.253	49	0.026				start	last
MSAG	***	-0.237		-0.237	70	0.022				start	last
MSRU	***	-0.1		-0.1	126	0.017				start	last
MTCE	***	0.285		0.285	103	0.018				start	last
MTRZ	***	-0.071		-0.071	43	0.028				start	last
MTTG	***	0.045		0.045	43	0.028				start	last
MUGIO	***	0.066		0.066	71	0.022				start	last
MURB	***	-0.349		-0.349	147	0.015				start	last
NOCI	***	-0.093		-0.093	93	0.019				start	last
NOVE	***	-0.299	#	-0.299	51	0.026				start	last
ORI	***	-0.241		-0.241	68	0.023				start	last
PALZ	***	-0.252		-0.252	59	0.024				start	last
PARC	***	0.202		0.202	30	0.034				start	last
PCP	***	0.121		0.121	38	0.030				start	last
PESA	***	-0.079		-0.079	113	0.018				start	last
PIEI	***	0.314		0.314	70	0.022				start	last
POFI	***	0.315		0.315	34	0.032				start	last
PTCC	***	-0.047		-0.047	34	0.032				start	last
PTRJ	***	0.162		0.162	53	0.025				start	last
PTRP	***	-0.082		-0.082	33	0.032				start	last
PZUN	***	0.069		0.069	13	0.051				start	last
PZZ	***	-0.089		-0.089	23	0.038				start	last
PZZT	***	0.09	#	0.09	52	0.026				start	last
QLNO	***	0.138		0.138	34	0.032				start	last
RAFF	***	-0.037		-0.037	62	0.024				start	last
RAVA	***	-0.343		-0.343	107	0.018				start	last
RESU	***	0.139		0.139	20	0.042				start	last
RNI2	***	0.02		0.02	125	0.017				start	last
ROM9	***	-0.095		-0.095	62	0.024				start	last
RORO	***	0.311		0.311	11	0.055				start	last
RSM	***	0.089	#	0.089	143	0.016				start	last
RSP	***	0.127		0.127	34	0.032				start	last
SACR	***	0.231		0.231	103	0.018				start	last
SBPO	***	-0.366		-0.366	48	0.027				start	last
SC2M	***	-0.128	#	-0.128	46	0.027				start	last
SCHR	***	0.363	#	0.363	84	0.020				start	last
SCTE	***	-0.216		-0.216	37	0.030				start	last
SERS	***	0.298		0.298	90	0.020				start	last
SEST	***	-0.326	#	-0.326	22	0.039				start	last
SFI	***	0.179		0.179	155	0.015				start	last
SGG	***	0.186		0.186	81	0.021				start	last
SGRT	***	-0.037		-0.037	70	0.022				start	last
SGTA	***	0.139		0.139	67	0.023				start	last
SIRI	***	0.136		0.136	62	0.024				start	last
SLCN	***	-0.078		-0.078	25	0.037				start	last
SOI	***	0.25		0.25	116	0.018				start	last
SSY	***	-0.268		-0.268	100	0.019				start	last
STR4	***	0.054	#	0.054	11	0.057				start	last
TERO	***	0.057		0.057	153	0.015				start	last
TIP	***	0.361		0.361	94	0.020				start	last
TOLF	***	0.322		0.322	96	0.019				start	last
TRAV	***	-0.069		-0.069	30	0.034				start	last

TRI	***	0.025		0.025	61	0.024				start	last
TRIV	***	0.142		0.142	99	0.019				start	last
TRTR	***	-0.444		-0.444	43	0.028				start	last
TUE	***	-0.047		-0.047	89	0.020				start	last
USI	***	-0.295		-0.295	40	0.030				start	last
VAGA	***	0.183		0.183	120	0.017				start	last
VCEL	***	-0.118		-0.118	105	0.018				start	last
VENT	***	0.19		0.19	34	0.032				start	last
VLC	***	0.321		0.321	105	0.018				start	last
VTB1	***	-0.014	#	-0.014	13	0.052				start	last
VULT	***	-0.071		-0.071	72	0.022				start	last
WDD	***	-0.147		-0.147	40	0.030				start	last

Correzioni di stazione calcolate in DB16 che necessitano di nuova definizione

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC err	start date	end date
ACER	***	-0.057		-0.197	21	0.040	-0.057	138	0.015	Jan-15	last
ACOM	***	-0.421		-0.544	20	0.041	-0.421	139	0.021	Nov-09	last
AGOR	***	-0.024		-0.178	19	0.042	-0.024	56	0.025	May-16	last
ARSA	***	0.455		0.067	36	0.031	0.455	22	0.049	Jan-12	last
ASQU	***	0.199		0.292	47	0.027	0.199	266	0.012	Apr-09	last
BOB	***	0.025		-0.083	121	0.017	0.025	198	0.016	Jan-10	last
BSSO	*H*	0.591		0.158	97	0.019	0.591	103	0.018	Apr-13	last
CAFR	***	0.087	#	-0.316	42	0.028	0.087	27	0.031	May-14	last
CESI	***	0.099		0.392	69	0.022	0.099	79	0.026	Jul-16	last
CRMI	*N*	0.289		0.429	53	0.025	0.289	75	0.021	start	last
FRES	***	0.355		-0.073	81	0.021	0.355	55	0.032	Jan-13	last
FUSIO	***	0.026		-0.185	10	0.058	0.026	96	0.023	Jan-10	last
GALF	***	0.004		-0.386	68	0.023	0.004	162	0.015	Apr-09	last
GEPF	***	-0.041		-0.252	14	0.049	-0.041	54	0.036	Oct-09	last
IVPL	***	-0.654		-0.212	83	0.021	-0.654	150	0.017	Apr-11	last
LATE	***	-0.301		0.101	43	0.028	-0.301	20	0.086	Jan-13	last
LNSS	***	-0.051		-0.237	108	0.018	-0.051	263	0.014	Apr-09	last
MCRV	***	0.086		0.193	85	0.020	0.086	62	0.028	May-12	last
MELA	***	-0.227		-0.076	21	0.040	-0.227	308	0.012	Jan-12	last
MGAB	***	-0.095		0.091	17	0.045	-0.095	514	0.011	Apr-09	last
MILZ	***	-0.112		0.038	38	0.031	-0.112	146	0.019	Jan-10	last
MOCO	***	0.415		0.297	69	0.022	0.415	188	0.015	Feb-09	last
MSCL	***	-0.226		0.012	11	0.056	-0.226	151	0.015	Jun-10	last
MTSN	***	0.166		0.061	48	0.027	0.166	164	0.013	Jun-11	last
NRCA	***	0.055		0.206	15	0.047	0.055	335	0.015	Apr-09	last
OFFI	***	-0.308		-0.48	74	0.021	-0.308	153	0.019	Jul-10	last
PALA	***	-0.606		-0.843	21	0.040	-0.606	12	0.121	Oct-09	last
PIPA	***	0.174		-0.217	11	0.056	0.174	143	0.016	Apr-10	last
PLAC	***	0.094		0.405	96	0.019	0.094	306	0.011	Jul-08	last
PRMA	***	-0.106		0.258	13	0.051	-0.106	81	0.037	Jun-11	last
PSB1	***	0.265		0.142	123	0.017	0.265	143	0.019	Jan-10	last
RDP	***	-0.372		-0.246	74	0.021	-0.372	113	0.020	Jan-09	last
SABO	*H*	-0.412		-0.64	17	0.045	-0.412	154	0.019	Jan-10	last
SABO	*N*	-1.026		-0.64	17	0.045	-1.026	74	0.023	Jan-10	last
SACS	***	0.128		0.236	110	0.018	0.128	442	0.010	Mar-09	last
SALO	***	-0.332		-0.449	78	0.021	-0.332	243	0.016	Aug-10	last
SNAL	***	0.078		-0.072	126	0.017	0.078	136	0.015	Jul-14	last
STV	***	0.324		0.043	29	0.034	0.324	77	0.024	Jan-10	last
VINO	***	0.041		-0.28	19	0.042	0.041	38	0.044	Jan-15	last
VULD	***	0.172		-0.058	124	0.017	0.172	107	0.019	Sep-15	last
WTTA	***	-0.221		-0.354	85	0.020	-0.221	72	0.034	Jan-09	last
ZCCA	***	0.125		0.267	48	0.027	0.125	206	0.016	Sep-12	last

Correzioni per stazioni non trattate in DB16

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC 0 err	start date	end date
ABSI	***	-0.435					-0.435	90	0.023	start	last
AIO	***	0.117					0.117	101	0.026	start	last
AJAC	***	0.178					0.178	47	0.047	start	last
AM05	*HN	1.188	#				1.188	13	0.137	start	last
AM05	*N*	0.702	#				0.702	25	0.030	start	last
AM05	*HE	0.111	#				0.111	13	0.042	start	last
APEC	***	-0.047					-0.047	110	0.016	start	last
APRC	***	-0.081					-0.081	100	0.020	start	last
ARRO	***	0.308					0.308	152	0.017	start	last
ASSB	***	0.136					0.136	141	0.016	start	last
ATBU	***	-0.226					-0.226	16	0.040	start	last
ATCC	***	-0.079					-0.079	224	0.013	start	last
ATFO	***	0.085					0.085	183	0.014	start	last

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC 0 err	start date	end date
ATMC	***	-0.009					-0.009	50	0.025	start	last
ATMI	***	-0.196					-0.196	175	0.015	start	last
ATN	***	-0.041	#				-0.041	43	0.042	start	last
ATPC	!(NE)	-0.017					-0.017	83	0.015	start	last
ATPI	***	0.145					0.145	198	0.013	start	last
ATTE	***	0.188					0.188	213	0.013	start	last
ATVO	***	0.099					0.099	279	0.011	start	last
BHB	***	0.098					0.098	58	0.032	start	last
BIOG	***	0.012					0.012	31	0.056	start	last
BLLA	*** (bh:50m)	0.01					0.01	46	0.036	start	last
BLY	***	-0.296					-0.296	44	0.031	start	last
BNALP	***	-0.042					-0.042	57	0.025	start	last
BOJS	***	-0.516					-0.516	34	0.035	Jun-15	last
BOSI	***	-0.322					-0.322	43	0.043	start	last
BRES	***	-0.102					-0.102	36	0.051	start	last
BRIS	***	0.021					0.021	150	0.027	start	last
BRSN	***	-0.336					-0.336	24	0.051	start	last
BURY	***	0.092					0.092	13	0.060	start	last
CADA	***	-0.333					-0.333	53	0.027	start	last
CAGR	***	-0.118					-0.118	95	0.019	start	last
CANO	***	-0.266					-0.266	41	0.038	start	last
CAPA	***	-0.121					-0.121	50	0.038	start	last
CAR1	***	-0.158					-0.158	232	0.016	start	last
CARD	***	0.133					0.133	152	0.016	start	last
CARE	***	0.124					0.124	16	0.031	start	last
CAVE	***	-0.316					-0.316	50	0.046	start	last
CDCA	*H* (bh:50m)	0.12					0.12	57	0.024	start	end
CDCA	*N* (surface)	-0.283					-0.283	47	0.031	start	end
CELB	***	0.517					0.517	77	0.033	start	last
CELI	*N*	0.232					0.232	66	0.026	Sep-03	last
CELI	*H*	-0.097					-0.097	133	0.017	Sep-03	last
CESX	***	0.173					0.173	99	0.018	Jul-16	end
CET2	***	-0.175					-0.175	152	0.020	start	last
CIMA	***	-0.282					-0.282	22	0.053	start	last
CIMO	***	0.162					0.162	110	0.026	start	last
CIRO	***	0.183					0.183	76	0.033	start	last
CLTA	***	-0.183					-0.183	56	0.038	start	last
CLUD	***	-0.105					-0.105	65	0.038	start	last
CNCS	***	-0.069					-0.069	11	0.173	start	last
COR1	***	-0.203					-0.203	195	0.018	start	last
CPGN	***	0.038					0.038	236	0.016	start	end
CRM1	***	-0.349	#				-0.349	22	0.048	start	last
CSLB	***	0.475					0.475	57	0.035	start	last
CSP1	***	-0.015					-0.015	137	0.023	start	last
CTL8	*H*(bh:162m)	0.225					0.225	31	0.049	start	last
CTL8	*N* (surface)	-0.328					-0.328	15	0.053	start	last
DOSS	***	-0.281					-0.281	215	0.014	start	last
EL6	***	-0.113					-0.113	157	0.016	start	last
EMSG	***	-0.275					-0.275	54	0.029	start	last
ENR	***	0.128					0.128	76	0.022	start	last
EPOZ	***	-0.066					-0.066	59	0.031	start	last
EPZF	***	-0.232					-0.232	66	0.030	start	last
EQUI	***	0.349					0.349	148	0.015	start	last
ESML	***	-0.007					-0.007	48	0.026	start	last
FAVR	***	-0.02					-0.02	50	0.031	start	last
FEMA	***	0.04					0.04	79	0.028	start	last
FERS	***	-0.471					-0.471	15	0.152	start	last
FINB	***	0.214	#				0.214	50	0.036	Sep-12	last
FIR	***	-0.132					-0.132	13	0.049	start	last
FIU1	***	0.371					0.371	49	0.036	start	last
FOSV	***	0.215					0.215	175	0.016	start	last
FRON	***	0.138					0.138	211	0.014	start	last
FROS	***	0.042					0.042	170	0.017	start	last
GAG1	***	-0.24					-0.24	78	0.026	start	last
GAGG	***	-0.216					-0.216	142	0.018	start	last
GATE	***	0.275					0.275	193	0.015	start	last
GBOS	***	0.29					0.29	78	0.024	start	last
GIB	***	-0.215					-0.215	170	0.019	start	last
GIGS	*** (cave)	0.685					0.685	102	0.020	Sep-15	last
GIMEL	***	0.16					0.16	21	0.038	start	last
GMB	***	-0.477					-0.477	82	0.022	start	last
GORR	***	0.007					0.007	119	0.020	start	last
GRAM	***	-0.181					-0.181	142	0.016	start	last

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC 0 err	start date	end date
GRI	***	0.132					0.132	135	0.016	start	last
GSCL	***	0.052					0.052	56	0.030	start	last
HBSP	***	-0.421	#				-0.421	18	0.052	start	last
HLNI	***	0.105					0.105	164	0.023	start	last
HPAC	***	-0.345					-0.345	57	0.023	start	last
IFIL	***	-0.545					-0.545	90	0.031	Apr-12	last
IMOL	*H*(bh:175m)	0.754					0.754	30	0.051	Sep-03	last
IMOL	*N* (surface)	-0.14					-0.14	40	0.030	Sep-03	last
IST3	***	0.024					0.024	48	0.039	start	last
ISTR	***	-0.068					-0.068	43	0.034	start	last
KEK	***	0.471					0.471	19	0.063	start	last
KOGS	***	-0.695					-0.695	17	0.069	start	last
KOSI	***	-0.176					-0.176	113	0.022	start	last
LATB	***(bh:202m)	0.636					0.636	93	0.016	start	last
LAV9	***	-0.34					-0.34	104	0.019	start	last
LIK	***	-0.121					-0.121	48	0.023	start	last
LJU	***	-1.092					-1.092	39	0.032	Jul-15	last
LMD	***	0.163					0.163	131	0.017	start	last
LRP	***	0.287					0.287	67	0.022	start	last
LUSI	***	-0.337					-0.337	177	0.016	start	last
MA9	***	-0.166					-0.166	60	0.024	start	last
MAGO	***	0.324					0.324	16	0.074	start	last
MCIV	***	0.428					0.428	164	0.013	start	last
MCPD	***	0.192	#				0.192	26	0.049	start	last
MCSR	***	-0.36	#				-0.36	119	0.022	start	last
MCT	***	0.074					0.074	13	0.074	start	last
MDAR	***	0.189					0.189	65	0.027	start	last
MESG	***	-0.164					-0.164	29	0.062	start	last
MEU	***	-0.235					-0.235	12	0.075	start	last
MF5	***	-0.061					-0.061	11	0.080	start	last
MGRO	***	0.064					0.064	64	0.025	start	last
MILN	***	-0.26					-0.26	21	0.065	start	last
MMN	***	0.445					0.445	80	0.034	start	last
MMUR	***	-0.088					-0.088	49	0.033	start	last
MNTP	***	-0.165					-0.165	69	0.028	start	last
MOCL	***	0.126					0.126	32	0.039	start	last
MODE	***	-0.425					-0.425	21	0.057	start	last
MOMA	***	0.043					0.043	260	0.014	start	last
MOSI	***	-0.491					-0.491	123	0.021	start	last
MPAG	***	0.159					0.159	384	0.010	start	last
MPNC	***	-0.303					-0.303	147	0.016	start	last
MPPT	***	0.203					0.203	74	0.022	start	last
MPRI	***	-0.405					-0.405	89	0.035	start	last
MSFR	***	0.425					0.425	139	0.019	start	last
MSSA	***	0.23					0.23	219	0.015	start	last
MTCR	***	0.087					0.087	126	0.016	start	last
MTL1	***	-0.208					-0.208	45	0.038	start	last
MTMR	***	0.111					0.111	18	0.056	start	last
MTRA	***	0.013					0.013	20	0.072	start	last
MUCR	***	-0.02					-0.02	117	0.026	start	last
NARO	***	0.341					0.341	140	0.014	start	last
NDIM	***	0.077					0.077	12	0.122	start	last
NEGI	***	0.019	#				0.019	51	0.034	start	last
NOV	***	-0.019					-0.019	143	0.023	start	last
OPPE	***	-0.396					-0.396	40	0.053	start	last
ORIF	***	0.091					0.091	13	0.071	start	last
ORZI	***	-0.092					-0.092	13	0.105	start	last
OSSC	***	0.205					0.205	294	0.012	start	last
OZOL	***	-0.412					-0.412	17	0.066	start	last
MPNC	***	-0.303					-0.303	147	0.016	start	last
MPPT	***	0.203					0.203	74	0.022	start	last
MPRI	***	-0.405					-0.405	89	0.035	start	last
MSFR	***	0.425					0.425	139	0.019	start	last
MSSA	***	0.23					0.23	219	0.015	start	last
MTCR	***	0.087					0.087	126	0.016	start	last
MTL1	***	-0.208					-0.208	45	0.038	start	last
MTMR	***	0.111					0.111	18	0.056	start	last
MTRA	***	0.013					0.013	20	0.072	start	last
MUCR	***	-0.02					-0.02	117	0.026	start	last
NARO	***	0.341					0.341	140	0.014	start	last
NDIM	***	0.077					0.077	12	0.122	start	last
NEGI	***	0.019	#				0.019	51	0.034	start	last
NOV	***	-0.019					-0.019	143	0.023	start	last

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC 0 err	start date	end date
OPPE	***	-0.396					-0.396	40	0.053	start	last
ORIF	***	0.091					0.091	13	0.071	start	last
ORZI	***	-0.092					-0.092	13	0.105	start	last
OSSC	***	0.205					0.205	294	0.012	start	last
OZOL	***	-0.412					-0.412	17	0.066	start	last
PAOL	***	0.259					0.259	178	0.013	start	last
PCRO	***	-0.239					-0.239	19	0.095	start	last
PDG	***	-0.172					-0.172	55	0.035	start	last
PE3	***	-0.259					-0.259	93	0.034	start	last
PETRA	***	0.035					0.035	81	0.031	start	last
PGF	***	0.423					0.423	21	0.061	start	last
PIGN	***	0.353					0.353	185	0.012	start	last
PII	***	0.015					0.015	142	0.020	start	last
PIO1	***	0.22					0.22	34	0.038	start	last
PLLN	***	-0.279					-0.279	45	0.032	start	last
PLMA	***	0.254					0.254	149	0.019	start	last
PLONS	***	0.1					0.1	68	0.028	start	last
POLC	***	-0.469					-0.469	97	0.028	start	last
POPM	***	0.099					0.099	152	0.018	start	last
PP3	***	-0.337					-0.337	212	0.017	start	last
PTQR	***	0.444					0.444	132	0.016	start	last
PUK	***	-0.183					-0.183	13	0.092	start	last
RCAV	***	0.042					0.042	62	0.021	start	last
REMY	***	-0.095					-0.095	43	0.044	start	last
RISI	***	-0.625					-0.625	123	0.022	start	last
RM29	***	-0.218	#				-0.218	14	0.089	start	last
RM32	***	0.026	#				0.026	11	0.090	start	last
RM33	***	0.107					0.107	255	0.014	start	last
RMP	***	-0.066					-0.066	132	0.015	start	last
RNCA	***	0.361					0.361	38	0.030	start	last
RONC	***	-0.433					-0.433	14	0.074	start	last
ROSI	***	-0.411					-0.411	104	0.028	start	last
ROTM	***	-0.56					-0.56	53	0.031	start	last
ROVR	*H*	0.153					0.153	156	0.020	May-13	last
ROVR	*N*	-0.284					-0.284	107	0.026	May-13	last
RRL	***	0.213					0.213	49	0.025	start	last
RSM2	***	0.153					0.153	33	0.046	start	last
RUFI	***	0.192					0.192	162	0.014	start	last
SALB	***	0.227					0.227	266	0.012	start	last
SAMA	***(bh:120m)	0.111					0.111	23	0.049	start	last
SAOF	***	0.024					0.024	81	0.024	start	last
SARM	***	-0.144					-0.144	44	0.028	Nov-16	last
SARZ	***	-0.318					-0.318	28	0.046	start	last
SASS	***	0.315	#				0.315	30	0.033	start	last
SATI	***	0.154					0.154	52	0.035	start	last
SEF1	***	0.04					0.04	81	0.022	start	last
SEI	***	-0.211					-0.211	143	0.018	start	last
SENI	*H*(bh:60m)	0.038					0.038	79	0.026	Oct-11	last
SENI	*N*(surface)	-0.527					-0.527	73	0.026	Oct-11	las
SERM	***(bh:135m)	-0.007					-0.007	92	0.039	start	last
SF01	***	0.098					0.098	66	0.026	start	last
SF04	***	0.297					0.297	62	0.032	start	last
SMA1	***	-0.097					-0.097	191	0.016	start	last
SMPL	***	0.753					0.753	42	0.055	Dec-14	last
SNTG	***	0.279					0.279	350	0.013	start	last
SOLUN	***	0.392					0.392	90	0.027	start	last
SPS2	***	0.447					0.447	41	0.032	start	last
SRES	***	0.354					0.354	112	0.018	start	last
SRN	***	0.162					0.162	14	0.072	start	last
SSFR	***	-0.121					-0.121	356	0.012	start	last
SSP9	***(bh:117m)	0.084					0.084	57	0.022	Jan-16	last
STAL	***	-0.306					-0.306	258	0.016	start	last
STON	***	0.145					0.145	35	0.039	start	last
T0104	***	-0.096	#				-0.096	53	0.035	start	last
T0110	***	-0.129					-0.129	154	0.013	start	last
T0502	***	0.109	#				0.109	18	0.090	start	last
T0701	***	0.126	#				0.126	17	0.075	start	last
T0702	***	0.274	#				0.274	43	0.037	start	last
T0721	***	-0.122	#				-0.122	14	0.058	start	last
T0813	***	-0.066	#				-0.066	11	0.147	start	last
T0911	***	-0.032	#				-0.032	14	0.063	start	last
T1204	***	0.084	#				0.084	26	0.046	start	last
T1211	***	0.089	#				0.089	94	0.025	start	last

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC 0 err	start date	end date
T1212	***	0.13	#				0.13	33	0.031	start	last
T1214	***	0.159					0.159	29	0.040	start	last
T1215	***	0.494	#				0.494	105	0.017	start	last
T1216	***	-0.042	#				-0.042	51	0.041	start	last
T1217	***	0.263	#				0.263	93	0.021	start	last
T1218	***	0.072	#				0.072	94	0.029	start	last
T1219	***	0.112					0.112	63	0.037	start	last
T1220	***	-0.465					-0.465	40	0.046	start	last
T1221	***	0.213					0.213	27	0.051	start	last
T1222	***	0.188	#				0.188	25	0.044	start	last
T1241	***	0.032	#				0.032	88	0.023	start	last
T1243	***	-0.158	#				-0.158	12	0.049	start	last
T1245	***	-0.269	#				-0.269	85	0.033	start	last
T1247	***	0.002					0.002	53	0.028	start	last
T1256	***	0.002	#				0.002	56	0.031	start	last
T1299	***	0.205					0.205	52	0.029	start	last
TAR1	***	-0.068					-0.068	29	0.034	start	last
TDS	***	0.507					0.507	51	0.030	start	last
TEOL	***	-0.578					-0.578	168	0.022	start	last
TRE1	***	-0.194					-0.194	46	0.032	start	last
TREG	***	-0.254					-0.254	21	0.076	start	last
TREM	***	-0.302					-0.302	73	0.041	start	last
TRIF	***	0.319					0.319	223	0.011	start	last
VARA	***	-0.449					-0.449	30	0.036	start	last
VARE	***	-0.053					-0.053	105	0.023	start	last
VARN	***	-0.401					-0.401	93	0.030	start	last
VBKN	***	-0.31					-0.31	13	0.055	start	last
VITU	*NE	0.514					0.514	30	0.026	start	last
VITU	!(*NE)	0.046					0.046	109	0.015	start	last
VIVA	***	-0.317					-0.317	53	0.022	start	last
VLS	***	0.176					0.176	14	0.083	start	last
VOBA	***	-0.132					-0.132	28	0.070	start	last
VSL	***	0.189					0.189	46	0.039	start	last
VTIR	***	0.326					0.326	18	0.048	start	last
ZIAN	***	-0.259					-0.259	15	0.069	start	last
ZONE	*N*	0.365					0.365	40	0.042	Jan-00	last
ZONE	*H*	-0.171					-0.171	69	0.029	Jan-00	last
ZOU2	***	-0.152					-0.152	81	0.033	start	last
ZOVE	***	0.092					0.092	23	0.064	start	last

Stazioni che devono essere escluse dal calcolo della ML

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC err	start date	end date
LADO	***	N/A		0.035	13	0.051				start	Mar-09

Correzioni non più valide, calcolate per periodi di tempo che precedono l'attuale (anche in DB16)

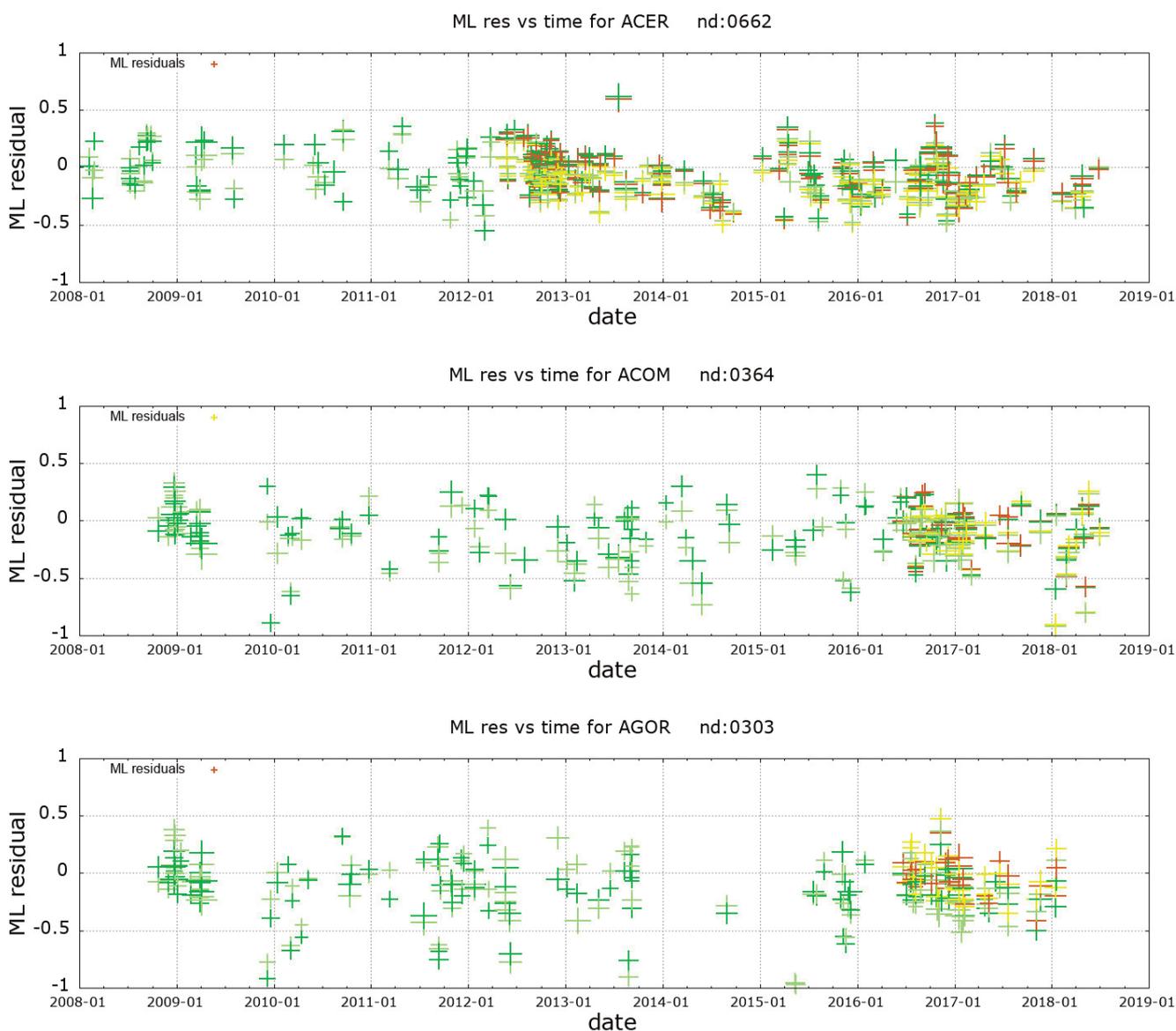
code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC err	start date	end date
ACER	***	N/A		-0.197	21	0.040				start	Jan-15
ACOM	***	N/A		-0.544	20	0.041				start	Nov-09
AGOR	***	N/A		-0.178	19	0.042				start	Nov-09
ARSA	***	N/A		0.067	36	0.031				start	Jan-12
ASQU	***	N/A		0.292	47	0.027				start	Apr-09
BOB	***	N/A		-0.083	121	0.017				start	Jan-10
BSSO	*H*	N/A		0.158	97	0.019				start	Apr-13
CAFR	***	N/A		-0.316	42	0.028				start	May-14
CESI	***	N/A		0.392	69	0.022				start	May-10
FRES	***	N/A		-0.073	81	0.021				start	Jan-13
FUSIO	***	N/A		-0.185	10	0.058				start	Jan-10
GALF	***	N/A		-0.386	68	0.023				start	Apr-09
GEPF	***	N/A		-0.252	14	0.049				start	Oct-09
IVPL	***	N/A		-0.212	83	0.021				start	Apr-11
LADO	***	N/A		0.035	13	0.051				start	Jul-11
LATE	***	N/A		0.101	43	0.028				start	Jan-13
LNSS	***	N/A		-0.237	108	0.018				start	Apr-09
MCRV	***	N/A		0.193	85	0.020				start	May-12
MELA	***	N/A		-0.076	21	0.040				start	Jan-12
MGAB	***	N/A		0.091	17	0.045				start	Apr-09
MILZ	***	N/A		0.038	38	0.031				start	Jan-10
MOCO	***	N/A		0.297	69	0.022				start	Feb-09
MSCL	***	N/A		0.012	11	0.056				start	Jun-10
MTSN	***	N/A		0.061	48	0.027				start	Jan-10
NRCA	***	N/A		0.206	15	0.047				start	Apr-09

code	channels	corr		DB16_SC	Neqk	DB16_SC err	New_SC	n_ev	New_SC err	start date	end date
OFFI	***	N/A		-0.48	74	0.021				start	Jul-10
PALA	***	N/A		-0.843	21	0.040				start	Oct-09
PIPA	***	N/A		-0.217	11	0.056				start	Apr-10
PLAC	***	N/A		0.405	96	0.019				start	Jul-08
PRMA	***	N/A		0.258	13	0.051				start	Jun-11
PSB1	***	N/A		0.142	123	0.017				start	Jan-10
RDP	***	N/A		-0.246	74	0.021				start	Jan-09
SABO	***	N/A		-0.64	17	0.045				start	Jan-10
SACS	***	N/A		0.236	110	0.018				start	Mar-09
SALO	***	N/A		-0.449	78	0.021				start	Aug-10
SNAL	***	N/A		-0.072	126	0.017				start	Jul-14
STV	***	N/A		0.043	29	0.034				start	Jan-10
VINO	***	N/A		-0.28	19	0.042				start	Jan-15
VVLD	***	N/A		-0.058	124	0.017				start	Mar-09
WTTA	***	N/A		-0.354	85	0.020				start	Jan-09
ZCCA	***	N/A		0.267	48	0.027				start	Sep-12
AGOR	***	N/A					-0.001	57	0.048	Nov-09	May-16
APEC	*N*	N/A					0.703	42	0.028	start	Nov-16
BADI	*HE	N/A					1.355	16	0.046	Jul-16	May-17
BDI	*H*	N/A					0.564	58	0.022	Apr-16	Jan-18
BNI	***	N/A					0.558	70	0.032	Jan-12	Oct-16
BOJS	***	N/A					0.065	19	0.063	start	Jan-15
CESI	***	N/A					0.472	151	0.021	May-10	Jul-16
CESX	***	N/A					-0.013	148	0.020	start	Jul-16
CIGN	***	N/A					0.422	63	0.029	Jan-09	Jun-14
CMPR	***	N/A					0.092	96	0.018	Apr-11	Nov-14
CORL	***	N/A					0.344	22	0.046	May-10	Jan-12
CRAC	***	N/A					0.031	38	0.037	Jan-12	Jan-15
CRMI	*H*	N/A					0.621	140	0.023	Jan-13	Apr-18
FAGN	***	N/A					-0.135	39	0.025	Dec-06	Jul-08
FAGN	***	N/A					-0.294	146	0.016	Jul-08	Nov-15
FINB	***	N/A					-0.32	23	0.066	start	Sep-12
HCRL	***	N/A					-0.403	95	0.030	Oct-09	Oct-12
IFIL	***	N/A					0.886	23	0.108	Jun-11	Apr-12
IFIL	***	N/A					-0.376	25	0.061	start	Jun-11
ILLI	***	N/A					-1.04	30	0.041	Oct-13	Oct-16
LADO	***	N/A					0.724	17	0.053	Jul-11	Jan-15
LJU	***	N/A					-0.576	22	0.064	start	Jul-15
MIGL	***	N/A					-0.365	93	0.018	Oct-09	Sep-15
MTSN	***	N/A					0.576	18	0.054	Jan-10	Jun-11
PALZ	***	N/A					-0.085	57	0.027	Jul-09	Sep-14
PTRJ	***	N/A					-0.089	71	0.028	Jul-08	Jul-14
ROVR	***	N/A					-0.334	56	0.041	Jan-00	May-13
SARM	***	N/A					0.352	55	0.036	start	Nov-16
SCTE	***	N/A					0.351	14	0.040	Aug-11	Jul-13
SENI	***	N/A					0.209	26	0.084	start	Oct-11
SIRI	***	N/A					0.003	142	0.013	May-12	Jan-15
SMPL	***	N/A					-1.389	15	0.082	start	Dec-14
SNTG	*N*	N/A					1.099	74	0.031	Jan-00	Oct-16
SSP9	***	N/A					0.213	58	0.029	start	Jan-16
TERO	*H*	N/A					0.438	86	0.020	Oct-12	May-16
VVLD	***	N/A					0.475	18	0.036	Apr-14	Sep-15
VVLD	***	N/A					0.184	111	0.020	Mar-09	Apr-14

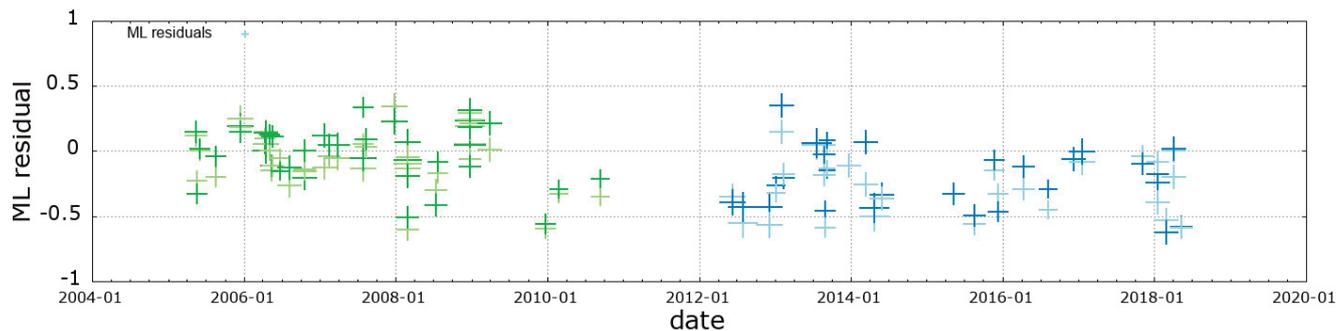
APPENDICE B

I grafici contenuti in questa appendice mostrano risultati ottenuti nel primo passo dell'analisi. Essi riportano l'andamento dei residui di 41 stazioni per le quali esisteva una correzione calcolata in DB16 che necessitano di una nuova correzione. Ogni croce indica la differenza tra la magnitudo locale calcolata con una componente di uno strumento, corretta con la correzione di stazione calcolata in DB16, e la magnitudo locale d'evento calcolata usando unicamente le stazioni trattate in DB16. L'interpretazione dei colori è spiegata in figura 6 del testo. Occorre tenere presente che i dati utilizzati in DB16 terminano a fine marzo 2009.

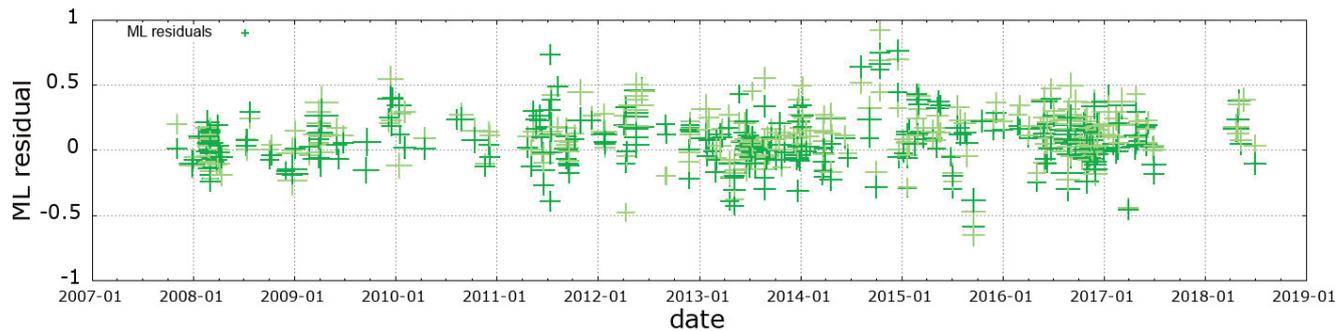
The figures in this appendix B show some of the results obtained in the first step of the analysis. They show the trend of the residuals of 41 stations for which there was a correction calculated in DB16 that need a new correction. Each cross indicates the difference between the local magnitude calculated with an instrument component at that station, corrected by station correction calculated in DB16, and the event local magnitude calculated using only stations treated in DB16. The interpretation of the colors is explained in figure 6 of the text. Please note that the data used in DB16 end at the end of March 2009.



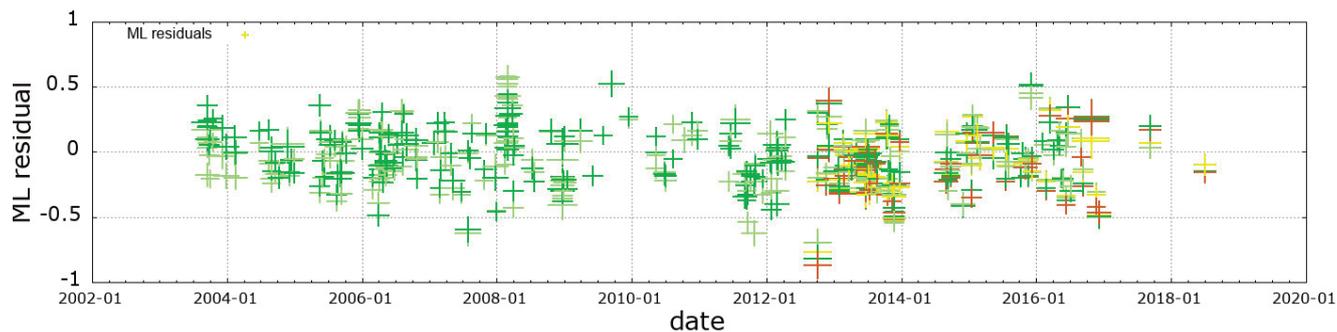
ML res vs time for ARSA nd:0135



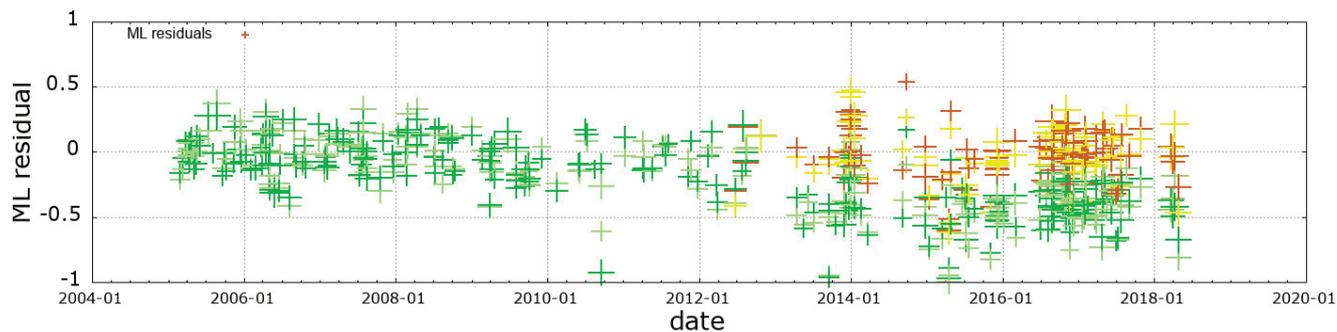
ML res vs time for ASQU nd:0654



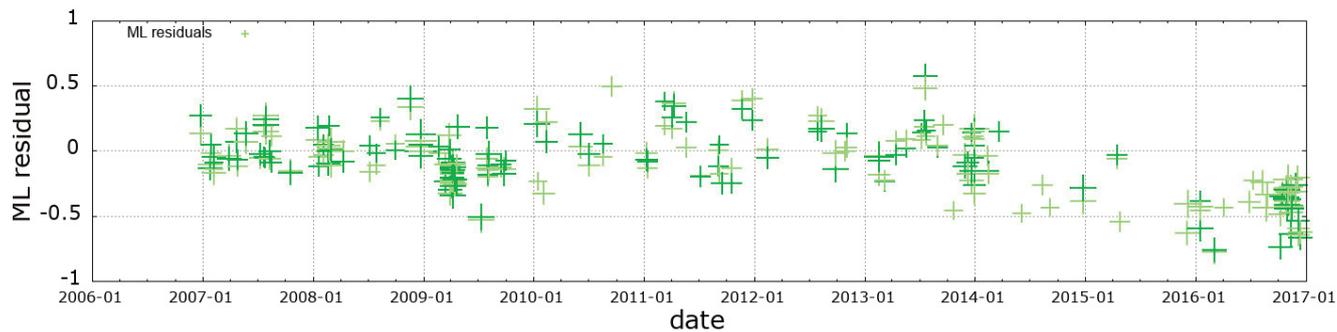
ML res vs time for BOB nd:0667

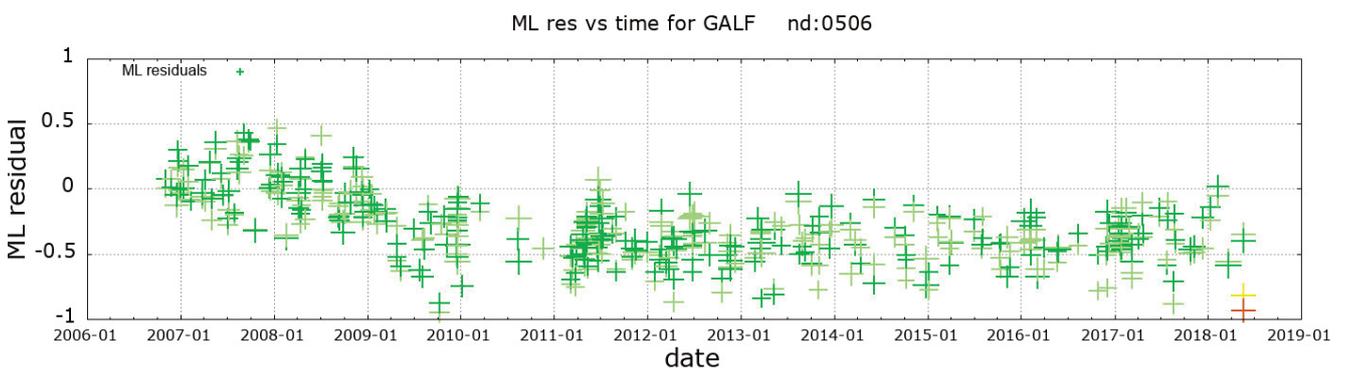
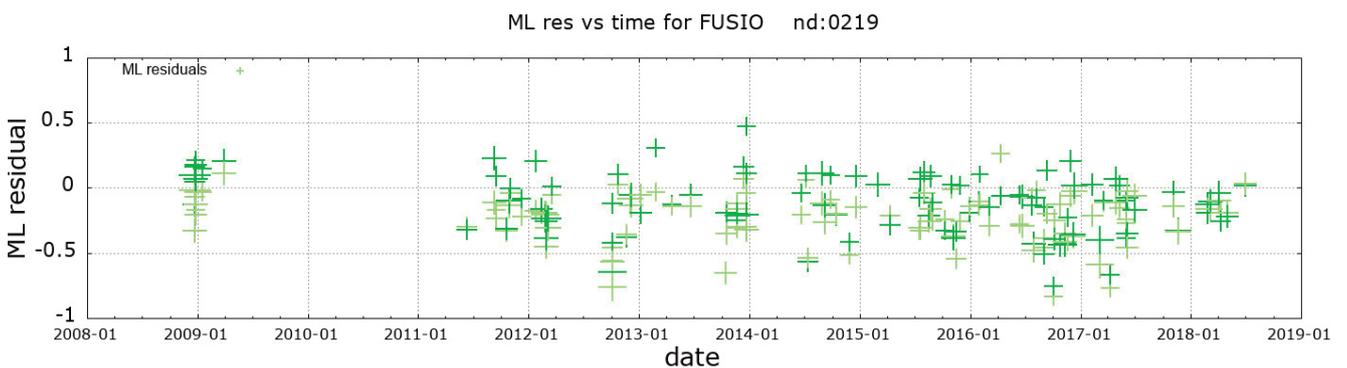
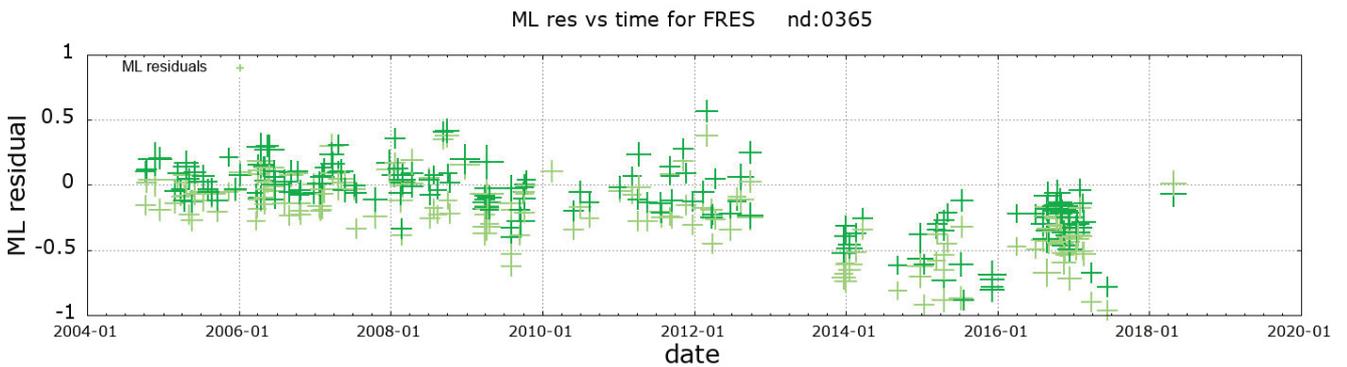
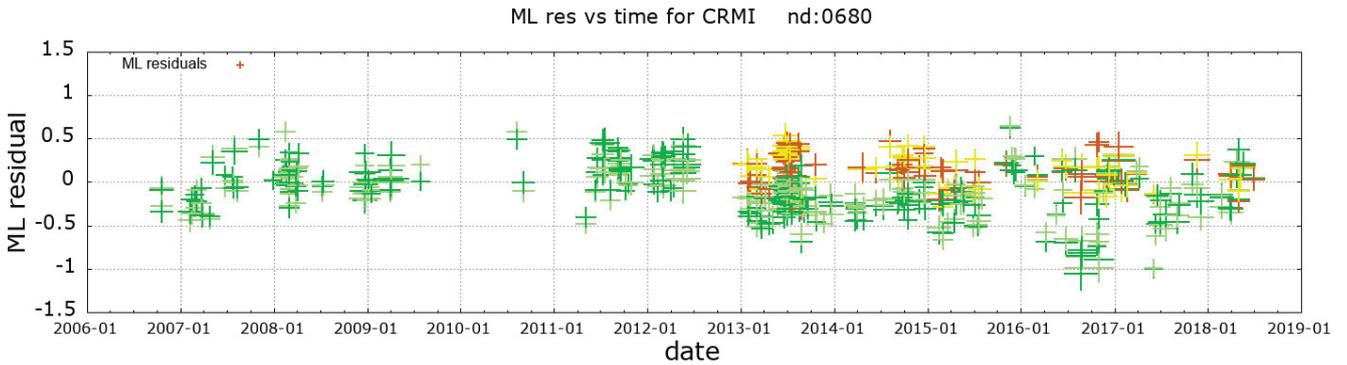
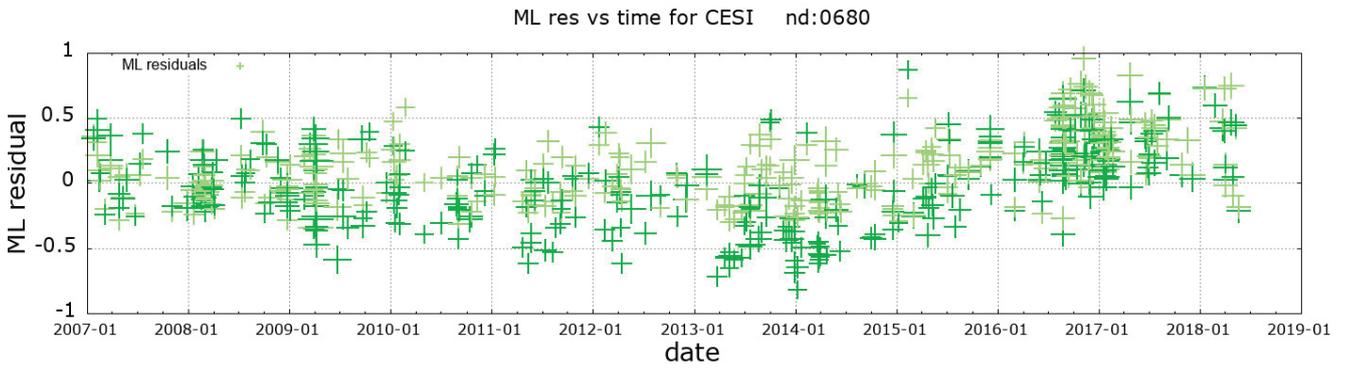


ML res vs time for BSSO nd:0686

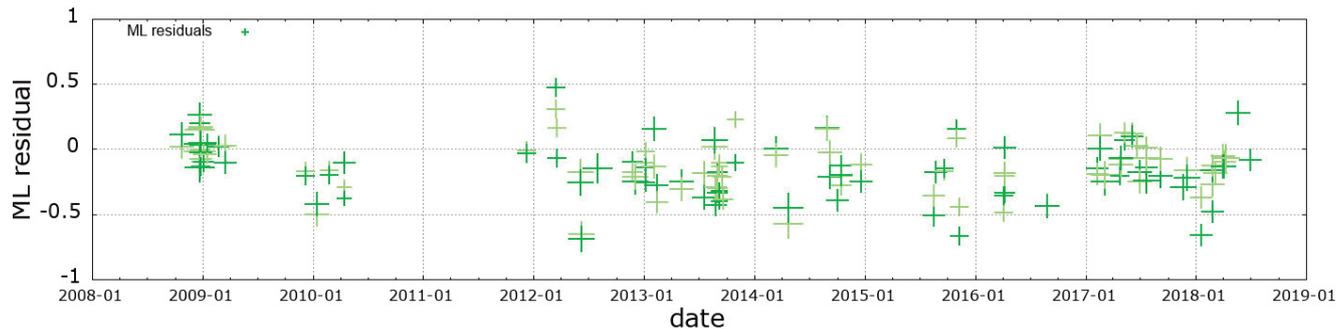


ML res vs time for CAFR nd:0275

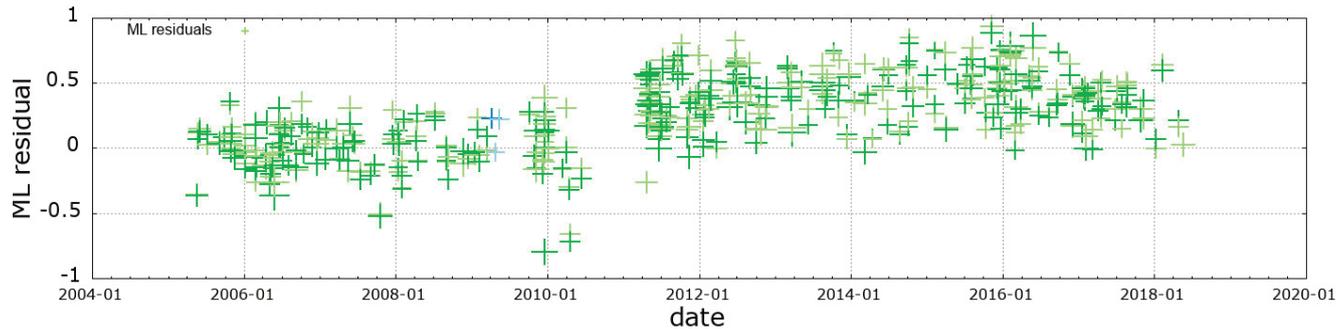




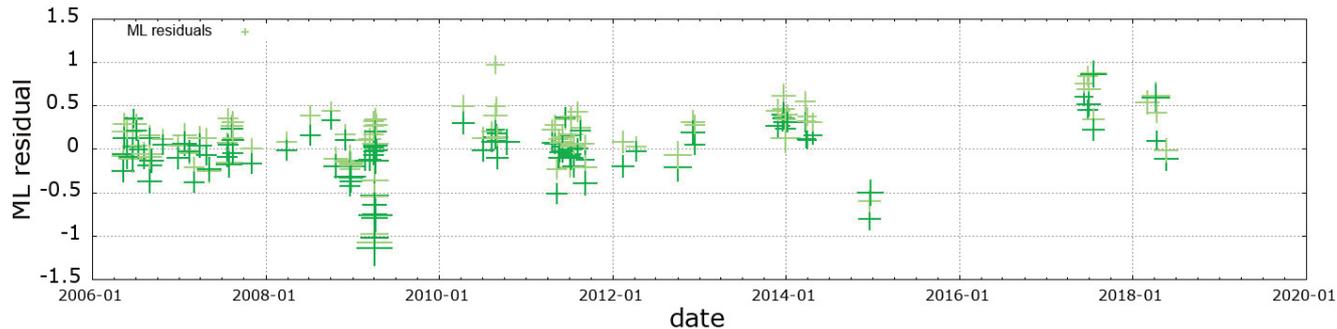
ML res vs time for GEPF nd:0156



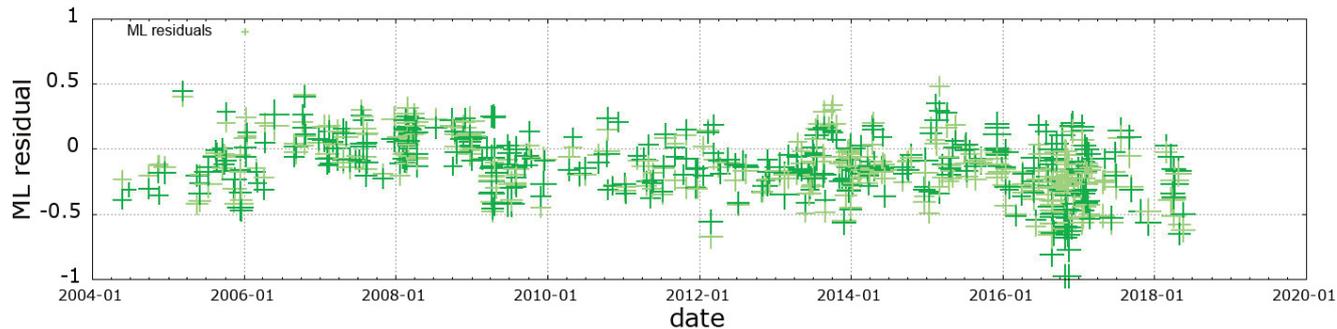
ML res vs time for IVPL nd:0553



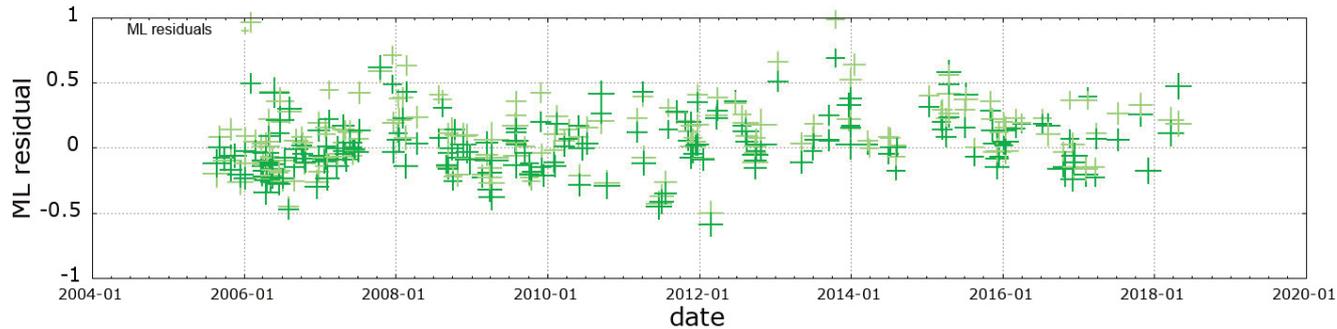
ML res vs time for LATE nd:0213



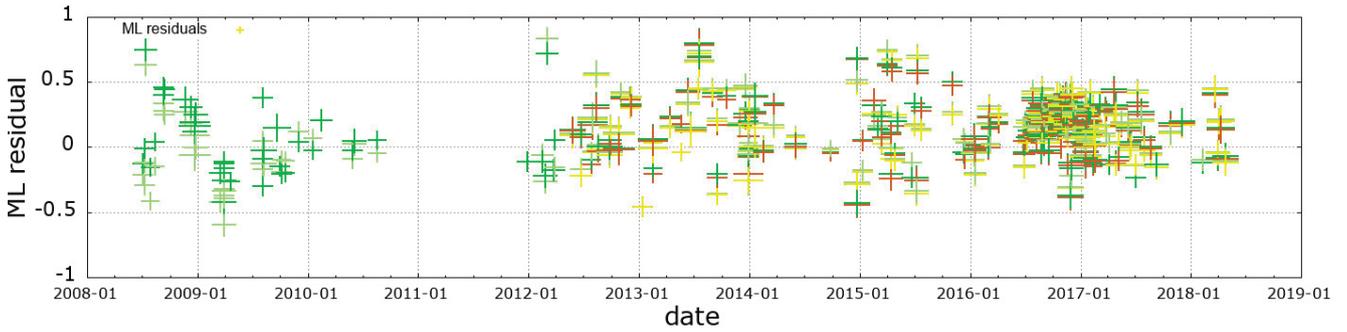
ML res vs time for LNSS nd:0768



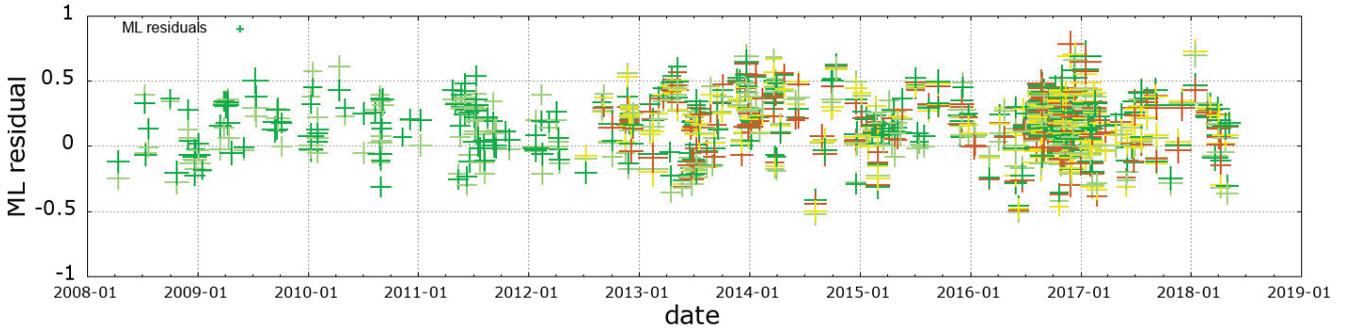
ML res vs time for MCRV nd:0389



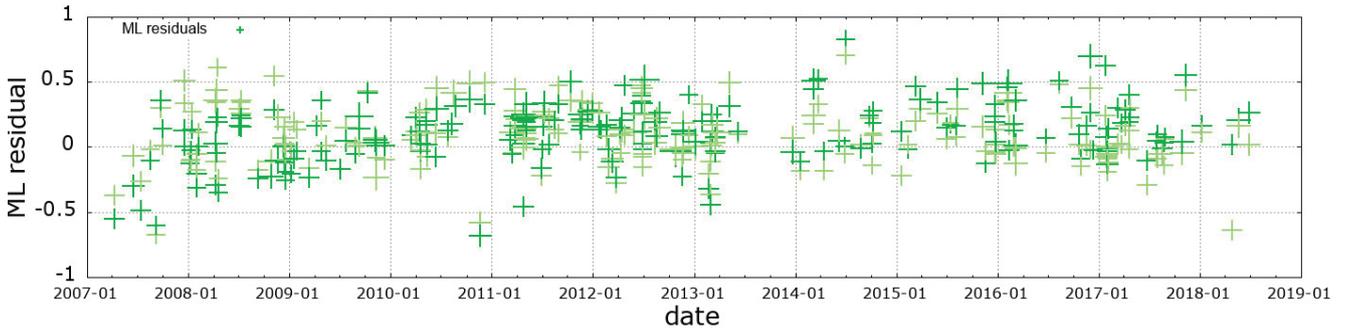
ML res vs time for MELA nd:0707



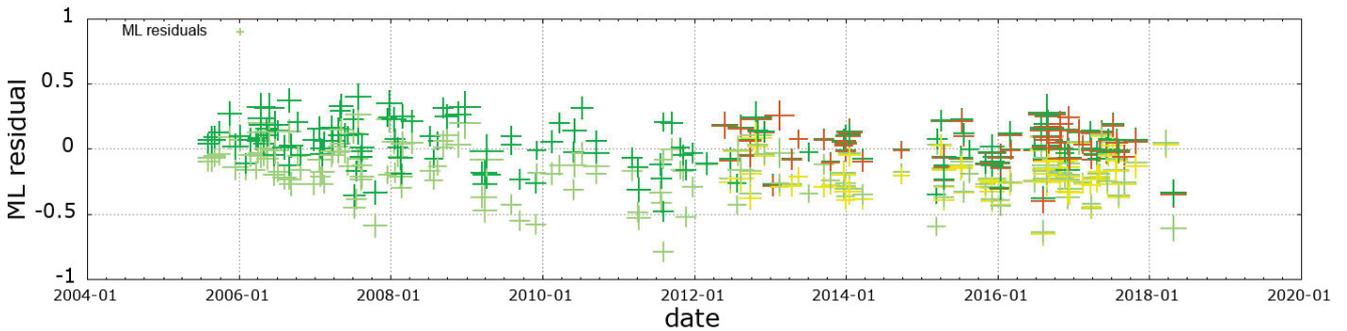
ML res vs time for MGAB nd:1118



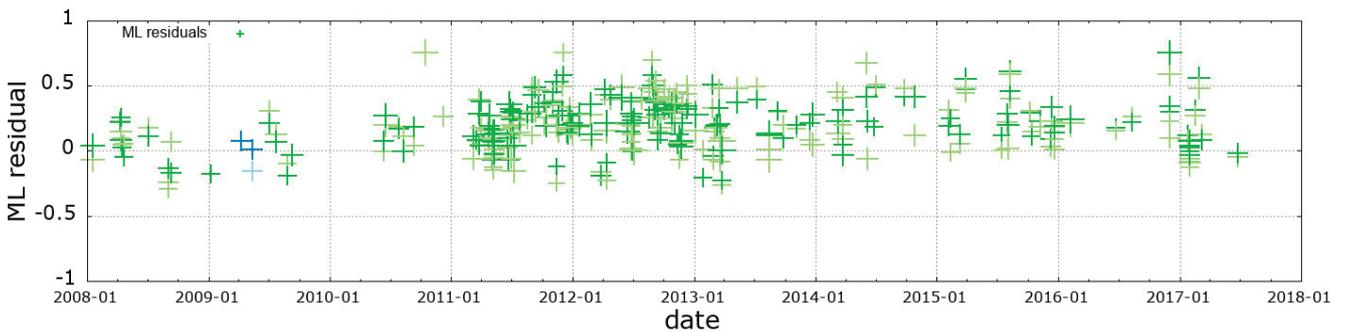
ML res vs time for MILZ nd:0429



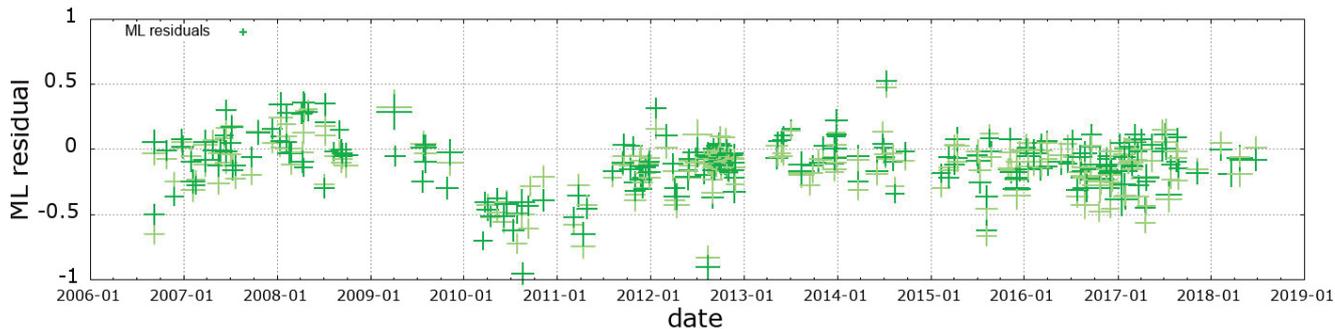
ML res vs time for MOCO nd:0516



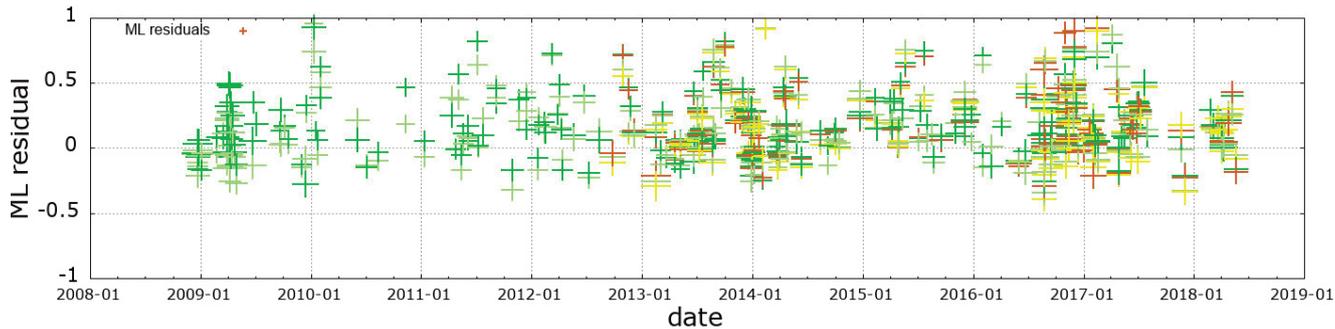
ML res vs time for MSCL nd:0363



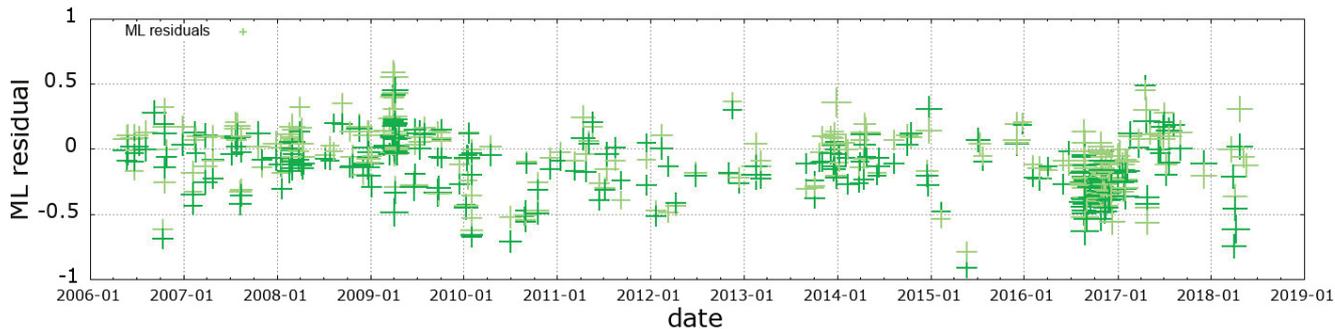
ML res vs time for MTSN nd:0485



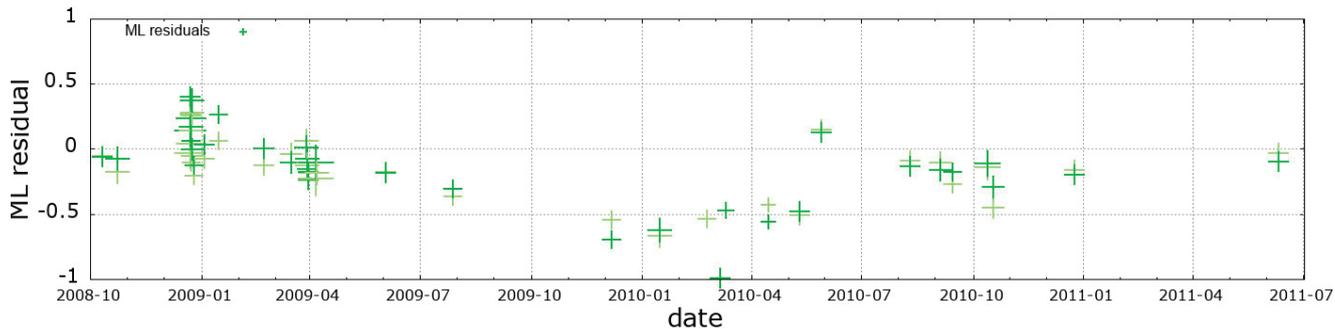
ML res vs time for NRCA nd:0737



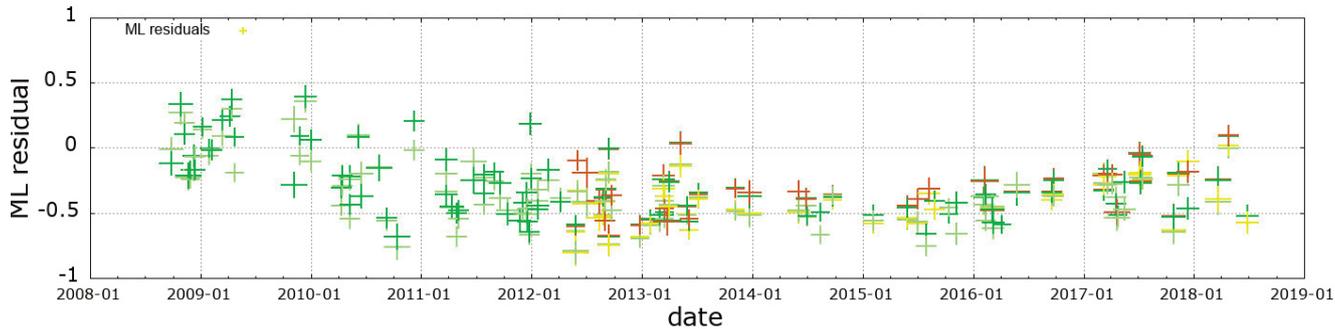
ML res vs time for OFFI nd:0543

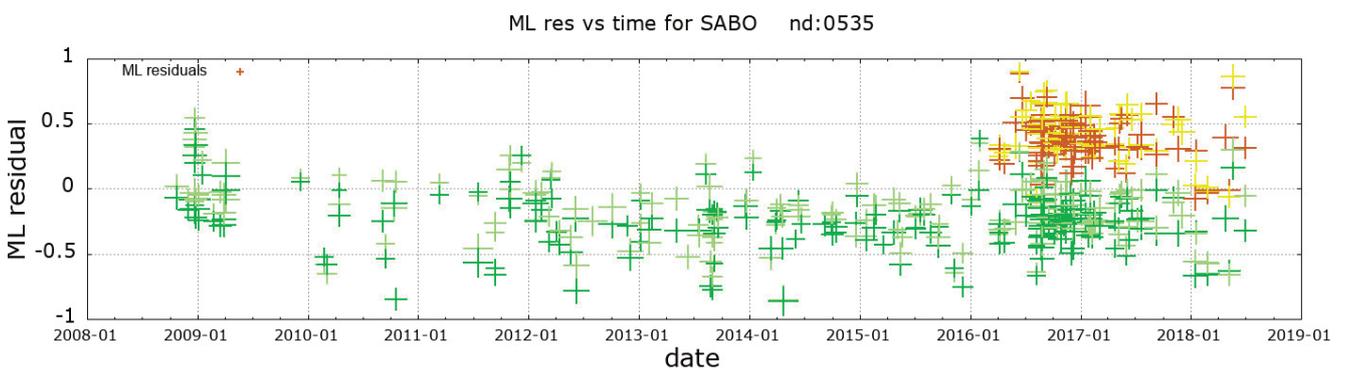
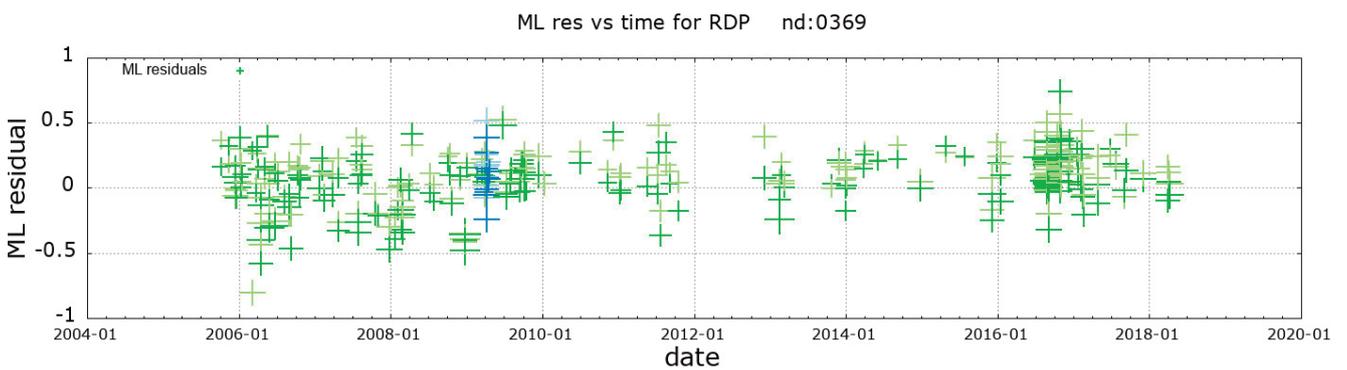
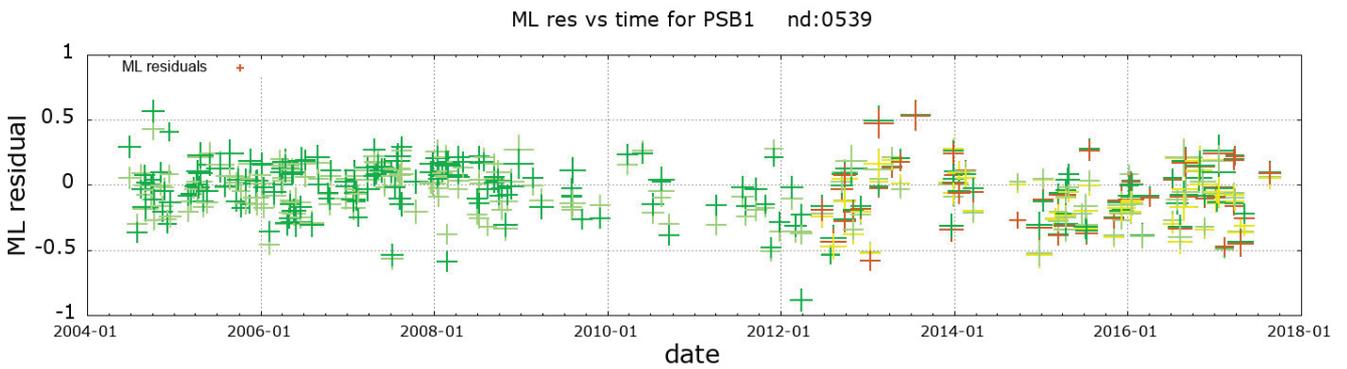
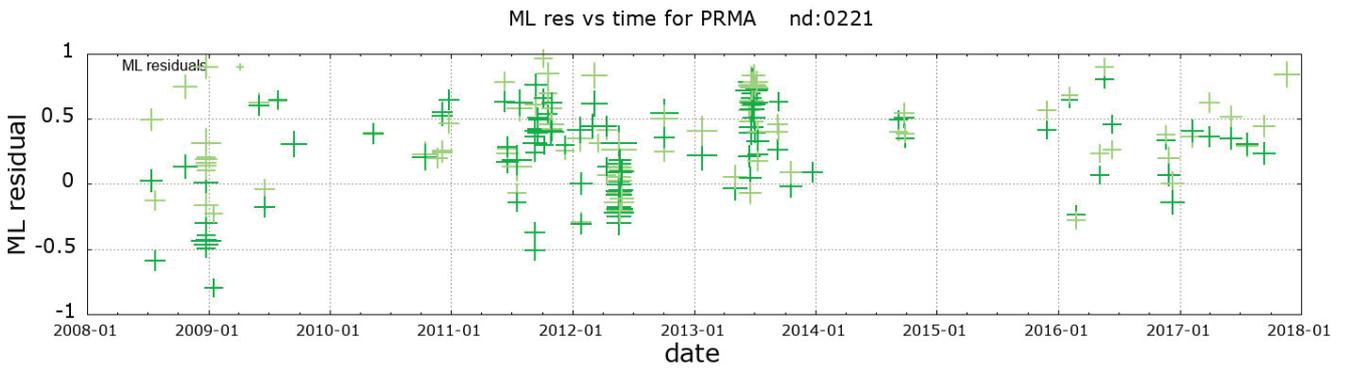
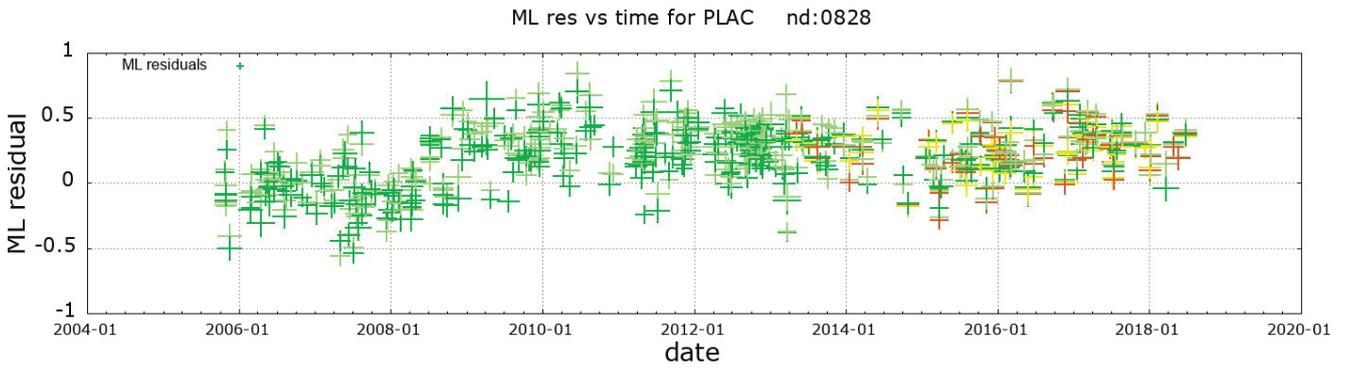


ML res vs time for PALA nd:0076

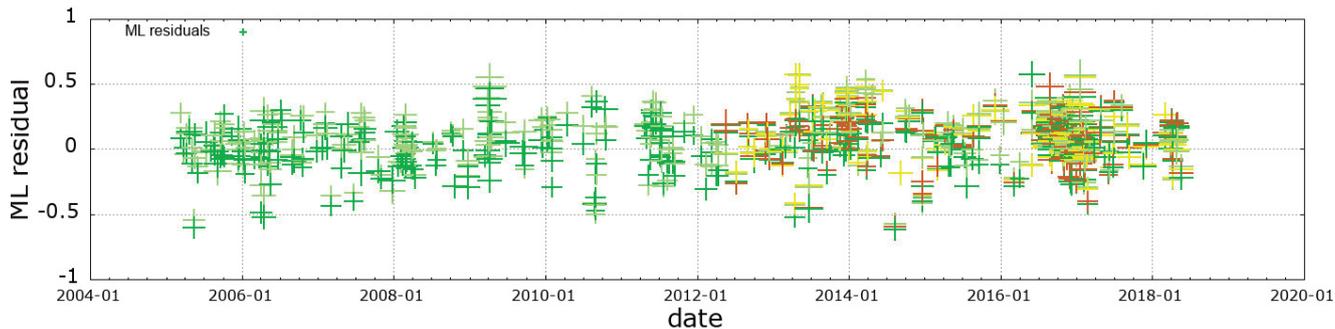


ML res vs time for PIPA nd:0321

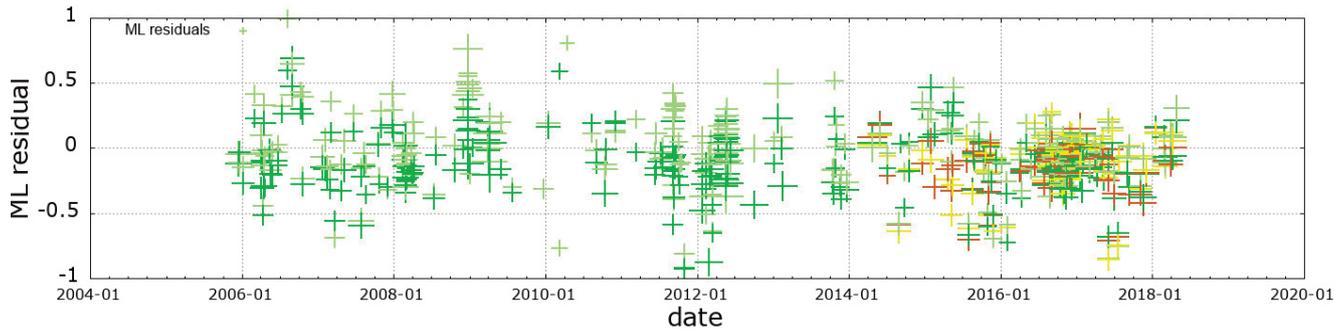




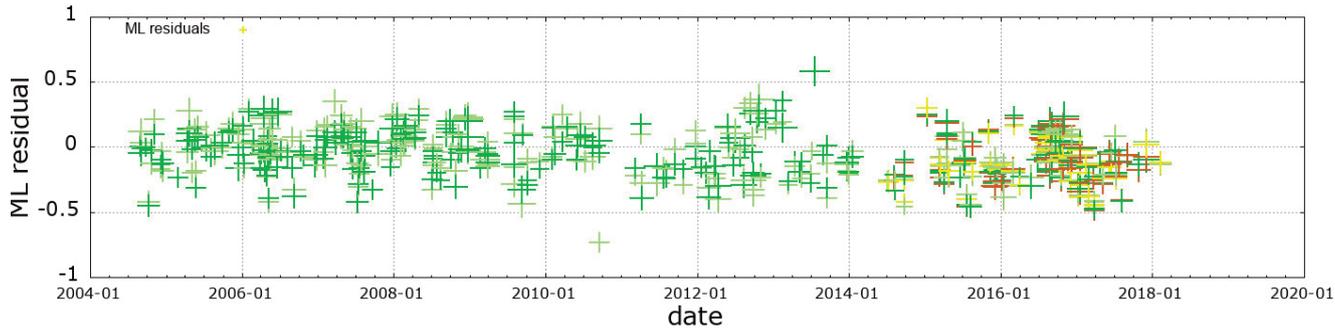
ML res vs time for SACS nd:1131



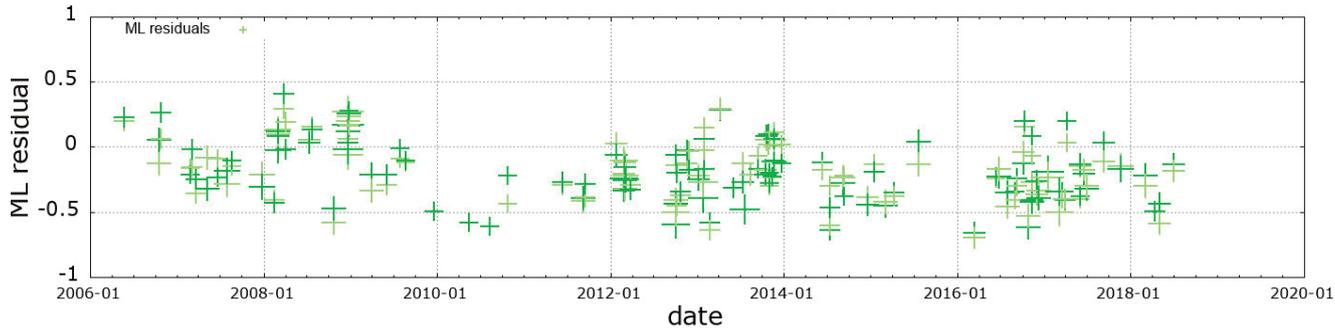
ML res vs time for SALO nd:0706



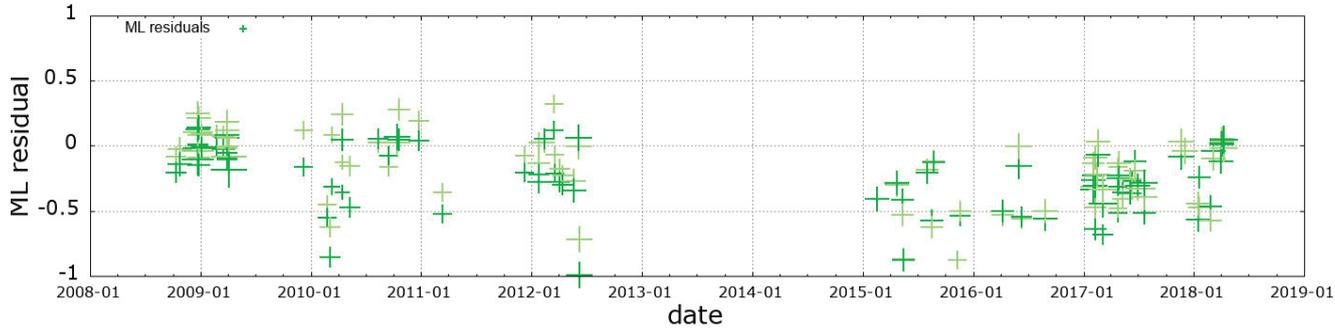
ML res vs time for SNAL nd:0667

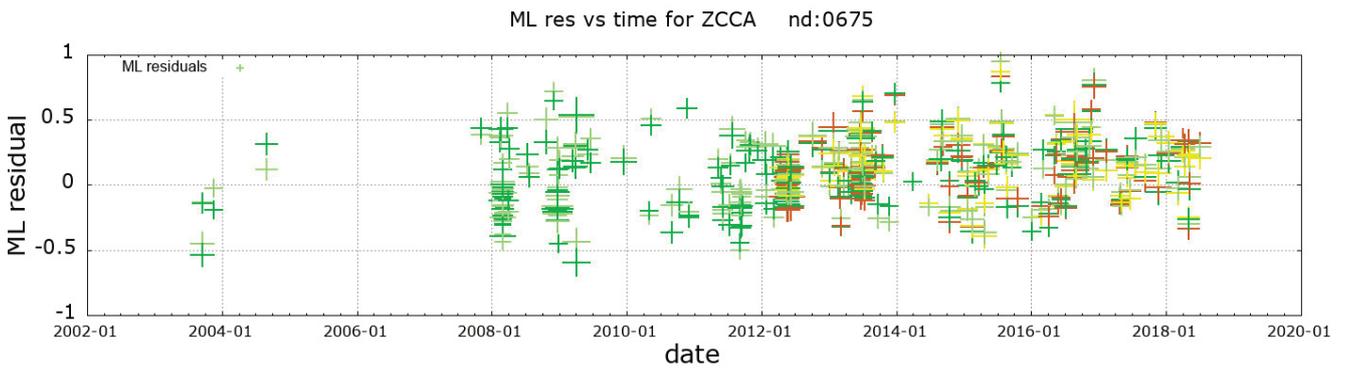
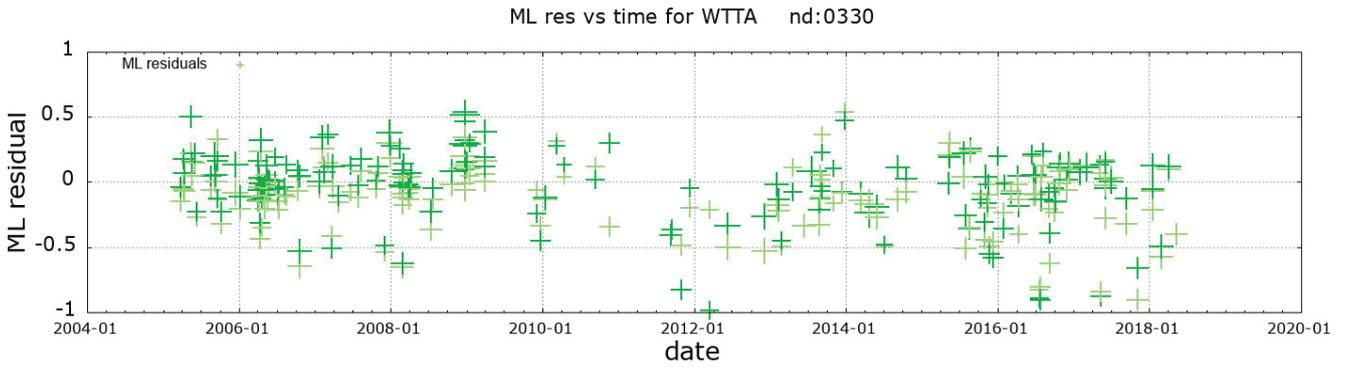
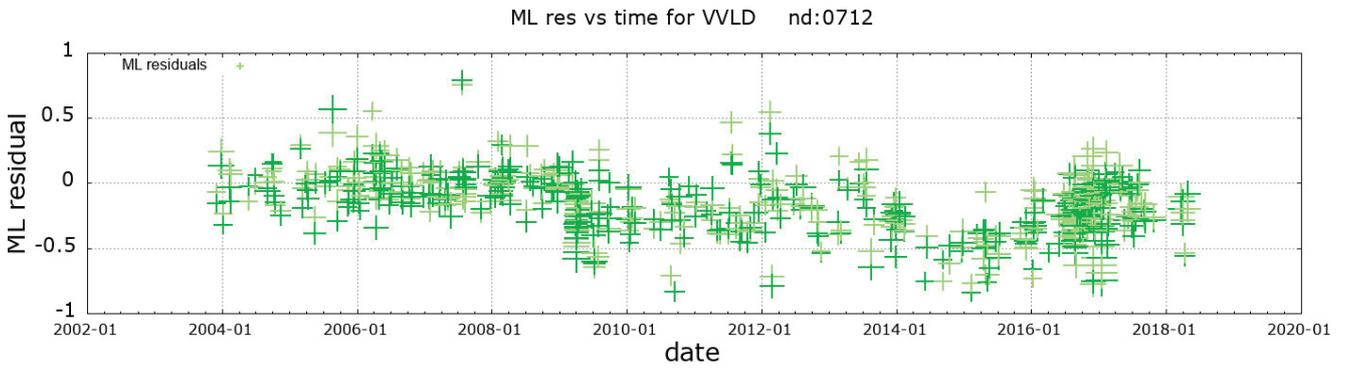


ML res vs time for STV nd:0225



ML res vs time for VINO nd:0168

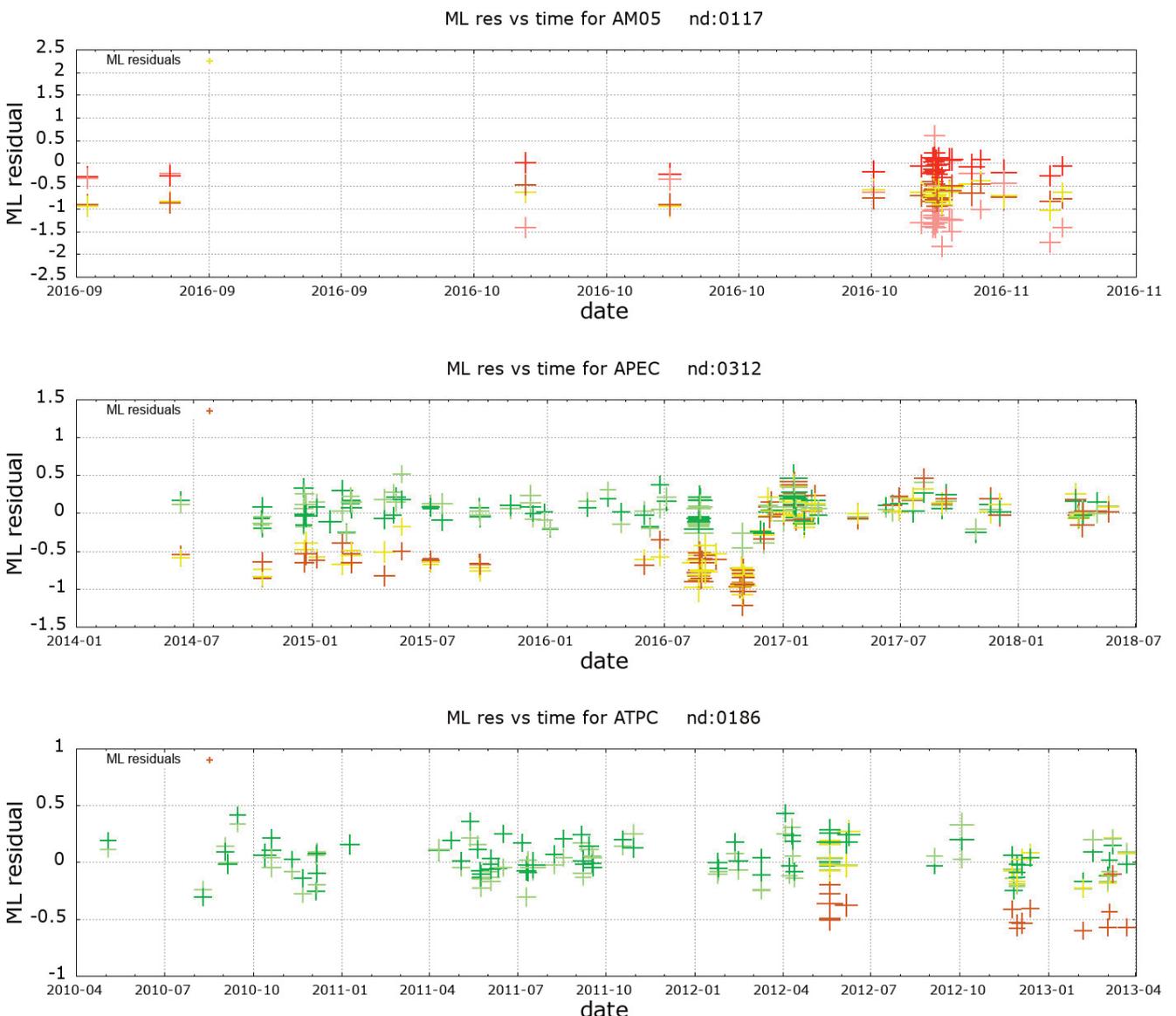




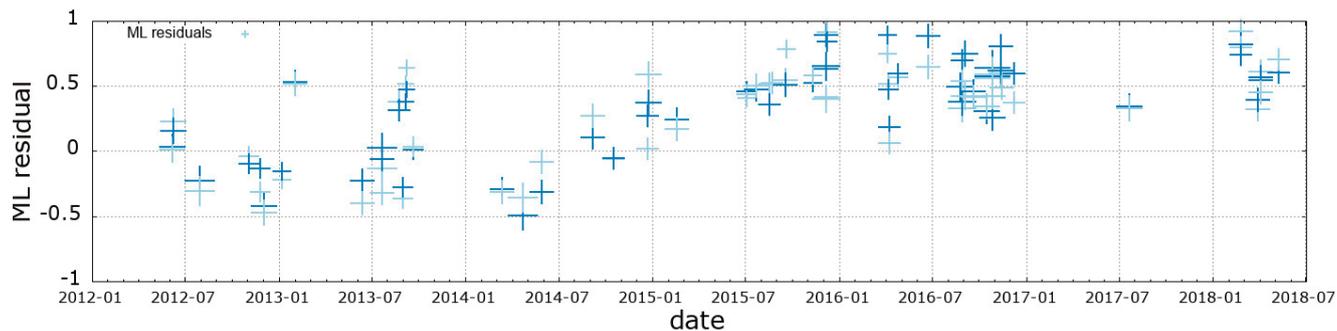
APPENDICE C

Andamento dei residui di alcune stazioni problematiche per le quali non esiste una correzione calcolata in DB16. Per queste stazioni le correzioni calcolate in questo lavoro si riferiscono all'ultimo periodo di osservazione, oppure a uno degli strumenti installati. Ogni croce indica la differenza tra la magnitudo locale, calcolata su una componente di uno strumento, e la magnitudo locale d'evento calcolata usando unicamente le stazioni trattate in DB16. L'interpretazione dei colori è spiegata in figura 6 del testo.

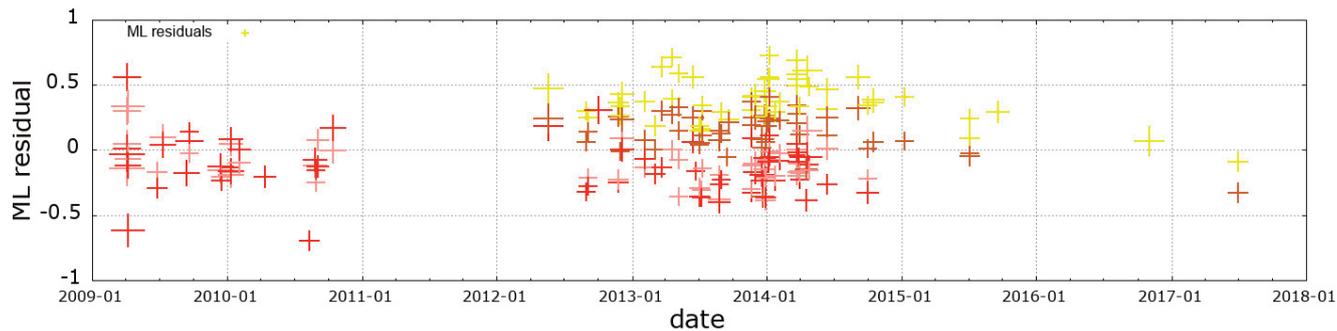
Distribution of the residuals of some problematic stations for which there is no correction calculated in DB16. For these stations the corrections calculated in this work refer to the last observation period, or to one of the installed instruments. Each cross indicates the difference between the local magnitude, calculated on a component of an instrument at that station, and the event local magnitude calculated using only the stations treated in DB16. The interpretation of the colors is explained in figure 6 of the text.



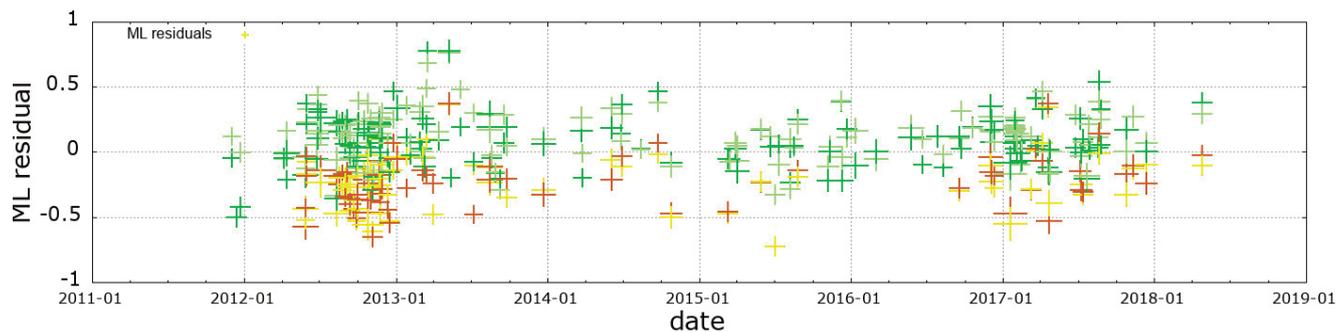
ML res vs time for BOJS nd:0120



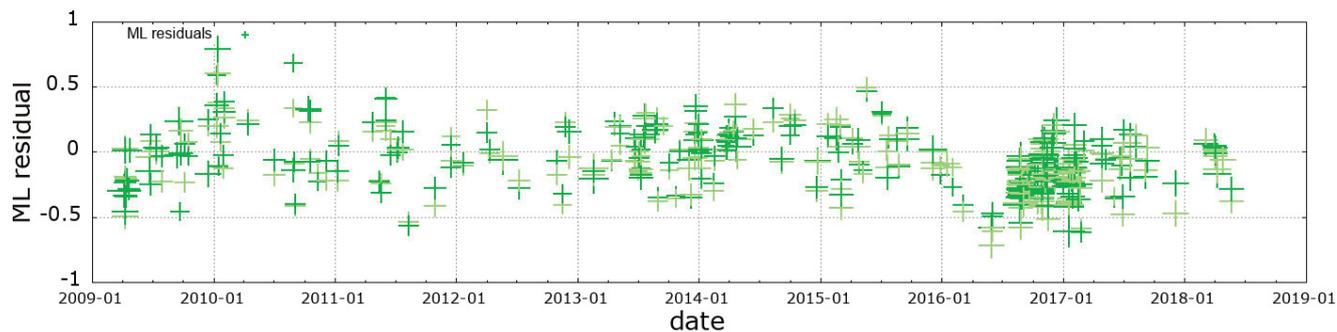
ML res vs time for CDCA nd:0221



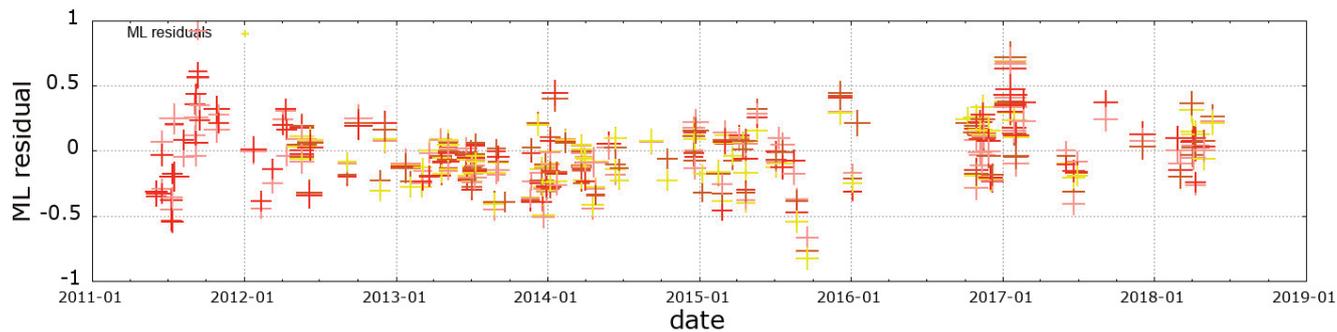
ML res vs time for CELI nd:0413

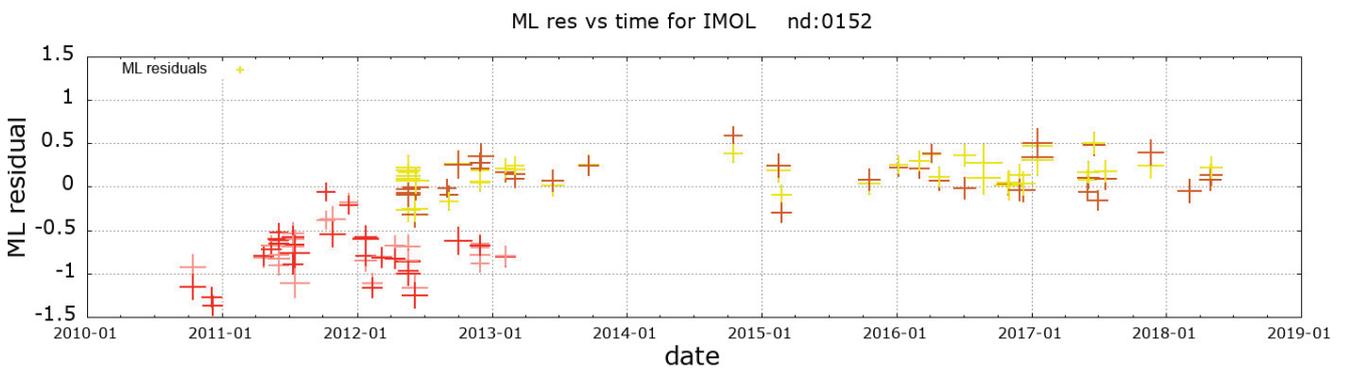
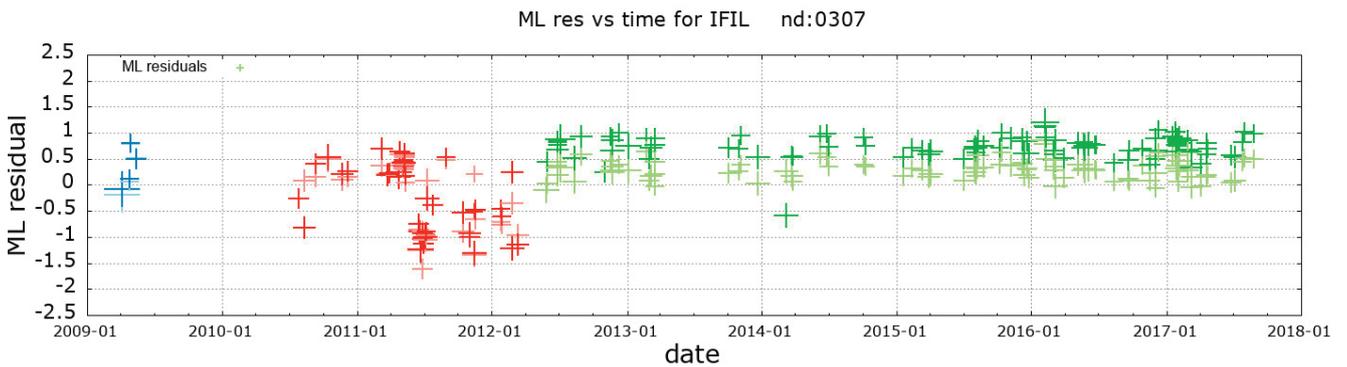
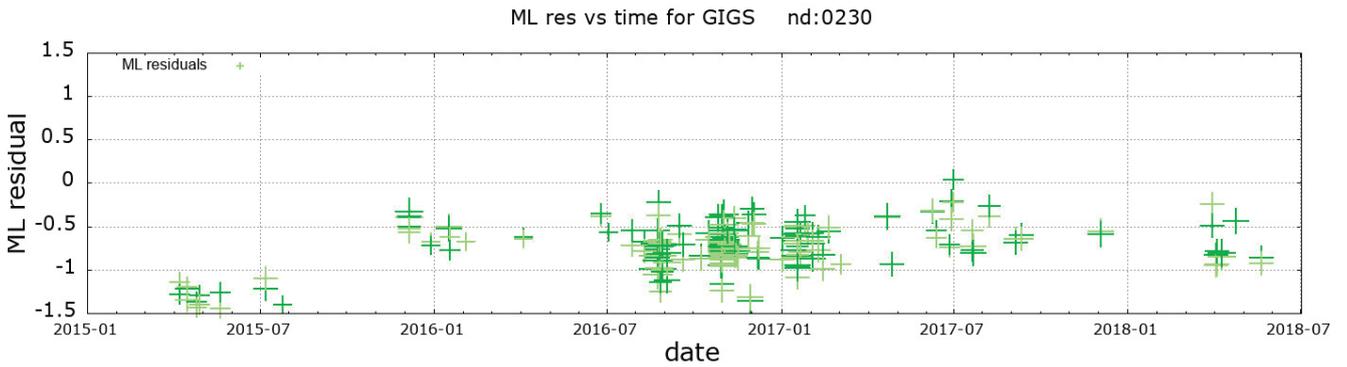
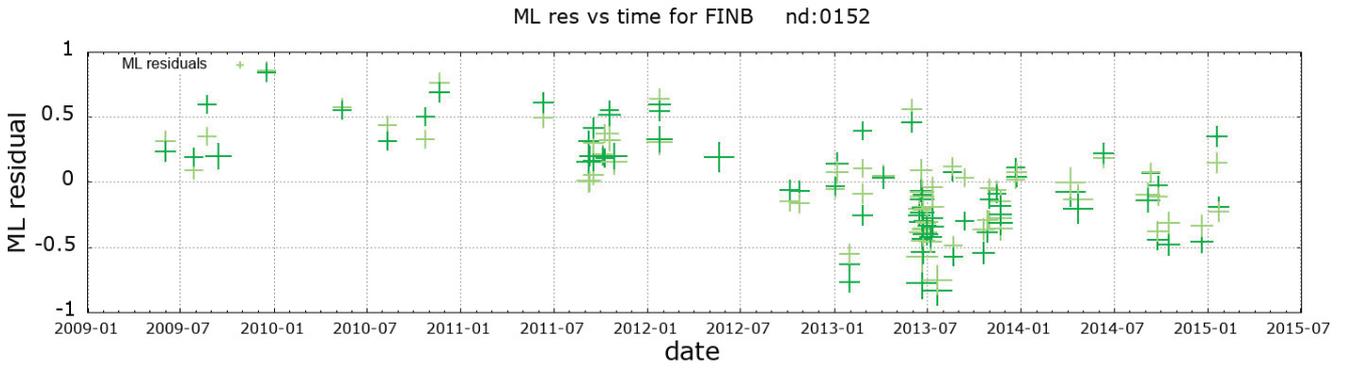
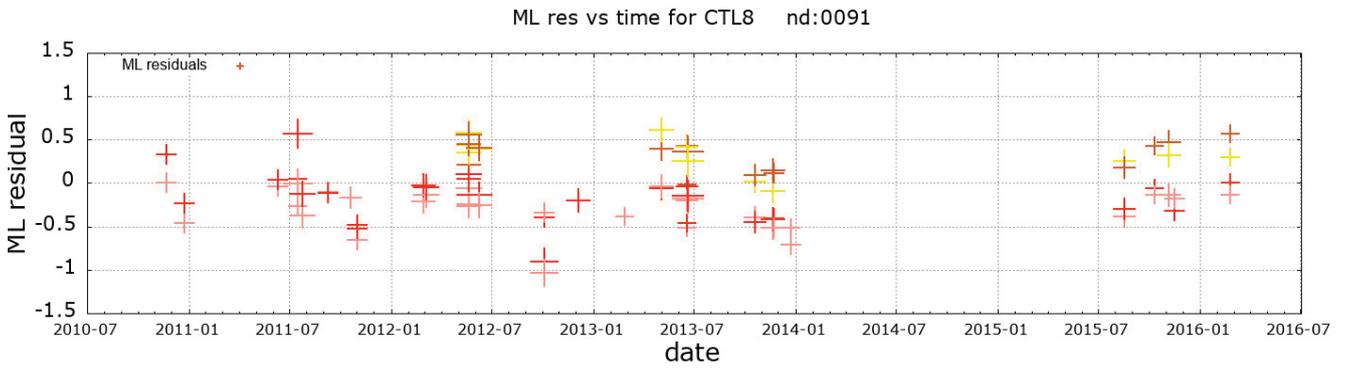


ML res vs time for CESX nd:0510

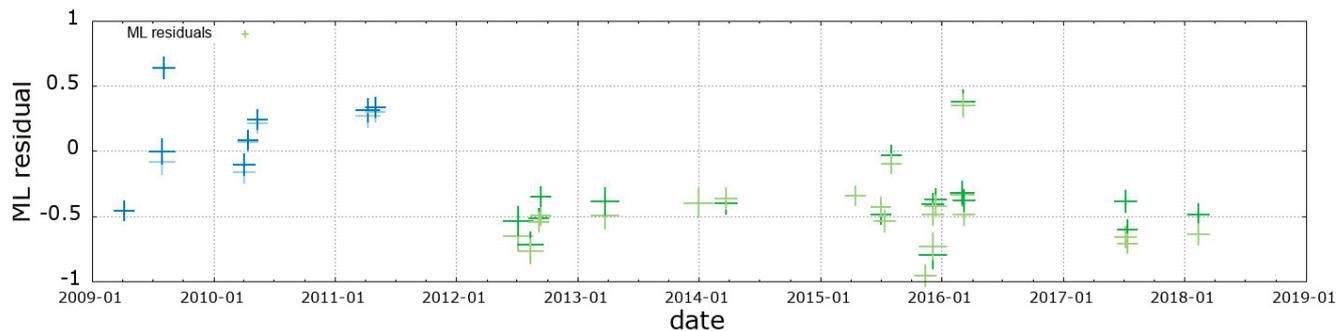


ML res vs time for CPGN nd:0509

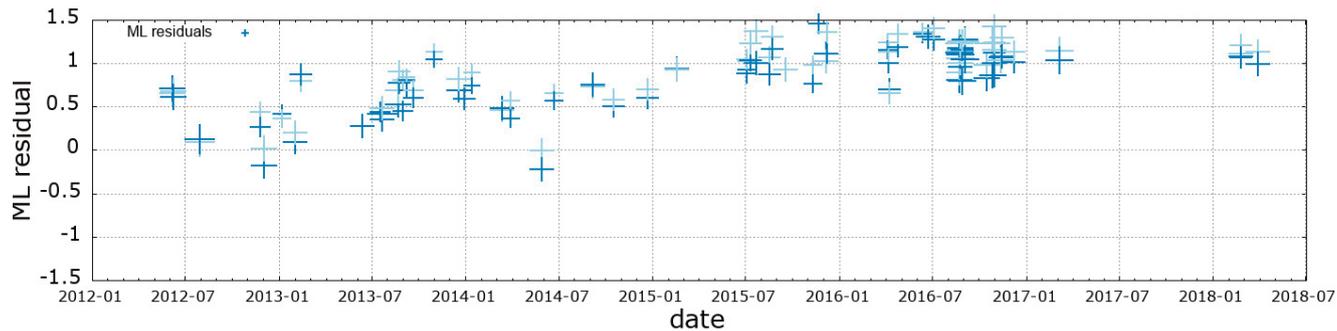




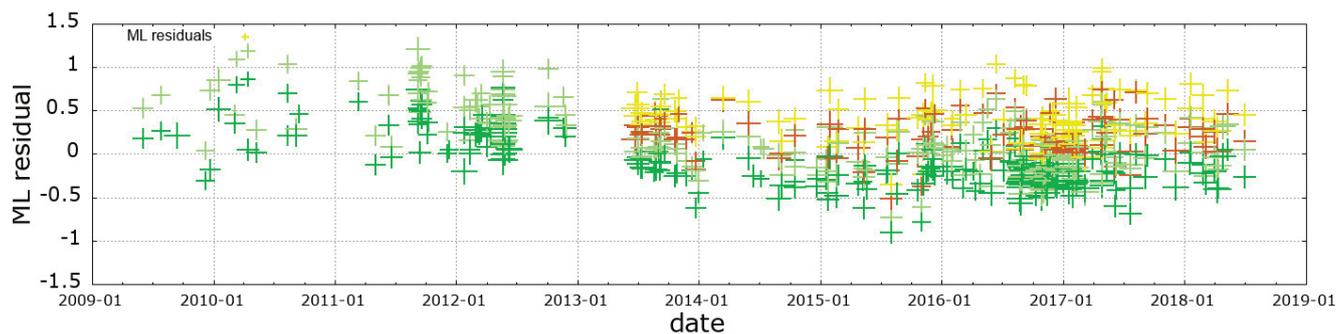
ML res vs time for KEK nd:0054



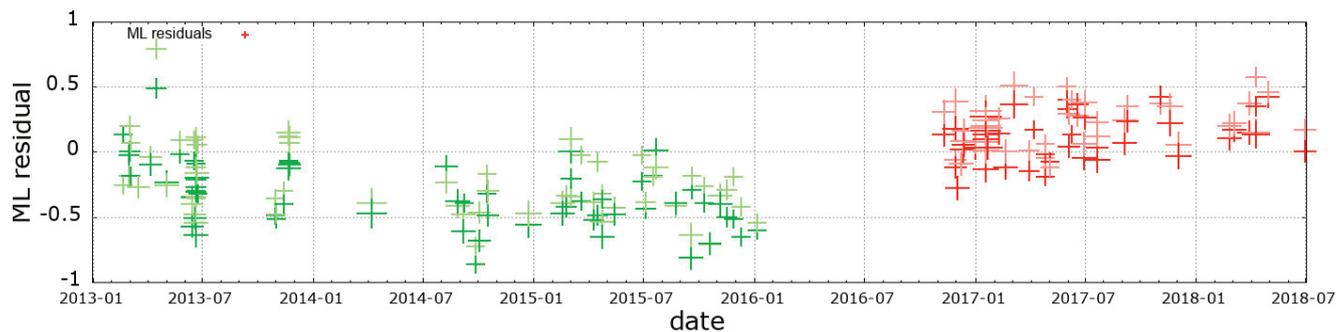
ML res vs time for LJU nd:0136



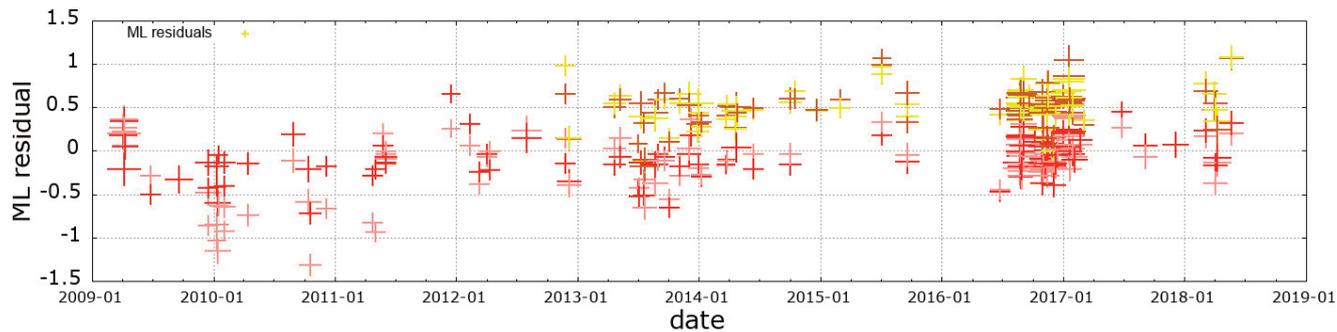
ML res vs time for ROVR nd:0698

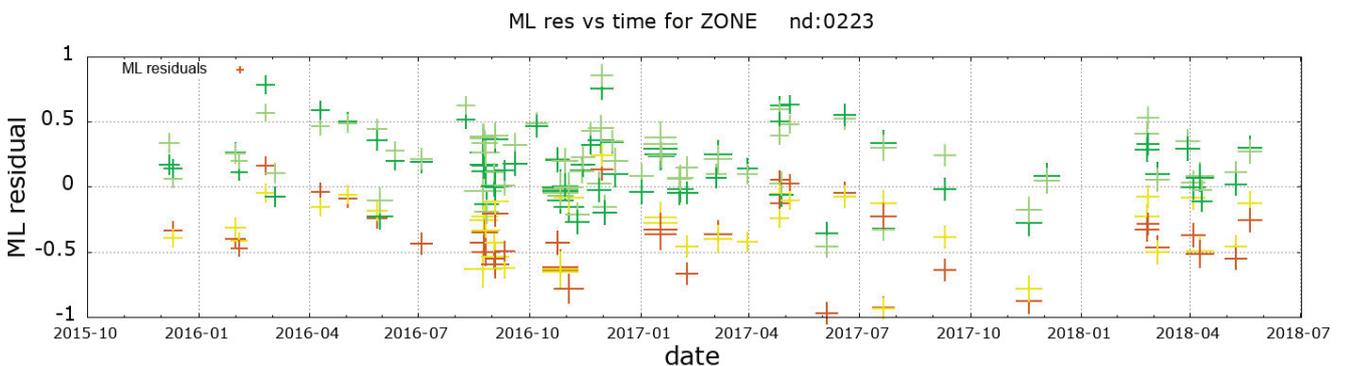
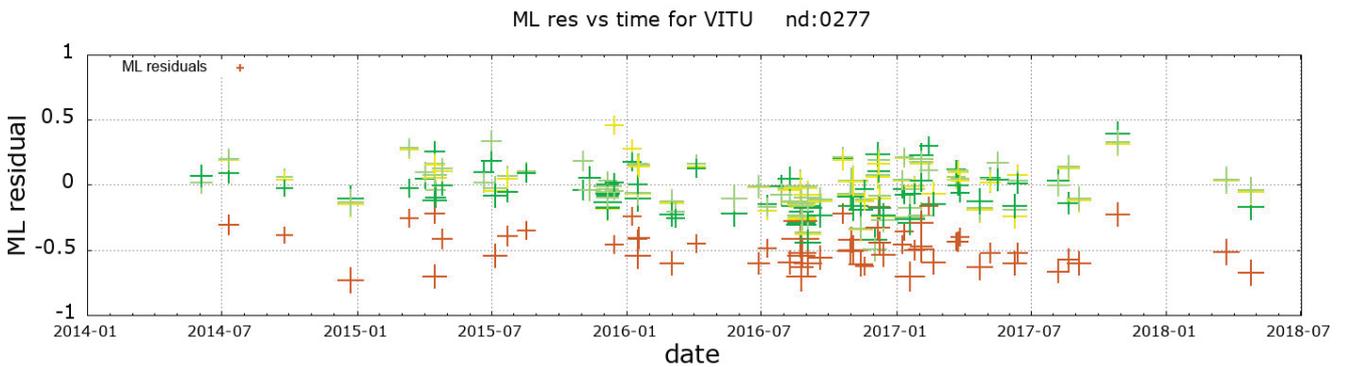
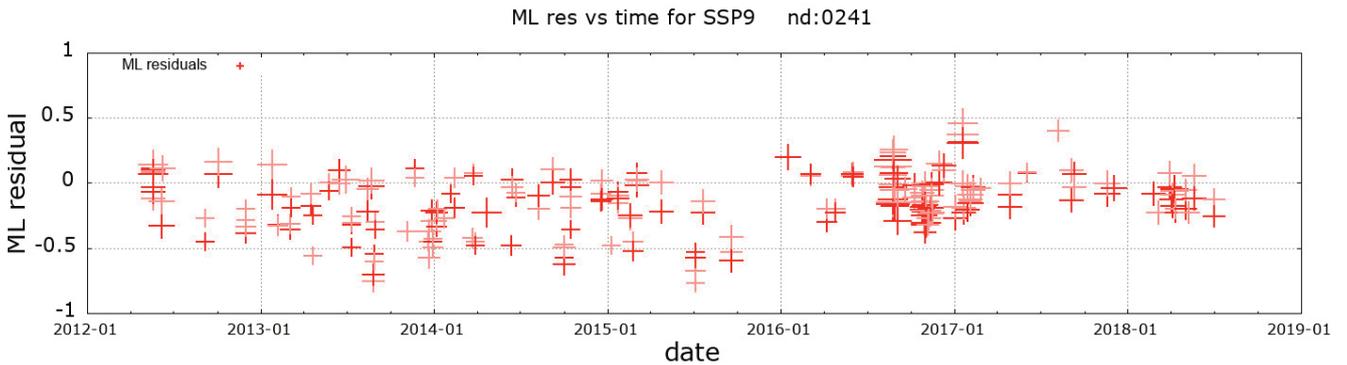
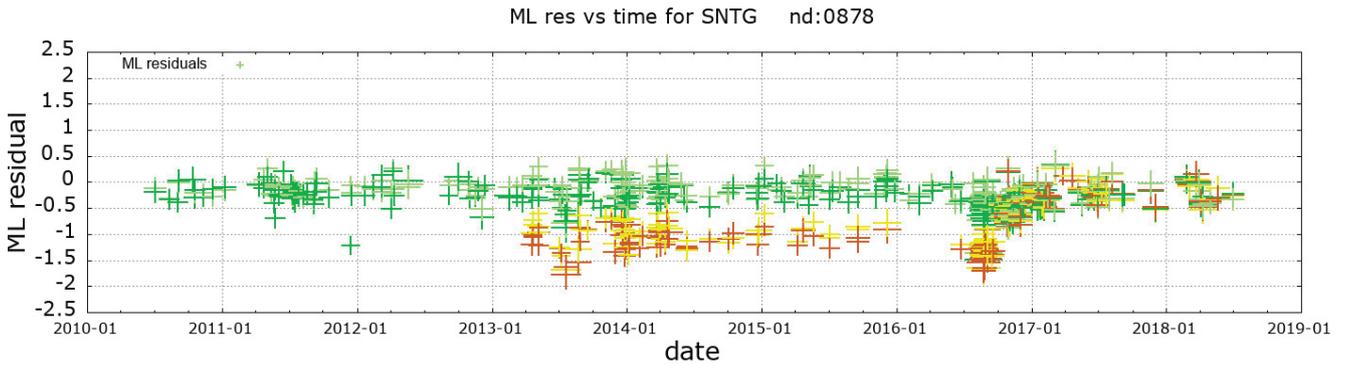
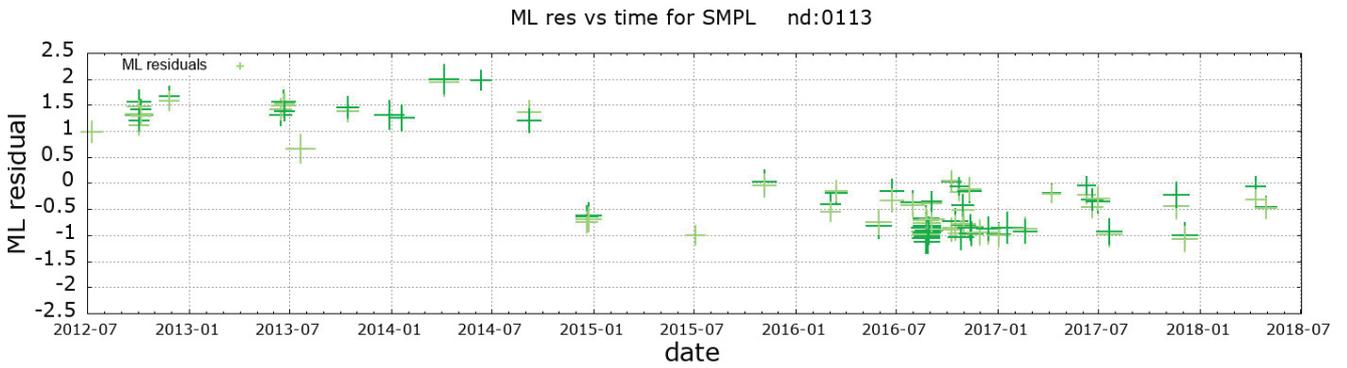


ML res vs time for SARM nd:0210



ML res vs time for SENI nd:0362





APPENDICE D

Stazioni usate in DB16 che non hanno partecipato alle localizzazioni di terremoti italiani nel periodo dal 18 ottobre 2017 al 18 ottobre 2018:

Stations treated in DB16 that did not participate in the localization of Italian earthquakes in the period from October 18, 2017 to October 18, 2018:

BLB, CAFR, CARO, CII, CLLN, DOI, ECVN, EMV, ERBM, HAVL, HCRL, MMME, MNS, NOVE, PZZT, RSM, SC2M, SCHR, SEST, STR4, VTB1.

Stazioni non trattate in DB16 per le quali è stata calcolata una correzione di stazione, che non hanno contribuito a localizzazioni di terremoti italiani nel periodo dal 18 ottobre 2017 al 18 ottobre 2018:

Stations not treated in DB16 for which a station correction was calculated in this work, which did not contribute to Italian earthquake localizations in the period from 18 October 2017 to 18 October 2018:

ATN, CRM1, FINB, HBSP, MCPD, MCSR, NEGI, SASS	Stazioni che hanno fatto parte della Rete Sismica Nazionale o di enti che hanno collaborato con l'INGV.
RM29, RM32, T0104	Stazioni temporanee installate in occasione della sequenza sismica dell'Aquila (operative tra il 2009 e il 2013) [Margheriti et al., 2010].
T0502	Stazione temporanea installata in occasione della sequenza sismica nel Montefeltro (operativa nel 2011) [Moretti et al., 2011].
T0701, T0702, T0721	Stazioni installate in occasione della sequenza sismica di Mormanno (operative tra il 2011 e il 2013). [Margheriti et al., 2013].
T0813	Stazione temporanea installata in occasione della sequenza sismica in Emilia e Romagna (operativa tra il 2012 e il 2013) [Criscuoli et al., 2013], [Moretti et al., 2013].
T0911	Stazione temporanea installata in occasione della sequenza sismica in Lunigiana (operativa nel 2013).
AM05, T1204, T1211, T1212, T1215, T1216, T1217, T1218, T1222, T1241, T1243, T1245, T1256	Stazioni simiche installate in occasione della sequenza sismica di Amatrice-Visso-Norcia (operative tra il 2016 e il 2017) [Moretti et al., 2016].

Bibliografia dell'appendice D

Criscuoli F. et al., (2013). *Terremoto in Emilia Romagna (2012): le attività della Rete Sismica Mobile stand-alone (Re.Mo.)*. Rapporti Tecnici INGV 2013-256. <http://hdl.handle.net/2122/8721>.

Margheriti L. et al. (2010). *Emergenza "Aquila2009": La campagna di acquisizione dati della Rete Sismica Mobile stand-alone del Centro Nazionale Terremoti*. Rapporti Tecnici INGV 2010-151. <http://hdl.handle.net/2122/6114>.

Margheriti L. et al. (2013). *Emergenza nell'area del Pollino: le attività della Rete Sismica Mobile*. Rapporti Tecnici INGV 2013-252. <http://hdl.handle.net/2122/8540>.

Margheriti L. et al. (2014). *Il terremoto del 21 giugno 2013 in Lunigiana. Le attività del coordinamento Sismiko*. Rapporti Tecnici INGV 2014-268. <http://hdl.handle.net/2122/8899>.

Moretti M. et al. (2011). *La sequenza sismica nel Montefeltro (Forlì - Cesena): l'intervento della rete sismica mobile*. Rapporti Tecnici INGV 2011-202. <http://hdl.handle.net/2122/7186>.

Moretti M. et al. (2013). *Terremoto in Emilia Romagna: le attività del Pronto Intervento Sismico durante il primo mese di emergenza. Modalità e tempistica*. Quaderni di Geofisica 2013-110. <http://hdl.handle.net/2122/8527>.

Moretti M. et al (2016). *SISMIKO: emergency network deployment and data sharing for the 2016 central Italy seismic sequence*. *Annals of Geophysics*, 59, Fast Track 5, 2016; doi: 10.4401/AG-7212.

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

http://istituto.ingv.it/it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale e impaginazione

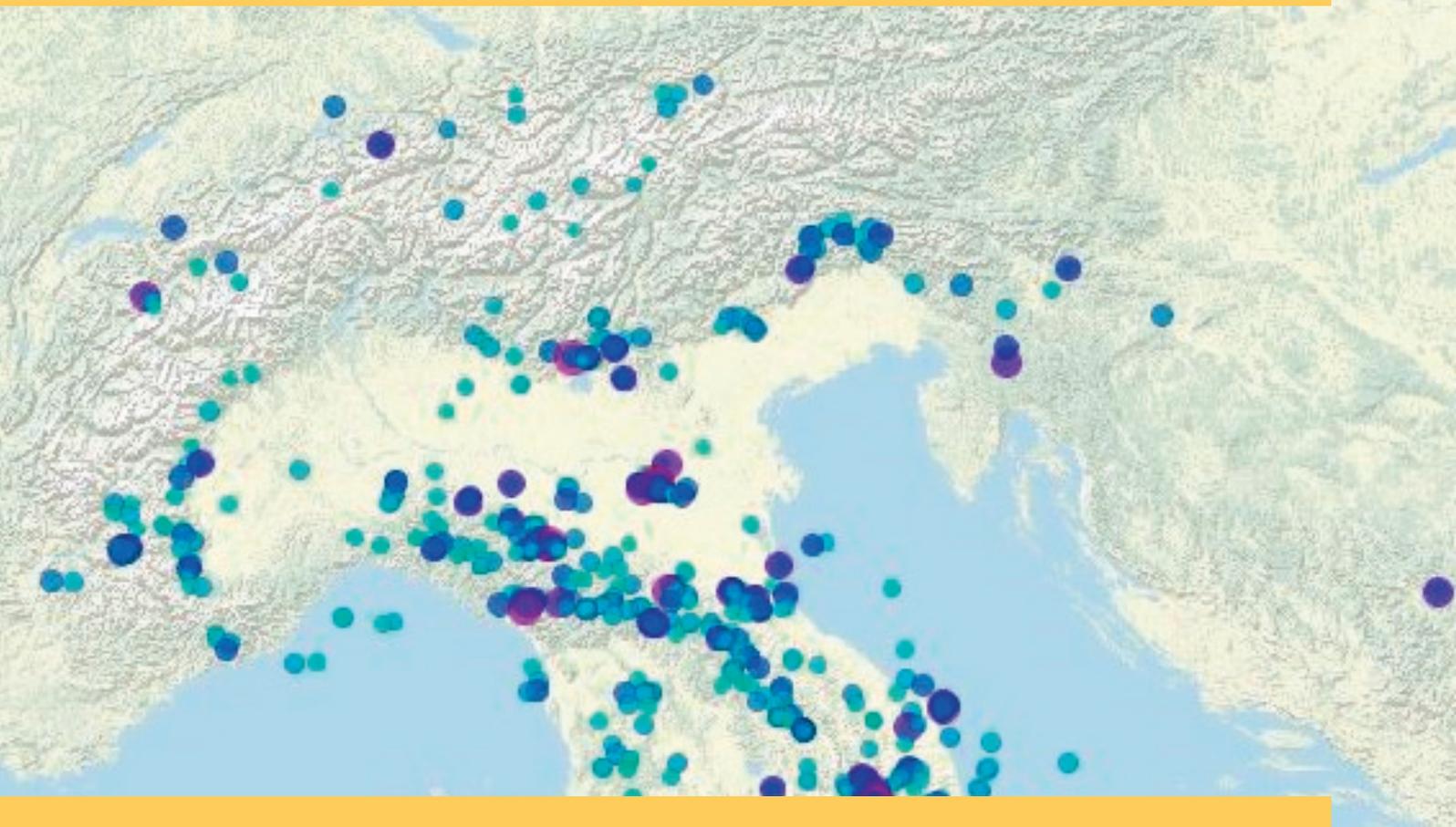
Francesca DI STEFANO, Rossella CELI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico e impaginazione

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

©2019
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
t. +39 06518601

www.ingv.it



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA