

**Allegato 6**  
**Report di monitoraggio vibrazioni**





## INDICE

1	PREMESSA .....	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2.1	NORMA ISO2631/2.....	5
2.2	NORMA UNI 9614:1990 .....	9
3	RICETTORE VIC 01 .....	12
4	STRUMENTAZIONE .....	17
5	RISULTATI.....	19
	ALLEGATO 1 - SCHEDE DI MISURA .....	20



Il monitoraggio delle vibrazioni, effettuato presso l'edificio documenta l'andamento nel tempo dei livelli di disturbo alla popolazione, mediante il confronto con le soglie normative suggerite dalla norma UNI9614:1990. I dati raccolti sono stati rielaborati al fine di consentire di descrivere in sintesi l'andamento temporale dei livelli vibrazionali registrati.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

A differenza del rumore ambientale, regolamentato a livello nazionale dalla Legge Quadro n. 447/95 e relativi decreti attuativi, non esiste al momento alcuna legge che stabilisca limiti quantitativi per l'esposizione alle vibrazioni, se non in ambito di igiene e sicurezza sul lavoro. Sussistono invece norme tecniche, emanate in sede nazionale ed internazionale, che costituiscono un utile riferimento per la valutazione del disturbo e del danno in edifici interessati da fenomeni vibrazionali.

Per quanto riguarda il disturbo alle persone, i principali riferimenti sono costituiti dalla norma ISO 2631 / Parte 2 "Evaluation of human exposure to whole body vibration / Continuous and shock-induced vibration in buildings (1 to 80 Hz)". La norma assume particolare rilevanza pratica poiché ad essa fanno riferimento le norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale relativi alla componente ambientale "Vibrazioni", contenute nel D.P.C.M. 28/12/1988. Ad essa, seppur con alcune non trascurabili differenze, fa riferimento la norma UNI 9614:1990 "Misura delle vibrazioni negli edifici e criteri di valutazione del disturbo" e la più recente normativa sperimentale UNI 11048.

I danni agli edifici determinati dalle vibrazioni vengono trattati dalla UNI 9916 "Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici", norma in sostanziale accordo con i contenuti tecnici della ISO 4866 e in cui vengono richiamate le norme DIN 4150 e BS 7385. Nel mese di Aprile 2004 è stata pubblicata la norma UNI9916:2004 in revisione della norma UNI9916:1991. La norma già nella versione del 1991 fornisce una guida per la scelta di appropriati metodi di misura, di trattamento dei dati e di valutazione dei fenomeni vibratorii allo scopo di permettere anche la valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici, con riferimento alla loro risposta strutturale ed integrità architettonica.

### 2.1 Norma ISO2631/2

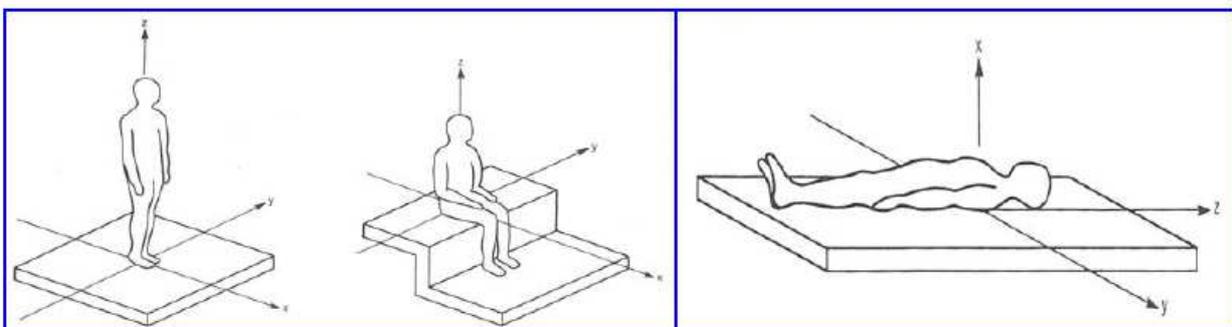
La ISO 2631-2 si applica a vibrazioni trasmesse da superfici solide lungo gli assi x, y e z per persone in piedi, sedute o coricate. Il campo di frequenze considerato è 1÷80 Hz e il parametro di valutazione è il valore efficace dell'accelerazione  $a_{rms}$  definito come:

$$a_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T a^2(t) dt}$$

dove  $a(t)$  è l'accelerazione in funzione del tempo,  $T$  è la durata dell'integrazione nel tempo dell'accelerazione.

La norma definisce tre curve base per le accelerazioni e tre curve base per le velocità (in funzione delle frequenze di centro banda definite per terzi di ottava) che rappresentano le curve approssimate di uguale risposta in termini di disturbo, rispettivamente per le accelerazioni riferite all'asse Z, agli assi X,Y e alla combinazione dei tre assi. L'Annex A della ISO 2631-2 (che non rappresenta peraltro parte integrante della norma) fornisce informazioni sui criteri di valutazione della risposta soggettiva alle vibrazioni; in pratica sono riportati i fattori di moltiplicazione da applicare alle curve base delle accelerazioni e delle velocità al variare del periodo di riferimento (giorno e notte), del tipo di vibrazione (vibrazioni continue o intermittenti, vibrazioni transitorie) e del tipo di insediamento (ospedali, laboratori di precisione, residenze, uffici, industrie); i valori dei fattori di moltiplicazione sono indicati in Tabella 2.

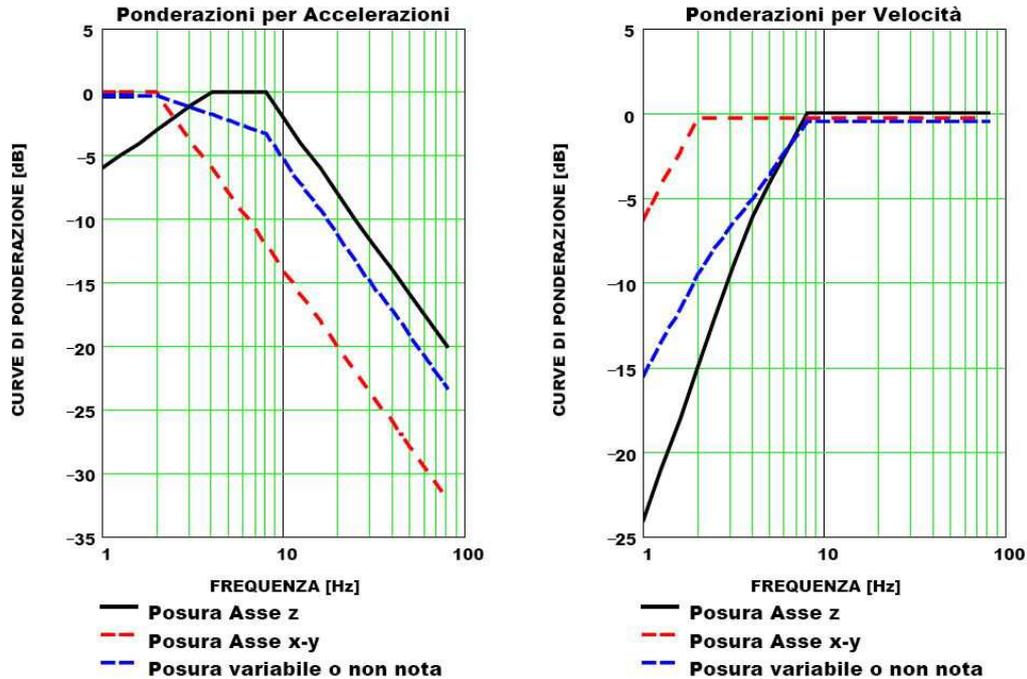
Le vibrazioni devono essere misurate nel punto di ingresso nel corpo umano e deve essere rilevato il valore di accelerazione rms perpendicolarmente alla superficie vibrante. Nel caso di edifici residenziali in cui non è facilmente definibile un asse specifico di vibrazione, in quanto lo stesso edificio può essere usato da persone in piedi o coricate in diverse ore del giorno, la norma presenta una curva limite che tiene conto delle condizioni più sfavorevoli combinate in tre assi.



**Figura 2 - Rappresentazione delle tre componenti in funzione della posizione del corpo**

Frequenza [Hz]	Accelerazione in $m/s^2 \cdot 10^{-3}$		
	Asse Z	Assi X-Y	Assi combinati
1	10.00	3.60	3.60
1.25	8.90	3.60	3.60
1.6	8.00	3.60	3.60
2	7.00	3.60	3.60
2.5	6.30	4.51	3.72
3.15	5.70	5.68	3.87
4	5.00	7.21	4.07
5	5.00	9.02	4.30
6.3	5.00	11.40	4.60
8	5.00	14.40	5.00
10	6.30	18.00	6.30
12.5	7.81	22.50	7.80
16	10.00	28.90	10.00
20	12.50	36.10	12.50
25	15.60	45.10	15.60
31.5	19.70	56.80	19.70
40	25.00	72.10	25.00
50	31.30	90.20	31.30
63	39.40	114.00	39.40
80	50.00	144.00	50.00

**Tabella 1** - Valori numerici per le curve di ponderazione



**Figura 3** - Curve di ponderazione (ISO) per le vibrazioni lungo gli assi verticali, orizzontali e per postura non nota per le frequenze da 1 Hz a 80 Hz

**Tabella 2** - Fattori di moltiplicazione delle curve base (ISO 2631-2 Annex A)

Destinazione d'uso	Periodo	Vibrazioni continue intermittenti	Vibrazioni transitorie
Luoghi di lavoro critici (camere operatorie, laboratori di precisione, teatri, ecc.)	Giorno Notte	1	1
Edifici residenziali	Giorno	2÷4	30÷90
	Notte	1.4	1.4÷20
Uffici	Giorno	4	60÷128
	Notte		
Luoghi di lavoro	Giorno	8	90÷128
	Notte		

## 2.2 Norma UNI 9614:1990

La norma è sostanzialmente in accordo con la ISO 2631-2. Tuttavia, sebbene le modalità di misura siano le stesse, la valutazione del disturbo è effettuata sulla base del valore di accelerazione rms ponderato in frequenza, il quale è confrontato con una serie di valori limite dipendenti dal periodo di riferimento (giorno, dalle 7:00 alle 22:00, e notte, dalle 22:00 alle 7:00) e dalle destinazioni d'uso degli edifici. Generalmente, tra le due norme, la UNI 9614:1990 si configura come più restrittiva.

Dato che gli effetti prodotti dalle vibrazioni sono differenti a seconda della frequenza delle accelerazioni, vanno impiegati dei filtri che ponderano le accelerazioni a seconda del loro effetto sul soggetto esposto. Tali filtri rendono tutte le componenti dello spettro equivalenti in termini di percezione e quindi di disturbo. I simboli dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza e del corrispondente livello sono rispettivamente,  $a_w$  e  $L_w$ . Quest'ultimo, espresso in dB, è definito come  $L_w = 20 \log_{10} (a_w / 10^{-6}) [m/s^2]$ .

Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo l'asse z prevede una attenuazione di 3 dB per ottava tra 4 e 1 Hz, una attenuazione nulla tra 4 e 8 Hz ed una attenuazione di 6 dB per ottava tra 8 e 80 Hz. Il filtro per le accelerazioni che si trasmettono secondo gli assi x e y prevede una attenuazione nulla tra 1 e 2 Hz e una attenuazione di 6 dB per ottava tra 2 e 80 Hz. La banda di frequenza 1-80 Hz deve essere limitata da un filtro passabanda con una pendenza asintotica di 12 dB per ottava. Nel caso la postura del soggetto esposto non sia nota o vari nel tempo, va impiegato il filtro definito nel prospetto I della norma, ottenuto considerando per ogni banda il valore minimo tra i due filtri suddetti. In alternativa, i rilievi su ogni asse vanno effettuati utilizzando in successione i filtri sopraindicati; ai fini della valutazione del disturbo verrà considerato il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza più elevato.

Nell'Appendice della norma UNI 9614:1990, che non costituisce parte integrante della norma, si indica che la valutazione del disturbo associato alle vibrazioni di livello costante deve essere svolta confrontando i valori delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, o i corrispondenti livelli più elevati riscontrati sui tre assi, con una serie di valori limite riportati nei prospetti II e III (Tabelle 3 e 4).

Quando i valori o i livelli delle vibrazioni in esame superano i limiti, le vibrazioni possono essere considerate oggettivamente disturbanti per il soggetto esposto.

Nel caso di vibrazioni di tipo impulsivo è necessario misurare il livello di picco dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza; tale livello deve essere successivamente diminuito di 3 dB al fine di stimare il corrispondente livello efficace.

I limiti (Tabella 5) possono essere adottati se il numero di eventi impulsivi giornalieri non è superiore a 3. Nel caso si manifestino più di 3 eventi impulsivi giornalieri i limiti fissati per le abitazioni, gli uffici e le fabbriche vanno diminuiti in base al numero di eventi e alla loro durata, moltiplicandoli per un fattore correttivo F. Nessuna riduzione può essere applicata per le aree critiche.

Nel caso di impulsi di durata inferiore a 1 s si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5}$ . Per impulsi di durata maggiore si deve porre  $F = 1.7 \cdot N^{-0.5} \cdot t^{-k}$ , con  $k = 1.22$  per pavimenti in calcestruzzo e  $k = 0.32$  per pavimenti in legno. Qualora i limiti così calcolati risultassero inferiori ai limiti previsti per le vibrazioni di livello stazionario, dovranno essere adottati questi ultimi valori.

**Tabella 3** - Limite UNI 9614:1990 delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, di livello costante e non costante, validi per l'asse Z

DESTINAZIONE D'USO	$a_w$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_w$ [dB]
Aree critiche	$5.0 \times 10^{-3}$	74
Abitazioni (Notte)	$7.0 \times 10^{-3}$	77
Abitazioni (Giorno)	$10.0 \times 10^{-3}$	80
Uffici	$20.0 \times 10^{-3}$	86
Fabbriche	$40.0 \times 10^{-3}$	92

**Tabella 4** - Limite UNI 9614:1990 delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza, di livello costante e non costante, validi per gli assi X-Y

DESTINAZIONE D'USO	$a_w$ [m/s <sup>2</sup> ]	$L_w$ [dB]
Aree critiche	$3.6 \times 10^{-3}$	71
Abitazioni (Notte)	$5.0 \times 10^{-3}$	74
Abitazioni (Giorno)	$7.2 \times 10^{-3}$	77
Uffici	$14.4 \times 10^{-3}$	83
Fabbriche	$28.8 \times 10^{-3}$	89

**Tabella 5** - Limiti delle accelerazioni complessive ponderate in frequenza in presenza di vibrazioni impulsive

DESTINAZIONE D'USO	$a_w (Z)$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_w (X-Y)$ [m/s <sup>2</sup> ]
Aree critiche	$5.0 \times 10^{-3}$	$3.6 \times 10^{-3}$
Abitazioni (Notte)	$7.0 \times 10^{-3}$	$5.0 \times 10^{-3}$
Abitazioni (Giorno)	0.30	0.22
Uffici	0.64	0.46
Fabbriche	0.64	0.46

La norma specifica nell'appendice A.4 che nel caso di vibrazioni indotte da veicoli ferroviari e immesse nelle abitazioni, si ritiene come valore soglia di riferimento  $30,0 \times 10^{-3}$  (asse z) m/s<sup>2</sup> e  $21,6 \times 10^{-3}$  (asse x,y) m/s<sup>2</sup>, ovvero 89.6 dB (asse z) e 86,7 dB (asse x y).

Si precisa che dal 7 settembre 2017 è entrata in vigore la norma 9614:2017. Ai fini del monitoraggio presso il ricettore VIC 01, l'elaborazione dei dati è stata svolta secondo la versione 1990, in quanto il progetto è stato autorizzato prima della data di pubblicazione della norma (vedi capitolo scopo e campo di applicazione UNI 9614:2017).

### 3 RICETTORE VIC 01

Il monitoraggio è stato effettuato presso un ricettore di due piani fuori terra prospiciente alle future aree di cantiere, sito in via Giacinto Gigante 120 - Casoria (NA).



Figura 4 – Ubicazione del ricettore VIC01

La campagna di misura ha avuto durata di 24 ore, utilizzando una terna accelerometrica posizionata al piano terra e una terna posizionata al primo piano dell'edificio, entrambi a centro solaio della stanza adibita ad uffici.

La zona è densamente antropizzata ed il traffico risulta essere piuttosto sostenuto, soprattutto lungo la vicina Strada Variante alla via Vecchia Nazionale delle Puglie. A 25 m di distanza dal ricettore si trova la linea ferroviaria, in direzione sud - ovest.



**Figura 5 – Vista esterna del ricettore**



**Figura 6 – Posizionamento strumentazione al piano terra e piano primo**

Nella tabella sottostante si riportano i livelli di accelerazione orari rilevati durante la campagna di monitoraggio AO effettuata presso il ricettore in esame. Oltre ai livelli equivalenti ( $L_w$ ) orari per ogni asse sono riportati, per ciascuna ora di monitoraggio, anche i livelli massimi rilevati ( $L_{max}$ ).

**PIANO TERRA**

Time(s)	Asse X		Asse Y		Asse Z	
	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)
26/09/2017 10:16	49,6	73,3	47,6	71,0	52,7	74,1
26/09/2017 11:00	53,9	76,9	46,7	69,6	52,9	72,5
26/09/2017 12:00	50,3	72,5	46,0	71,9	52,8	74,8
26/09/2017 13:00	46,6	63,8	44,2	64,3	50,9	69,7
26/09/2017 14:00	48,4	68,2	45,9	68,3	53,2	76,0
26/09/2017 15:00	47,3	71,7	45,8	62,4	51,5	69,9
26/09/2017 16:00	49,7	68,1	52,2	69,9	53,0	75,8
26/09/2017 17:00	47,4	67,7	52,8	68,4	51,1	70,1
26/09/2017 18:00	51,1	70,7	54,3	73,4	52,6	74,5
26/09/2017 19:00	51,7	66,5	44,4	67,5	51,2	73,5
26/09/2017 20:00	49,9	66,8	43,5	62,3	50,3	70,3
26/09/2017 21:00	48,4	65,9	40,3	63,4	46,4	69,8
26/09/2017 22:00	48,8	66,5	52,8	62,9	49,9	71,1
26/09/2017 23:00	47,7	65,8	39,8	60,3	46,1	69,4
27/09/2017 00:00	46,7	55,3	36,7	51,2	41,5	60,7
27/09/2017 01:00	46,7	55,0	36,5	51,5	42,6	64,3
27/09/2017 02:00	46,5	52,9	35,3	42,3	36,6	51,1
27/09/2017 03:00	47,7	58,8	37,9	54,6	43,5	63,2
27/09/2017 04:00	48,2	63,2	41,2	63,3	47,3	72,4
27/09/2017 05:00	48,4	67,7	43,1	69,2	49,3	73,8
27/09/2017 06:00	50,0	72,8	44,0	62,6	51,0	71,2
27/09/2017 07:00	50,5	67,2	46,0	66,9	52,6	72,4
27/09/2017 08:00	50,7	70,4	48,9	66,3	53,9	74,2
27/09/2017 09:00	46,5	63,0	48,1	62,2	51,7	69,0
27/09/2017 10:00	45,7	55,8	48,0	56,0	51,1	61,7

Media DIURNA	49,9	48,6	52,0
Media NOTTURNA	48,0	40,7	47,1

Max DIURNA	53,9	76,9	54,3	73,4	53,9	76,0
Max NOTTURNA	50,0	72,8	52,8	69,2	51,0	73,8

**Figura 7 – Risultati monitoraggio presso VIC 01 – Piano Terra**

**PRIMO PIANO**

Time(s)	Asse X		Asse Y		Asse Z	
	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)
26/09/2017 09:58	49,7	56,2	53,1	60,3	53,1	62,7
26/09/2017 10:00	50,7	70,3	52,7	70,1	53,6	77,7
26/09/2017 11:00	49,6	67,6	52,4	73,7	52,0	72,0
26/09/2017 12:00	50,0	70,9	52,1	70,2	53,5	78,0
26/09/2017 13:00	50,5	69,7	52,4	69,2	52,6	71,3
26/09/2017 14:00	51,8	70,6	53,0	70,4	54,7	79,2
26/09/2017 15:00	50,0	66,9	52,4	66,3	52,8	71,8
26/09/2017 16:00	51,0	70,5	53,5	73,9	54,4	79,6
26/09/2017 17:00	49,6	69,0	51,6	70,5	52,2	71,2
26/09/2017 18:00	50,7	69,9	51,8	70,0	54,3	80,7
26/09/2017 19:00	49,9	70,2	51,1	70,1	52,6	75,8
26/09/2017 20:00	49,6	70,8	50,7	71,0	51,4	71,2
26/09/2017 21:00	45,6	69,8	46,9	68,4	47,7	72,0
26/09/2017 22:00	48,5	68,8	49,9	71,8	51,0	72,8
26/09/2017 23:00	45,3	68,5	46,8	68,8	46,9	69,6
27/09/2017 00:00	40,1	60,7	43,2	62,0	42,6	63,1
27/09/2017 01:00	40,7	62,7	44,0	66,7	43,5	65,8
27/09/2017 02:00	35,4	49,4	38,1	51,8	37,0	51,1
27/09/2017 03:00	42,5	63,6	45,7	68,1	44,7	67,4
27/09/2017 04:00	45,5	66,1	47,7	66,3	49,0	75,6
27/09/2017 05:00	46,8	69,6	49,2	69,1	50,6	75,9
27/09/2017 06:00	50,4	75,7	52,4	72,1	51,7	71,4
27/09/2017 07:00	52,1	71,2	54,8	74,7	54,4	75,7
27/09/2017 08:00	52,4	71,1	54,7	74,5	54,6	78,0
27/09/2017 09:00	50,9	68,5	53,4	69,0	53,1	71,1
<b>Media DIURNA</b>	50,5		52,6		53,2	
<b>Media NOTTURNA</b>	45,8		47,9		48,2	
<b>Max DIURNA</b>	52,4	71,2	54,8	74,7	54,7	80,7
<b>Max NOTTURNA</b>	50,4	75,7	52,4	72,1	51,7	75,9

**Figura 8 – Risultati monitoraggio presso VIC 01 – Piano Primo**

Nel caso in esame il ricettore è un edificio contenente locali ad uso ufficio per cui il limite definito dalla norma UNI9614:1990 pari a 83 dB in periodo diurno (07:00 - 22:00), è rispettato sia per il piano terra che per il piano primo.

Suddetto ricettore ha caratteristiche costruttive rappresentative degli edifici attigui residenziali e per questo è assimilabile ad essi, riscontrando così al piano terra un livello di accelerazione massimo istantaneo inferiore alle soglie previste dalla norma UNI 9614 del 1990 per il disturbo alla popolazione, ovvero 77 dB per il periodo diurno (07:00 - 22:00) e 74 dB per il periodo notturno (22:00 - 07:00).

Al primo piano si rilevano dei picchi di accelerazione ponderata in frequenza sia in periodo diurno che notturno non conformi alle suddette soglie e legati ai transiti ferroviari lungo le linee adiacenti al ricettore.

Secondo l'appendice A.4 della norma UNI 9614:1990, i valori soglia di riferimento da considerare per le vibrazioni prodotte dai veicoli ferroviari, sono  $30,0 \cdot 10^{-3}$  (asse z) e  $21,6 \cdot 10^{-3}$  (asse x,y)  $m/s^2$ , ovvero 89,6 dB (asse z) e 86,7 dB (asse x y); i picchi riscontrati risultano inferiori ai suddetti valori di riferimento.

#### 4 STRUMENTAZIONE

Il rilievo delle vibrazioni è stato svolto mediante sistemi di misura ad elevata sensibilità, costituiti dai seguenti dispositivi:

- N. 2 catene di misura con analizzatori multicanale Sinus Soundbook composti da:
  - *PC Portatile Panasonic Toughbook s.n. 6071 - 6073;*
  - *Sistema di acquisizione e analisi dati a 4 canali con software di gestione "Samurai";*
  - *Terna accelerometrica costituita da 3 accelerometri monoassiali PCB Piezotronics modello 393A03 - Sensibilità 1000 mV/g;*
  - *Calibratore accelerometrico Larson&Davis mod 394C06 sn. LW6078;*
  - *Massetti metallici per il fissaggio degli accelerometri;*
  - *Cavi di collegamento.*



Figura 9 – Monitor del Soundbook e sensori della terna accelerometrica

La calibrazione delle catene di misura è stata eseguita in loco, preliminarmente all'avvio dell'acquisizione, utilizzando il calibratore di vibrazioni Larson Davis 394C06 s.n. LW6087 operante alla frequenza 159.2 Hz e 1 g di accelerazione rms.

Il monitoraggio è stato svolto, come prescritto nel piano di monitoraggio ambientale, in una campagna di misura Ante Operam (a settembre 2017).

Le terne accelerometriche abbinata ai rispettivi massetti sono state posizionate sul pavimento delle camere adibite al monitoraggio. I sensori sono stati posizionati in modo tale

da non risultare d'intralcio per gli occupanti e quindi da non essere urtati con facilità, compatibilmente con l'ingombro degli arredi.

L'acquisizione dei dati di vibrazioni sui 3 assi è stata impostata con applicazione diretta dei filtri di ponderazione previsti dalla norma UNI 9614:1990 per postura non nota (condizione cautelativa); il tempo di campionamento è stato impostato a 0,1 s con costante di integrazione "slow". I filtri in frequenza per le vibrazioni sono stati impostati ad 1/3 d'ottava nel range 1-80 Hz.

## 5 RISULTATI

Il monitoraggio delle indagini vibrazionali condotte nell'ambito del Progetto di Monitoraggio Ambientale per l'itinerario Napoli Bari - variante linea Canello - Napoli, definisce lo scenario Ante Operam rileva un rispetto dei limiti normativi fissati per il disturbo alle persone generato dall'immissione di vibrazioni all'interno di ambienti abitativi (UNI 9614:1990).

RELAZIONE DI SINTESI

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA	PROG.	REV	FOGLIO
I FOE	00	D	22	RH	AR00A3	001	A.	20 di 20

**ALLEGATO 1 - SCHEDE DI MISURA**



# REPORT DI MISURA

## VIC 01

Via Giacinto Gigante 120 - Casoria (NA)  
40°53'39.28"N - 14°19'41.78"E



## 1. Premessa

Il presente documento costituisce il report di misura delle indagini vibrazionali condotte nell'ambito del Progetto di Monitoraggio Ambientale per l'itinerario Napoli Bari - variante linea Canello - Napoli.

La postazione di misura è ubicata presso un edificio a due piani situato in via Giacinto Gigante 120 a Casoria (NA) ed ha codice di PMA "VIC01". La terna accelerometrica è stata collocata al piano terra e al piano primo.

## 2. Normativa di riferimento

L'inquinamento da vibrazioni viene regolamentato da normative tecniche inerenti al disturbo sull'uomo e agli effetti sugli edifici, dal momento che non esiste a tutt'oggi una legislazione specifica in merito a livello nazionale. Tali norme introducono le grandezze e i parametri che devono essere valutati e definiscono le caratteristiche dei sistemi di rilevazione e della strumentazione da impiegare per le misure.

Il problema del disturbo causato dalle vibrazioni sull'uomo viene trattato, in particolare, dalla norma ISO 2631 e dalla UNI 9614 che risultano sostanzialmente in accordo. Gli standard di protezione sull'uomo previsti dalle suddette normative garantiscono ampiamente rispetto alla possibile insorgenza di danni agli edifici e, pertanto, l'azione sugli edifici deve essere valutata nel caso di beni monumentali o storici per i quali possono essere assunti limiti più restrittivi.

## 3. Parametri oggetto delle misure

La grandezza principale per la valutazione del disturbo da vibrazioni è individuata nel valore efficace (RMS - Root-Mean-Square) dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza  $w$ , definito dalla relazione:

$$a_w = \left[ \frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{0,5}$$

dove:

- $t$  è il tempo;
- $a(t)$  è l'accelerazione complessiva ponderata in frequenza;
- $T$  è la durata del periodo di riferimento.

Una rappresentazione equivalente è data dal livello di accelerazione  $L$ , definito dalla relazione:

$$L = 20 \text{ LOG} \left( \frac{a_w}{a_0} \right)$$

dove  $a_0$  è il valore dell'accelerazione di riferimento, pari a  $10^{-6}$  m/s<sup>2</sup>. Nel caso si utilizzino sistemi di acquisizione senza filtri di ponderazione, il livello dell'accelerazione complessiva ponderata in frequenza può essere calcolato in fase di elaborazione dall'accelerogramma misurato in terzi d'ottava nell'intervallo 1-80 Hz.



## 4. Organizzazione delle misure

Le misurazioni sono state effettuate mediante terna accelerometrica posizionata al centro dei solai e collegata ad un sistema di acquisizione. La terna di misura risulta composta da tre accelerometri disposti secondo tre assi mutuamente ortogonali denominati x, y e z. Gli accelerometri sono collegati all'acquisitore multicanale tramite cavi coassiali schermati in modo da avere l'acquisizione simultanea delle accelerazioni sui tre assi.

Le misurazioni sono state effettuate in continuo per la durata di 24h memorizzando la time-history del livello di accelerazione lineare e ponderato in frequenza secondo il filtro per postura non nota. E' stato inoltre acquisito lo spettro in terzi di ottava nell'intervallo di frequenze 1-80Hz.

In fase di elaborazione vengono restituiti:

- livello equivalente dell'accelerazione ponderata in frequenza su base oraria
- livello equivalente per il periodo diurno e notturno
- valore massimo orario per il periodo diurno e notturno
- livello equivalente per eventuali eventi significativi correlati alle attività oggetto di indagine.

GRANDEZZE DI RIFERIMENTO PER L'ELABORAZIONE						
Parametro di riferimento (UNI 9614 – Appendice A)						
Tipologia di vibrazioni				Parametro	Tabella limiti	
A 1 – Di livello costante (livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza variabile entro un intervallo di ampiezza inferiore a 5 dB)				RMS	Prospetto III	
A 2 – Di livello non costante (livello di accelerazione complessiva ponderata in frequenza variabile entro un intervallo di ampiezza superiore a 5 dB)				$a_{w,eq}$	Prospetto III	
A 3 – Impulsive (rapido innalzamento e abbassamento del valore dell'accelerazione e oscillazioni)				$0,71 a_{pk}$	Prospetto V	
A 4 – Prodotte da veicoli ferroviari nelle abitazioni				$a^p$	Sperimentale	
Limiti di riferimento						
Tipologia ricettore	Limite UNI 9614 – Prospetto II/III			Limite UNI 9614 – Prospetto V		
	$a_x$ [mm/s <sup>2</sup> ]	$a_y$ [mm/s <sup>2</sup> ]	$a_z$ (*) [mm/s <sup>2</sup> ]	$a_x$ [mm/s <sup>2</sup> ]	$a_y$ [mm/s <sup>2</sup> ]	$a_z$ (*) [mm/s <sup>2</sup> ]
<b>Aree critiche</b>	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	5,0
<b>Abitazioni (notte)</b>	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	7,0
<b>Abitazioni (giorno)</b>	7,2	7,2	7,2	220	220	300
<b>Uffici</b>	14,4	14,4	14,4	460	460	640
<b>Fabbriche</b>	28,8	28,8	28,8	460	460	640
(*) Per postura non nota o variabile						
Tipologia ricettore	Limite UNI 9614 – veicoli ferroviari			Curva Limite ISO 2631		
	$a_x$ [mm/s <sup>2</sup> ]	$a_y$ [mm/s <sup>2</sup> ]	$a_z$ [mm/s <sup>2</sup> ]	$a$ [mm/s <sup>2</sup> ]		
<b>Aree critiche</b>	-	-	-	ISO 2631 XYZ x 1		
<b>Abitazioni (notte)</b>	21,6	21,6	30,0	ISO 2631 XYZ x 1.4		
<b>Abitazioni (giorno)</b>				ISO 2631 XYZ x 2:4		
<b>Uffici</b>	-	-	-	ISO 2631 XYZ x 4		
<b>Fabbriche</b>	-	-	-	ISO 2631 XYZ x 8		



## Informazioni generali

<b>Codice ricettore</b>	VIC 01
<b>Tipologia ricettore</b>	Uffici
<b>Piano indagato</b>	Terra e primo
<b>Descrizione dell'ambiente di misura</b>	
Il monitoraggio ha avuto durata di 24 ore, utilizzando una terna accelerometrica posizionata al piano terra e una terna posizionata al primo piano dell'edificio, entrambi a centro solaio della stanza adibita ad uffici.	
<b>Caratteristiche dell'area e principali sorgenti di vibrazioni</b>	
La zona è densamente antropizzata ed il traffico risulta essere piuttosto sostenuto, soprattutto lungo la vicina Strada Variante alla via Vecchia Nazionale delle Puglie. A 25 m di distanza dal ricettore si trova la linea ferroviaria, in direzione sud - ovest.	
<b>Data e ora di inizio misura</b>	26/09/2017 - 10:00:00
<b>Data e ora di fine misura</b>	27/09/2017 - 10.00.00
<b>Durata del rilievo</b>	24 ore
<b>Strumentazione utilizzata</b>	
N. 2 analizzatori multicanale Sinus Soundbook composto da: <ul style="list-style-type: none"><li>- sistema di acquisizione e analisi dati a 4 canali con software di gestione Samurai;</li><li>- PC Portatile Panasonic Toughbook sn 6071 e 6073;</li><li>- una terna accelerometrica costituita da 3 accelerometri monoassiali PCB Piezotronics modello 393A03 - Sensibilità 1000 mV/g;</li><li>- massetto metallico per il fissaggio degli accelerometri;</li><li>- calibratore PCB Piezotronics mod. 394C06.</li></ul> Software di elaborazione: Noise and Vibration Works.	

## Vista aerea dell'area in cui è inserito il ricettore



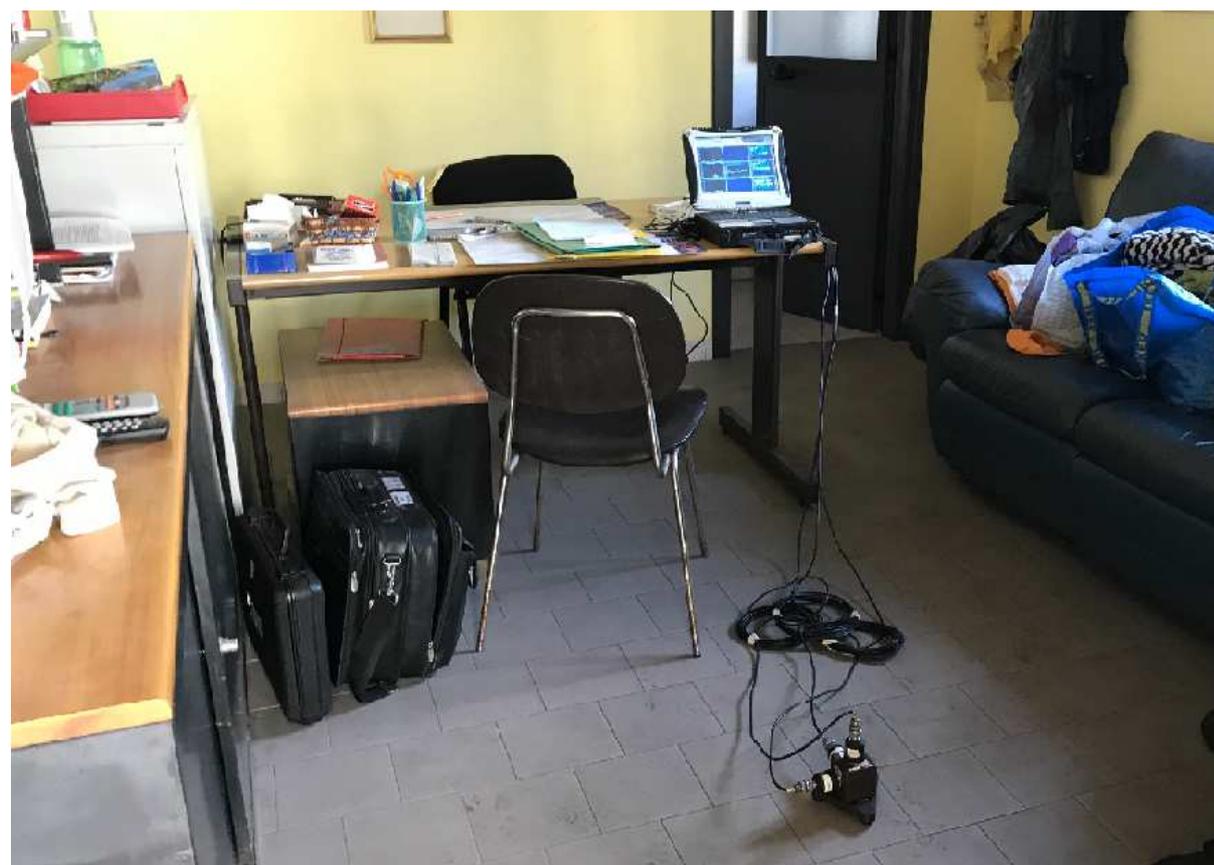
## Vista esterna del ricettore



## POSIZIONAMENTO STRUMENTAZIONE PIANO TERRA



## POSIZIONAMENTO STRUMENTAZIONE PIANO PRIMO



## RISULTATI PIANO TERRA

### PIANO TERRA

Time(s)	Asse X		Asse Y		Asse Z	
	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)
26/09/2017 10:16	49,6	73,3	47,6	71,0	52,7	74,1
26/09/2017 11:00	53,9	76,9	46,7	69,6	52,9	72,5
26/09/2017 12:00	50,3	72,5	46,0	71,9	52,8	74,8
26/09/2017 13:00	46,6	63,8	44,2	64,3	50,9	69,7
26/09/2017 14:00	48,4	68,2	45,9	68,3	53,2	76,0
26/09/2017 15:00	47,3	71,7	45,8	62,4	51,5	69,9
26/09/2017 16:00	49,7	68,1	52,2	69,9	53,0	75,8
26/09/2017 17:00	47,4	67,7	52,8	68,4	51,1	70,1
26/09/2017 18:00	51,1	70,7	54,3	73,4	52,6	74,5
26/09/2017 19:00	51,7	66,5	44,4	67,5	51,2	73,5
26/09/2017 20:00	49,9	66,8	43,5	62,3	50,3	70,3
26/09/2017 21:00	48,4	65,9	40,3	63,4	46,4	69,8
26/09/2017 22:00	48,8	66,5	52,8	62,9	49,9	71,1
26/09/2017 23:00	47,7	65,8	39,8	60,3	46,1	69,4
27/09/2017 00:00	46,7	55,3	36,7	51,2	41,5	60,7
27/09/2017 01:00	46,7	55,0	36,5	51,5	42,6	64,3
27/09/2017 02:00	46,5	52,9	35,3	42,3	36,6	51,1
27/09/2017 03:00	47,7	58,8	37,9	54,6	43,5	63,2
27/09/2017 04:00	48,2	63,2	41,2	63,3	47,3	72,4
27/09/2017 05:00	48,4	67,7	43,1	69,2	49,3	73,8
27/09/2017 06:00	50,0	72,8	44,0	62,6	51,0	71,2
27/09/2017 07:00	50,5	67,2	46,0	66,9	52,6	72,4
27/09/2017 08:00	50,7	70,4	48,9	66,3	53,9	74,2
27/09/2017 09:00	46,5	63,0	48,1	62,2	51,7	69,0
27/09/2017 10:00	45,7	55,8	48,0	56,0	51,1	61,7

Media DIURNA	49,9	48,6	52,0
Media NOTTURNA	48,0	40,7	47,1

Max DIURNA	53,9	76,9	54,3	73,4	53,9	76,0
Max NOTTURNA	50,0	72,8	52,8	69,2	51,0	73,8

## RISULTATI PIANO PRIMO

### PRIMO PIANO

Time(s)	Asse X		Asse Y		Asse Z	
	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)	Lw(dB)	LMax(dB)
26/09/2017 09:58	49,7	56,2	53,1	60,3	53,1	62,7
26/09/2017 10:00	50,7	70,3	52,7	70,1	53,6	77,7
26/09/2017 11:00	49,6	67,6	52,4	73,7	52,0	72,0
26/09/2017 12:00	50,0	70,9	52,1	70,2	53,5	78,0
26/09/2017 13:00	50,5	69,7	52,4	69,2	52,6	71,3
26/09/2017 14:00	51,8	70,6	53,0	70,4	54,7	79,2
26/09/2017 15:00	50,0	66,9	52,4	66,3	52,8	71,8
26/09/2017 16:00	51,0	70,5	53,5	73,9	54,4	79,6
26/09/2017 17:00	49,6	69,0	51,6	70,5	52,2	71,2
26/09/2017 18:00	50,7	69,9	51,8	70,0	54,3	80,7
26/09/2017 19:00	49,9	70,2	51,1	70,1	52,6	75,8
26/09/2017 20:00	49,6	70,8	50,7	71,0	51,4	71,2
26/09/2017 21:00	45,6	69,8	46,9	68,4	47,7	72,0
26/09/2017 22:00	48,5	68,8	49,9	71,8	51,0	72,8
26/09/2017 23:00	45,3	68,5	46,8	68,8	46,9	69,6
27/09/2017 00:00	40,1	60,7	43,2	62,0	42,6	63,1
27/09/2017 01:00	40,7	62,7	44,0	66,7	43,5	65,8
27/09/2017 02:00	35,4	49,4	38,1	51,8	37,0	51,1
27/09/2017 03:00	42,5	63,6	45,7	68,1	44,7	67,4
27/09/2017 04:00	45,5	66,1	47,7	66,3	49,0	75,6
27/09/2017 05:00	46,8	69,6	49,2	69,1	50,6	75,9
27/09/2017 06:00	50,4	75,7	52,4	72,1	51,7	71,4
27/09/2017 07:00	52,1	71,2	54,8	74,7	54,4	75,7
27/09/2017 08:00	52,4	71,1	54,7	74,5	54,6	78,0
27/09/2017 09:00	50,9	68,5	53,4	69,0	53,1	71,1

Media DIURNA	50,5	52,6	53,2
Media NOTTURNA	45,8	47,9	48,2

Max DIURNA	52,4	71,2	80,7
Max NOTTURNA	50,4	75,7	75,9

## OSSERVAZIONI

Il presente monitoraggio vibrazionale ante operam evidenzia per il ricettore in oggetto (edificio contenente locali ad uso ufficio) il rispetto sia per il piano terra che per il primo piano del limite definito dalla norma UNI9614:1990 pari a 83 dB in periodo diurno (07:00 - 22:00).

Suddetto ricettore ha caratteristiche costruttive rappresentative degli edifici attigui residenziali e per questo è assimilabile ad essi, riscontrando così al piano terra un livello di accelerazione massimo istantaneo inferiore alle soglie previste dalla norma UNI 9614 del 1990 per il disturbo alla popolazione, ovvero 77 dB per il periodo diurno (07:00 - 22:00) e 74 dB per il periodo notturno (22:00 - 07:00).

Al primo piano si rilevano dei picchi di accelerazione ponderata in frequenza sia in periodo diurno che notturno non conformi alle suddette soglie e legati ai transiti ferroviari lungo le linee adiacenti al ricettore.

Secondo l'appendice A.4 della norma UNI 9614:1990, i valori soglia di riferimento da considerare per le vibrazioni prodotte dai veicoli ferroviari, sono  $30,0 + 10^{-3}$  (asse z) e  $21,6 * 10^{-3}$  (asse x,y)  $m/s^2$ , ovvero 89,6 dB (asse z) e 86,7 dB (asse x y); i picchi riscontrati risultano inferiori ai suddetti valori di riferimento.



## Elaborazioni grafiche

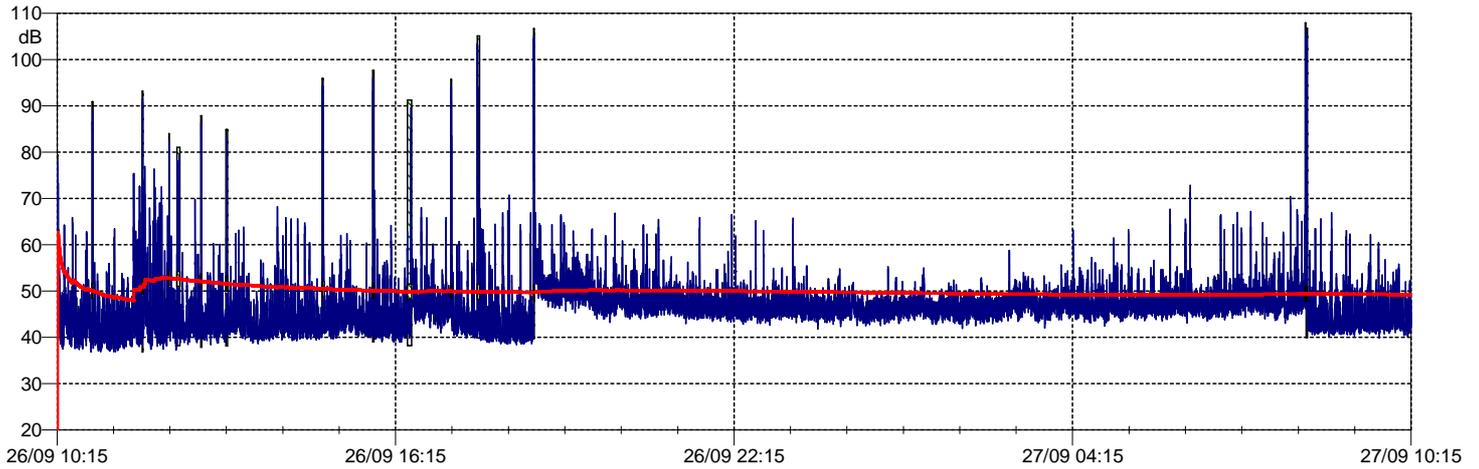
## TIME HISTORY - 26 SETTEMBRE 2017 - PIANO TERRA

### Asse X

VIC 01 PIANO TERRA - Wm

VIC 01 PIANO TERRA - Wm - Running Leq

Lw = 49.3 dB

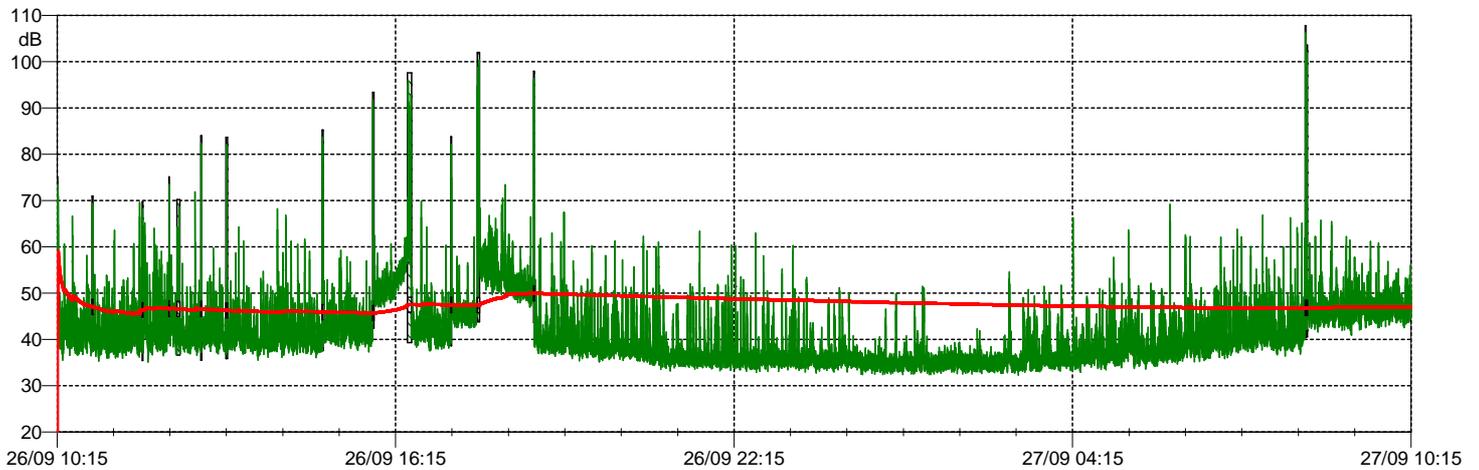


### Asse Y

VIC 01 PIANO TERRA - Wm

VIC 01 PIANO TERRA - Wm - Running Leq

Lw = 47.0 dB

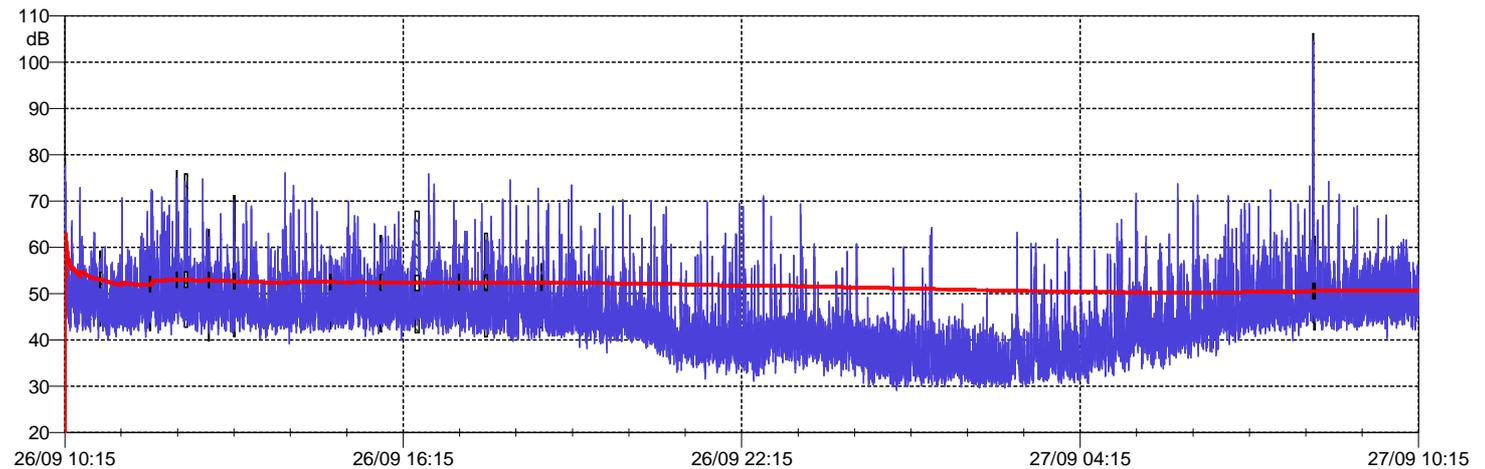


### Asse Z

VIC 01 PIANO TERRA - Wm

VIC 01 PIANO TERRA - Wm - Running Leq

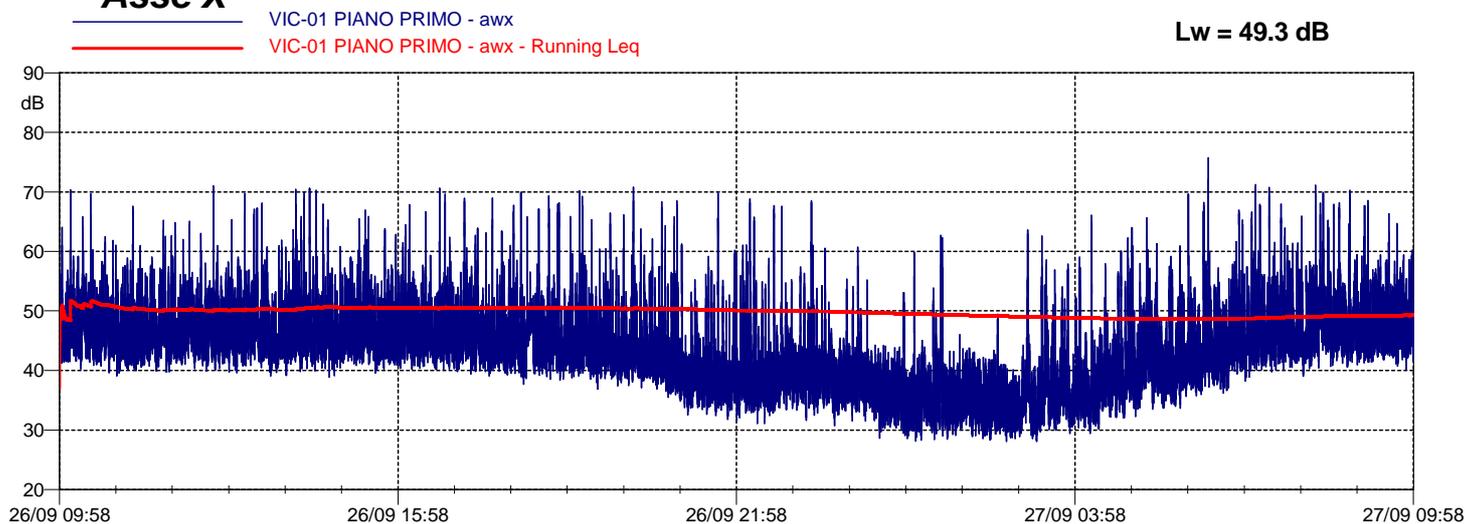
Lw = 50.7 dB



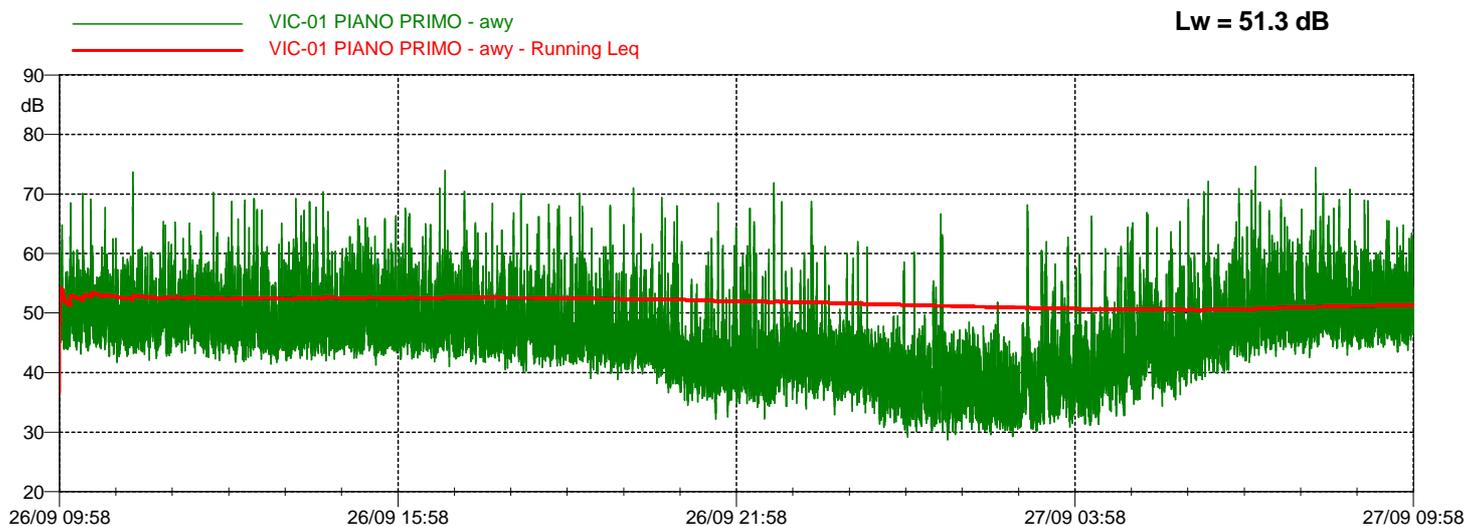


## TIME HISTORY - 26 SETTEMBRE 2017 - PIANO PRIMO

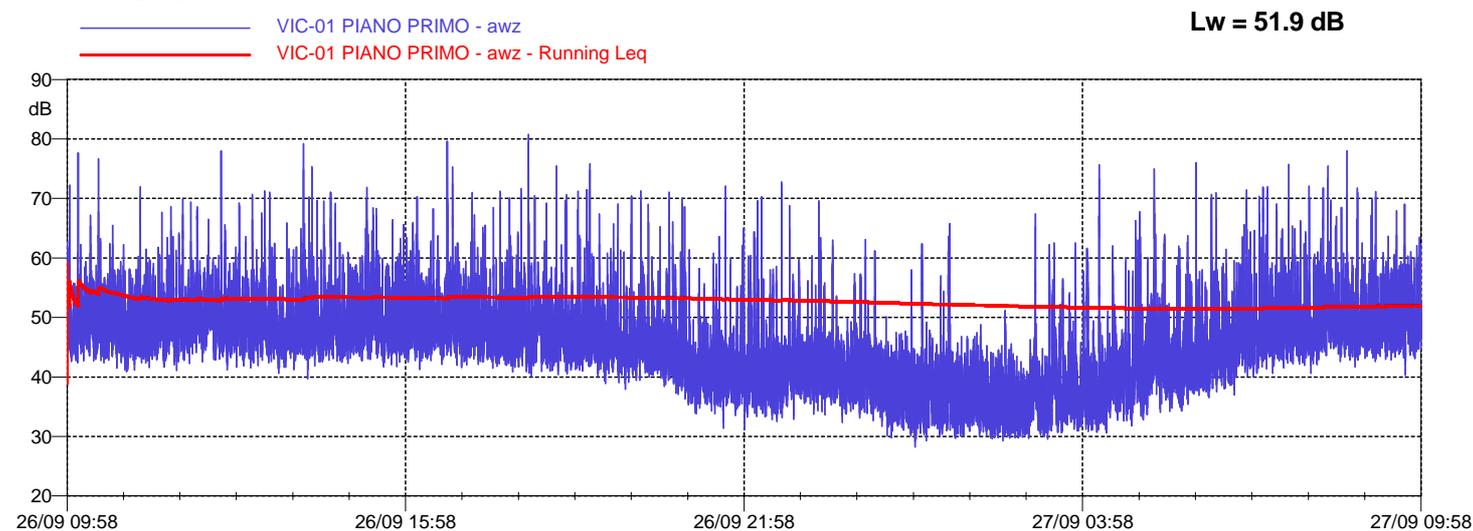
### Asse X



### Asse Y

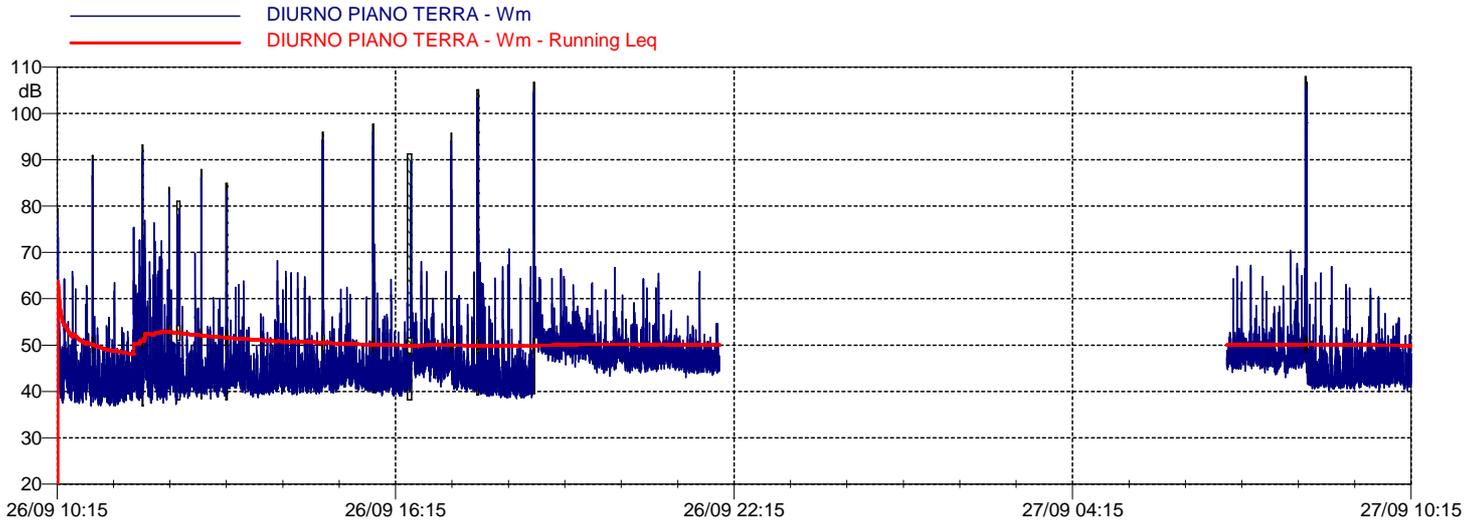


### Asse Z

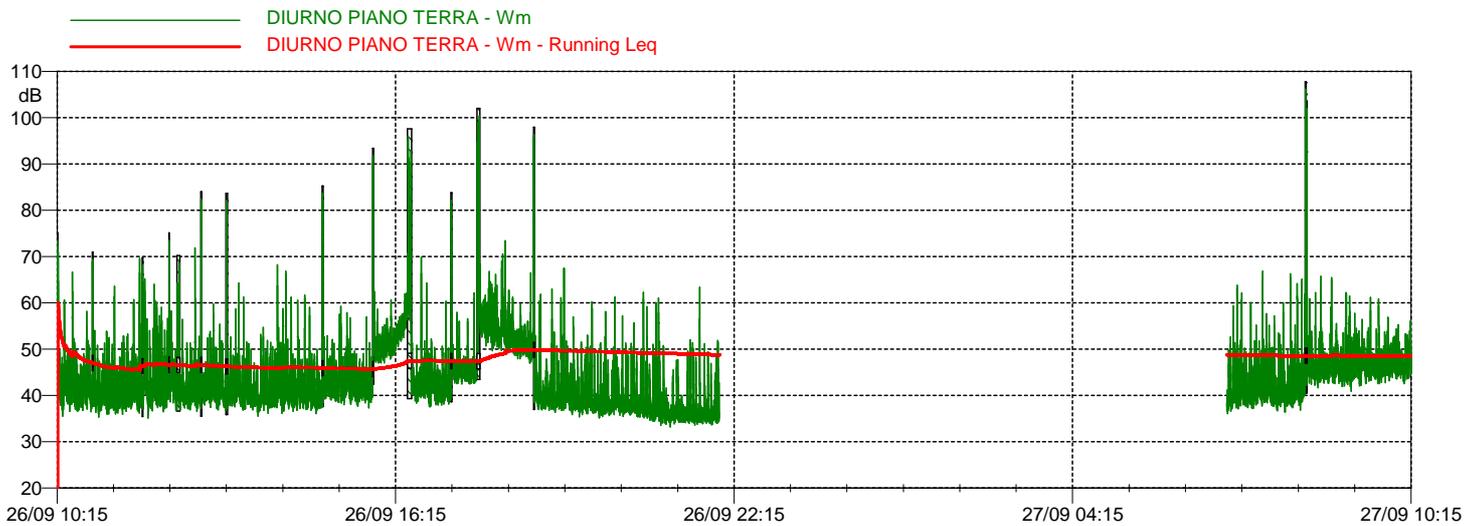


## TIME HISTORY - DIURNO - PIANO TERRA

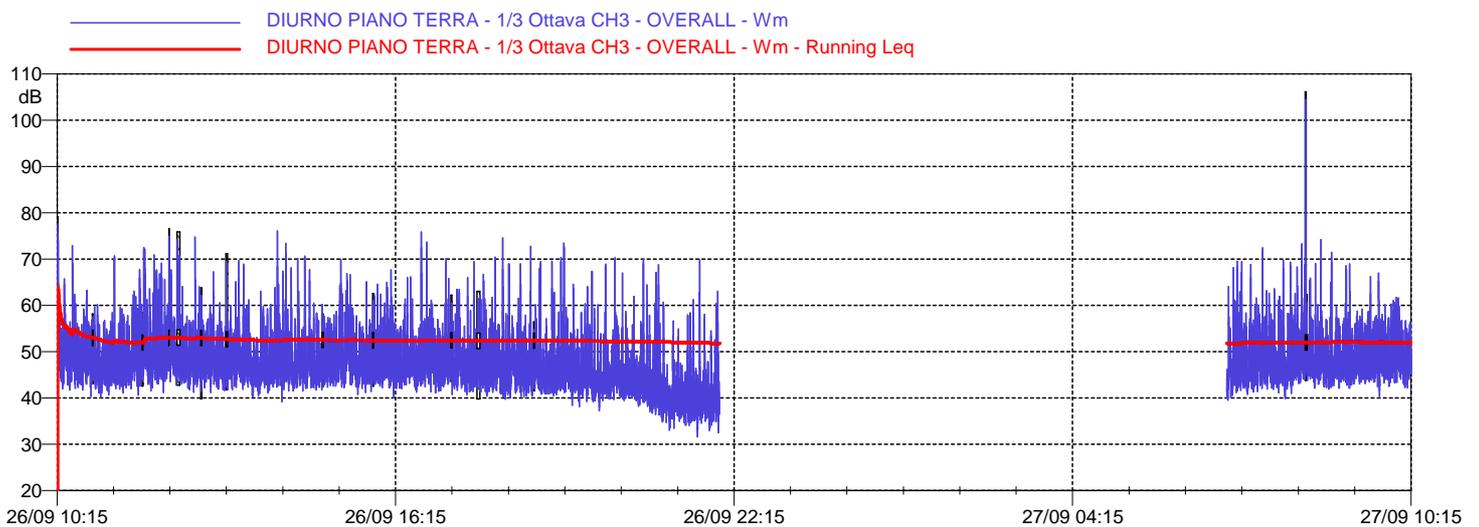
### Asse X



### Asse Y



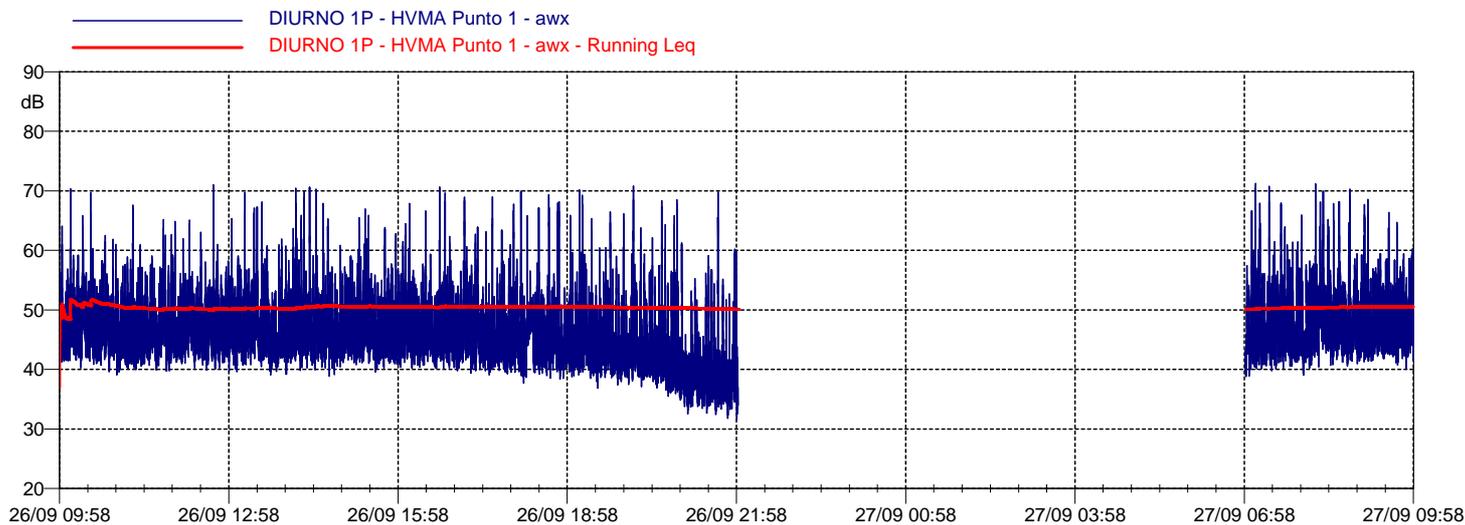
### Asse Z



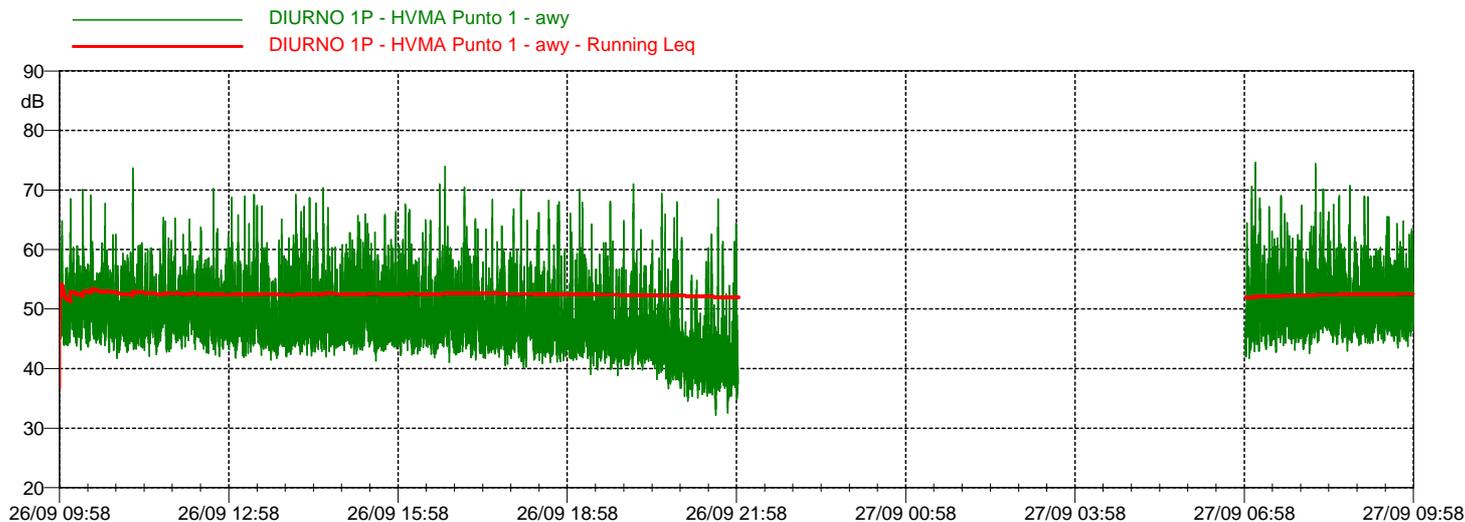


## TIME HISTORY - DIURNO - PIANO PRIMO

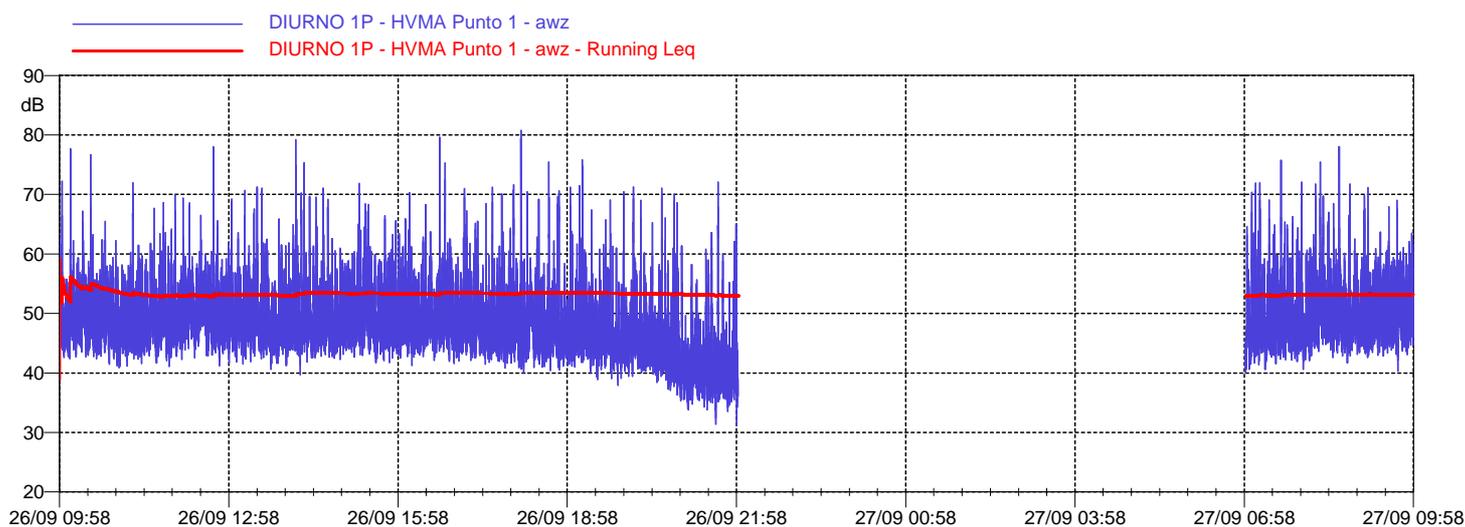
### Asse X



### Asse Y



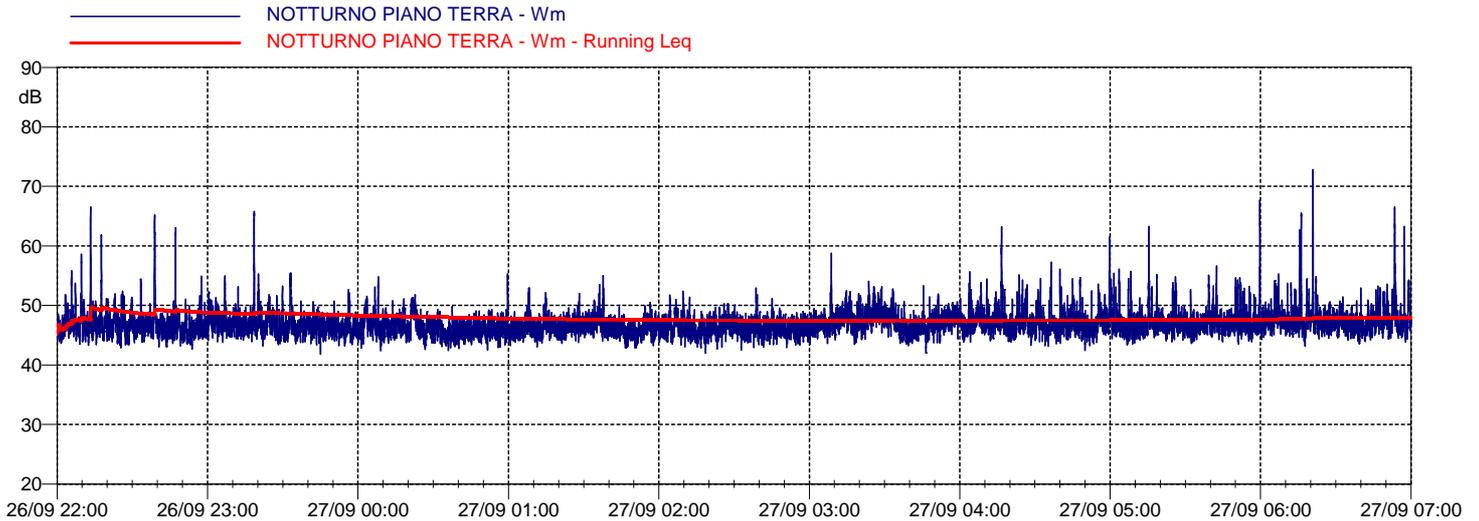
### Asse Z



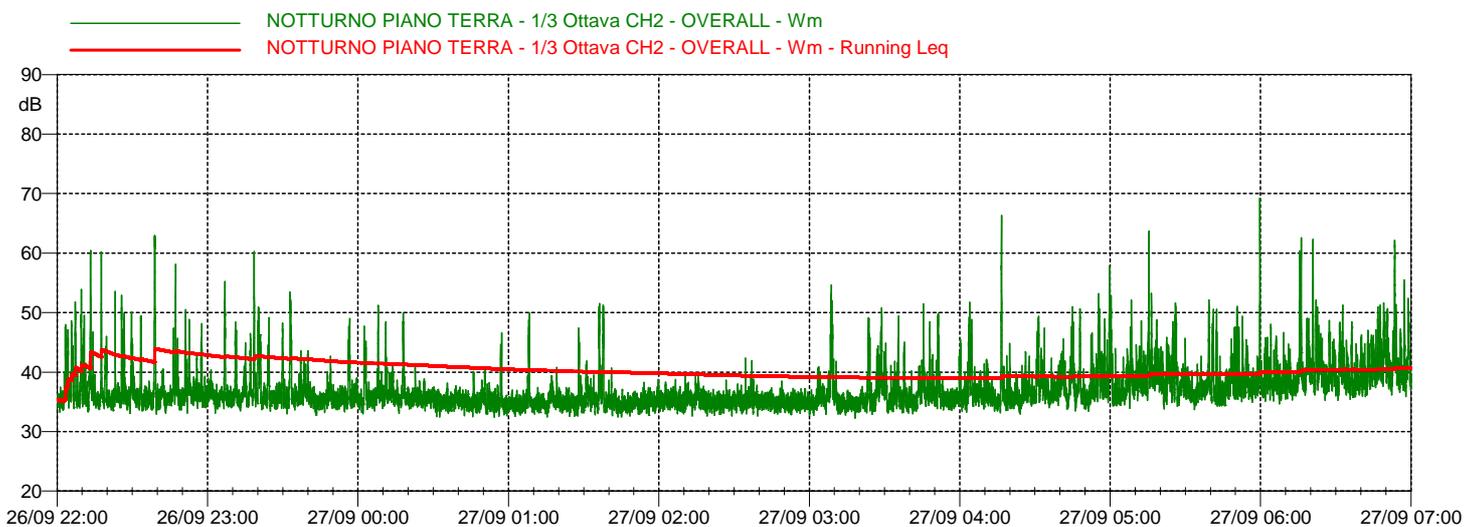


## TIME HISTORY - NOTTURNO - PIANO TERRA

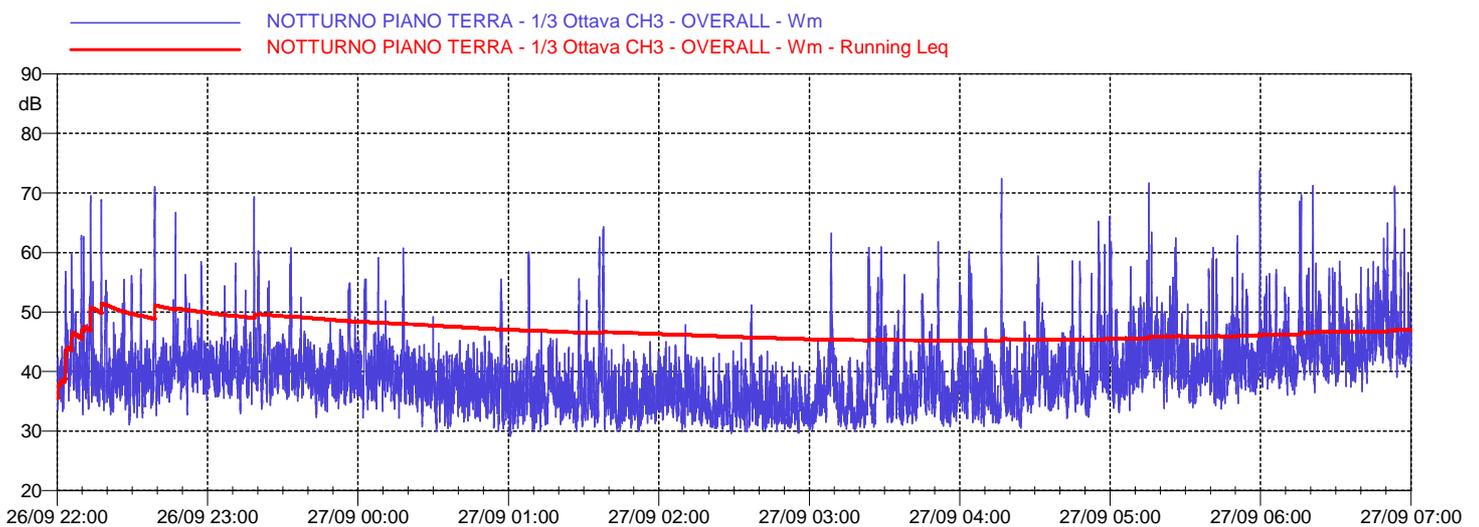
### Asse X



### Asse Y



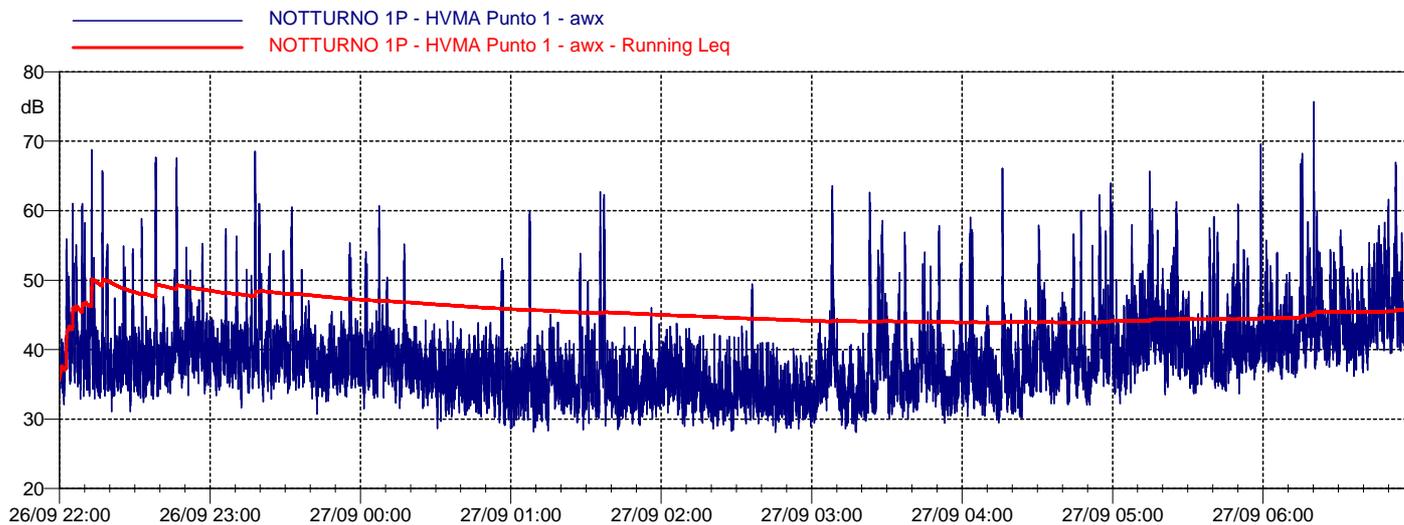
### Asse Z



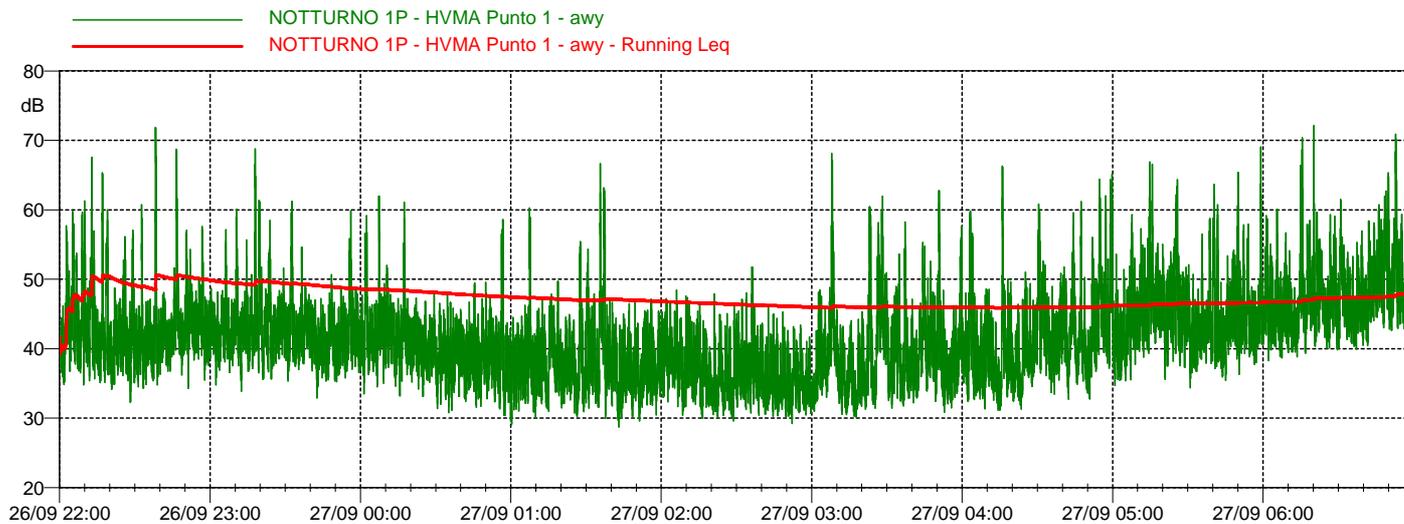


## TIME HISTORY - NOTTURNO - PIANO PRIMO

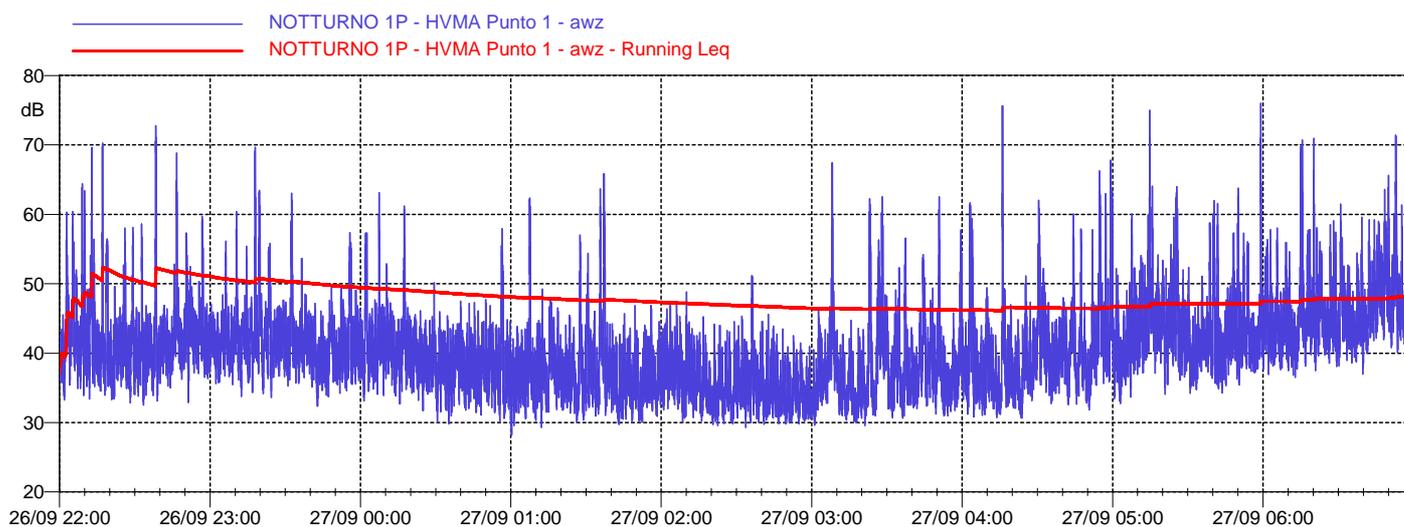
### Asse X



### Asse Y

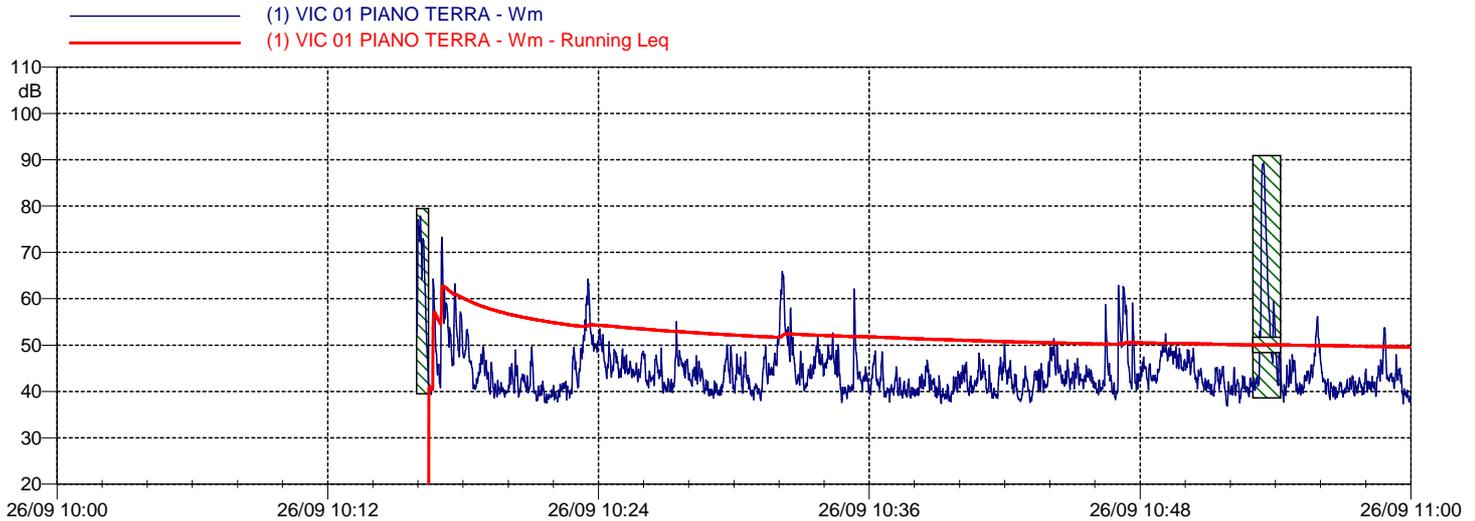


### Asse Z

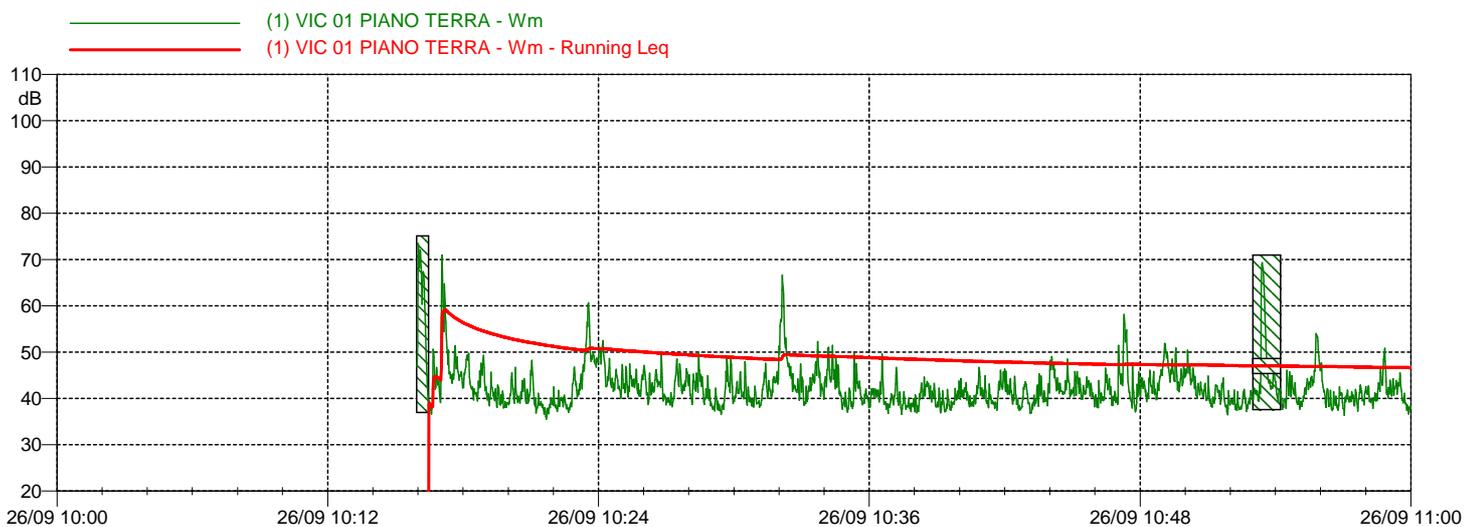


## Intervalli orari - PIANO TERRA

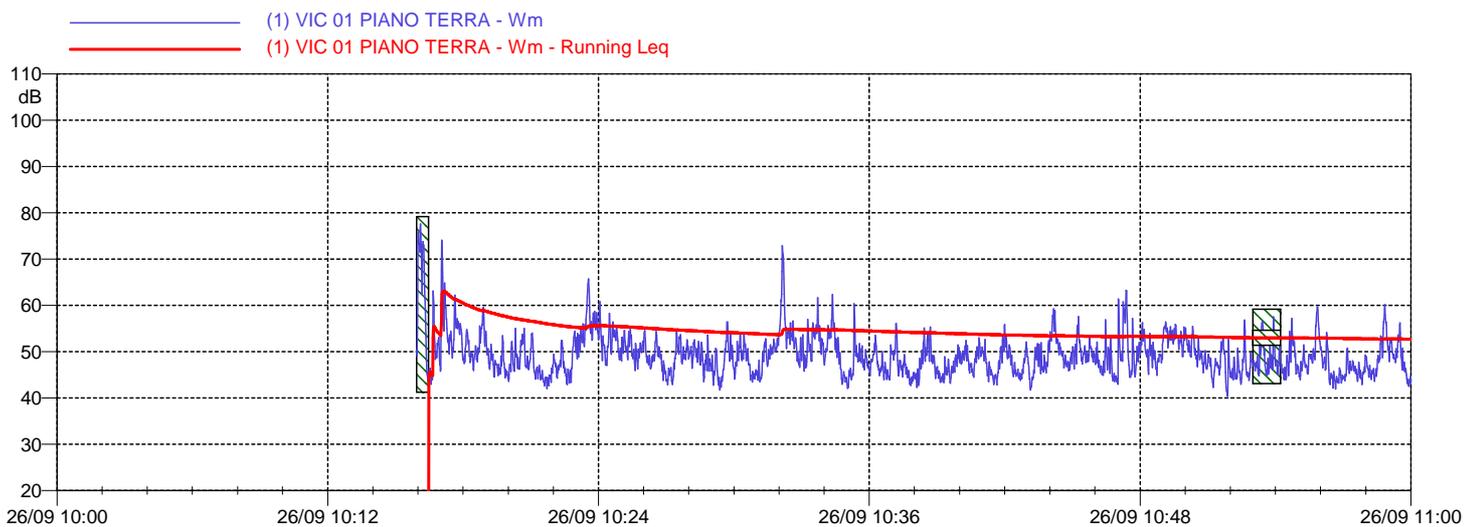
### Asse X



### Asse Y

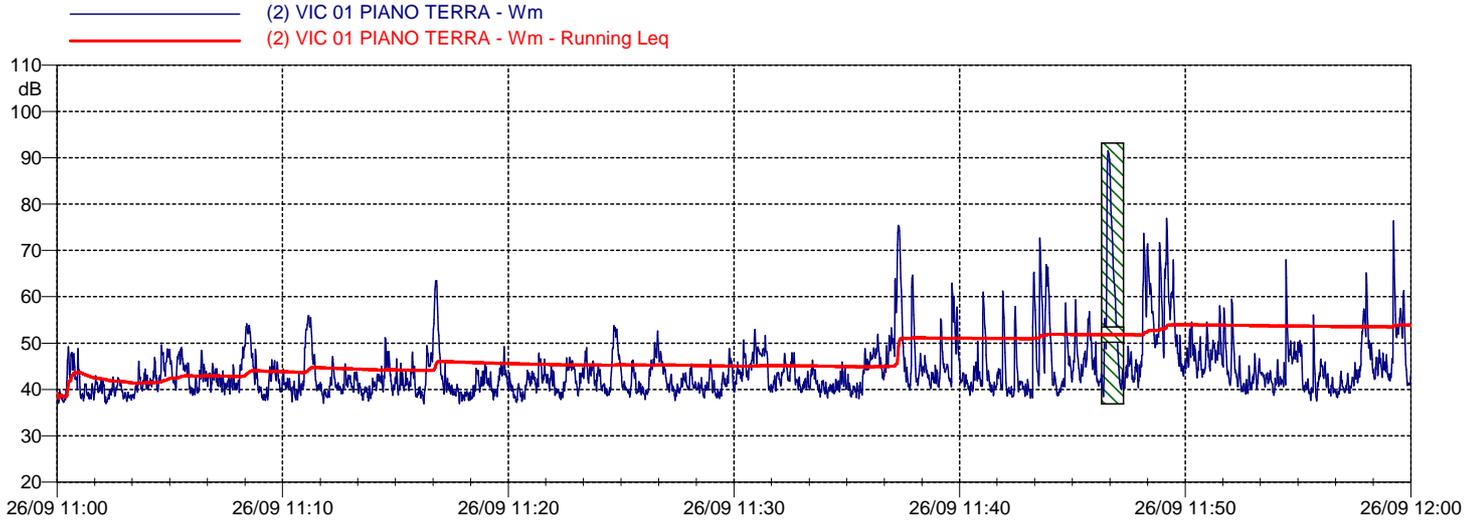


### Asse Z

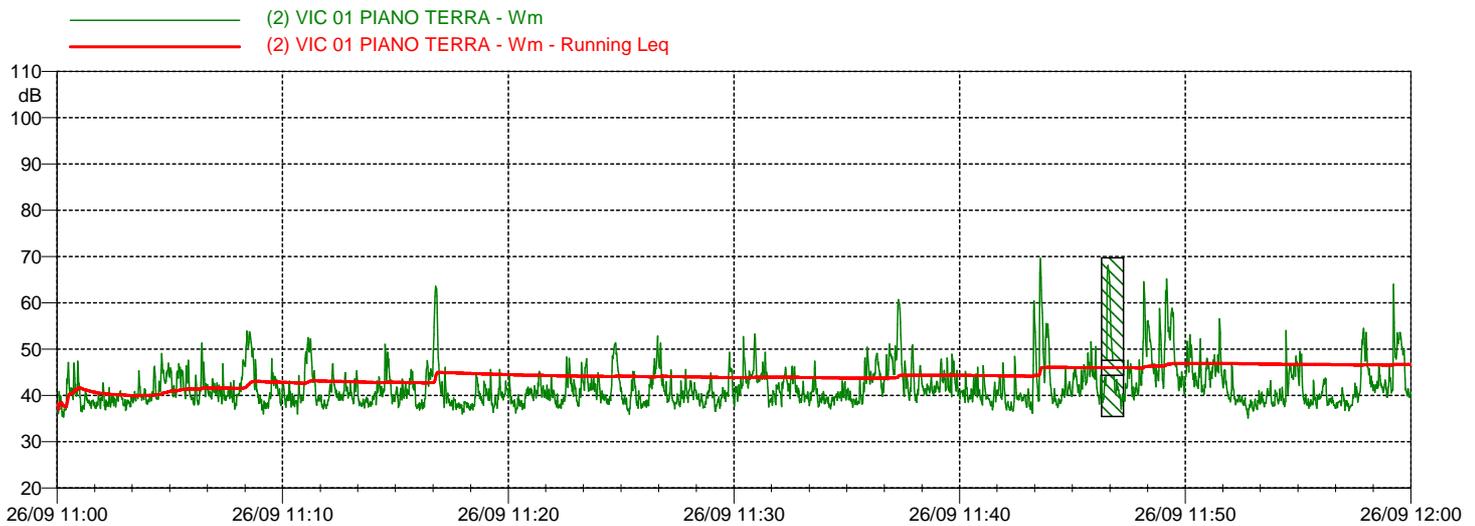


## Intervalli orari

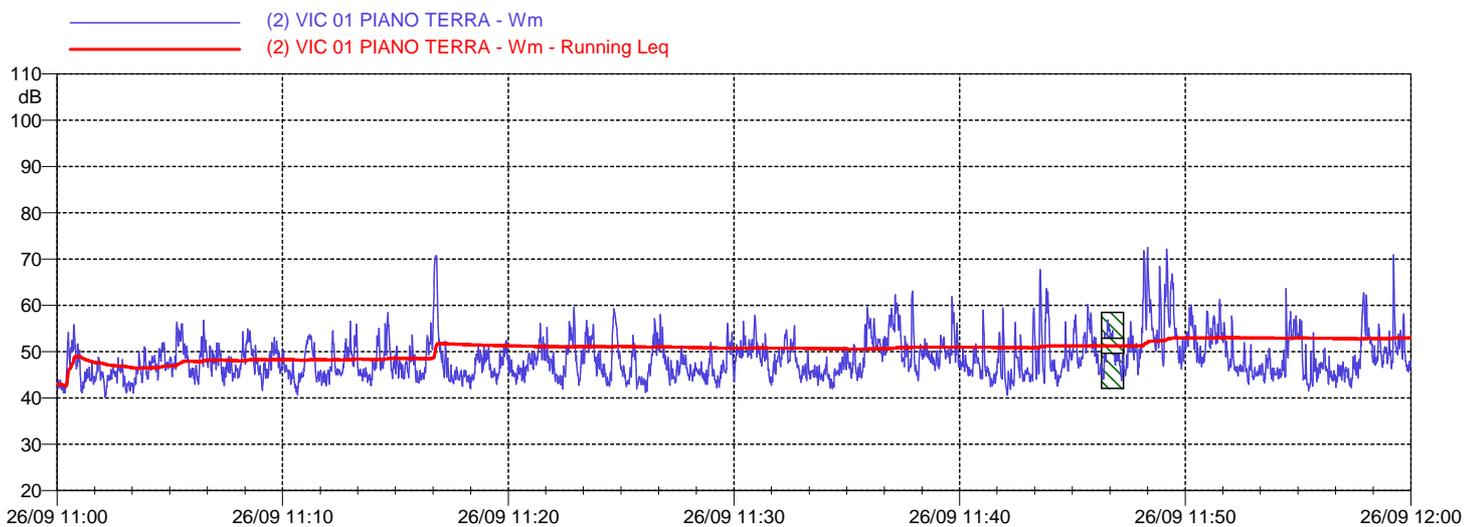
### Asse X



### Asse Y

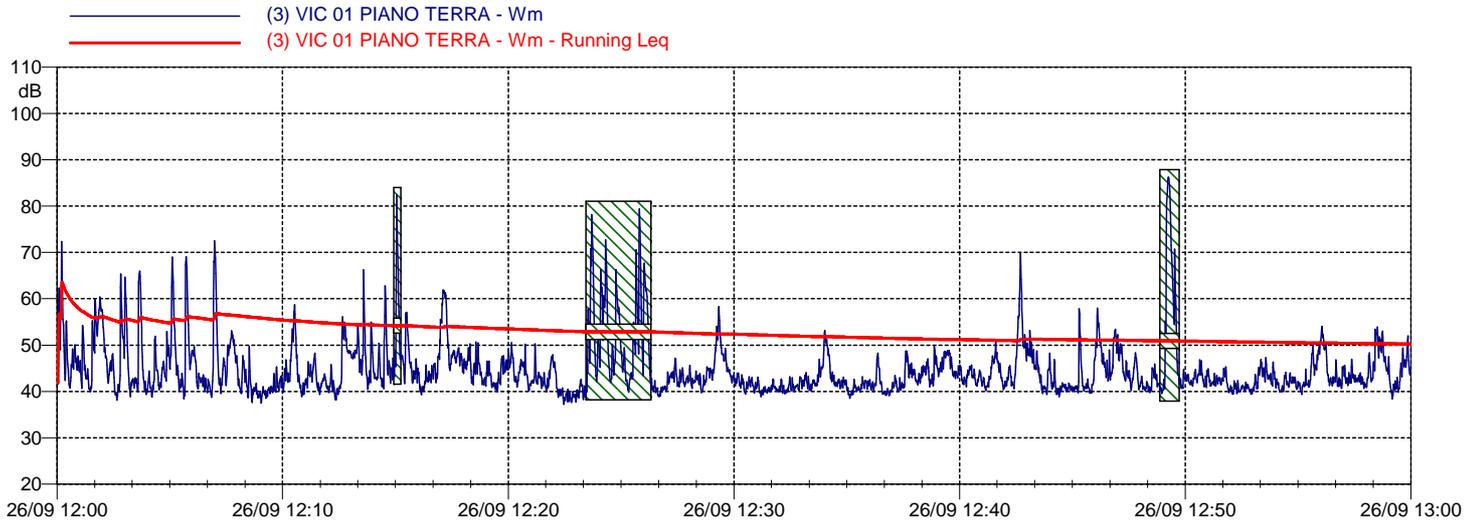


### Asse Z

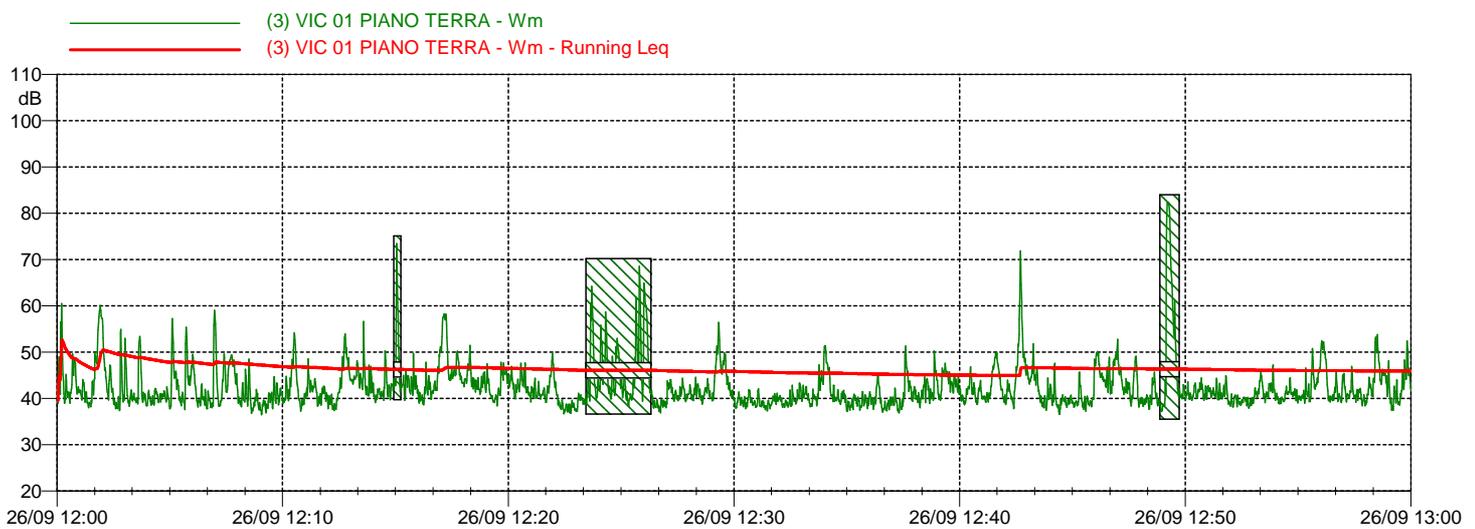


## Intervalli orari

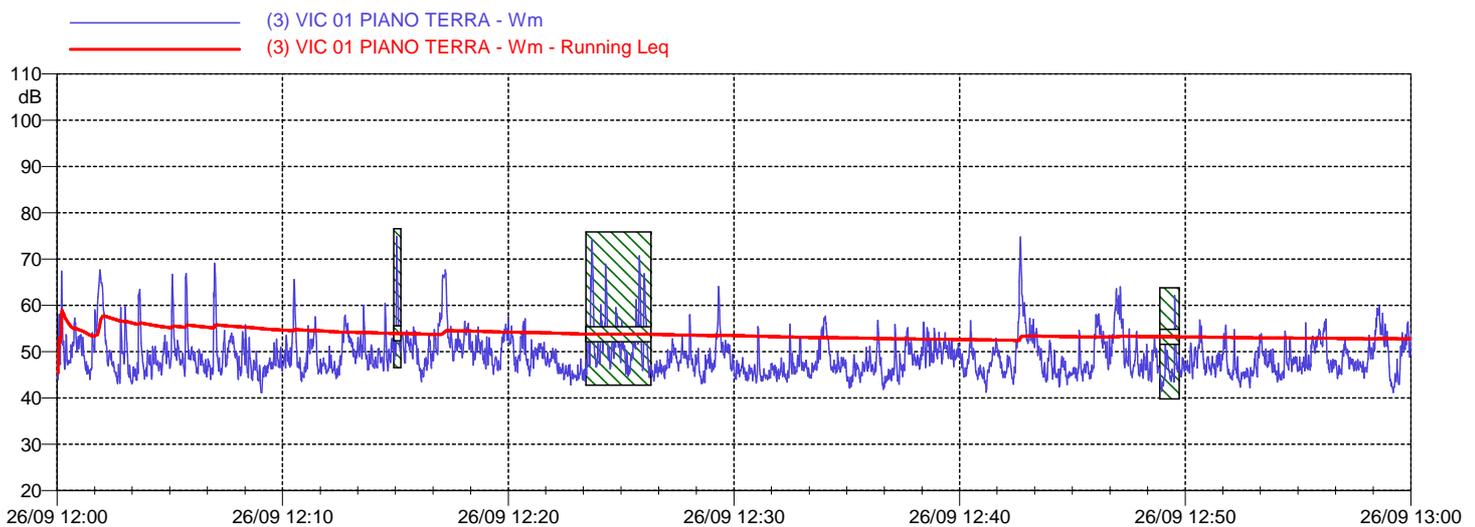
### Asse X



### Asse Y



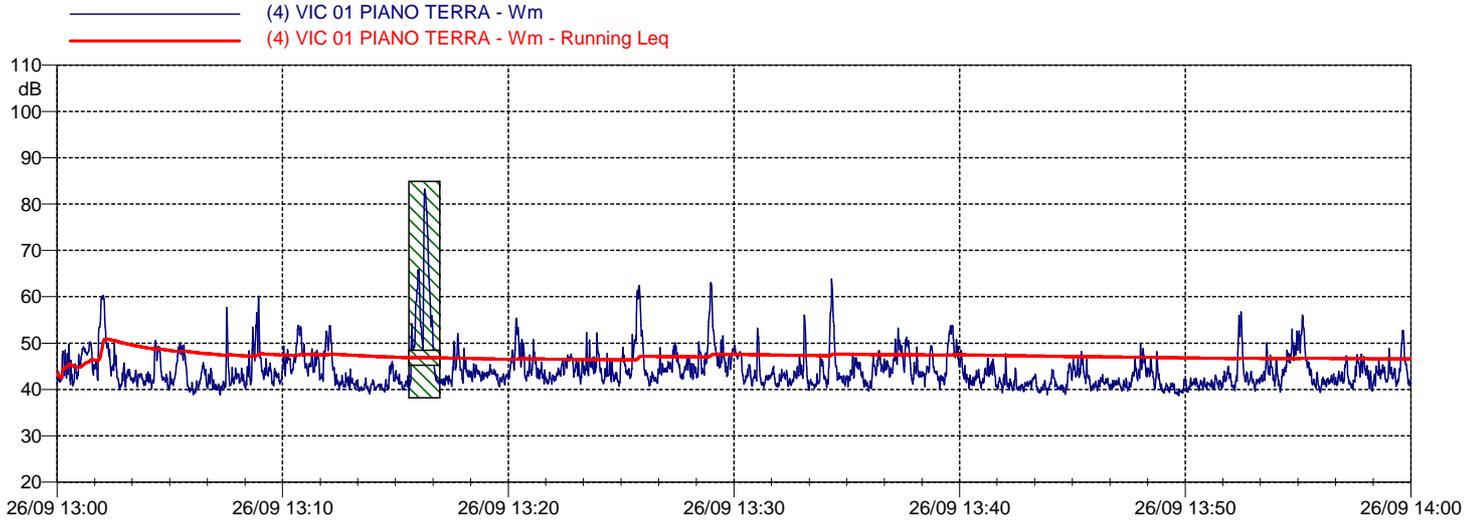
### Asse Z



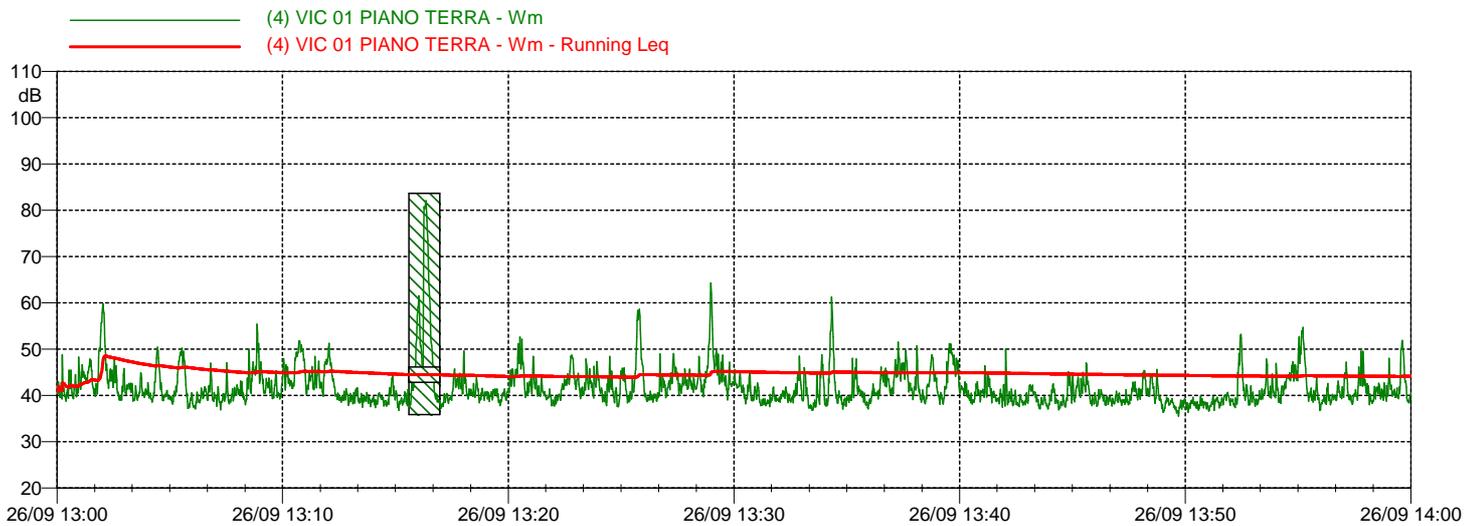


## Intervalli orari

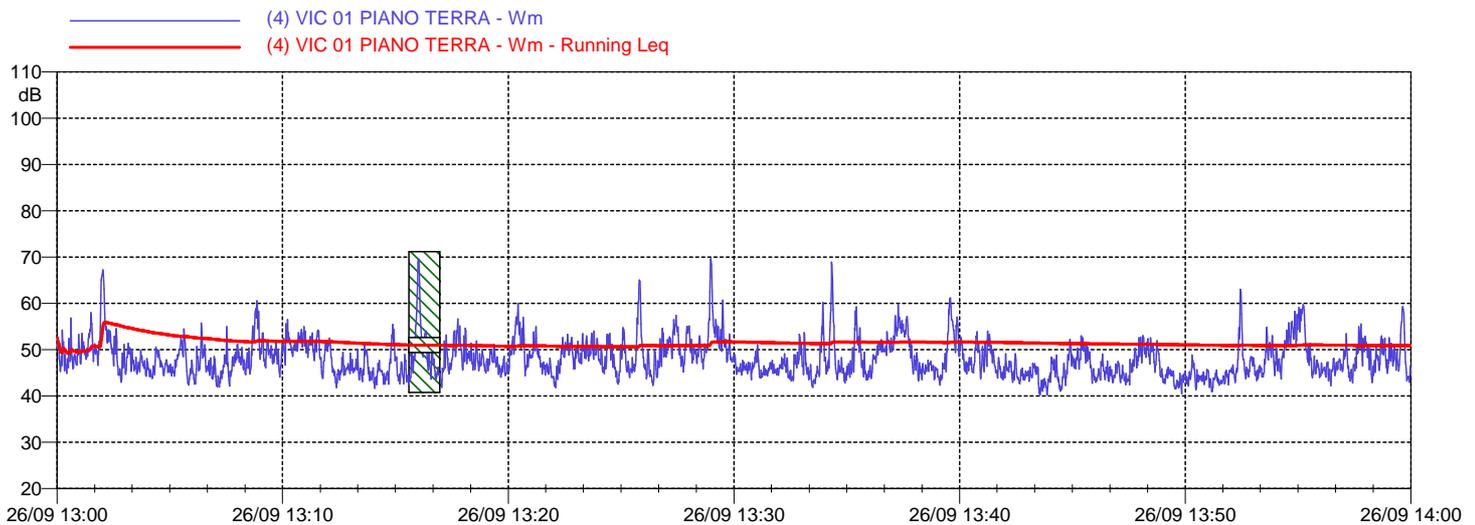
### Asse X



### Asse Y



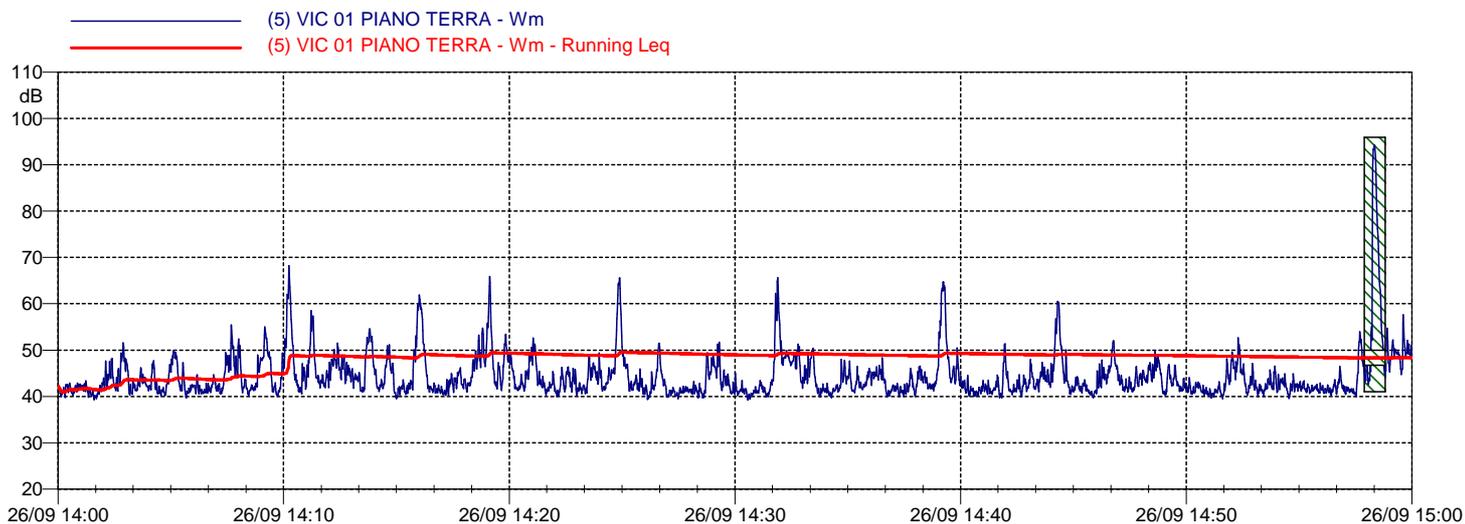
### Asse Z



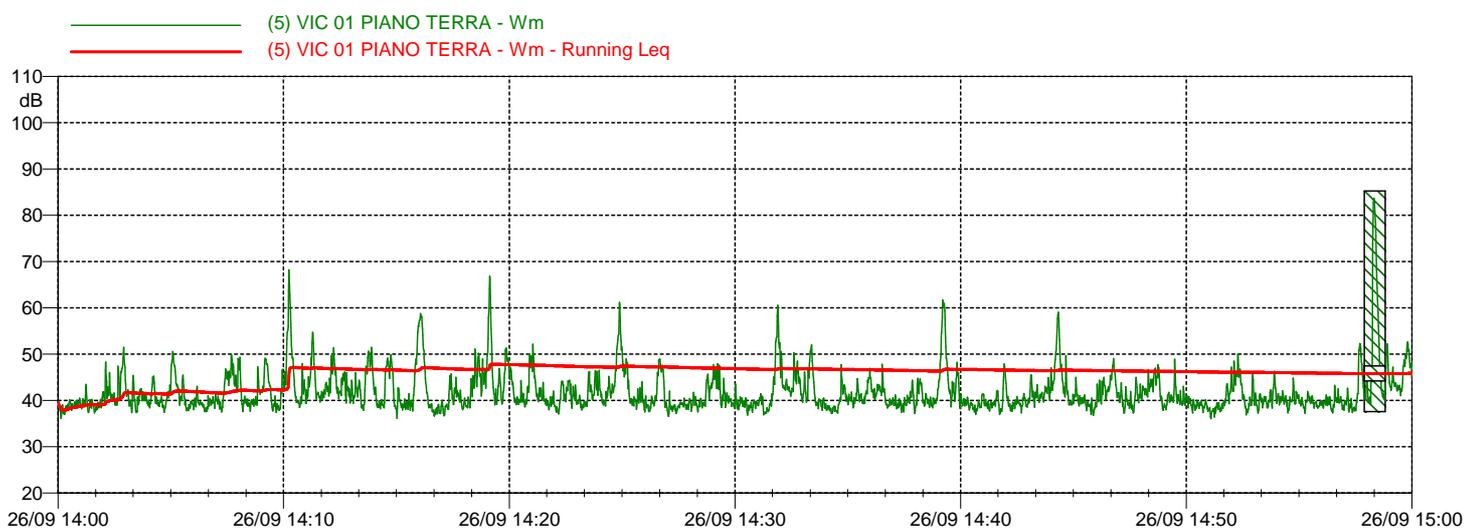


## Intervalli orari

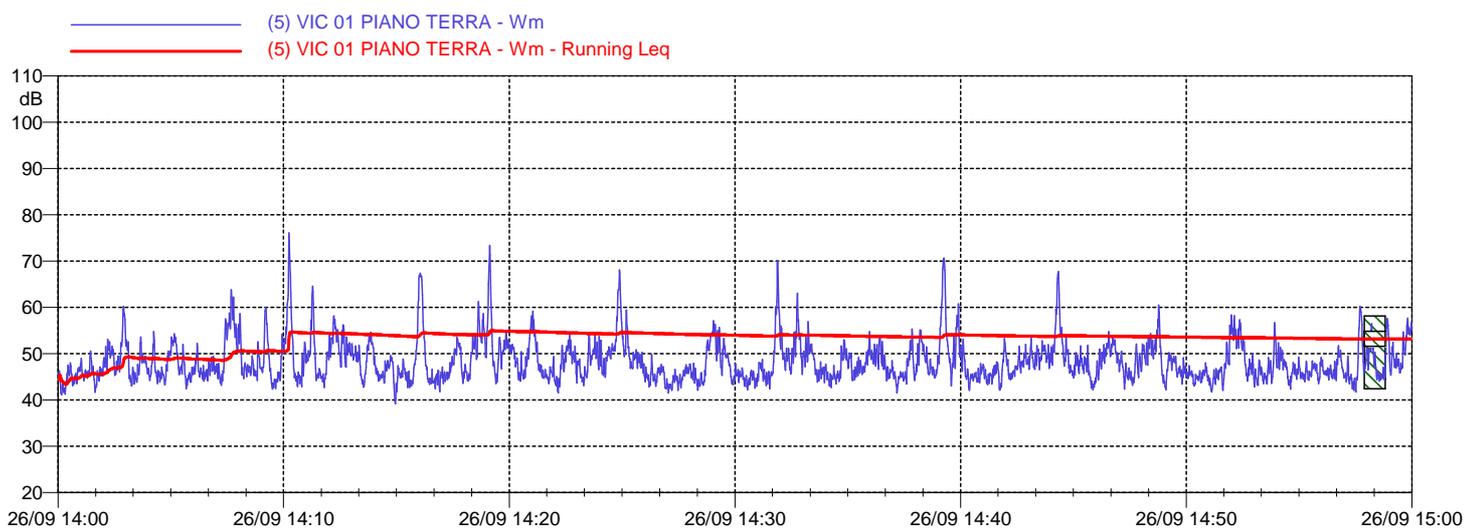
### Asse X



### Asse Y



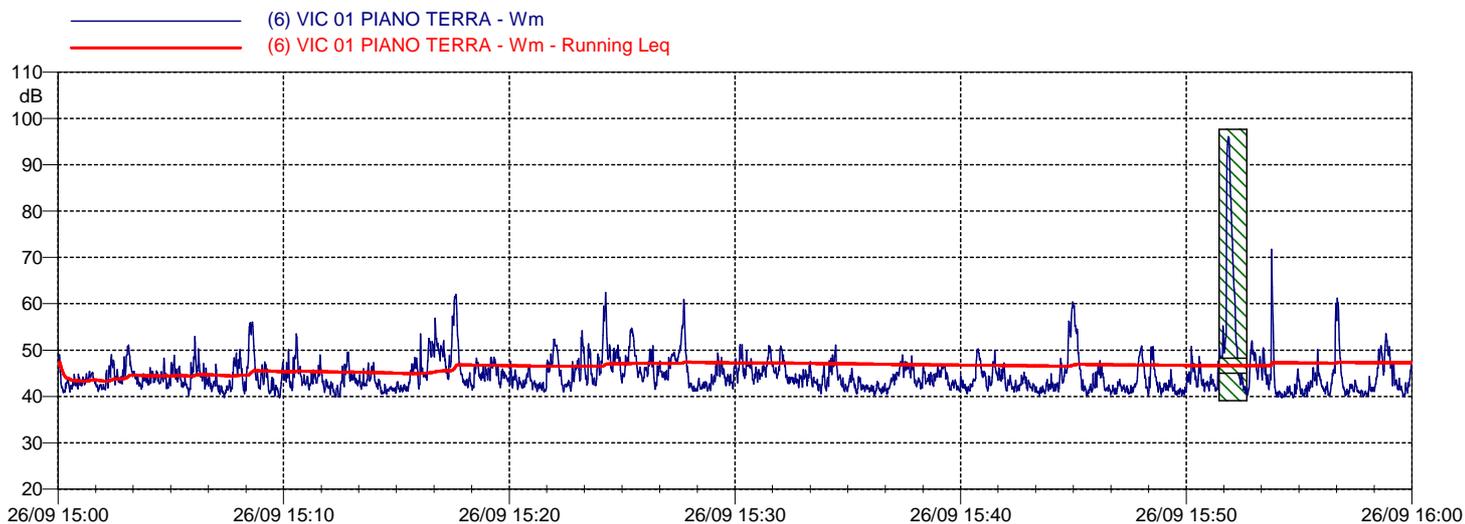
### Asse Z



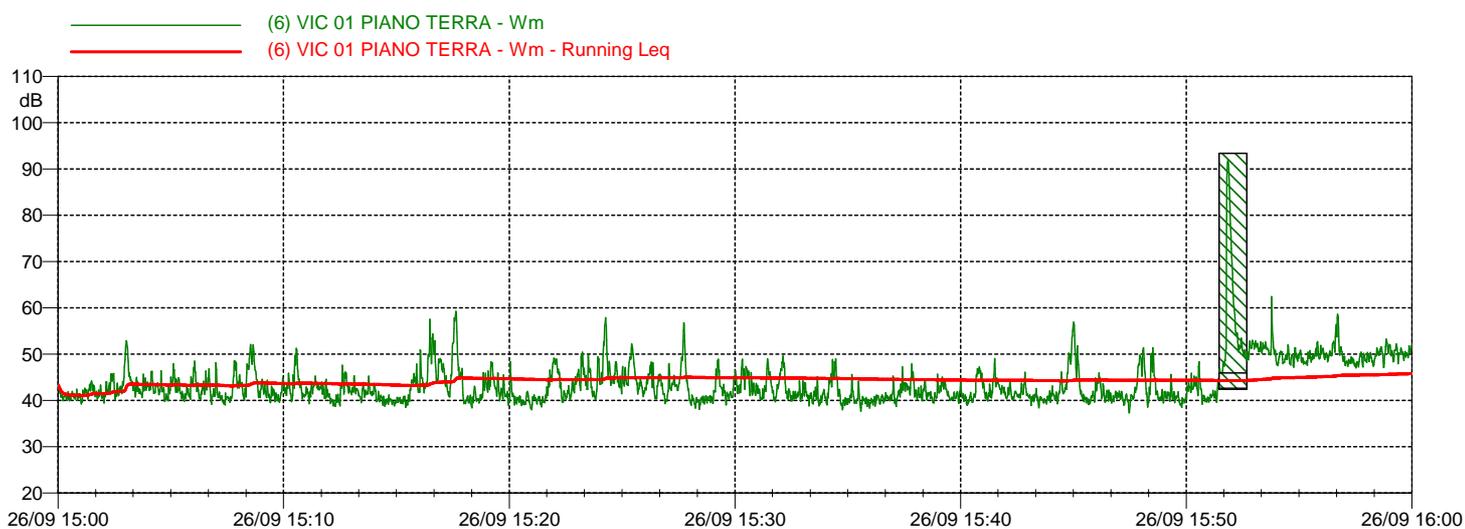


## Intervalli orari

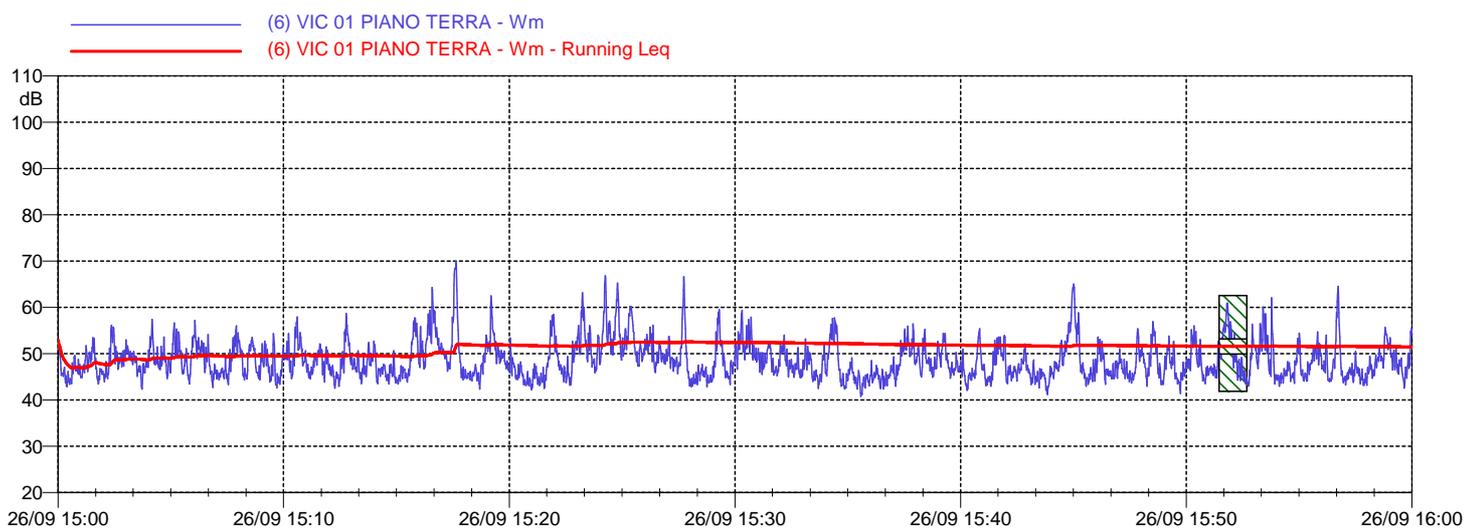
### Asse X



### Asse Y



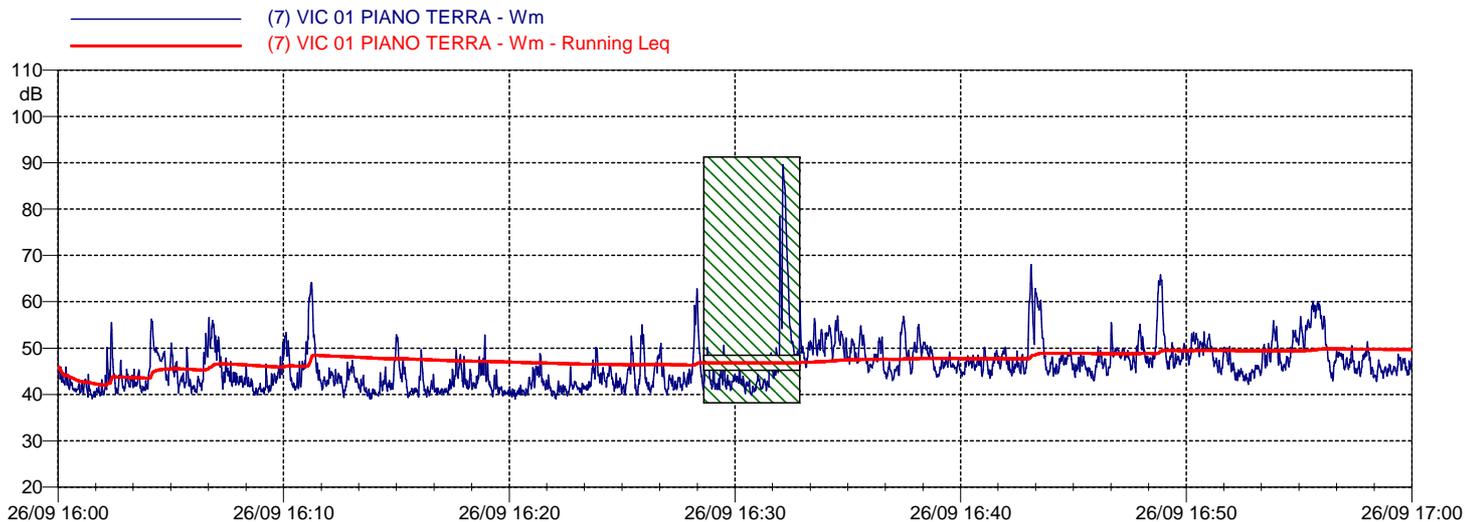
### Asse Z



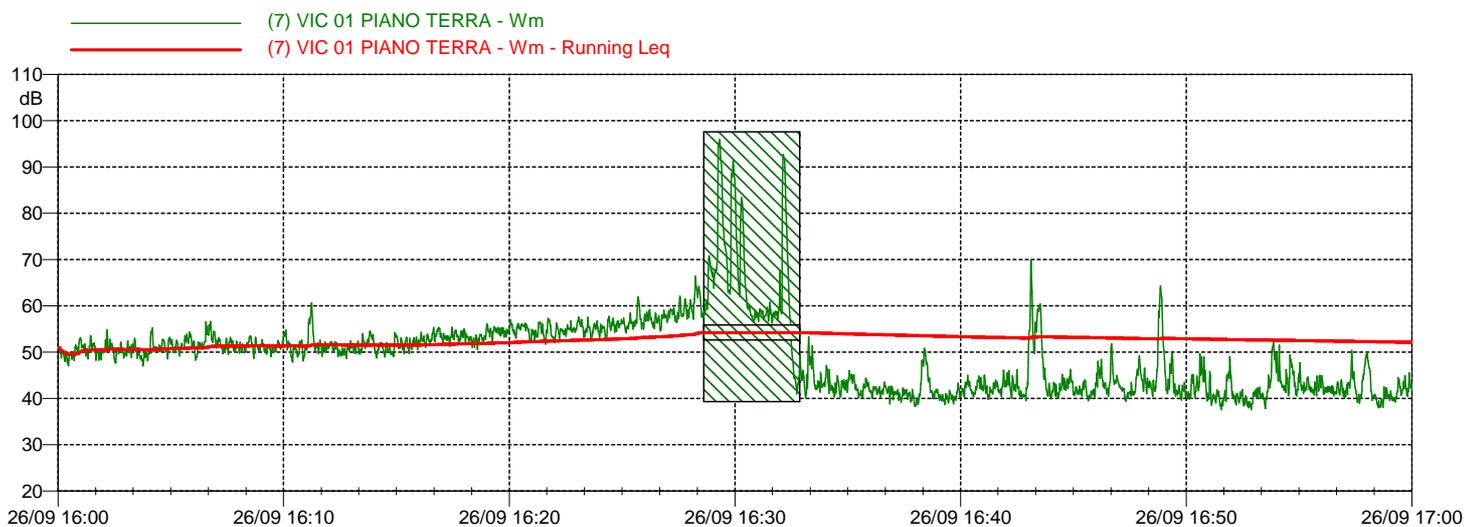


## Intervalli orari

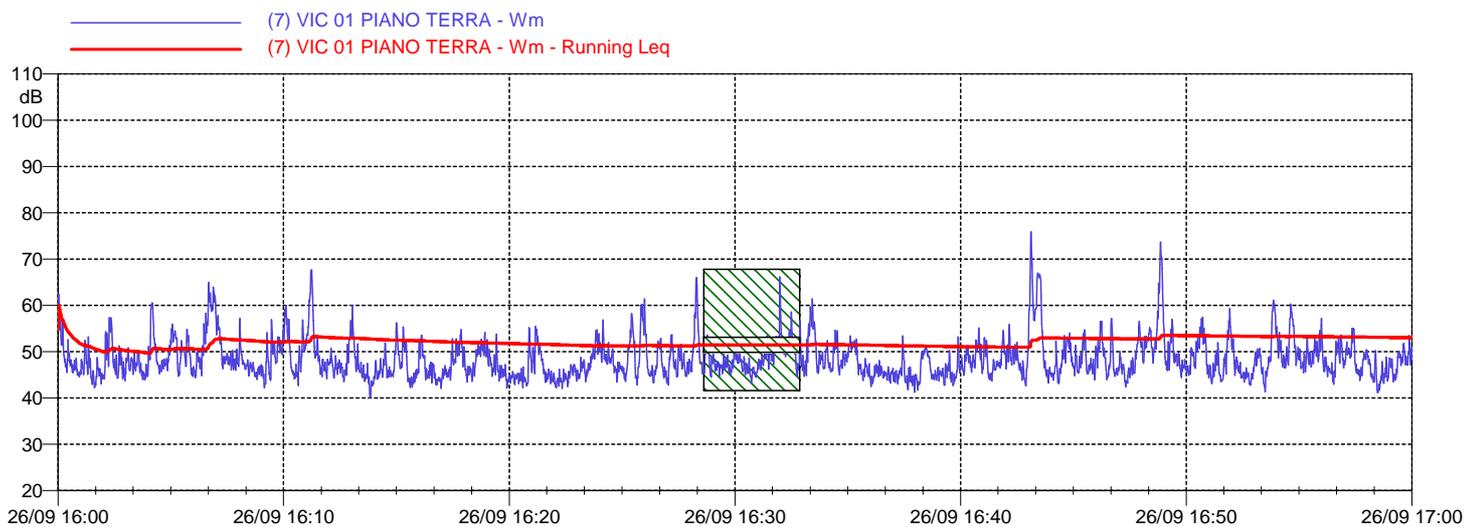
### Asse X



### Asse Y



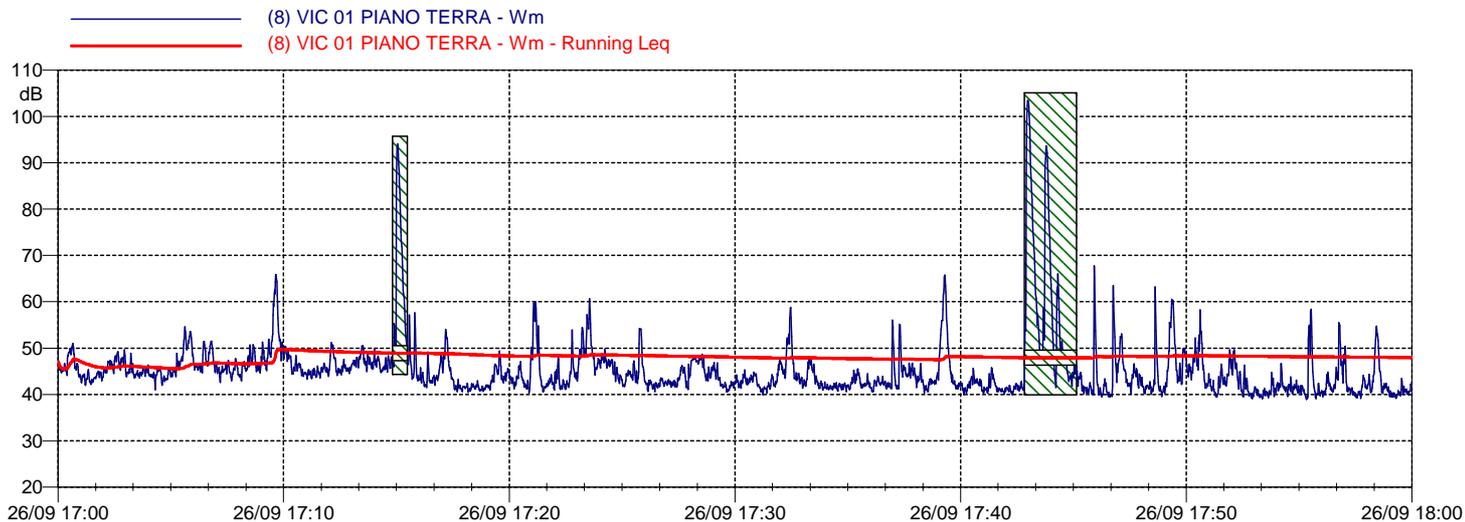
### Asse Z



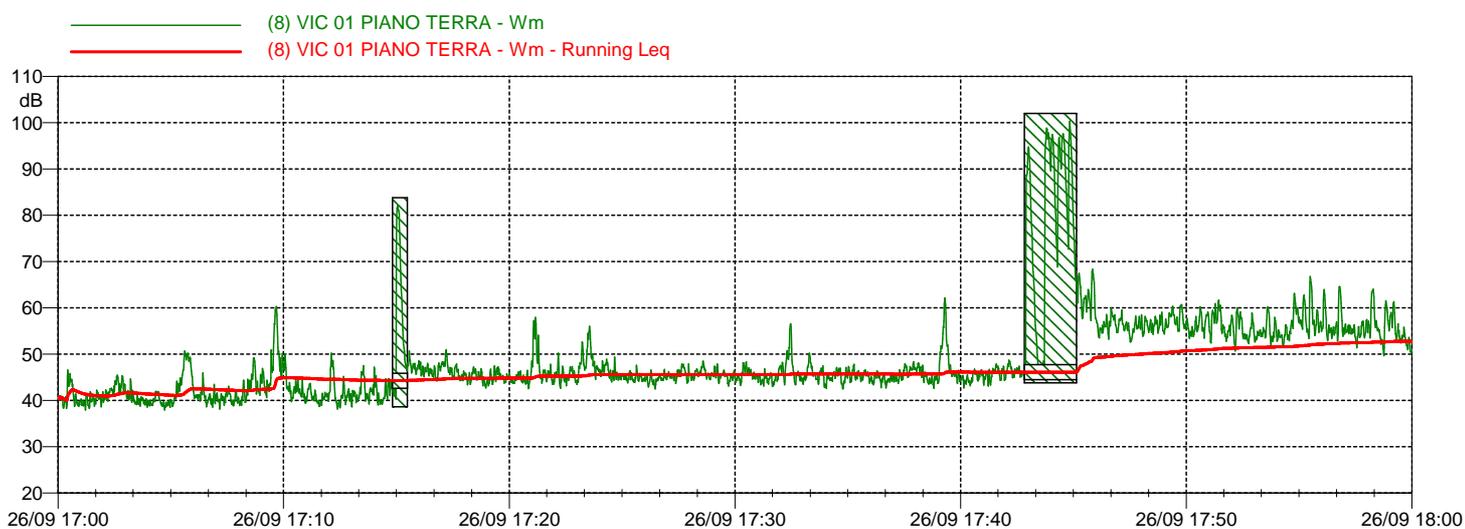


## Intervalli orari

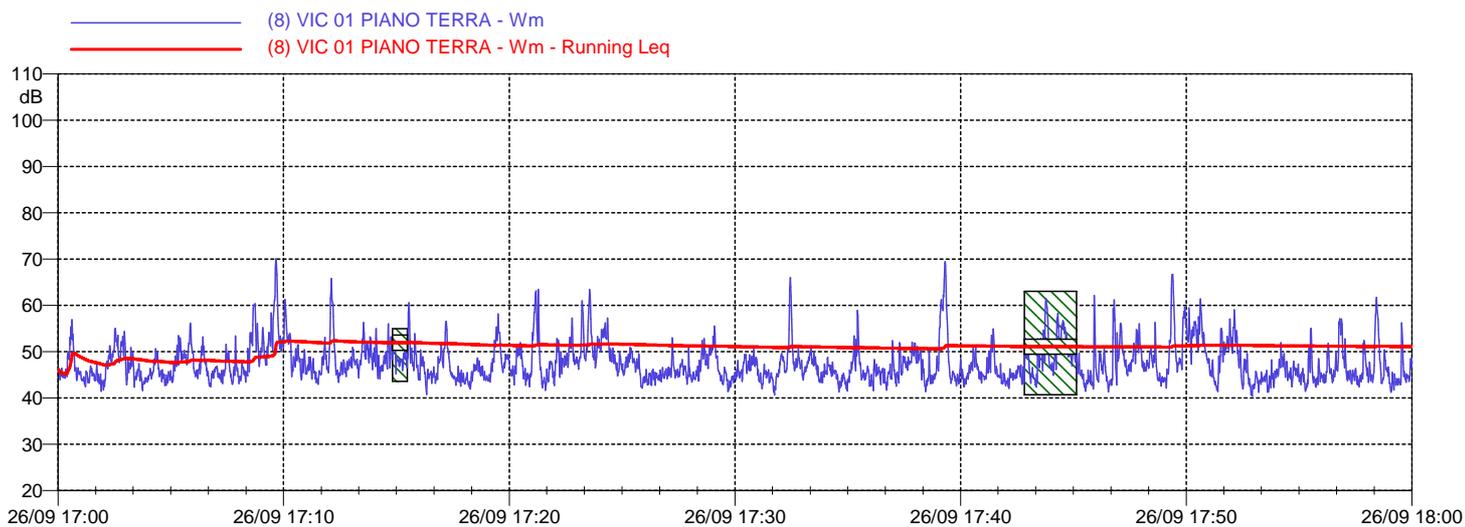
### Asse X



### Asse Y



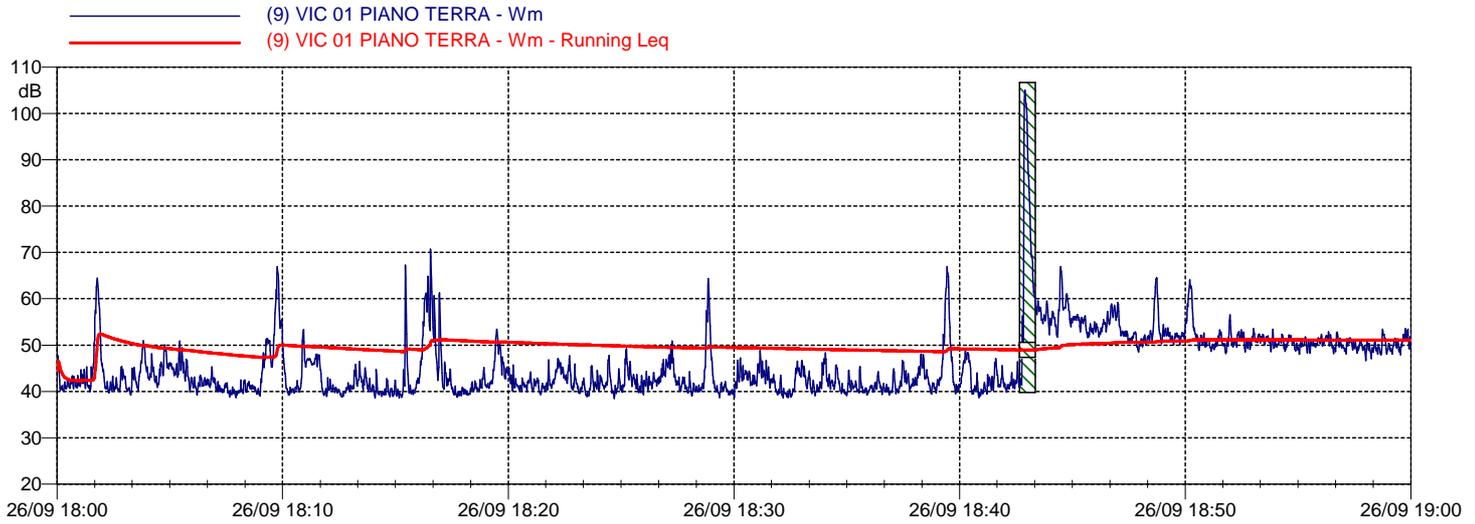
### Asse Z



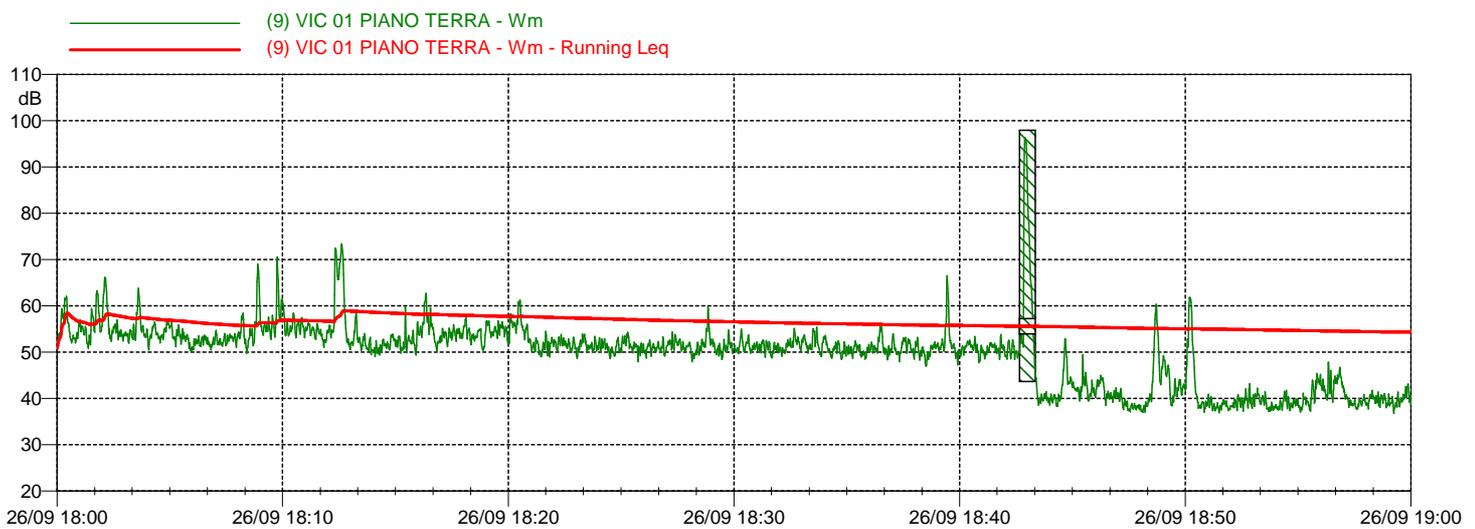


## Intervalli orari

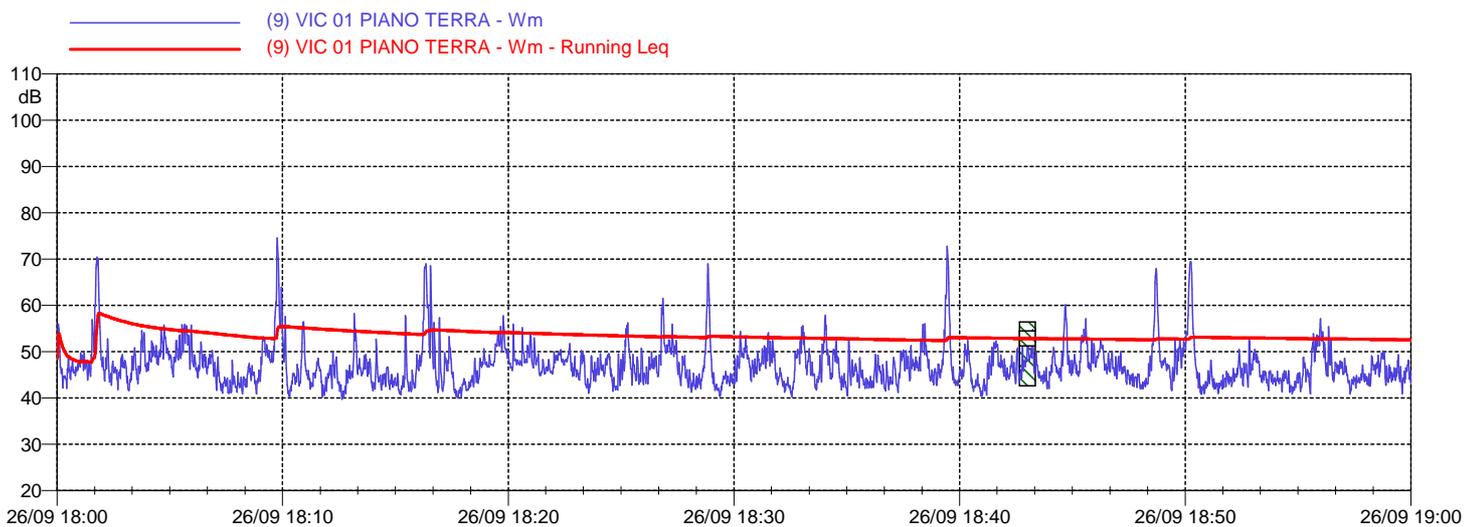
### Asse X



### Asse Y



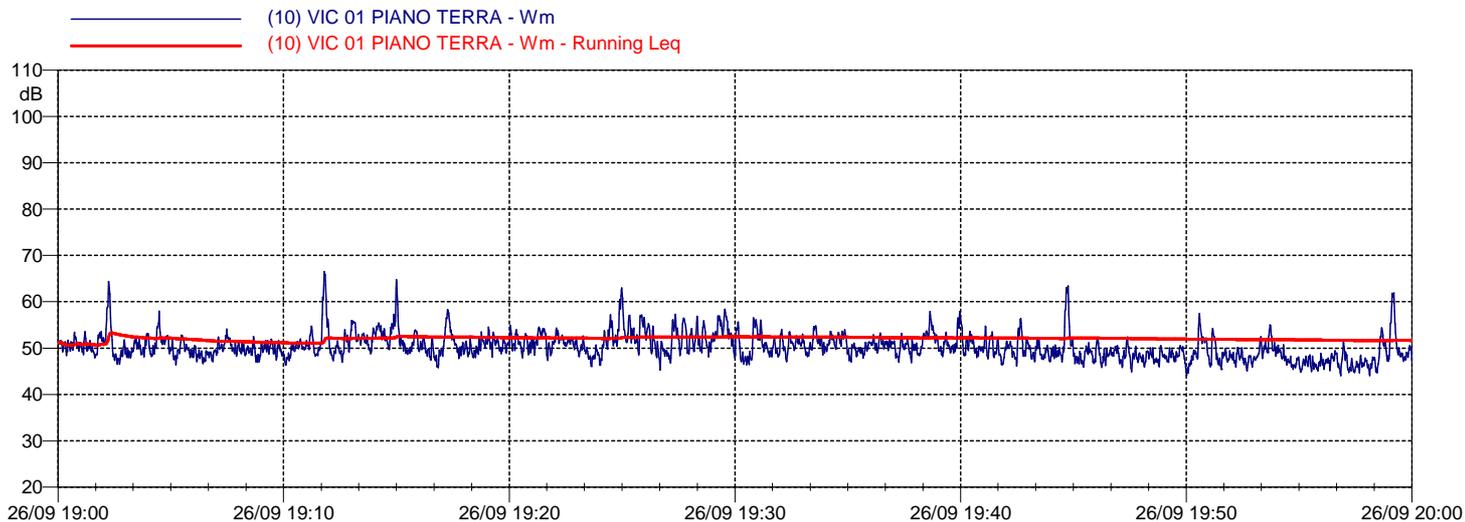
### Asse Z



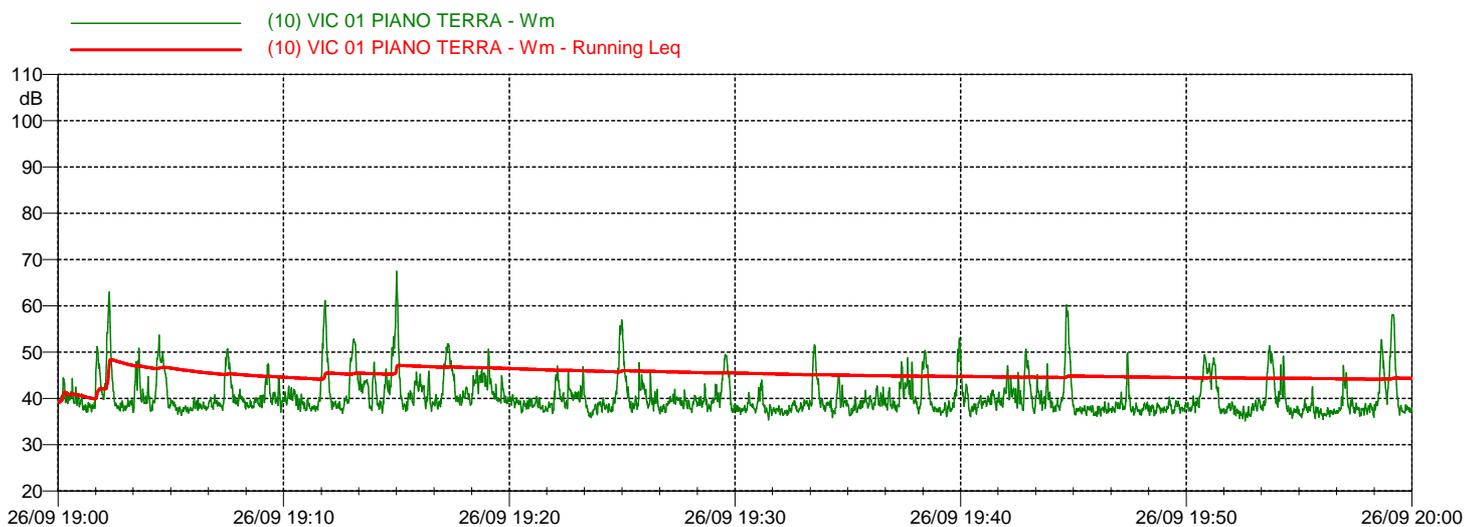


## Intervalli orari

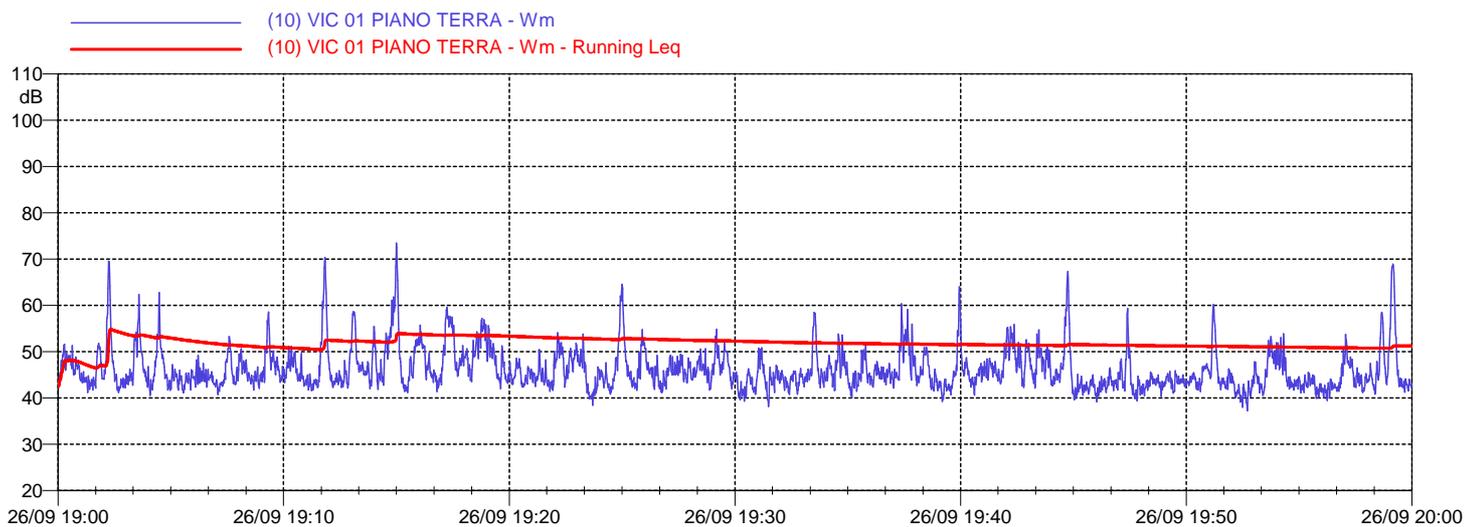
### Asse X



### Asse Y



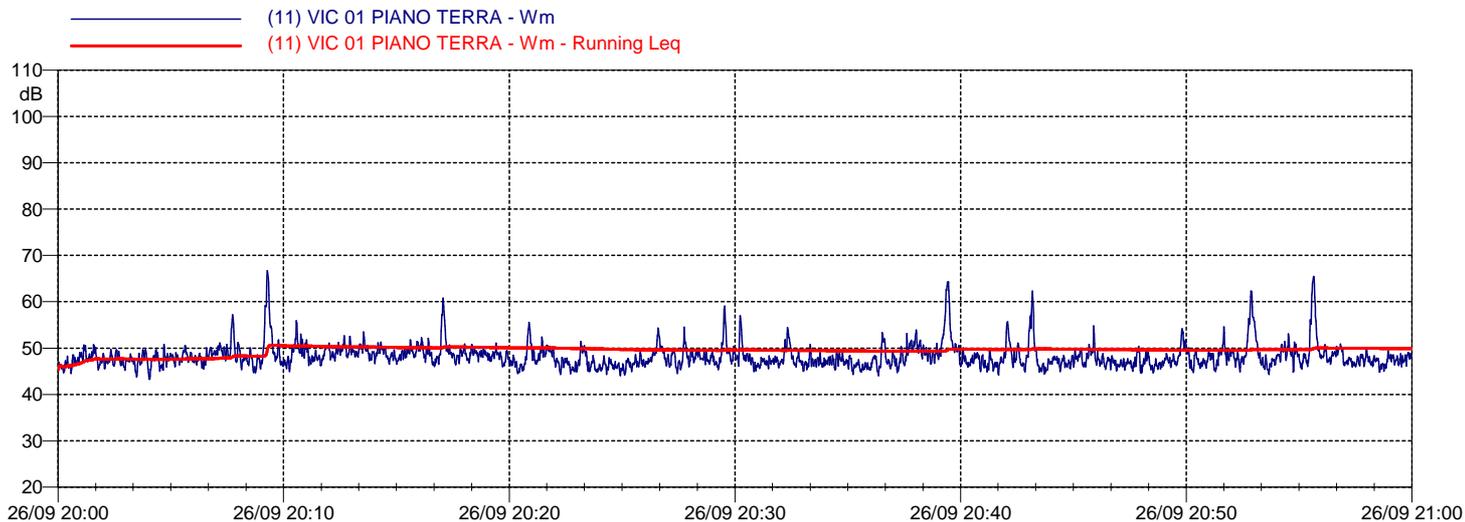
### Asse Z



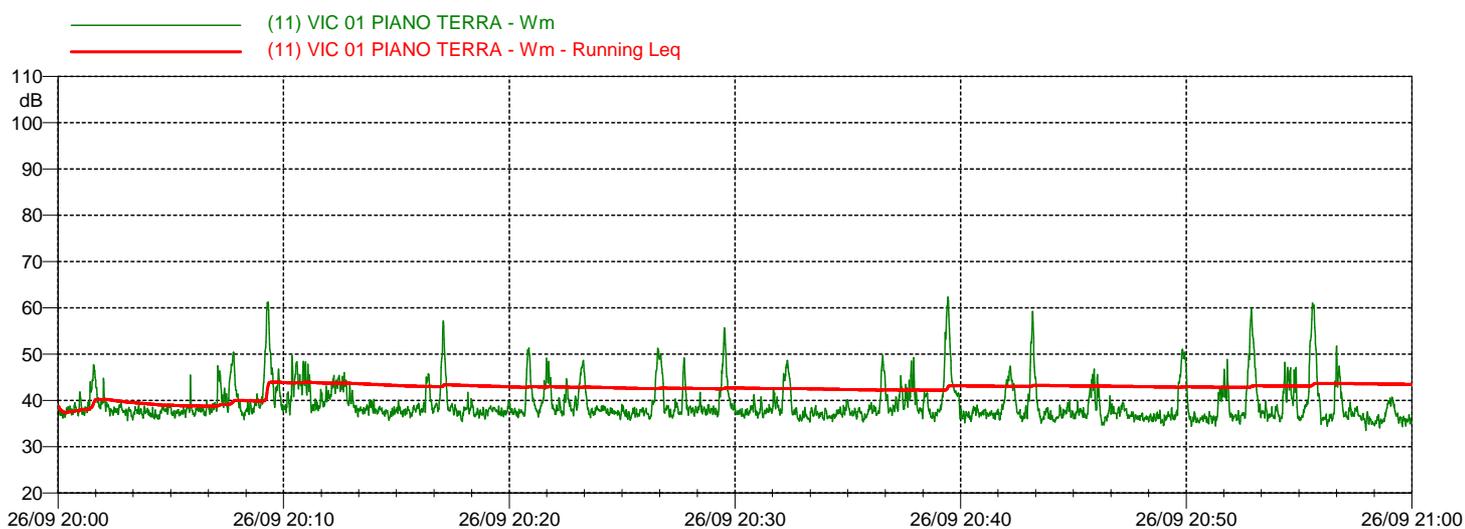


## Intervalli orari

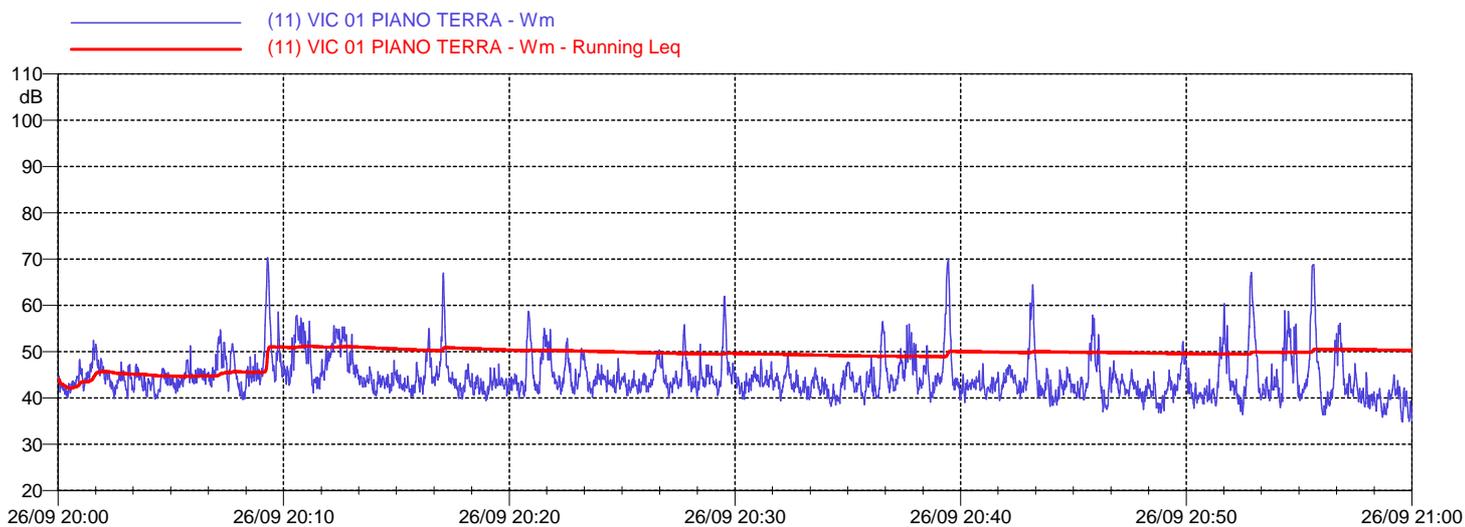
### Asse X



### Asse Y



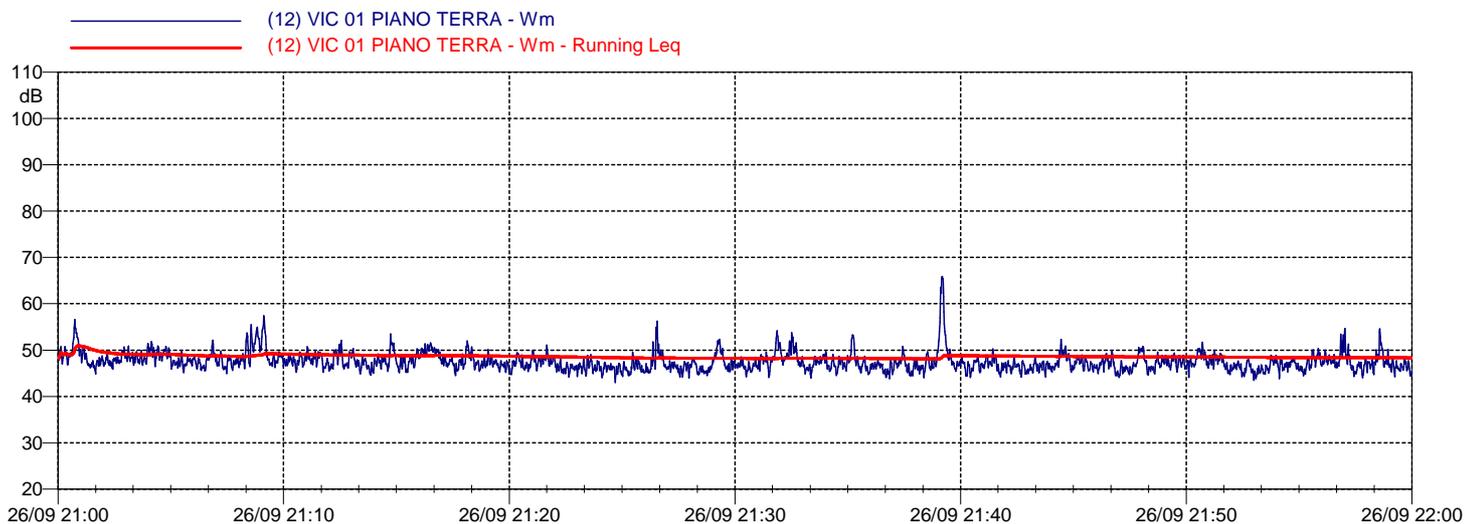
### Asse Z



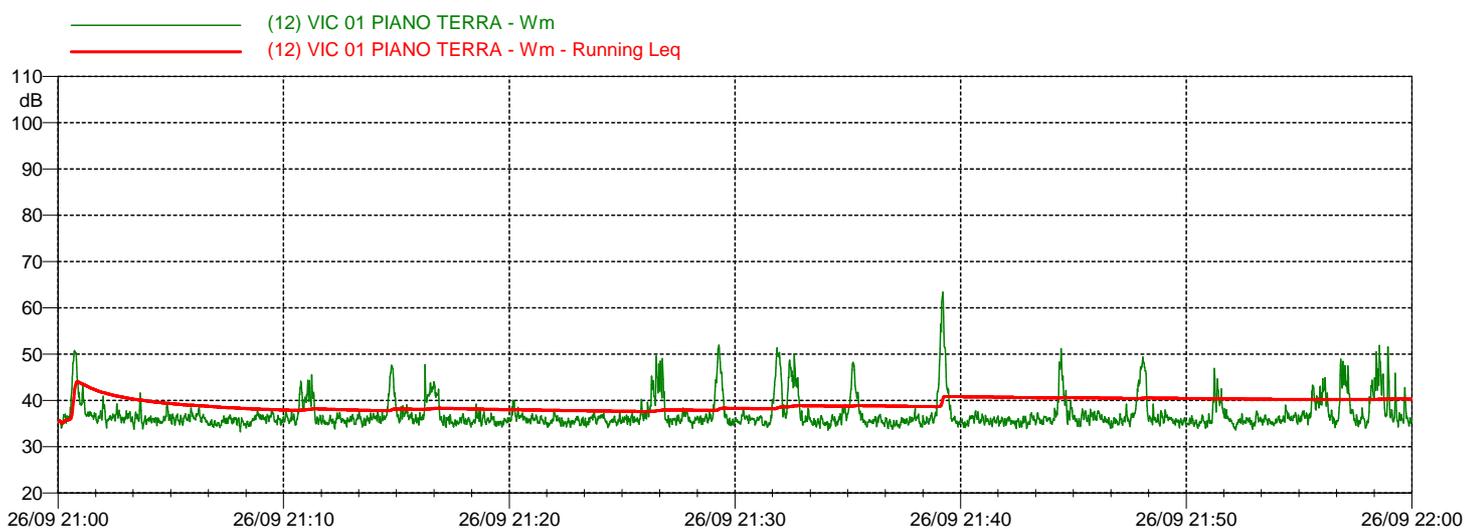


## Intervalli orari

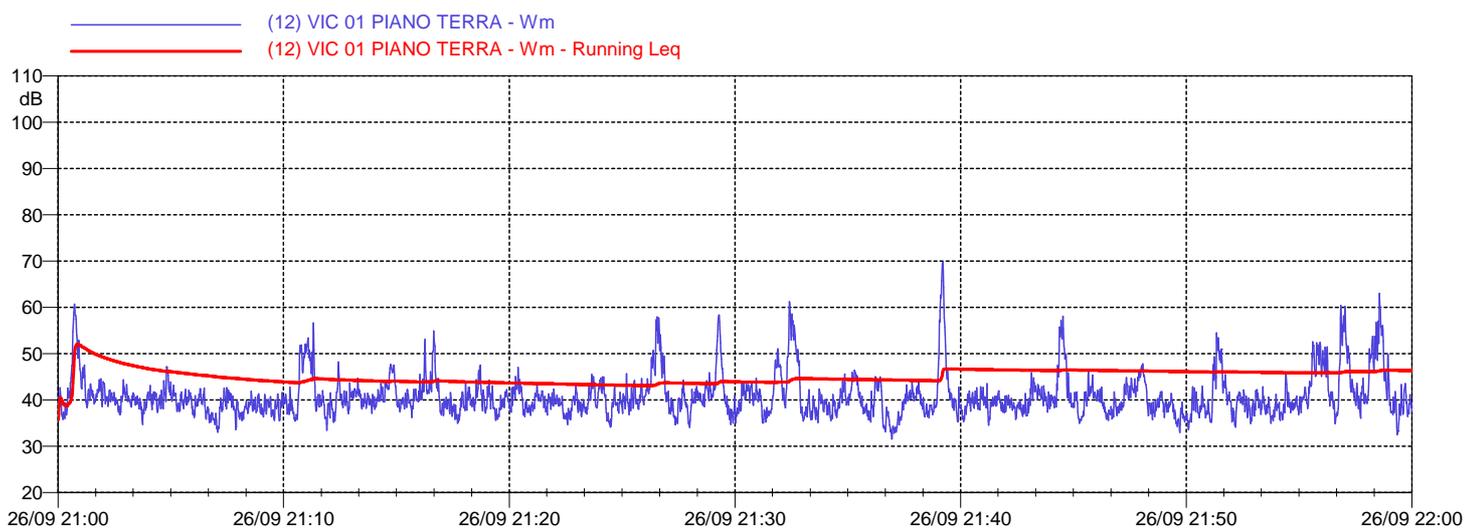
### Asse X



### Asse Y



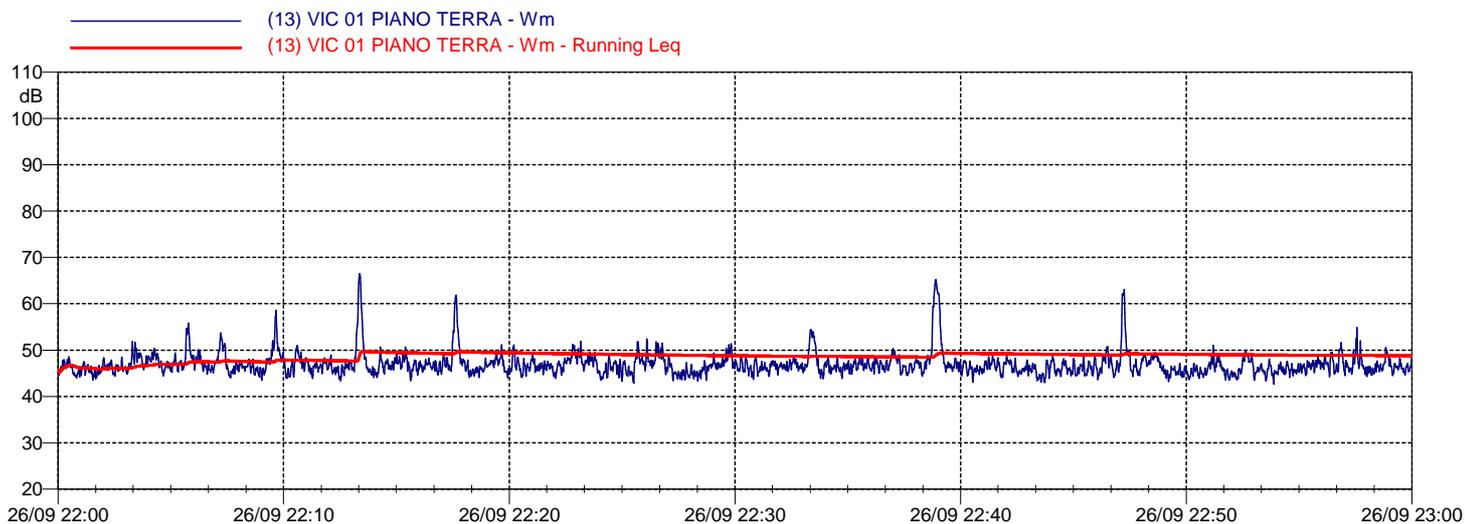
### Asse Z



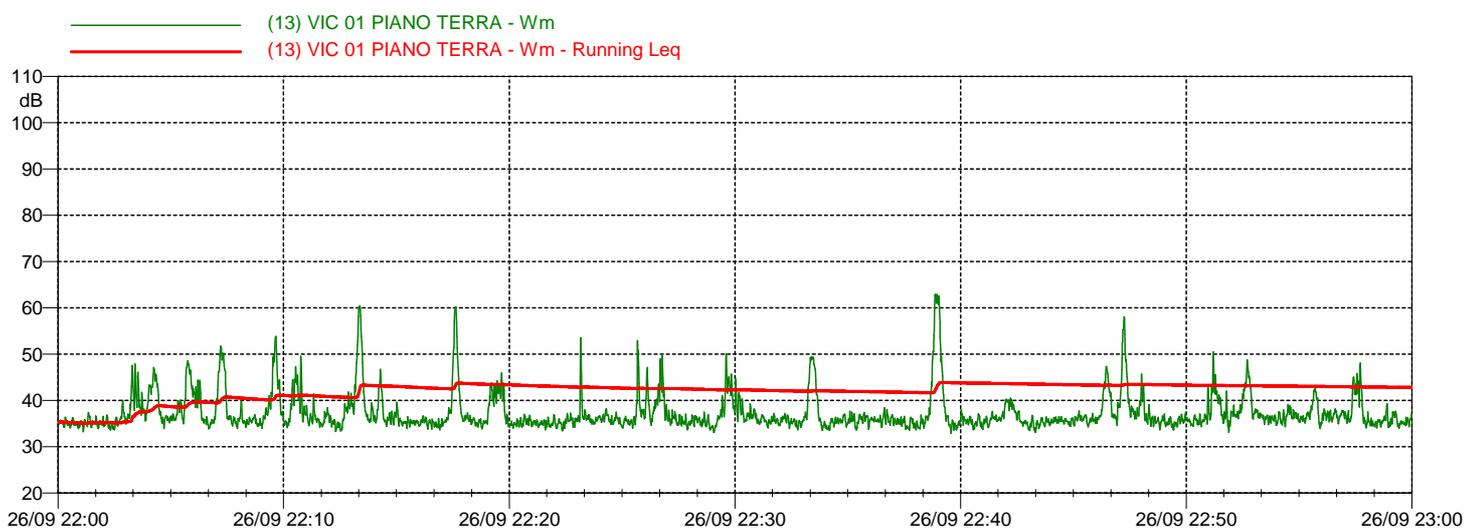


## Intervalli orari

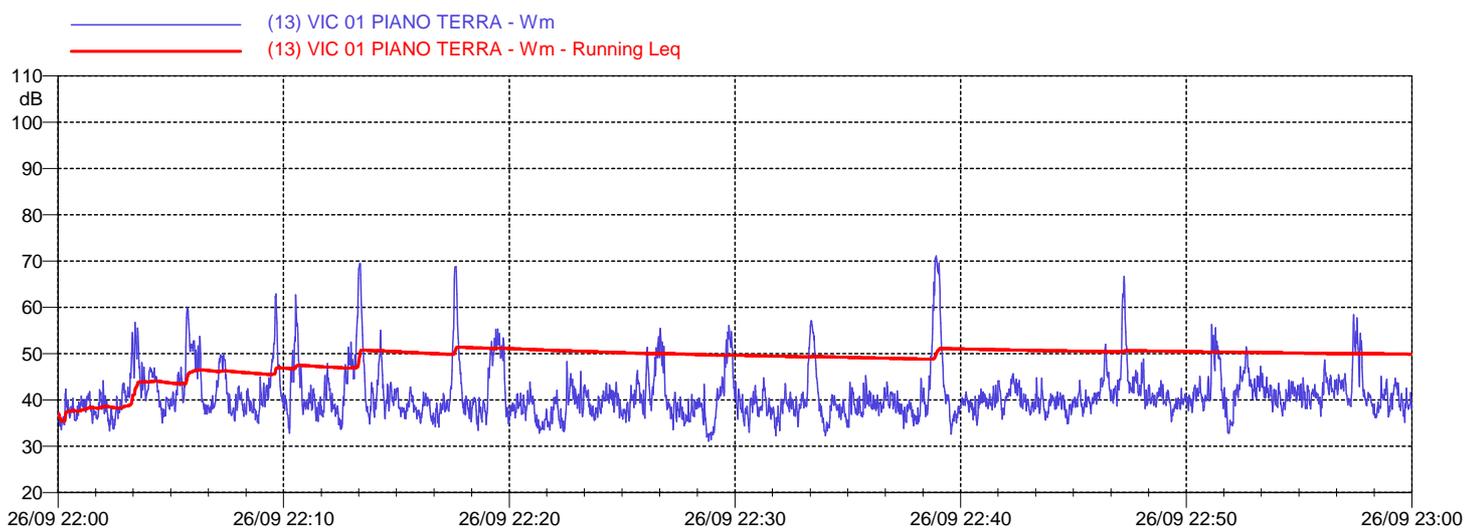
### Asse X



### Asse Y



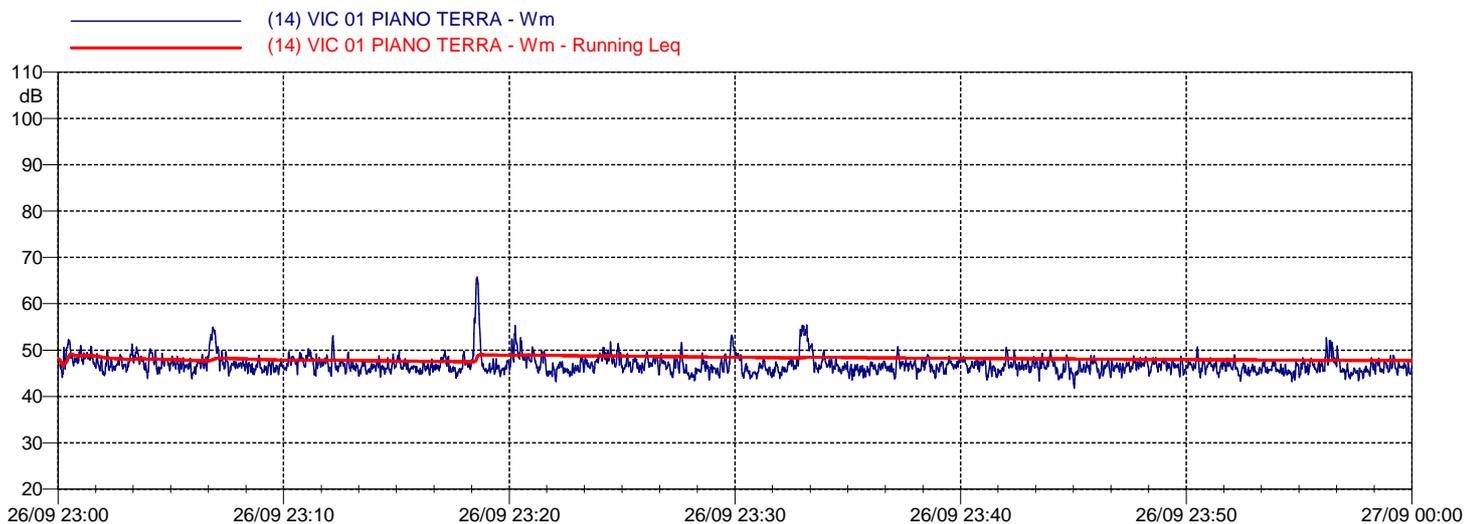
### Asse Z



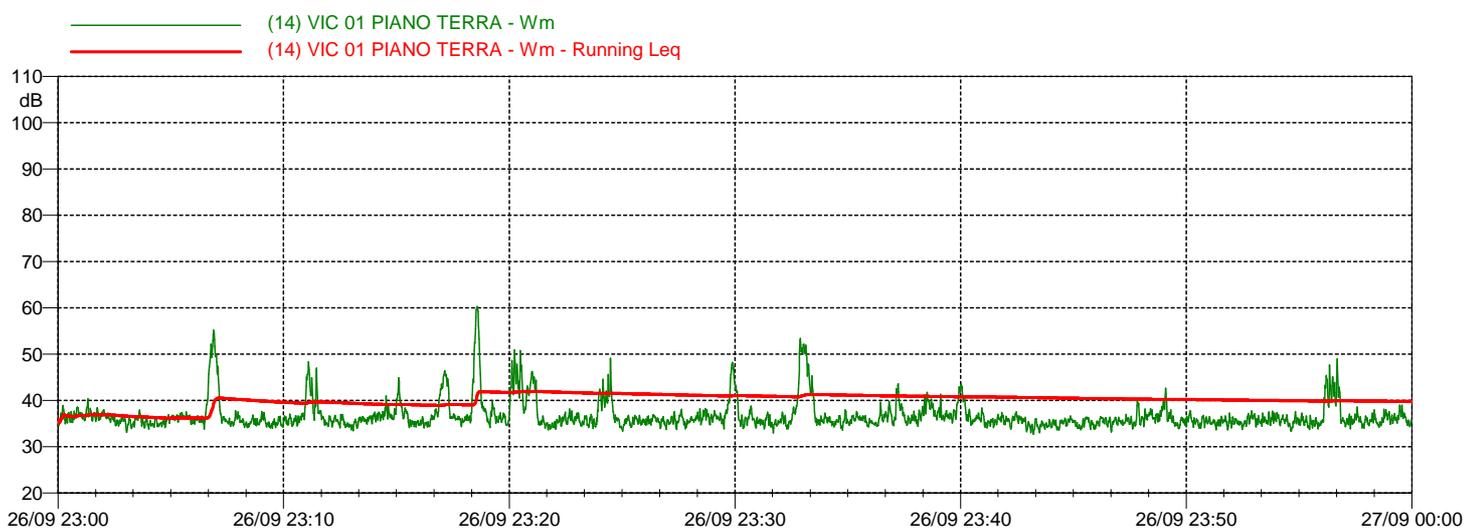


## Intervalli orari

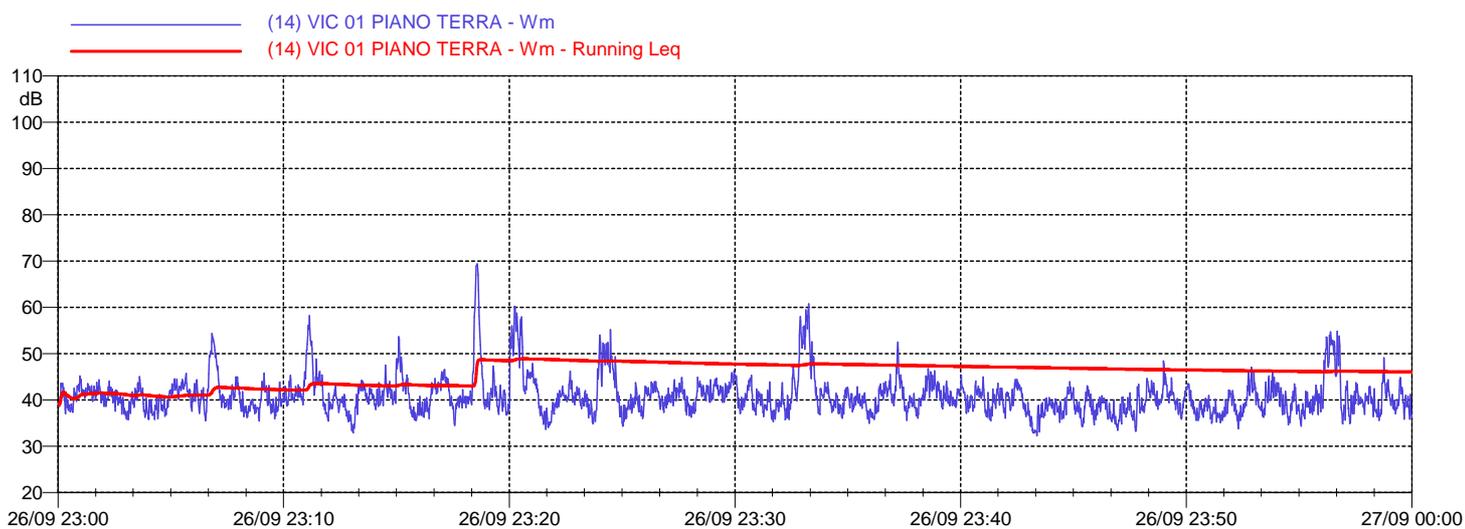
### Asse X



### Asse Y



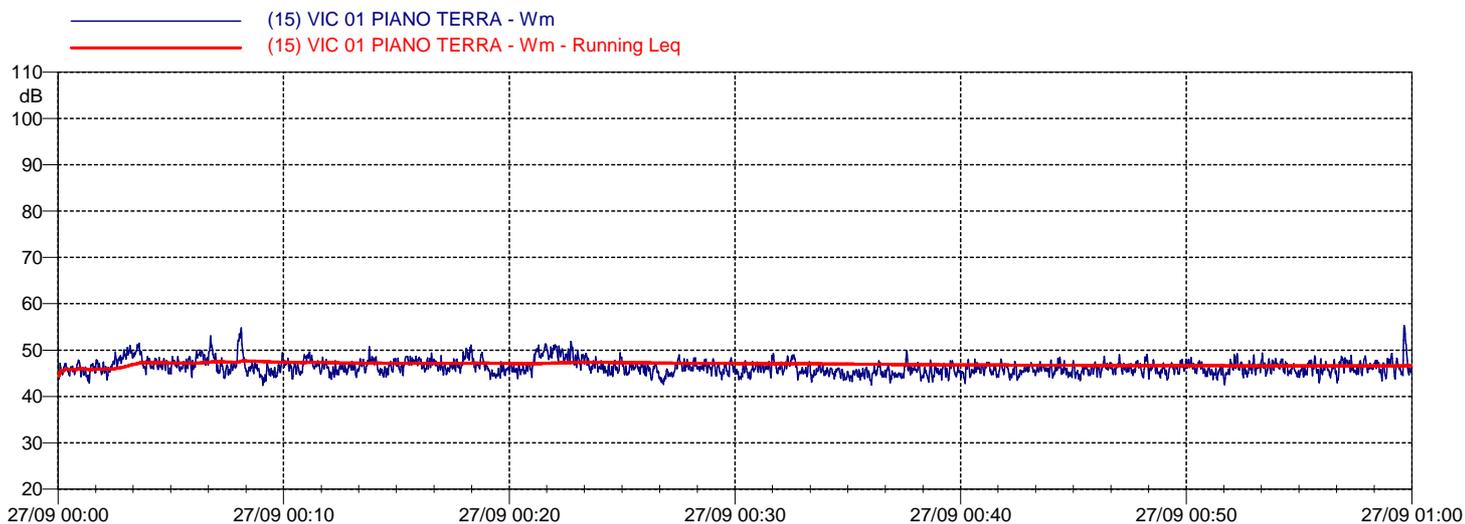
### Asse Z



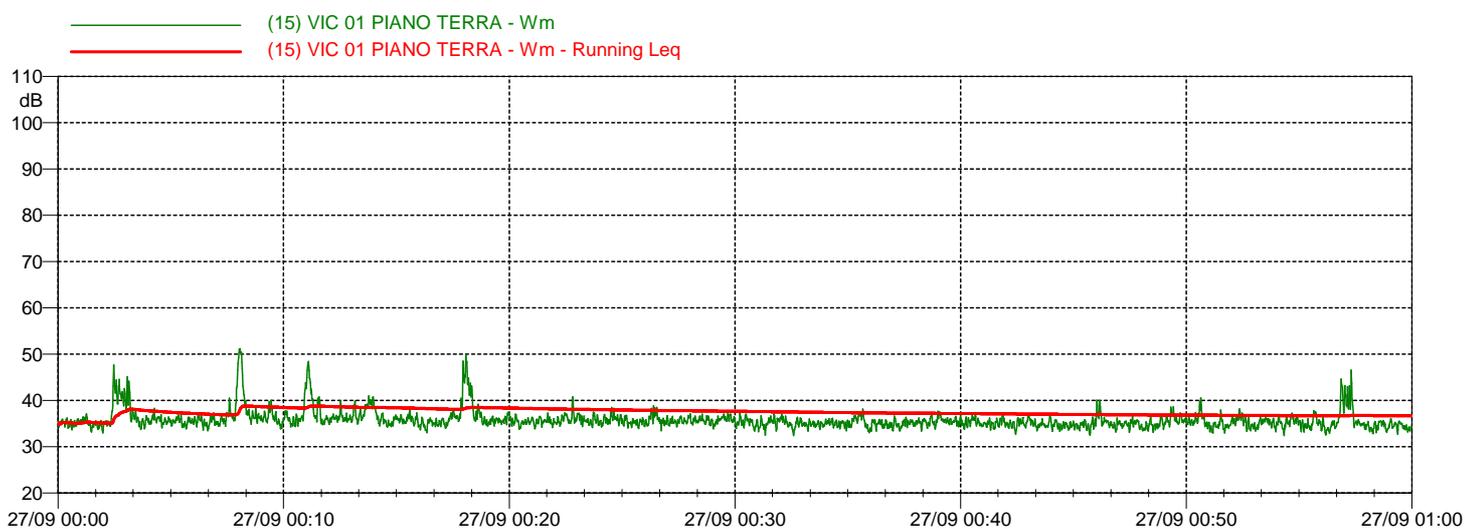


## Intervalli orari

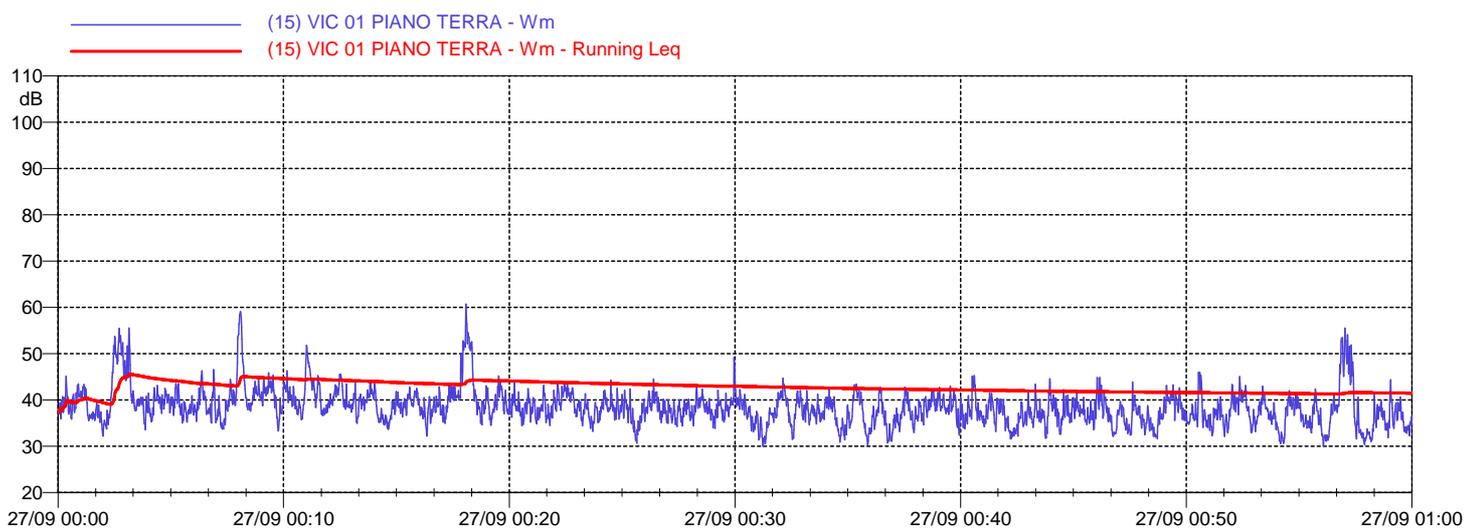
### Asse X



### Asse Y



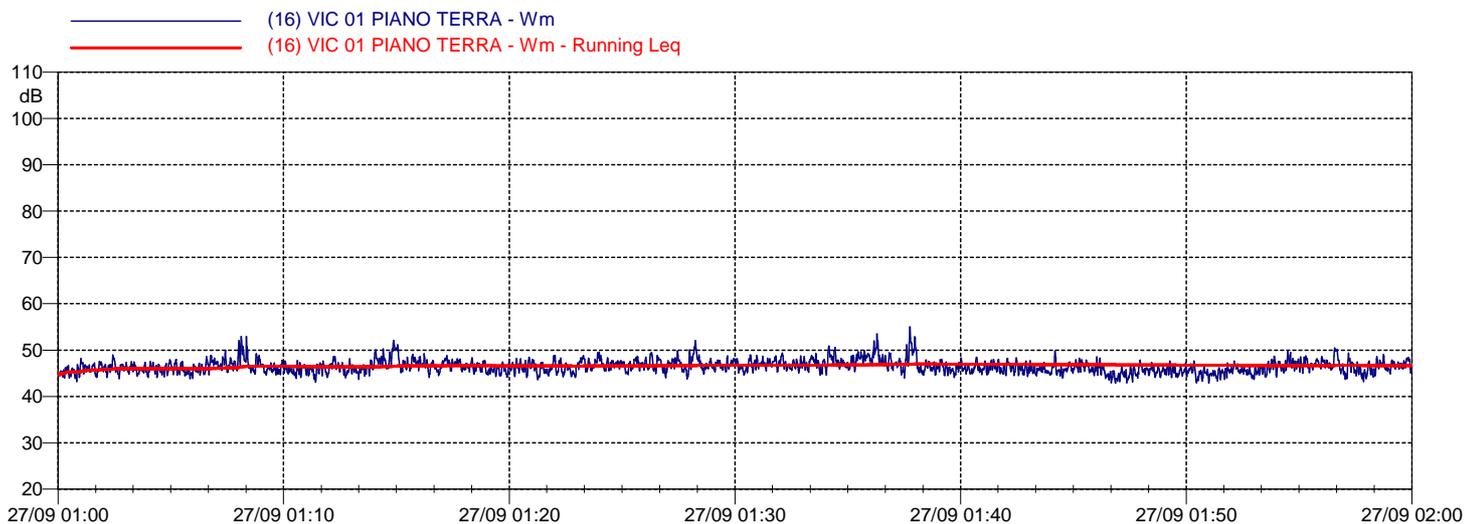
### Asse Z



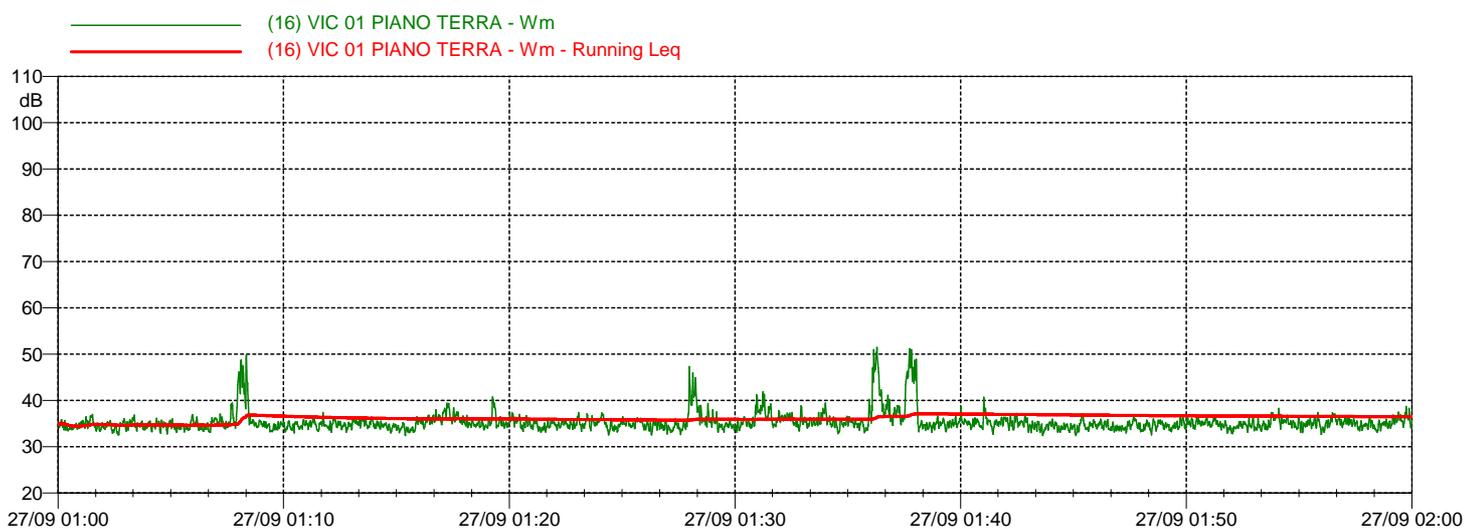


## Intervalli orari

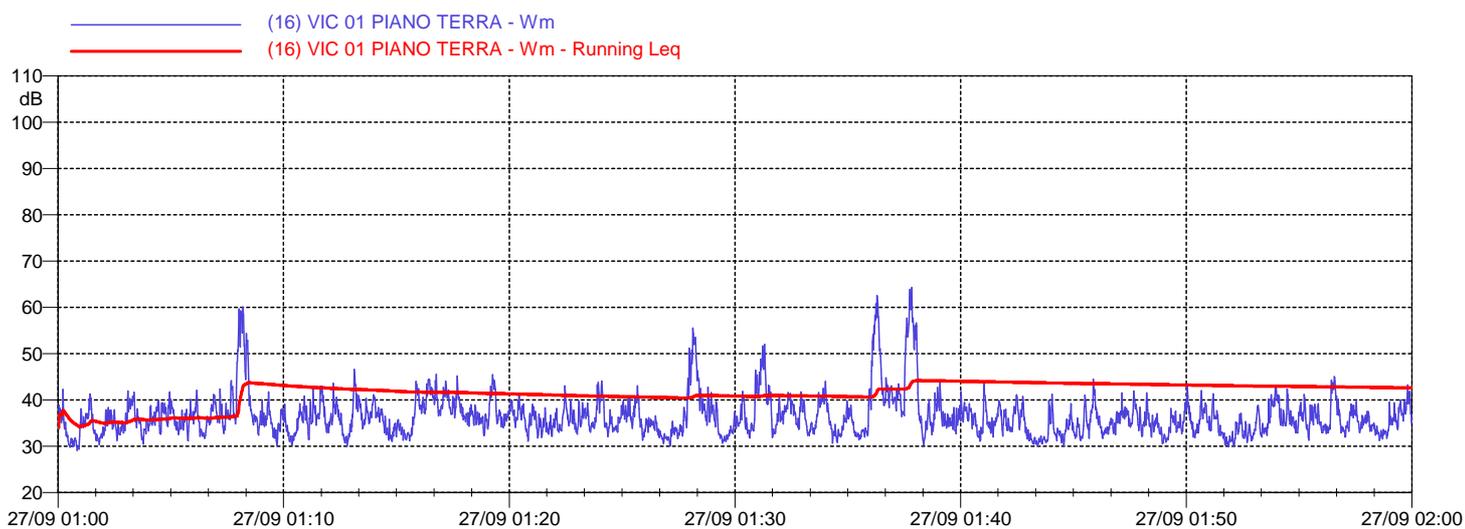
### Asse X



### Asse Y



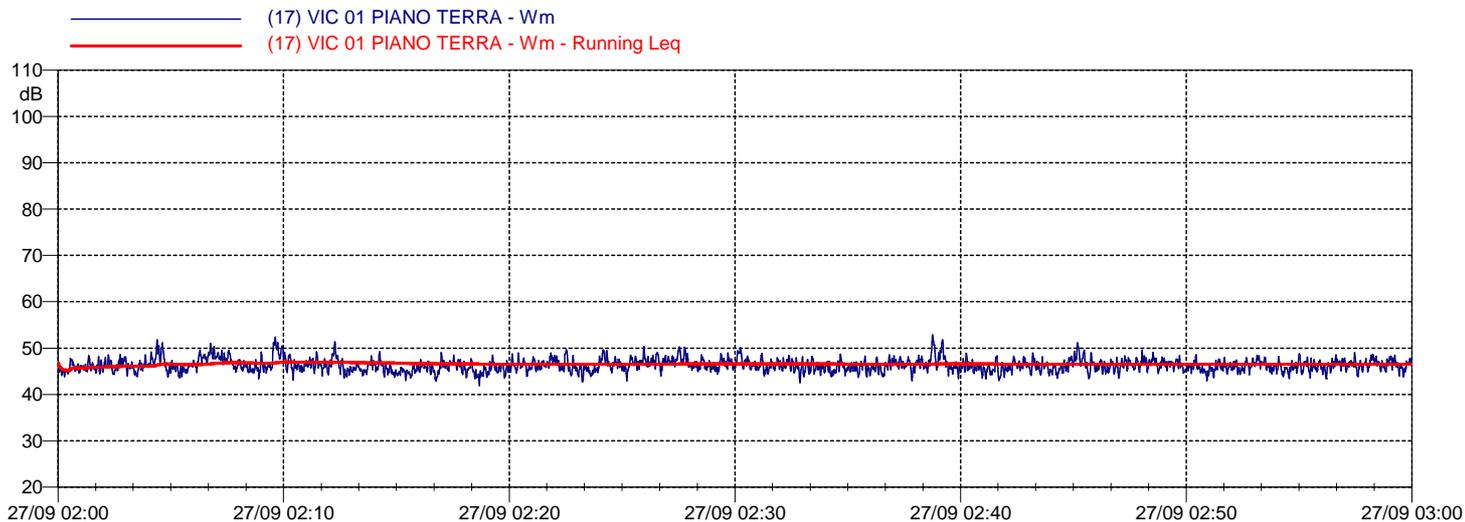
### Asse Z



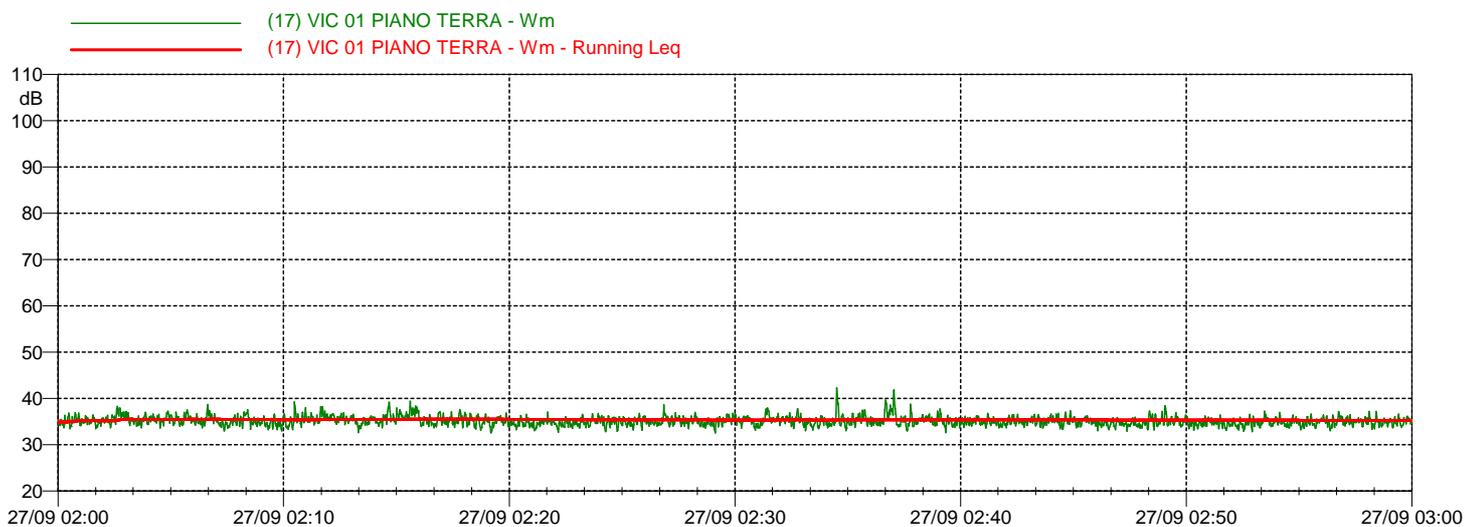


## Intervalli orari

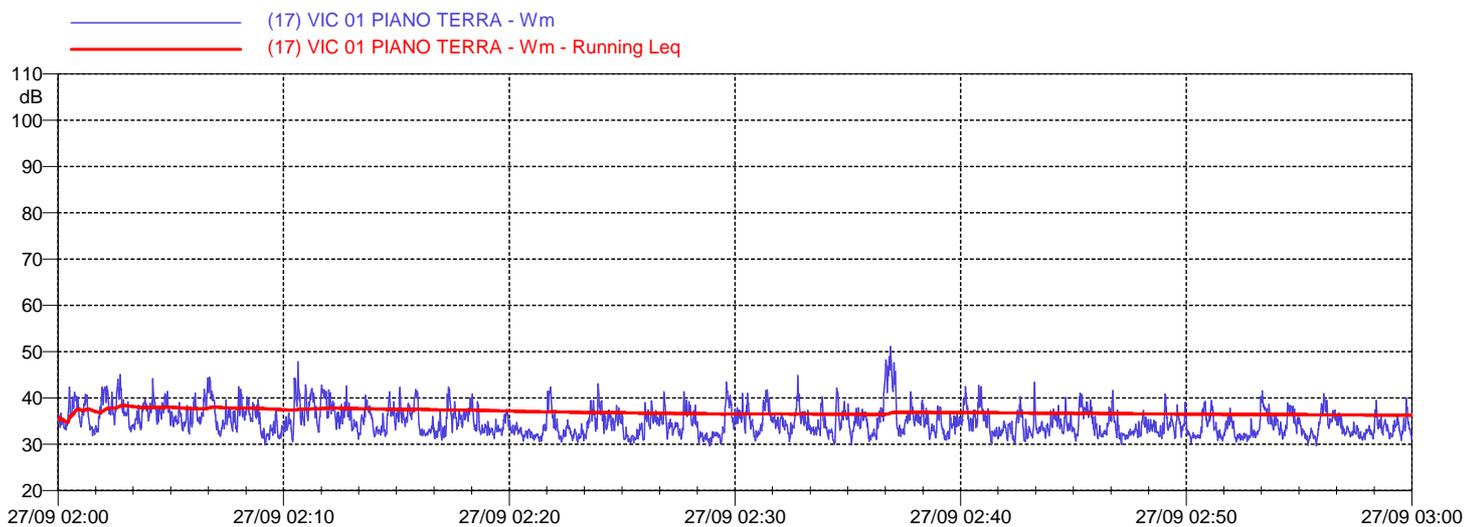
### Asse X



### Asse Y

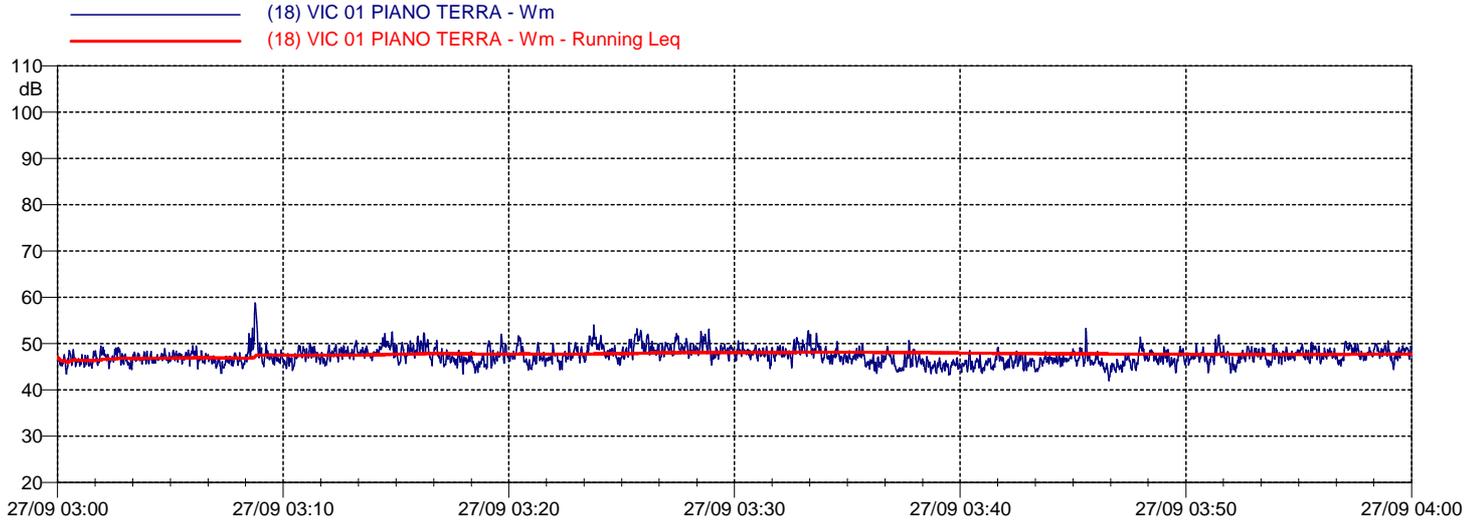


### Asse Z

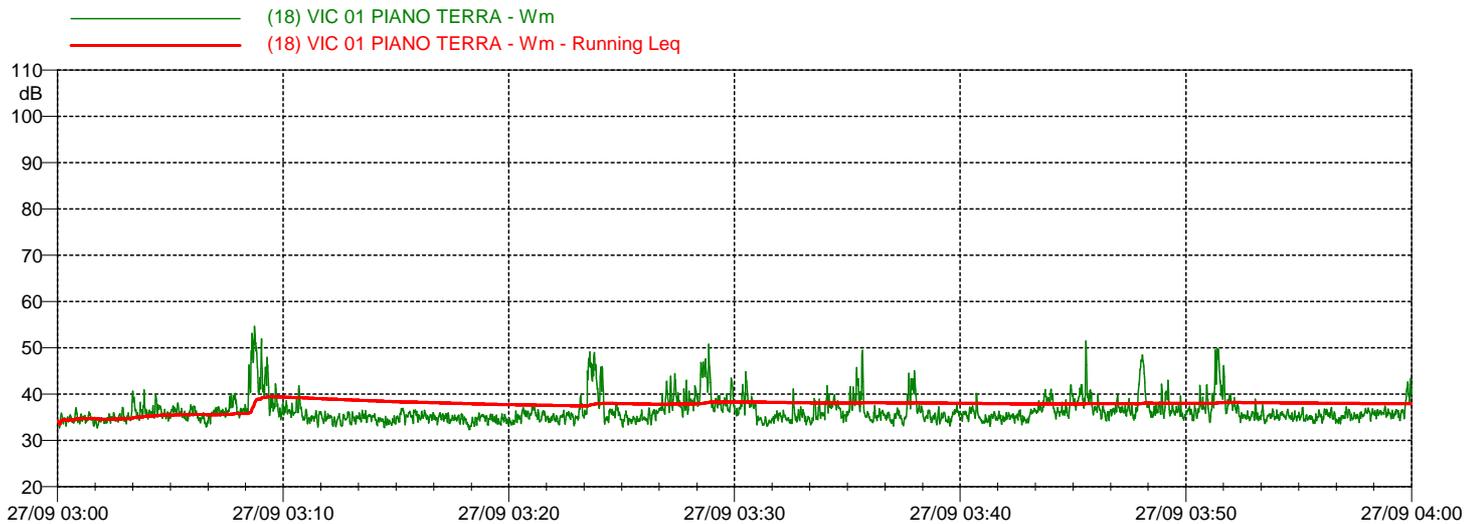


## Intervalli orari

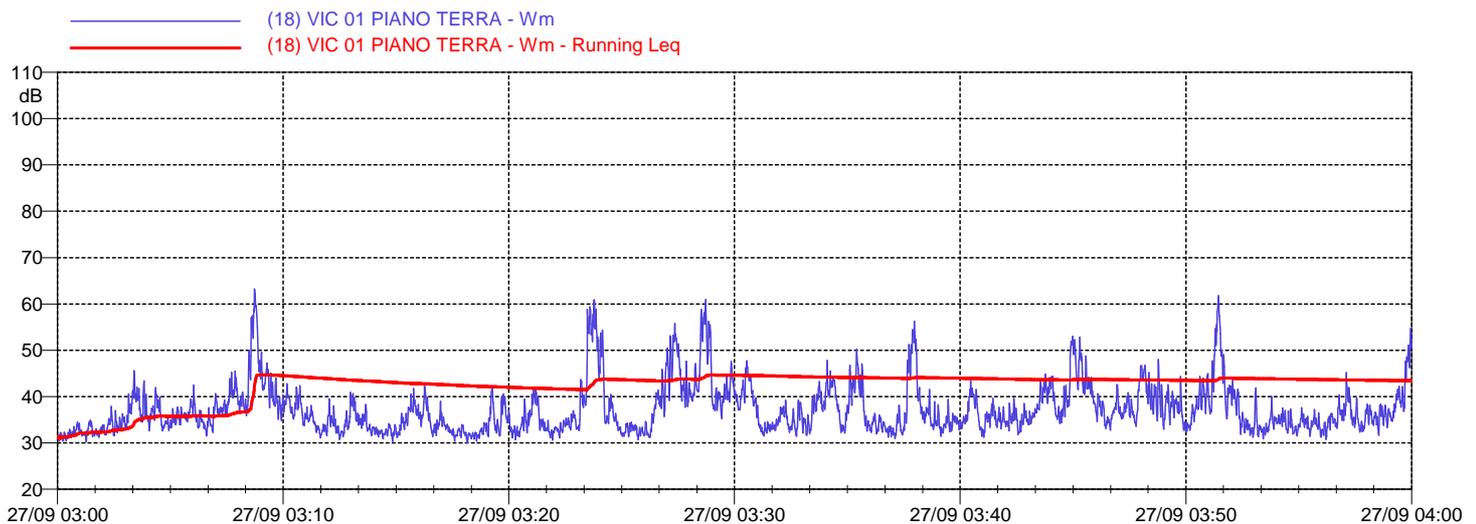
### Asse X



### Asse Y



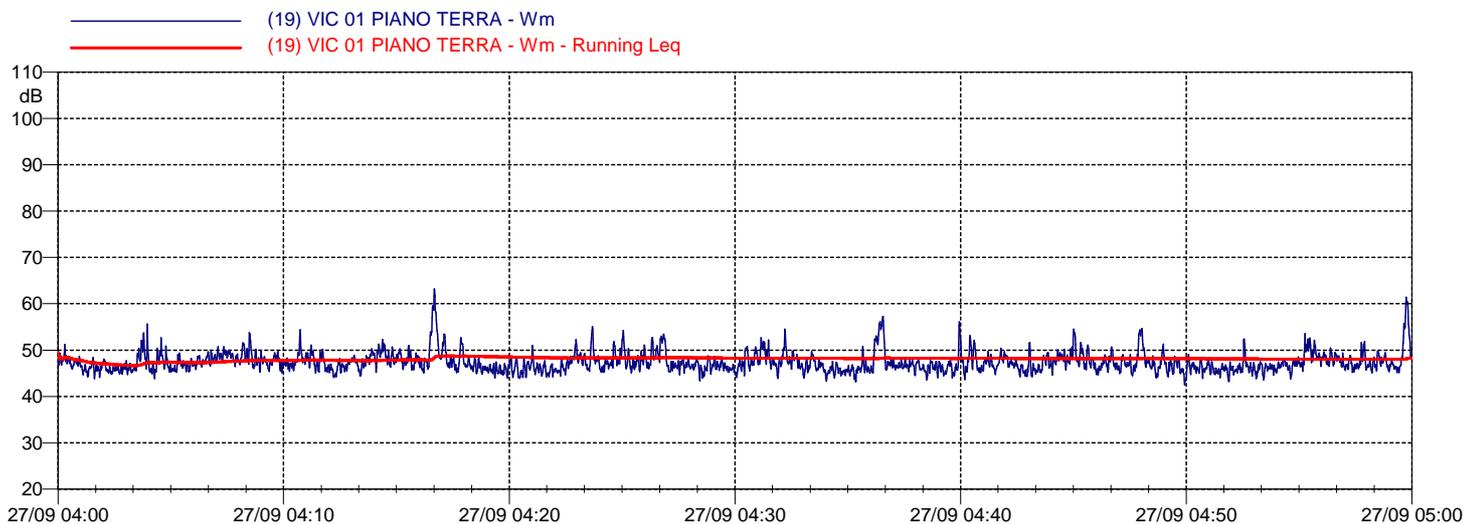
### Asse Z



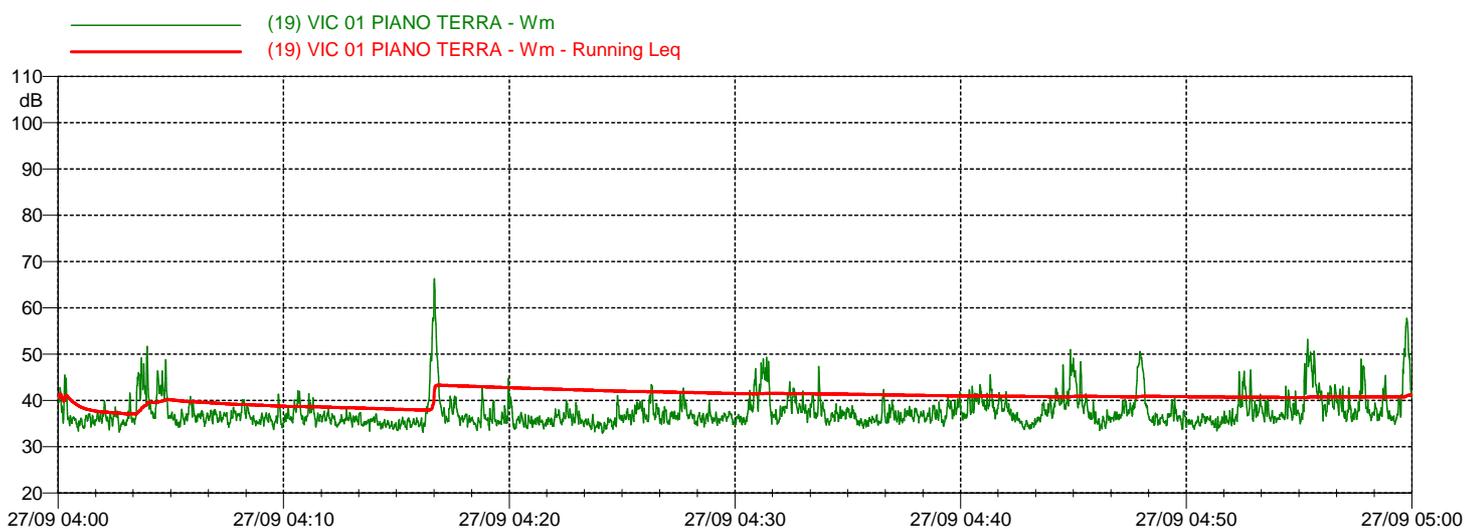


## Intervalli orari

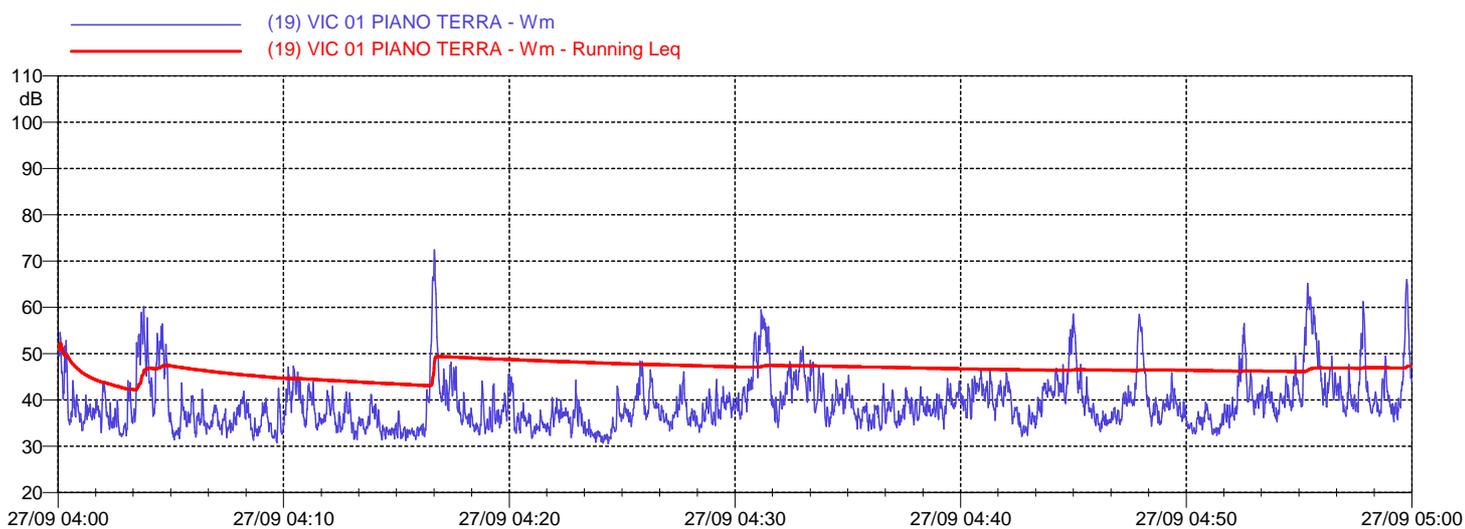
### Asse X



### Asse Y



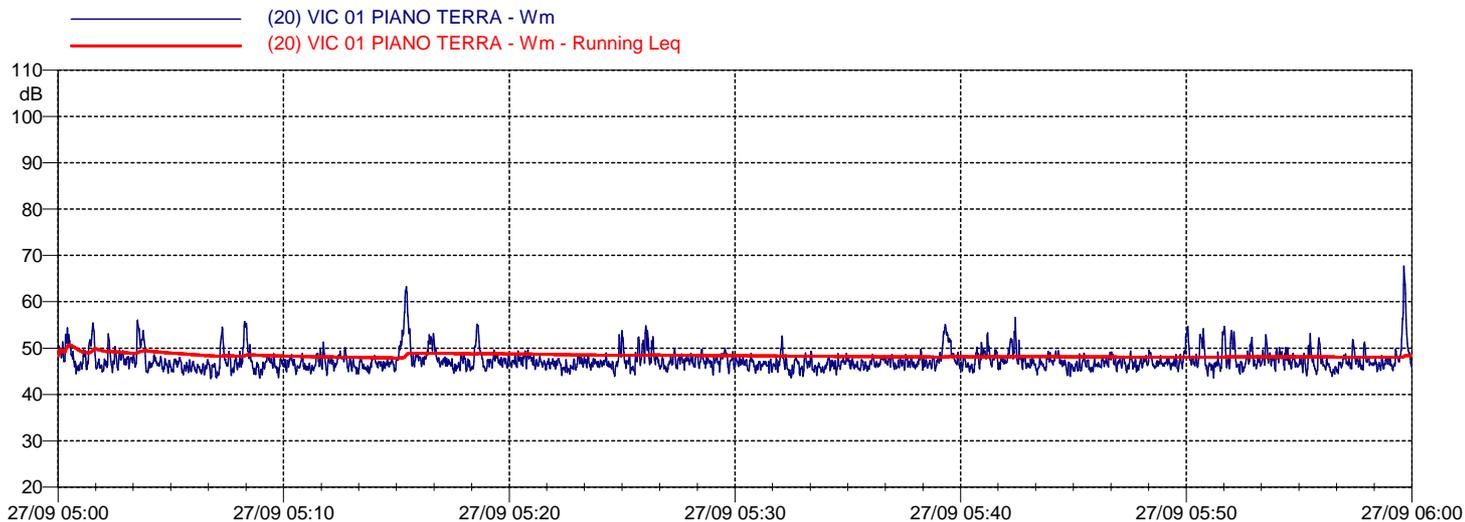
### Asse Z



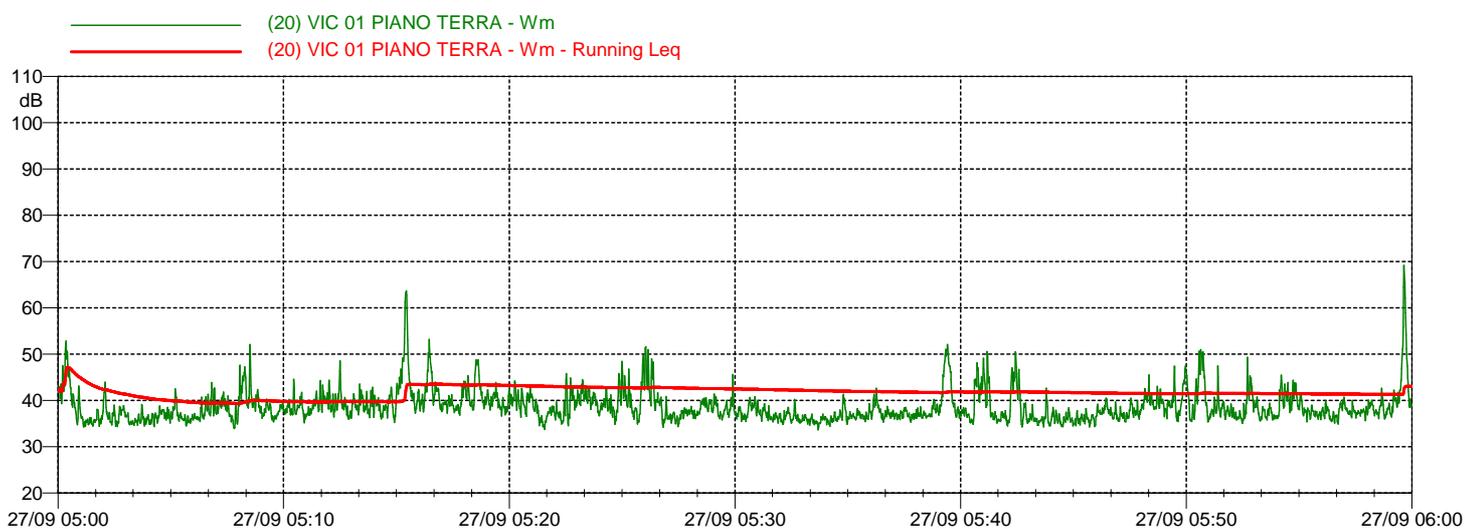


## Intervalli orari

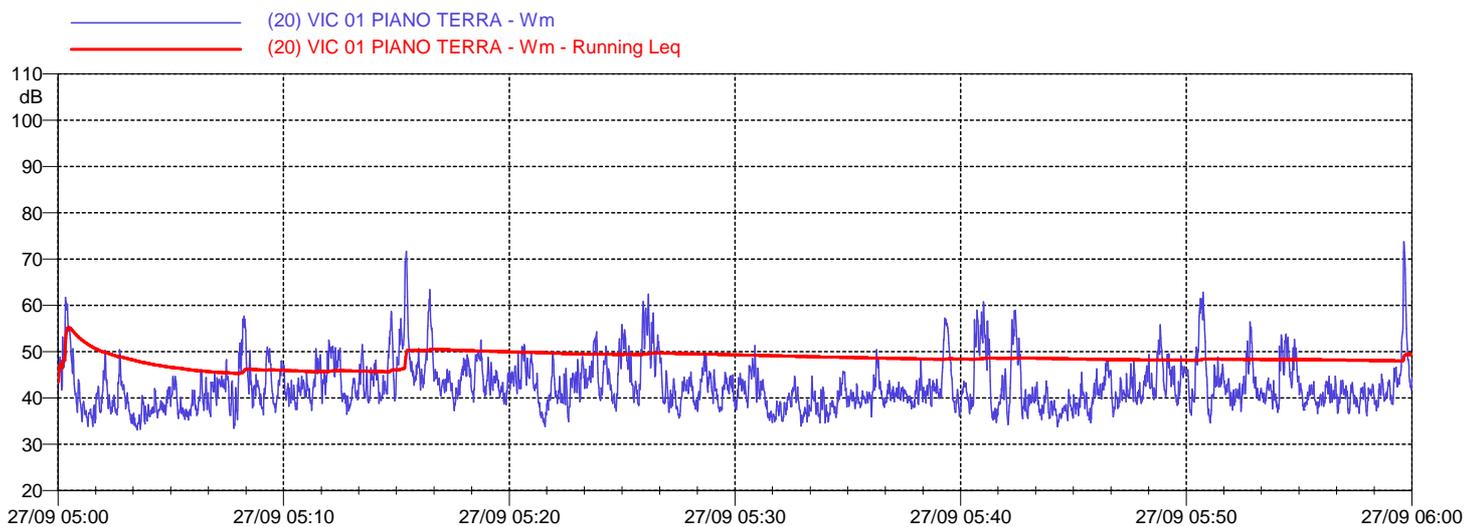
### Asse X



### Asse Y



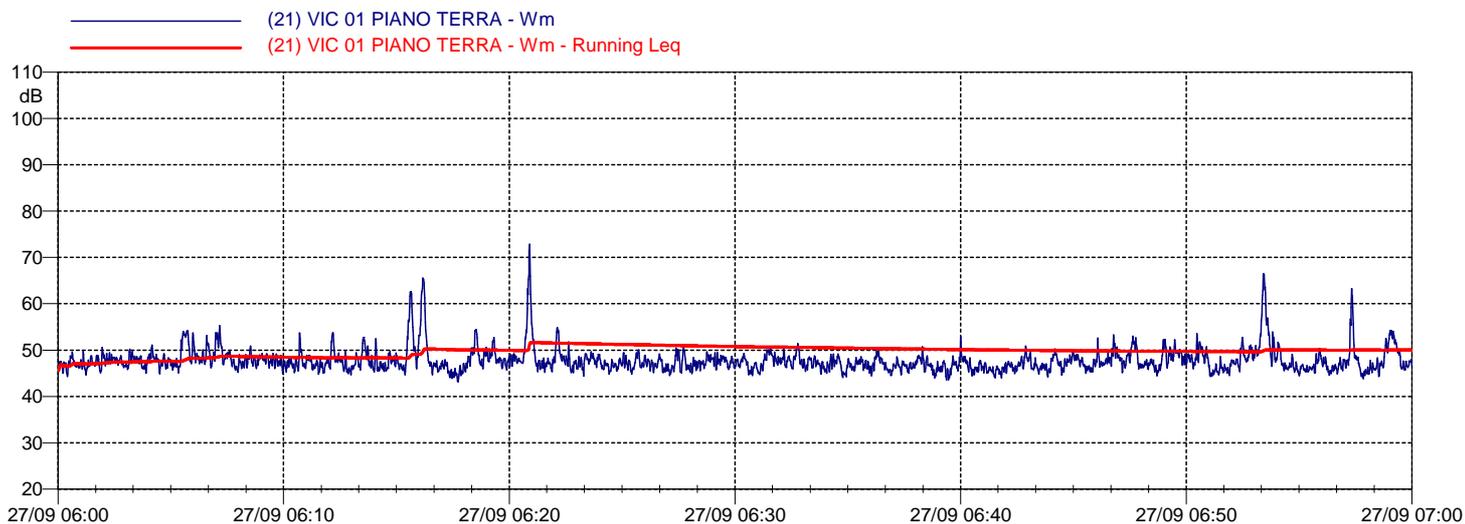
### Asse Z



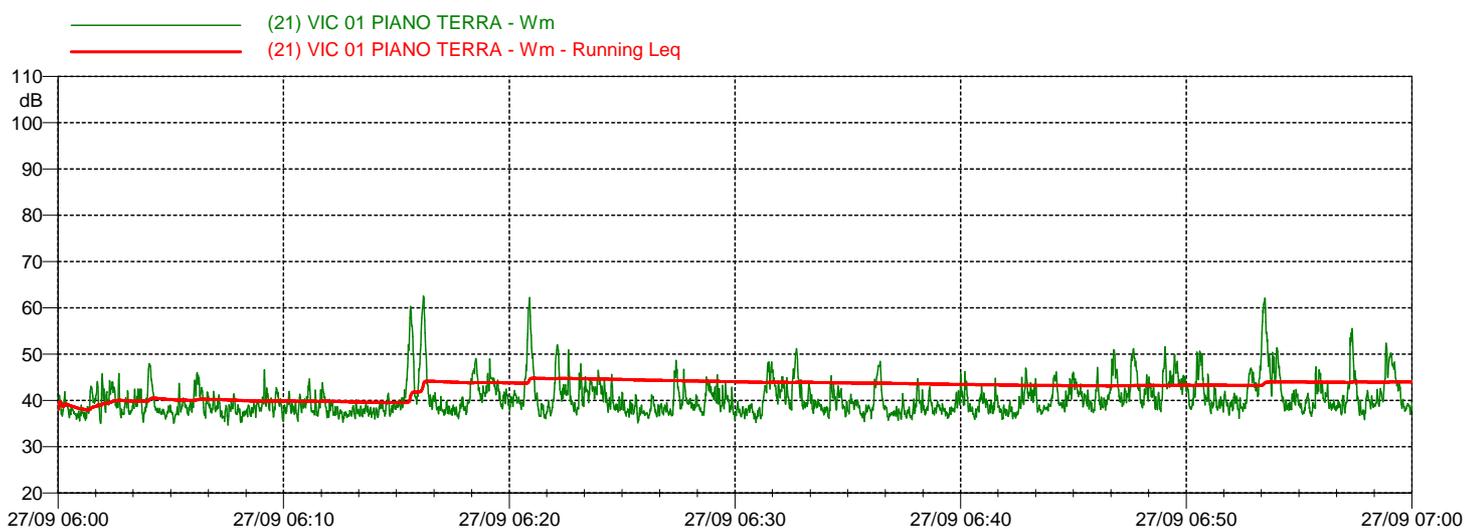


## Intervalli orari

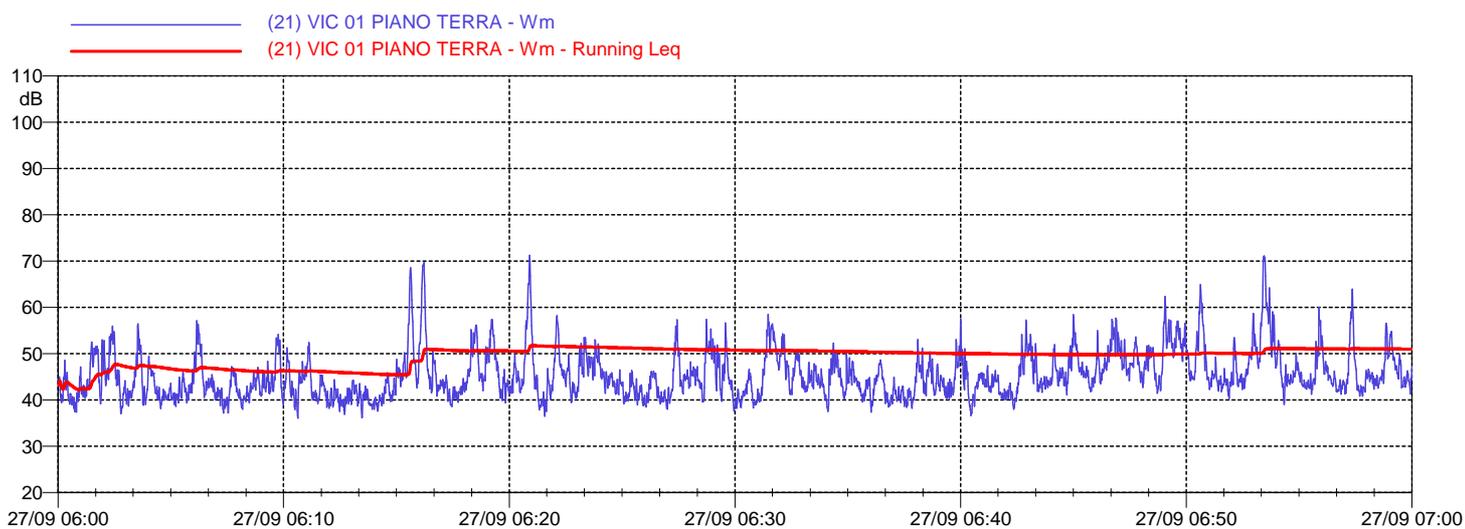
### Asse X



### Asse Y



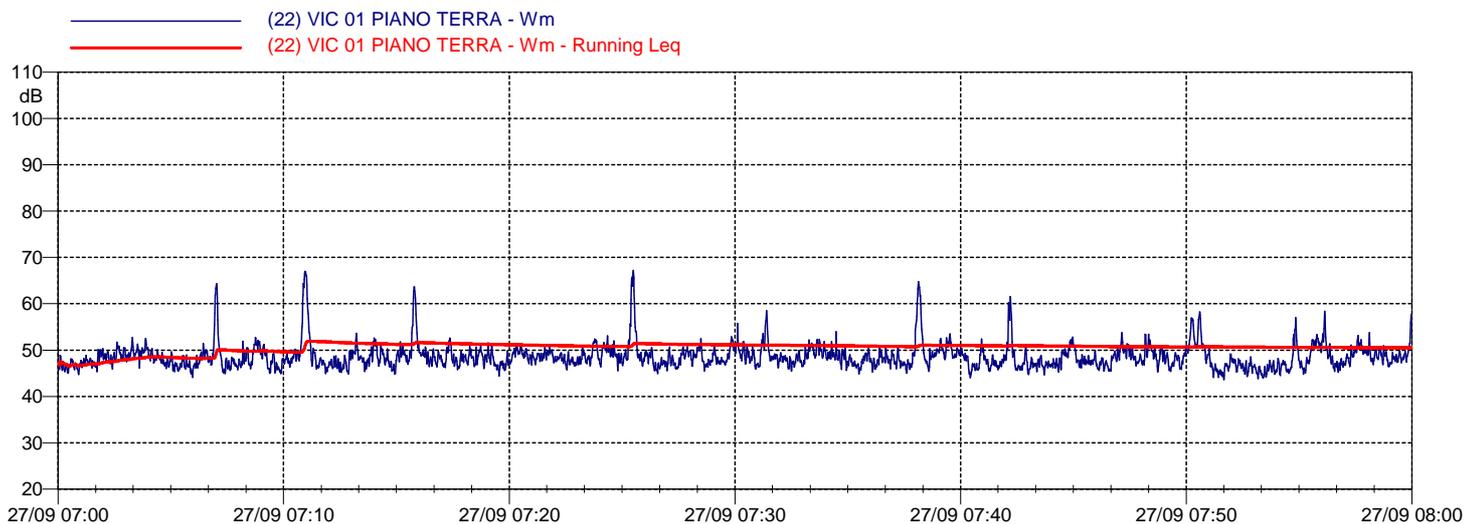
### Asse Z



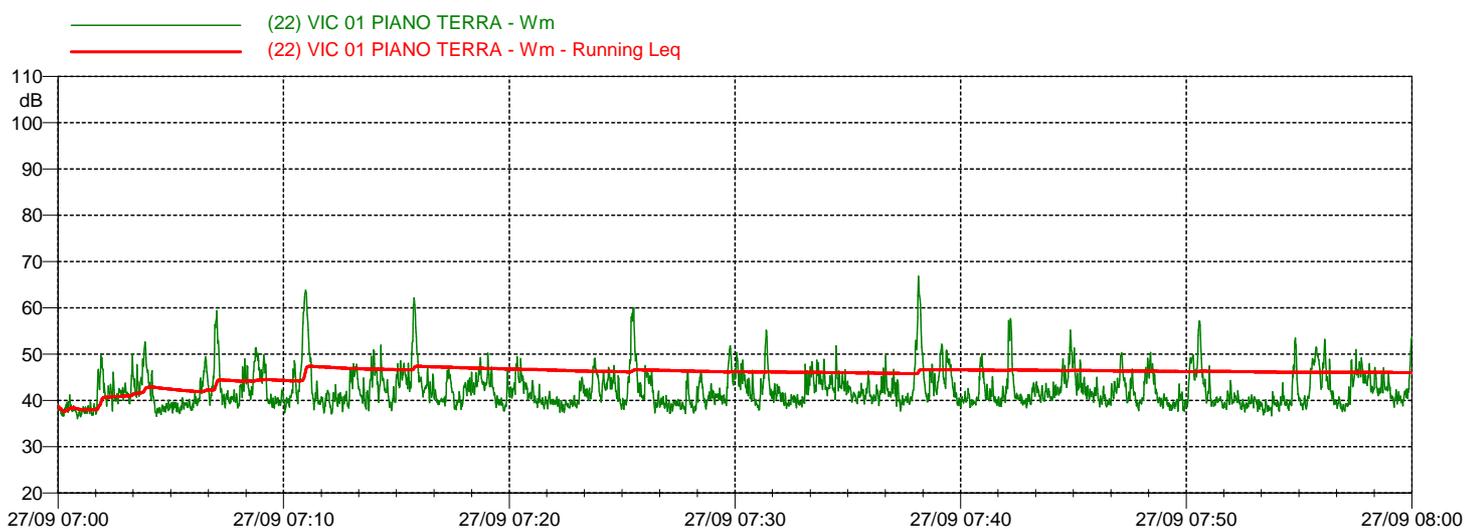


## Intervalli orari

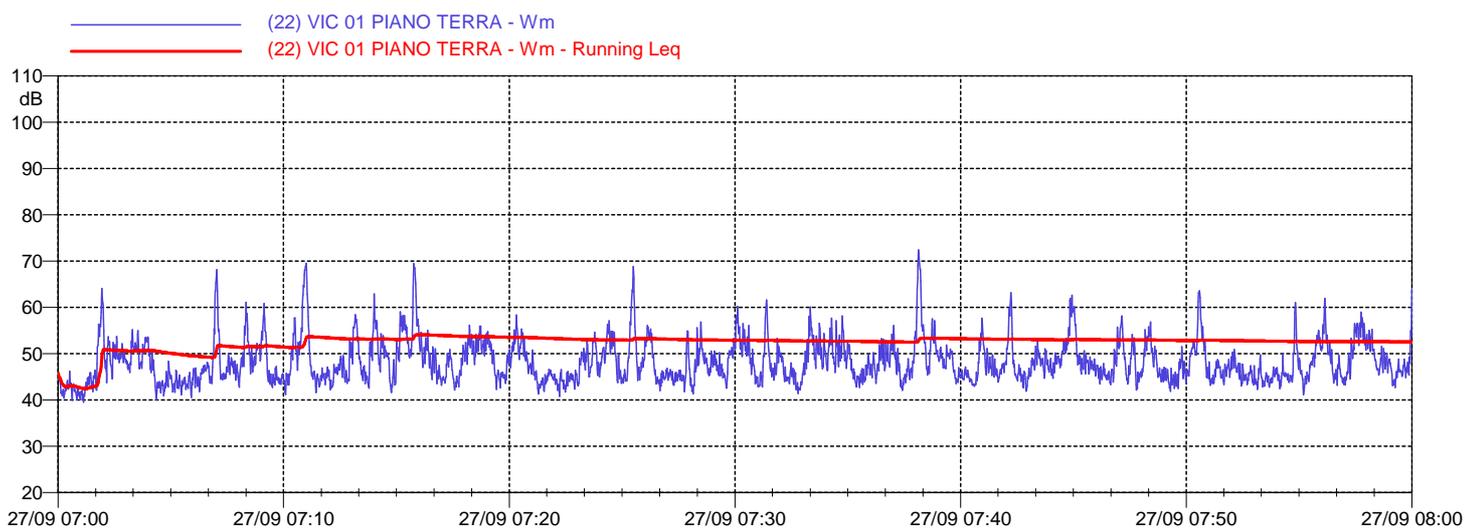
### Asse X



### Asse Y

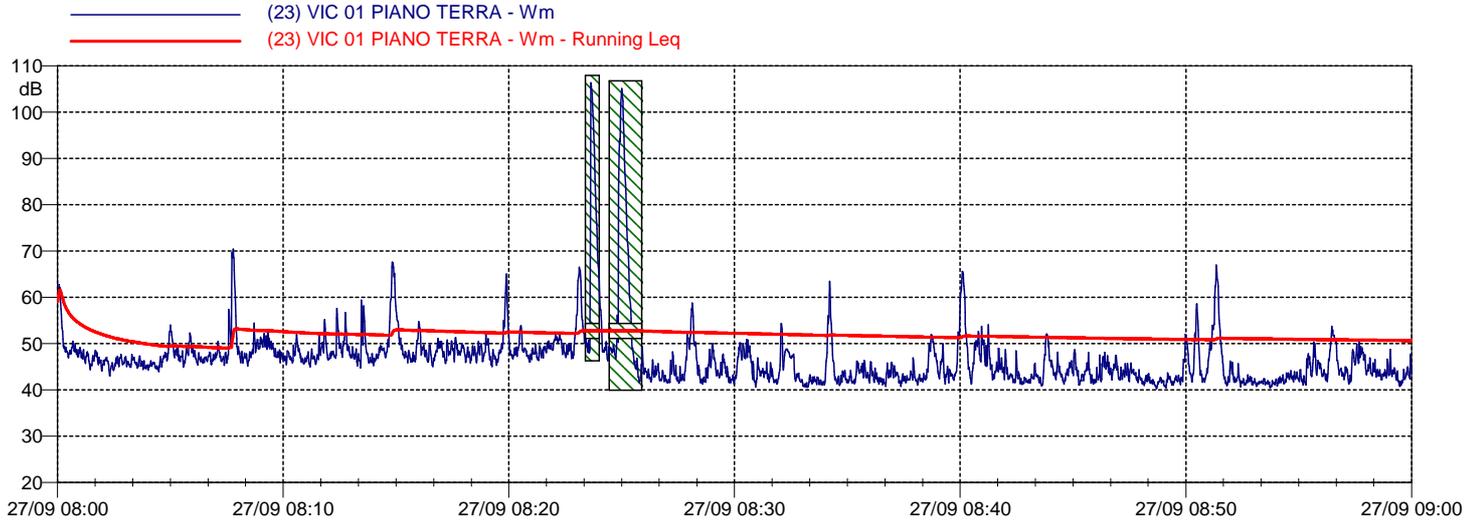


### Asse Z

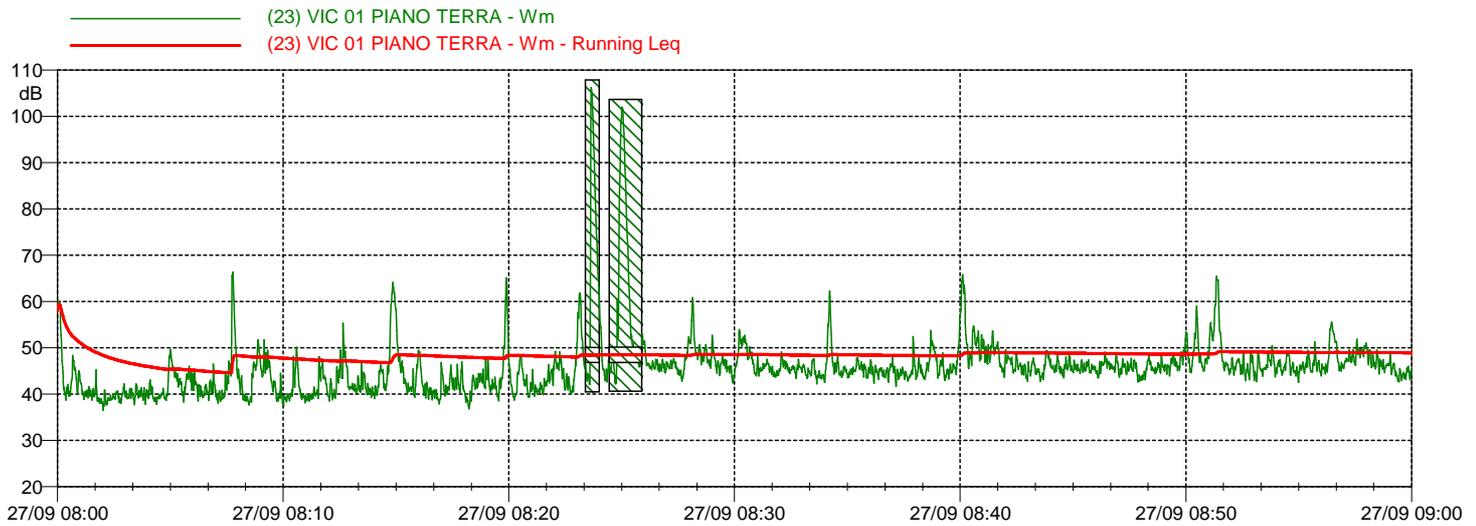


## Intervalli orari

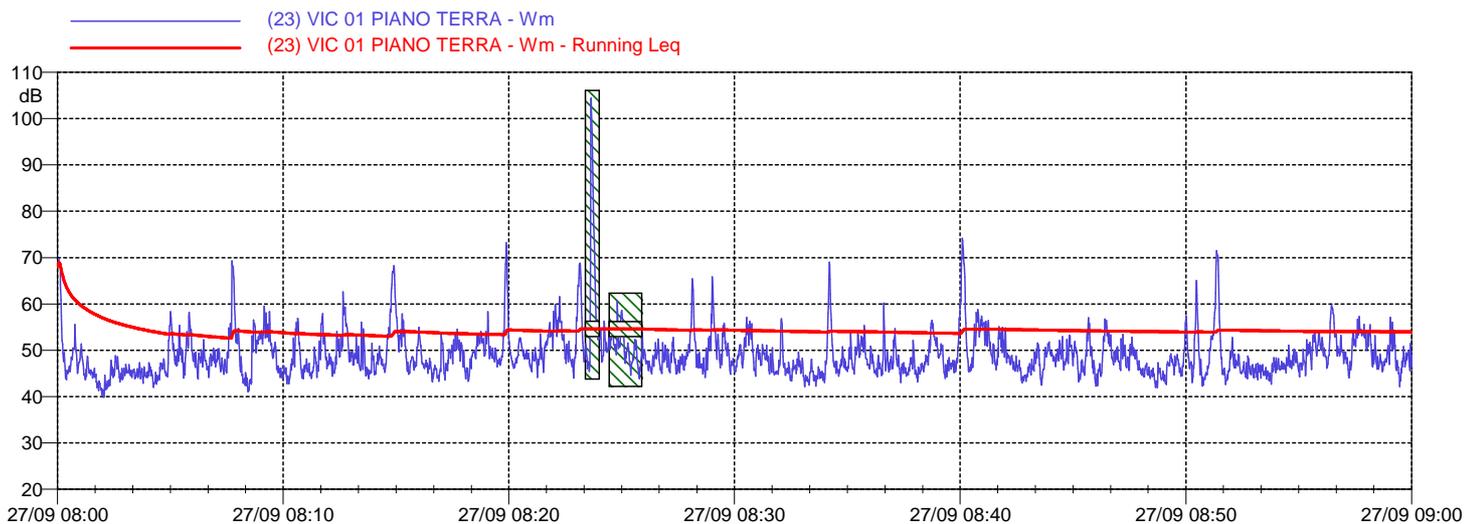
### Asse X



### Asse Y



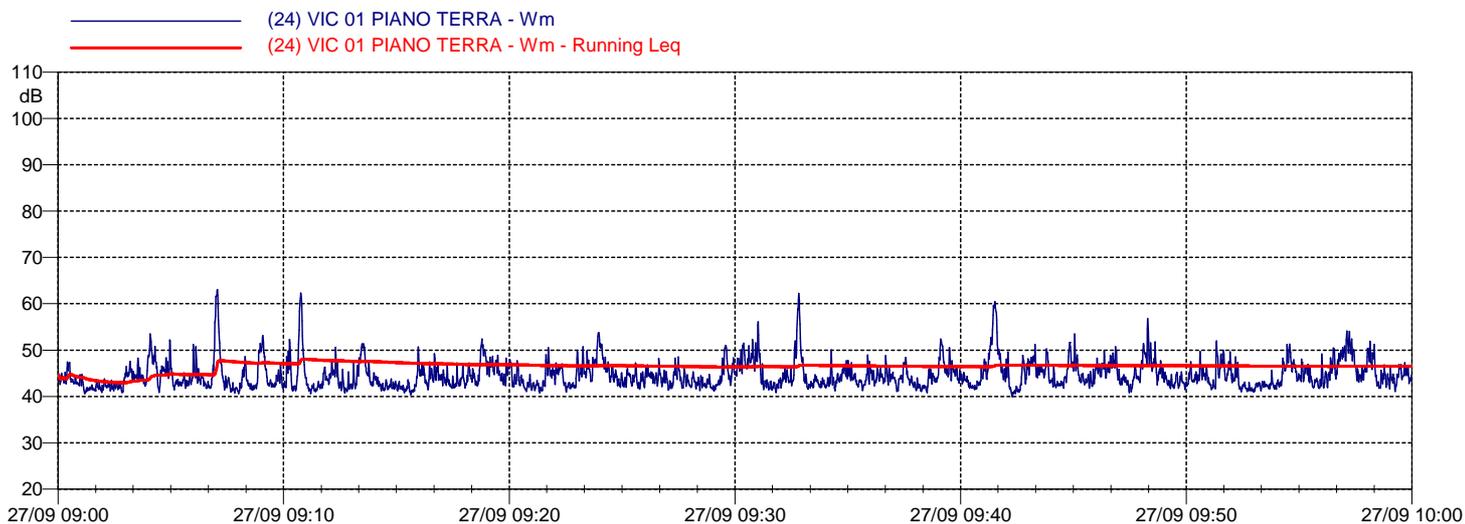
### Asse Z



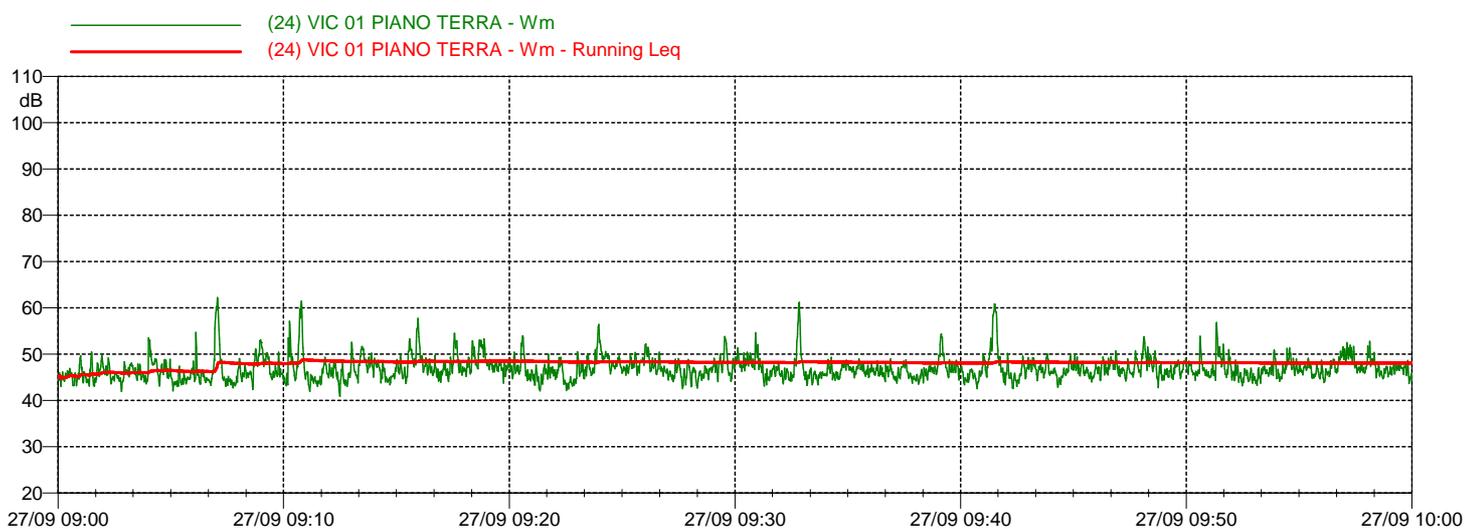


## Intervalli orari

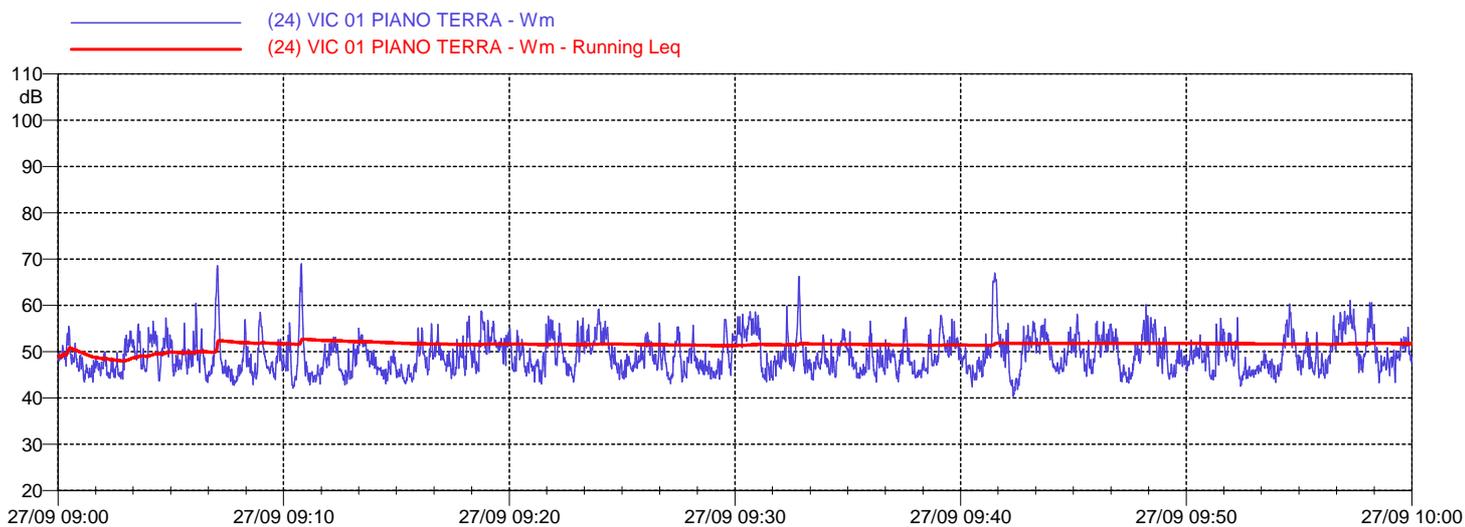
### Asse X



### Asse Y



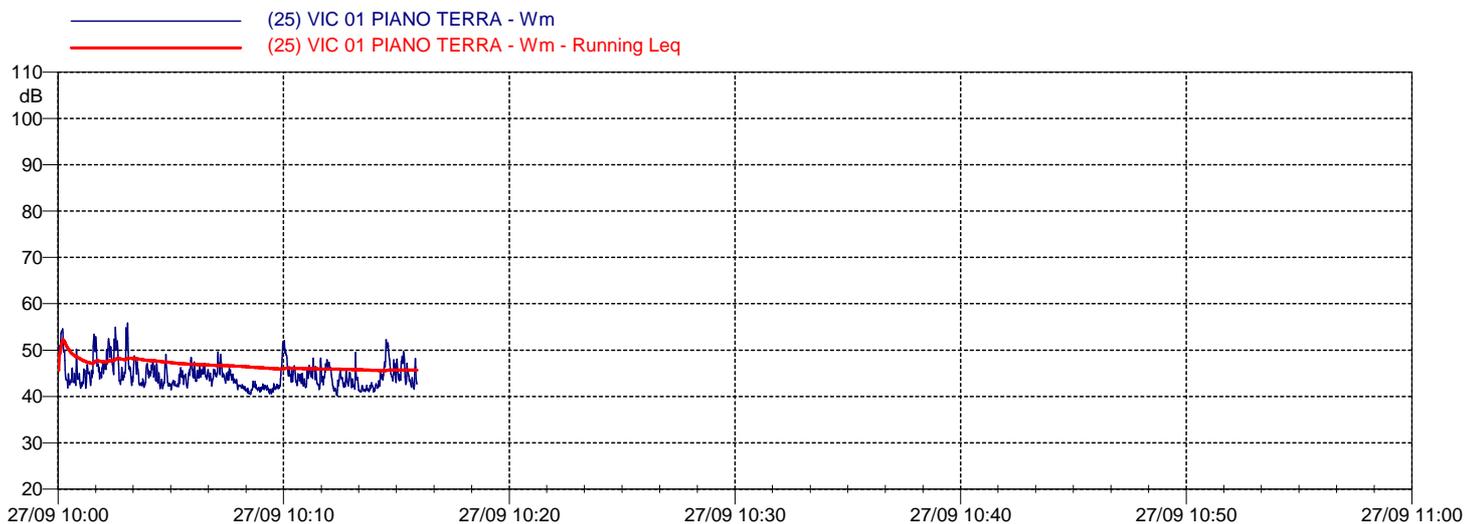
### Asse Z



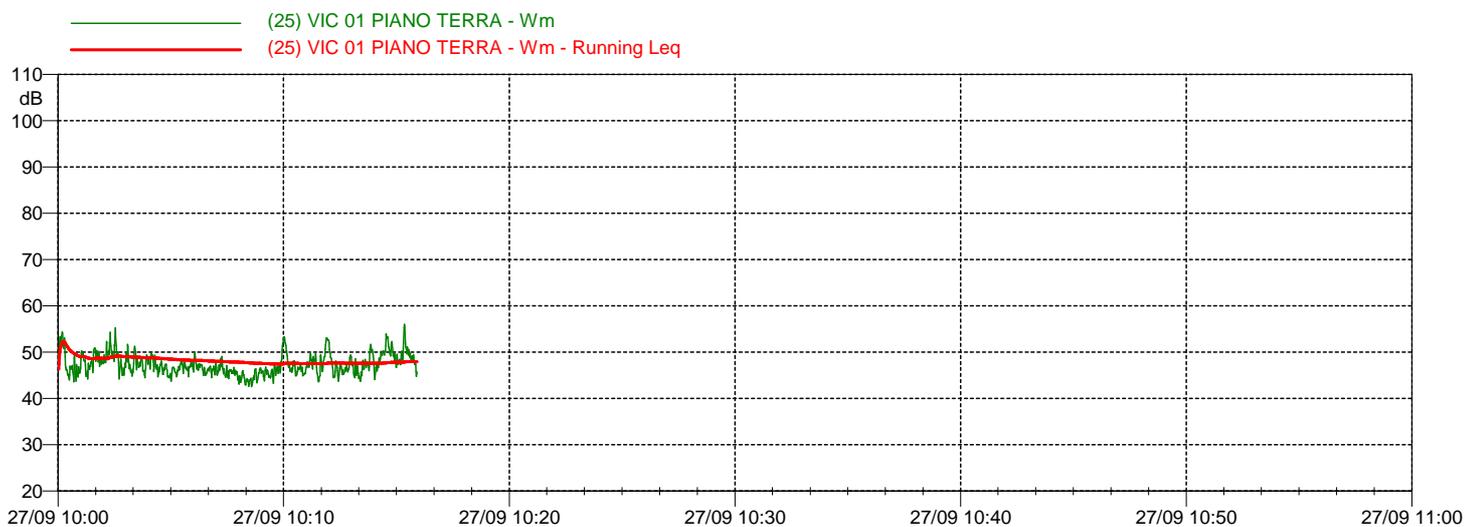


## Intervalli orari

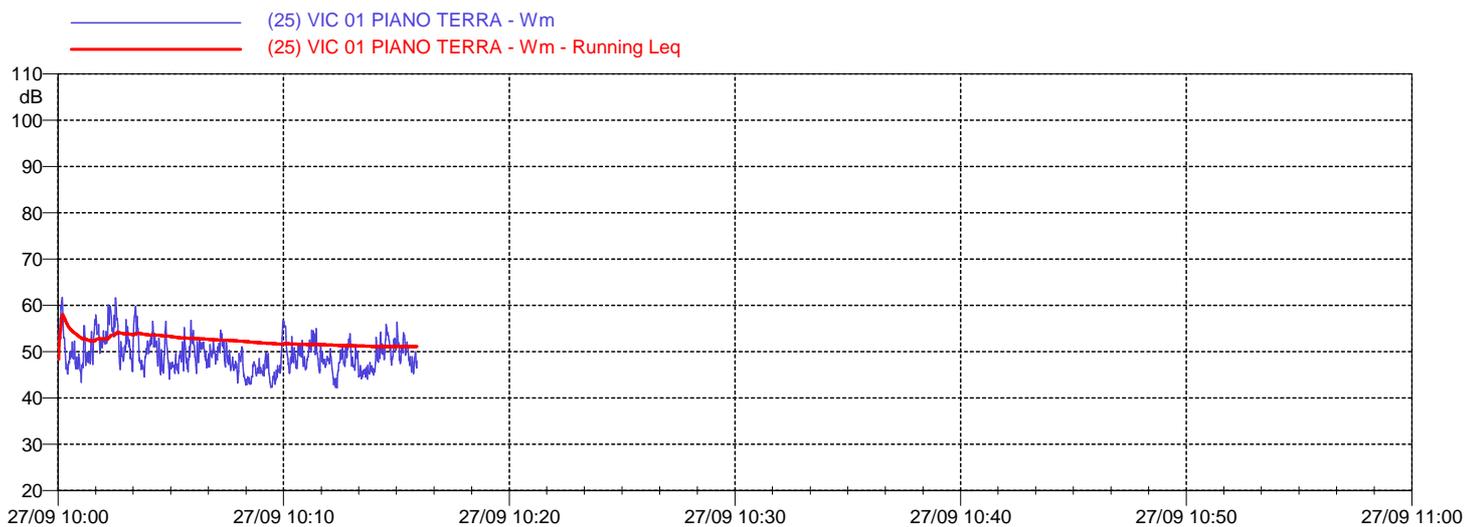
### Asse X



### Asse Y



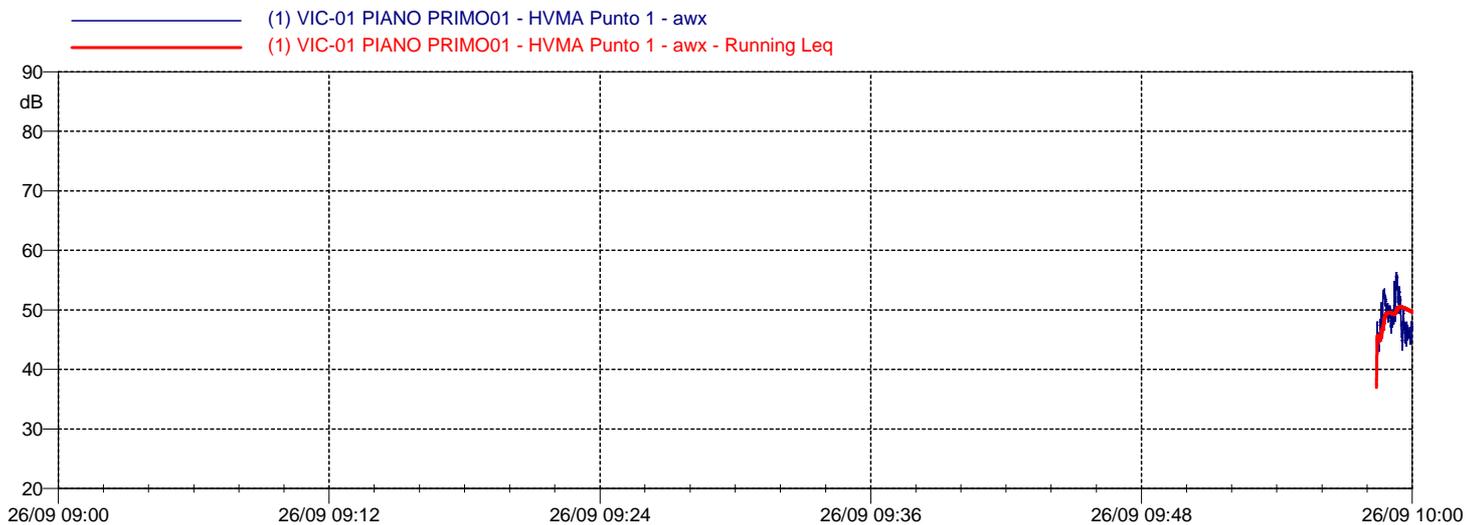
### Asse Z



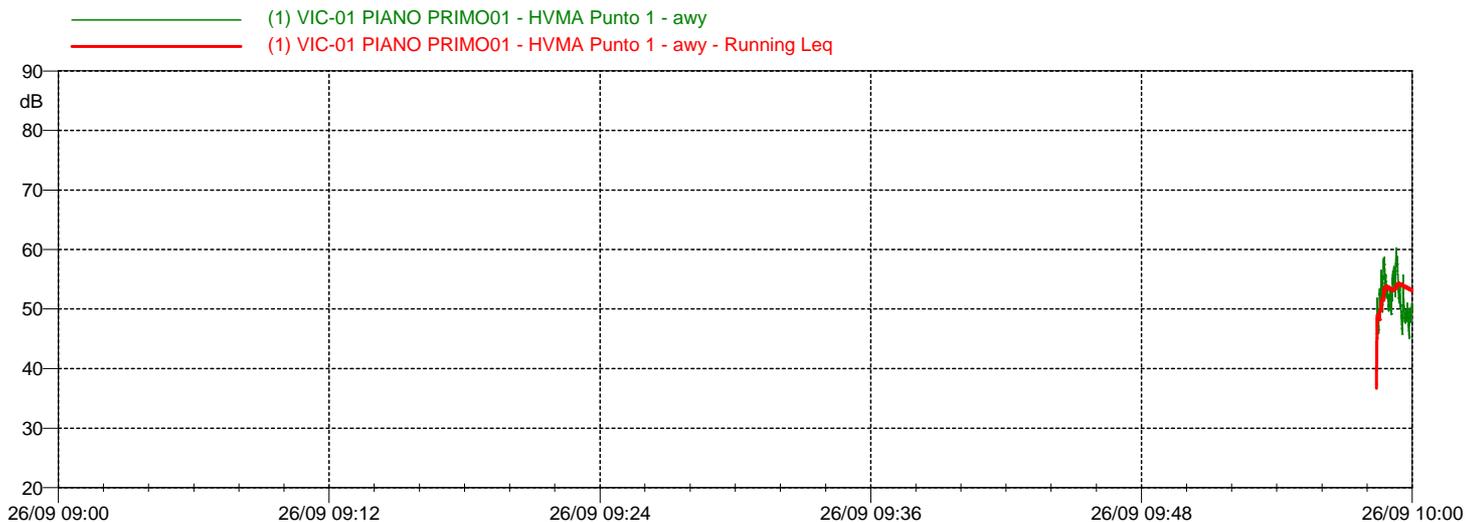


## Intervalli orari - PIANO PRIMO

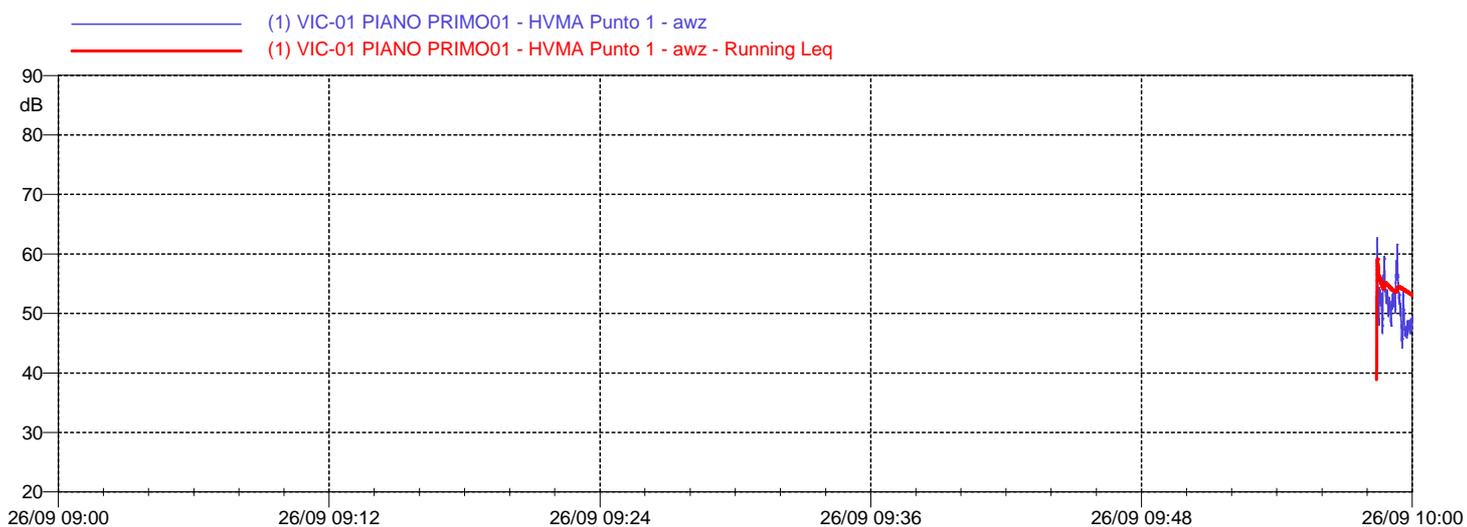
### Asse X



### Asse Y



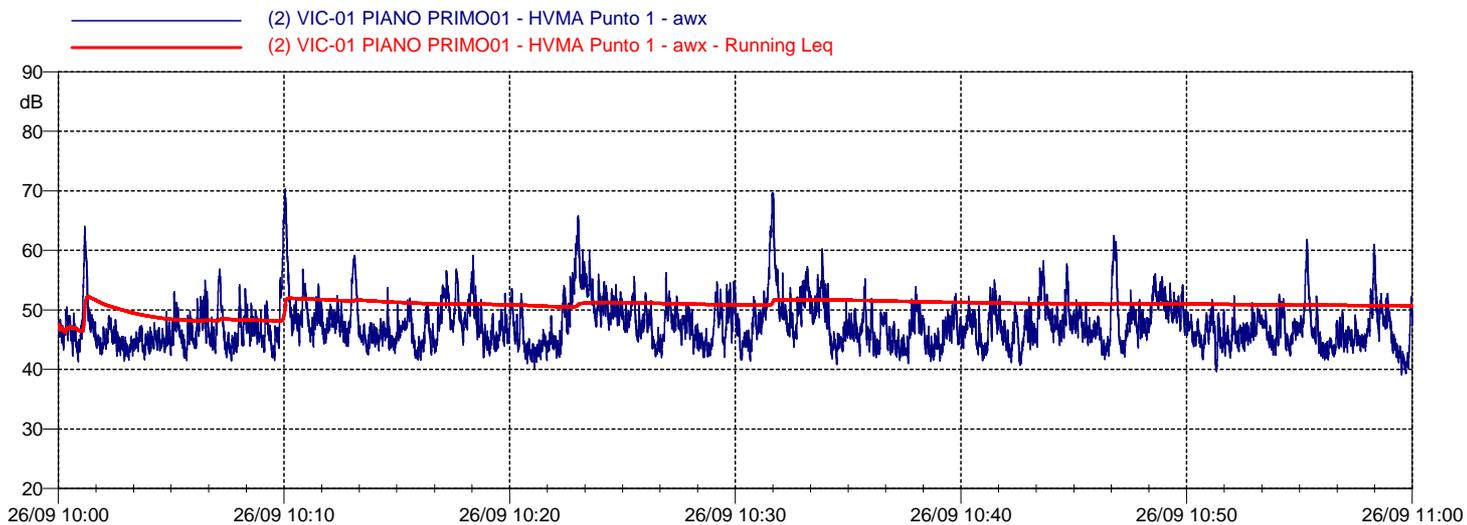
### Asse Z



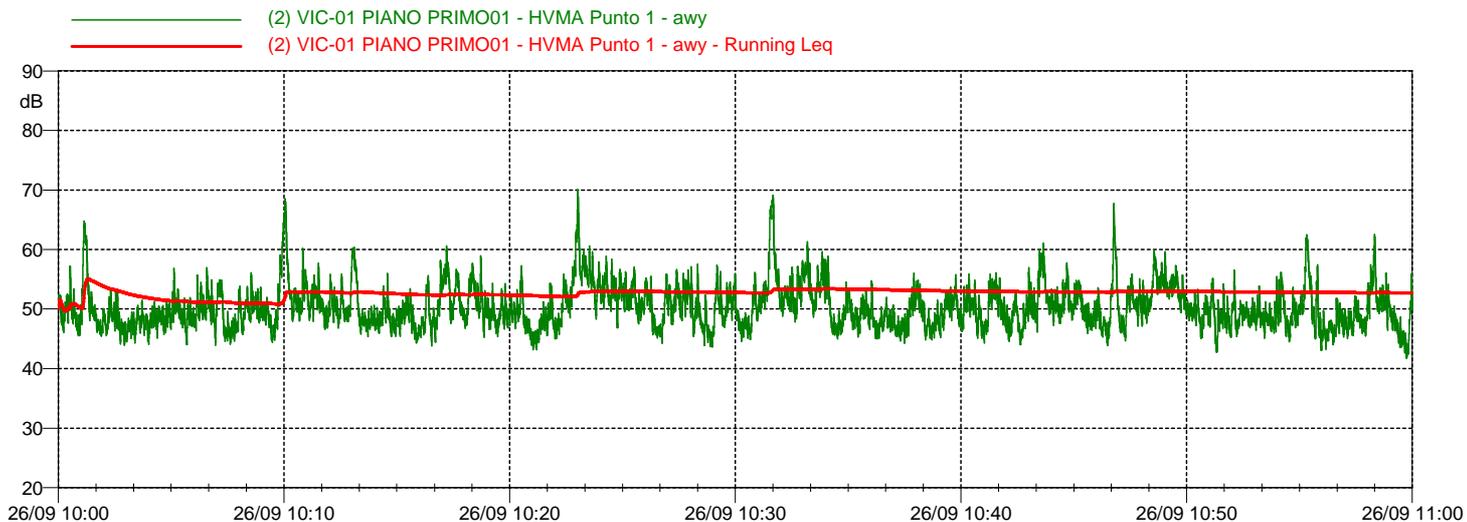


## Intervalli orari

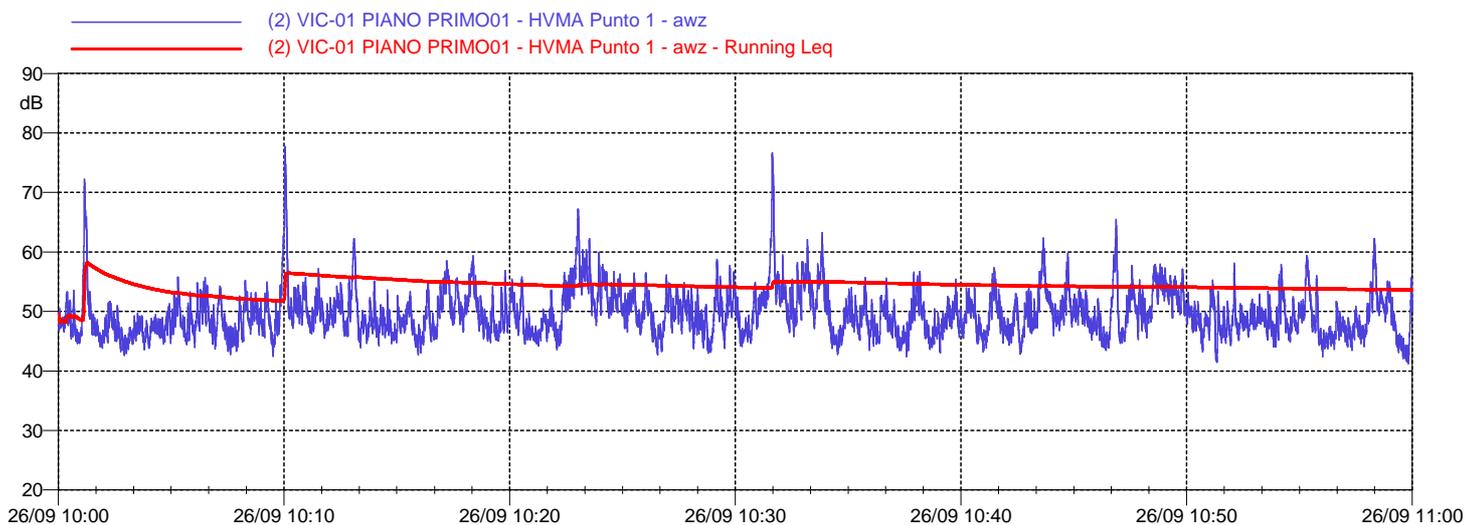
### Asse X



### Asse Y



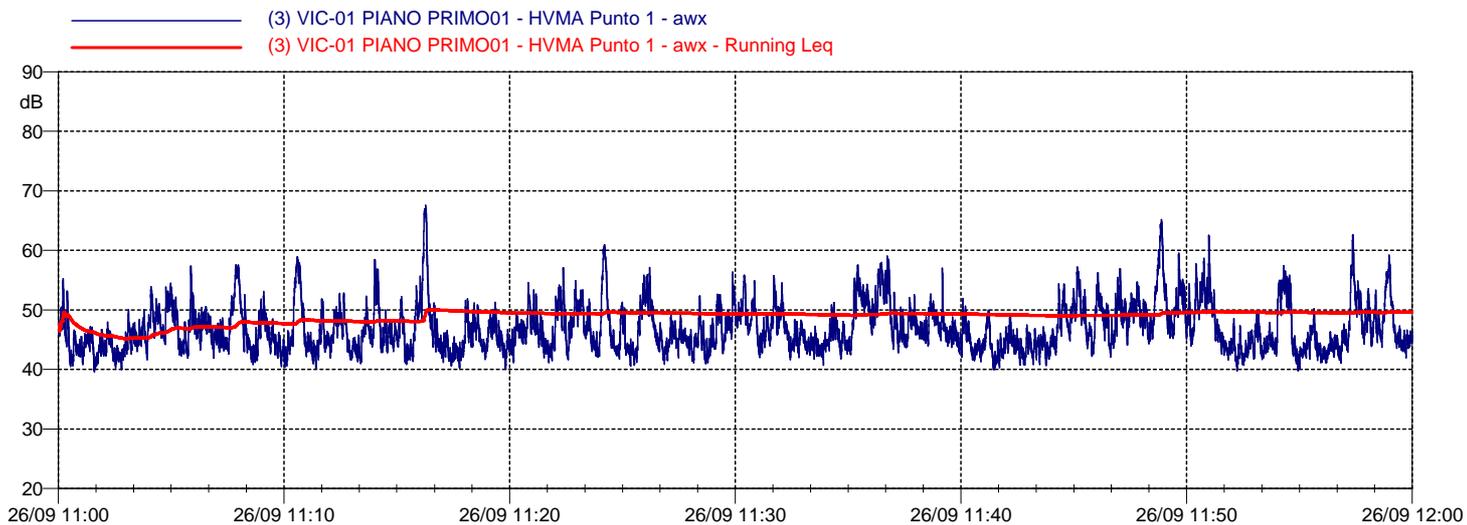
### Asse Z



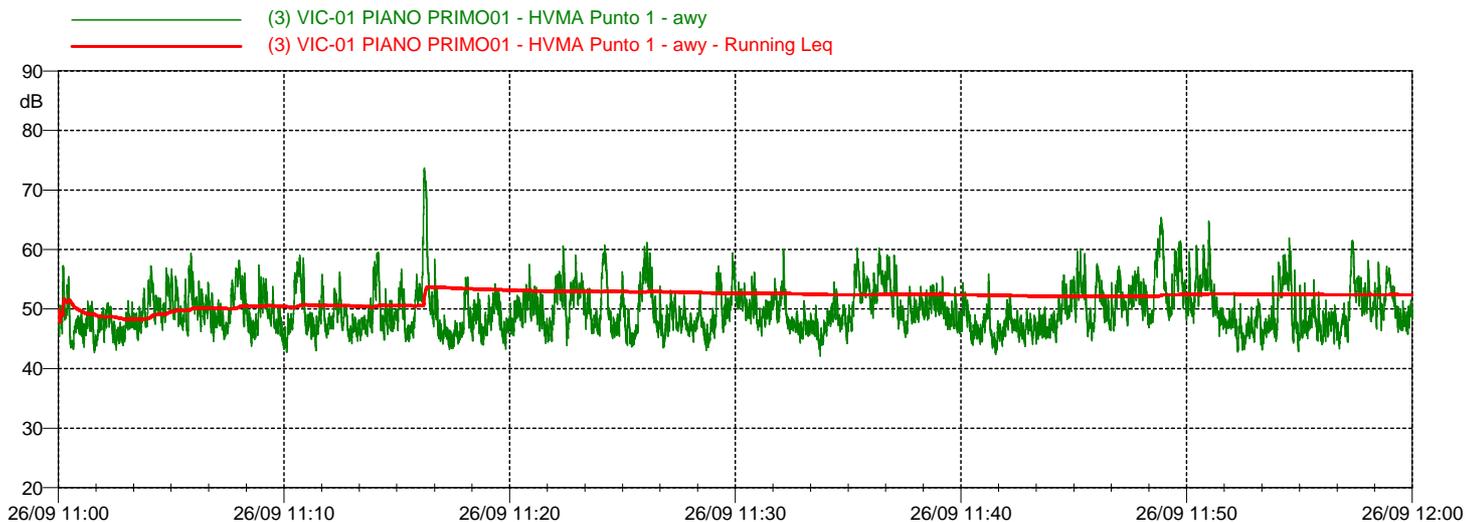


## Intervalli orari

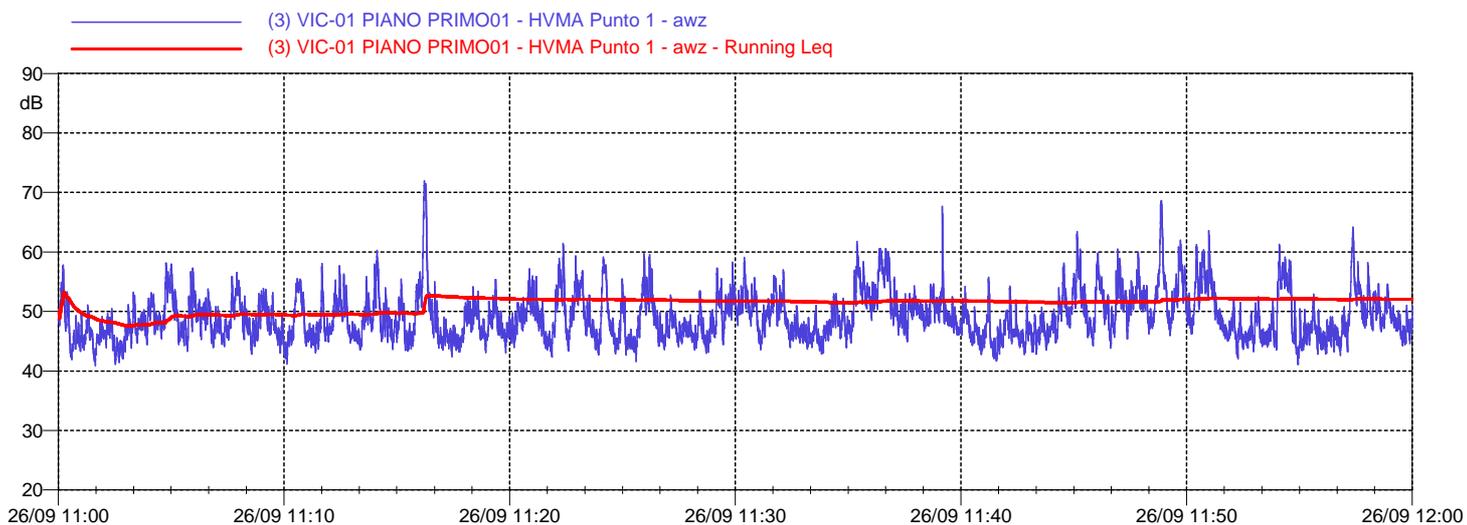
### Asse X



### Asse Y



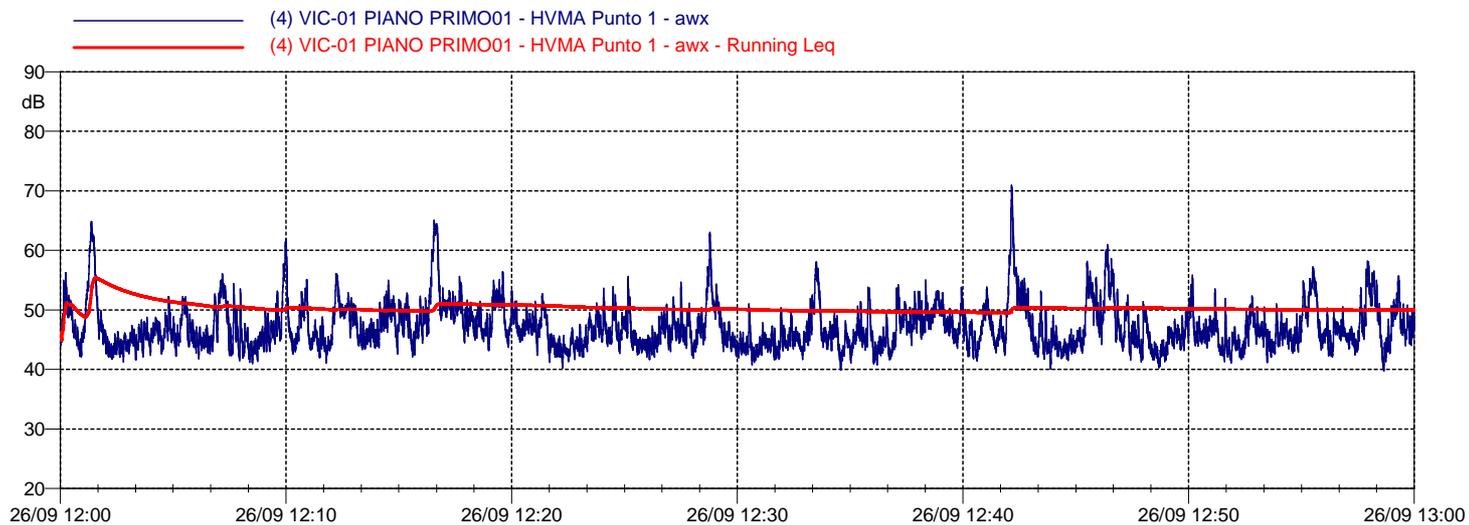
### Asse Z



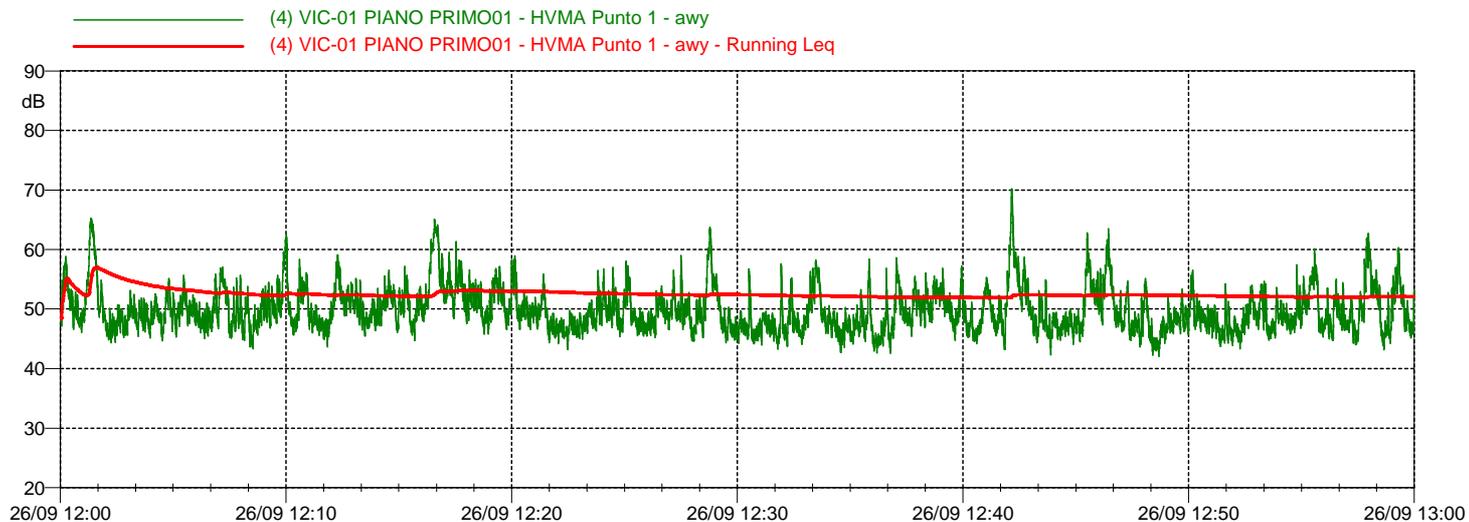


## Intervalli orari

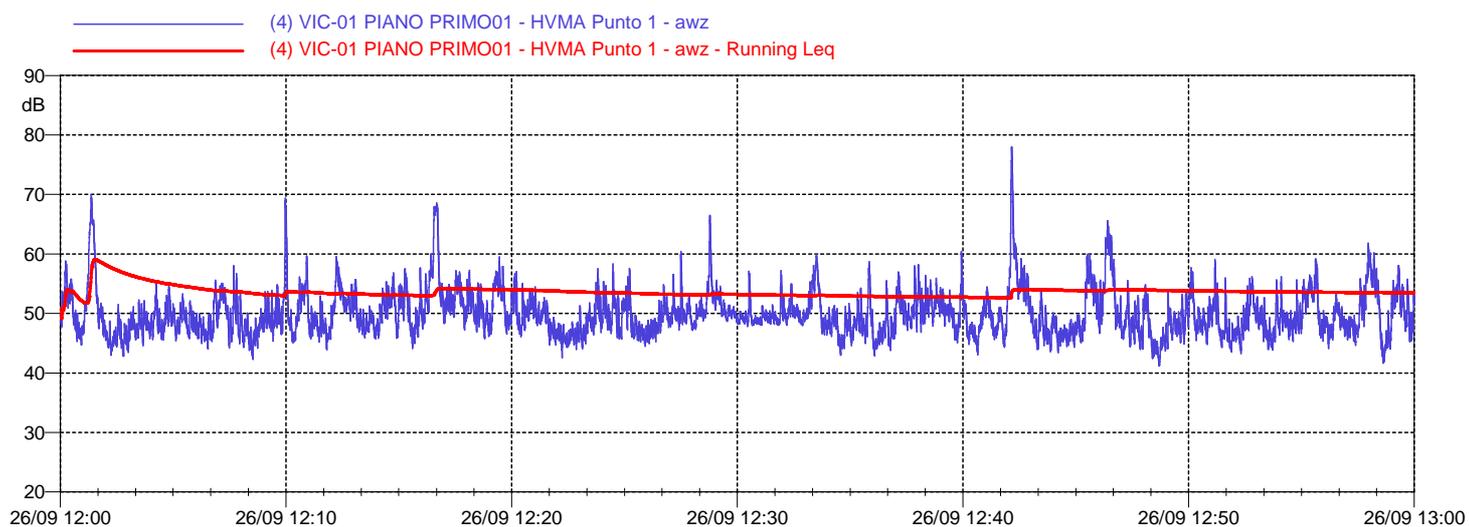
### Asse X



### Asse Y



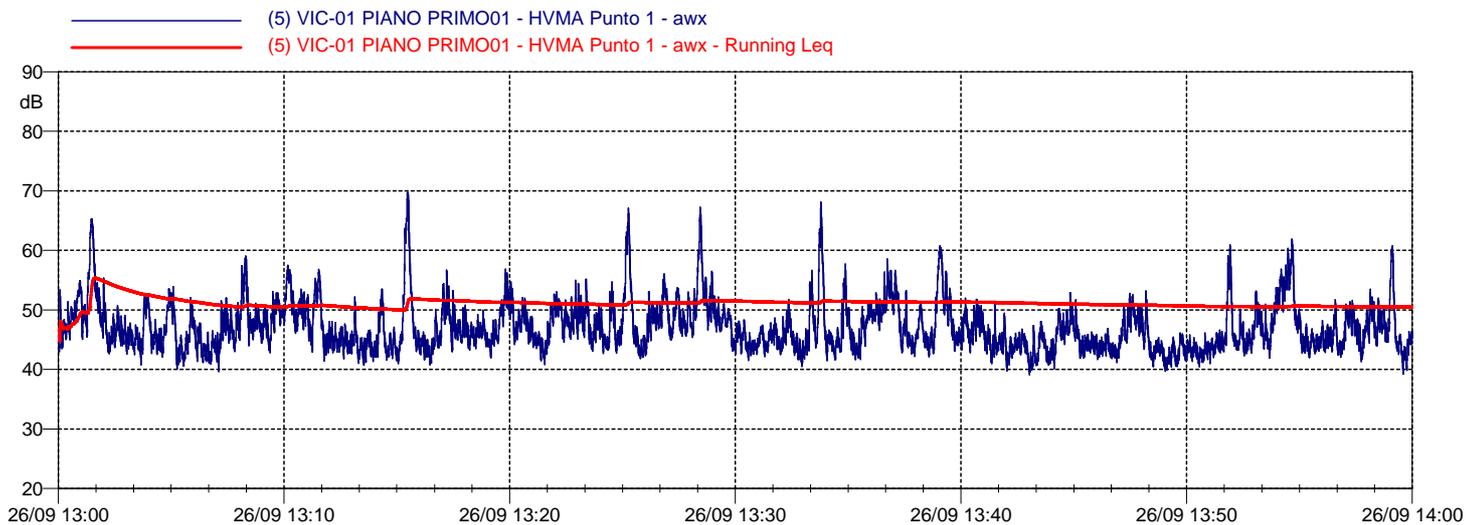
### Asse Z



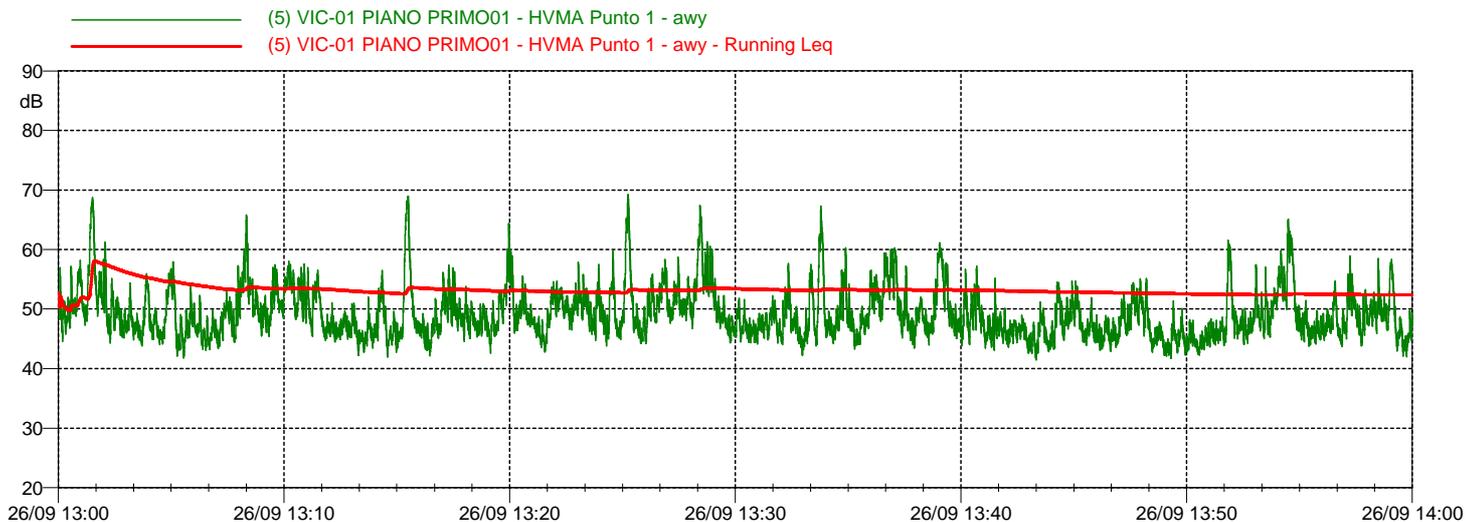


## Intervalli orari

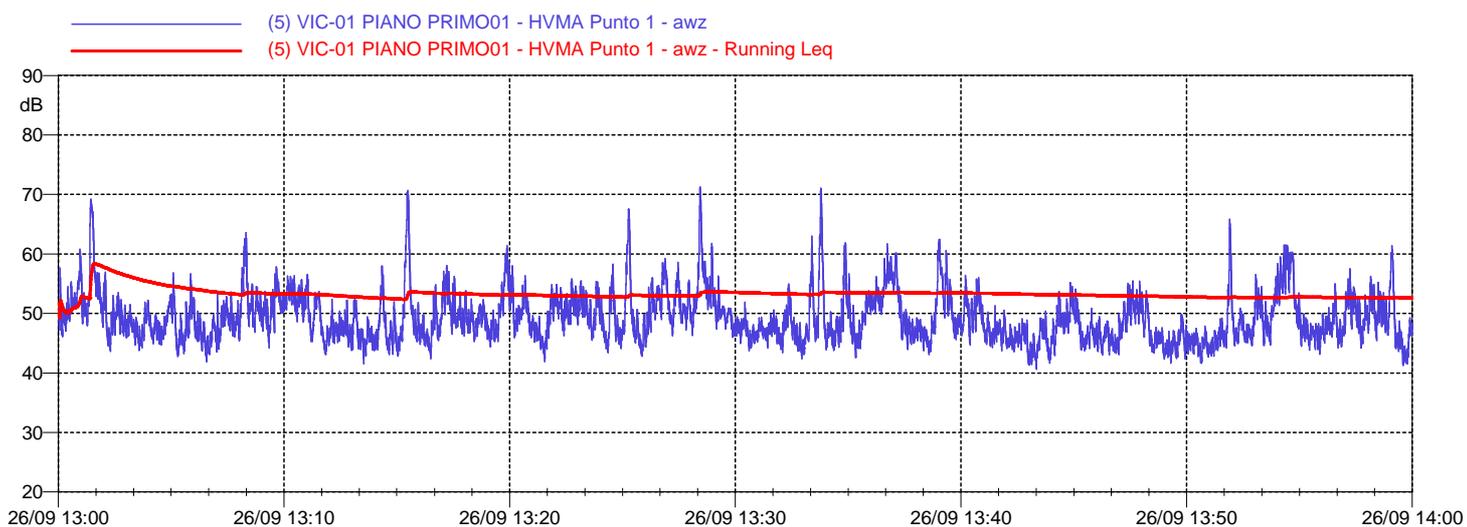
### Asse X



### Asse Y



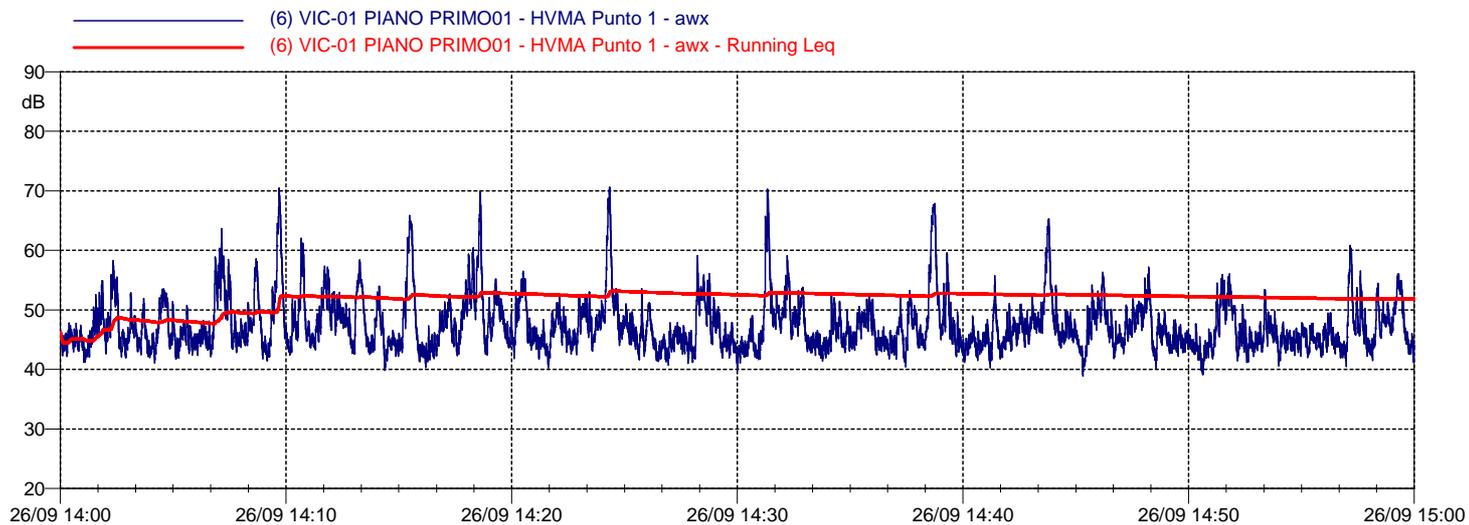
### Asse Z



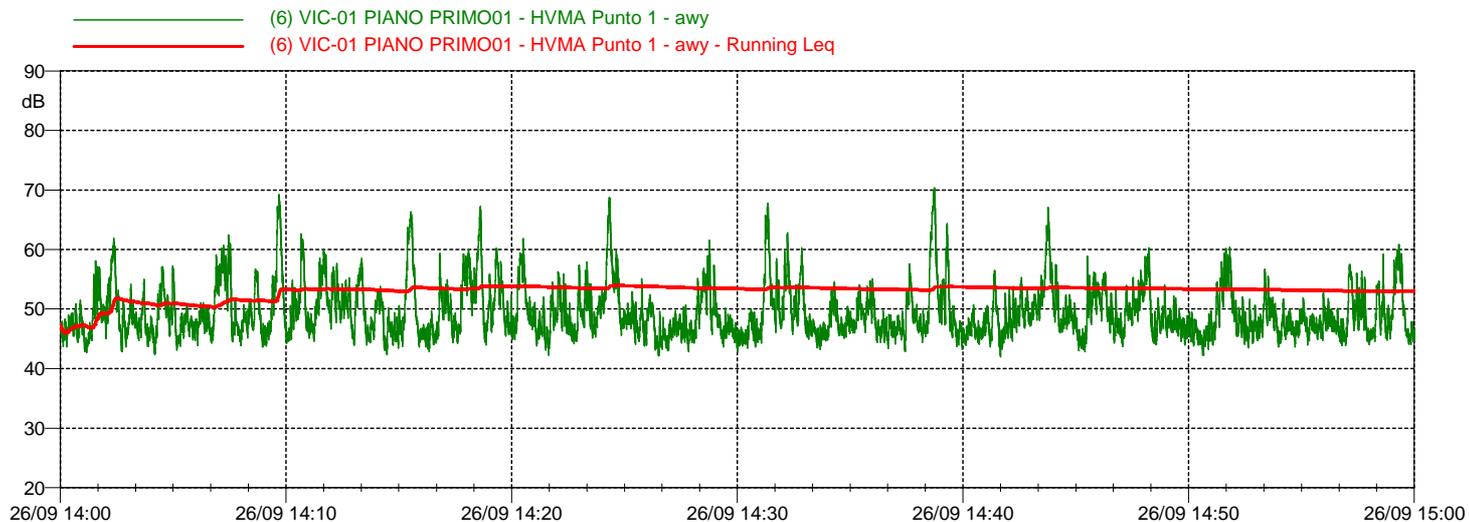


## Intervalli orari

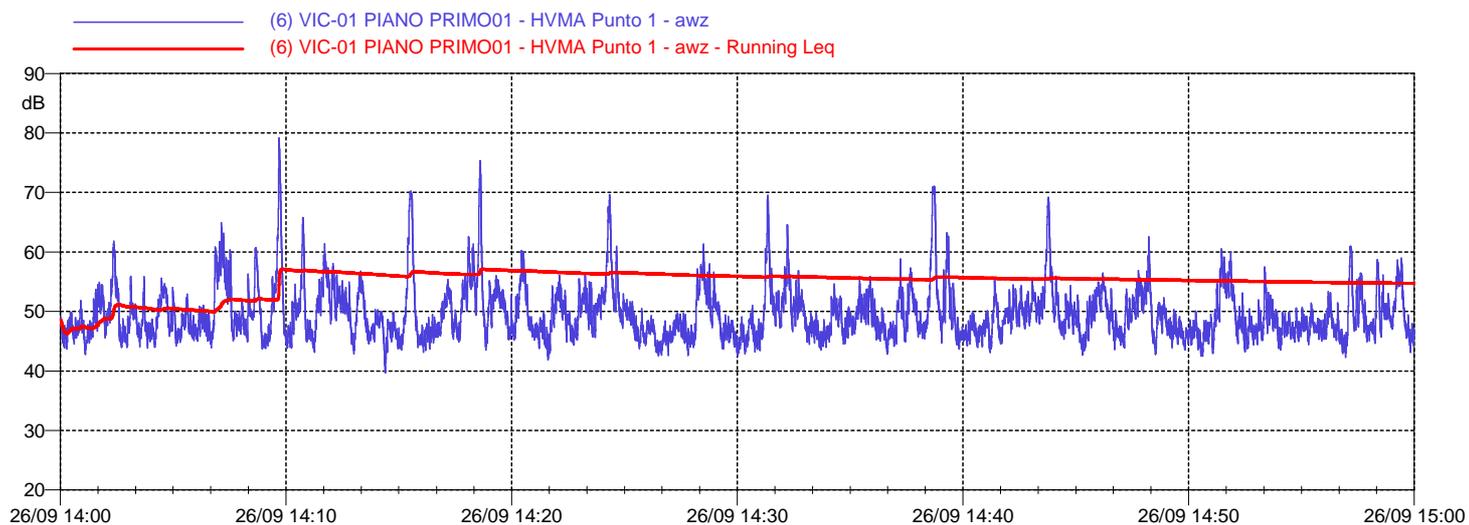
### Asse X



### Asse Y



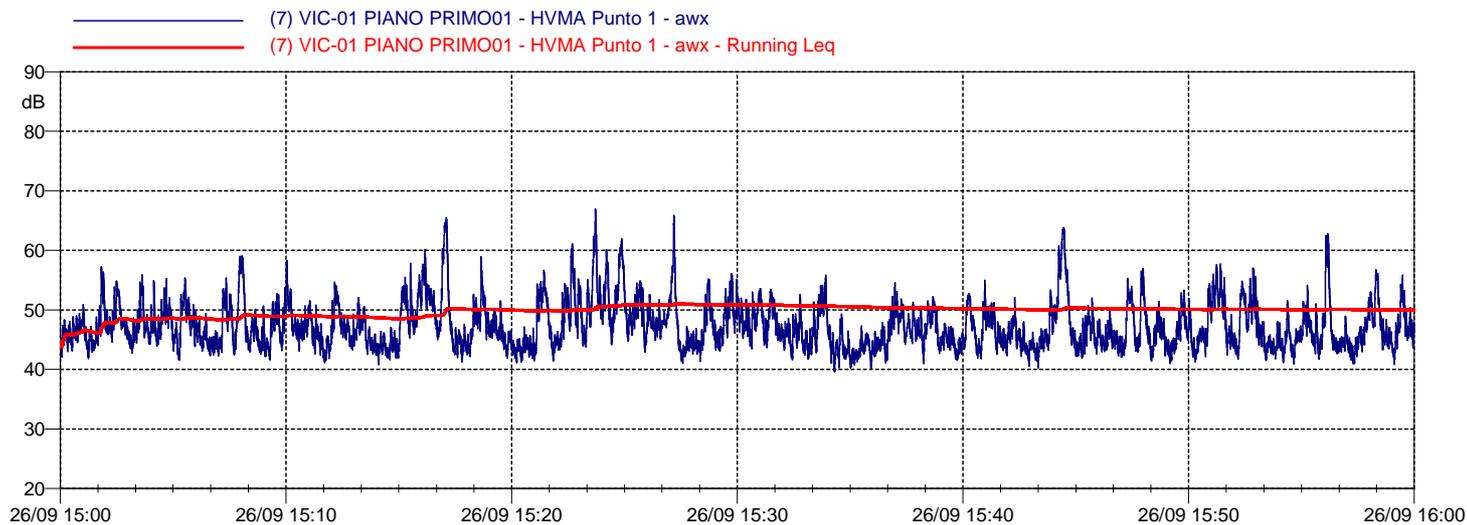
### Asse Z



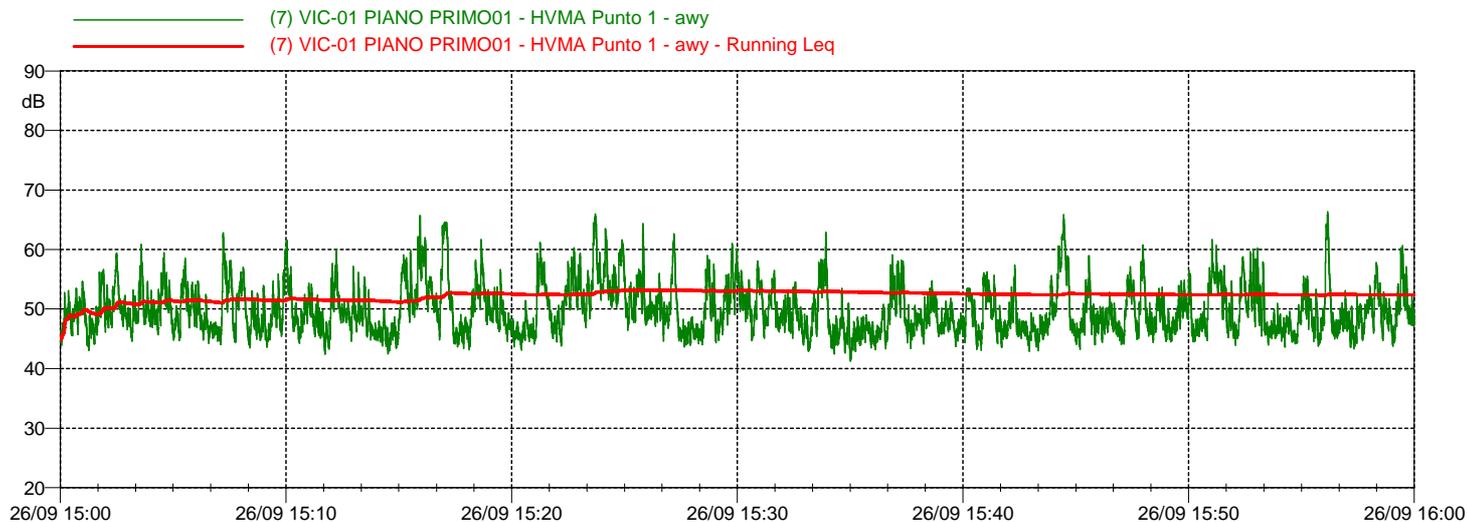


## Intervalli orari

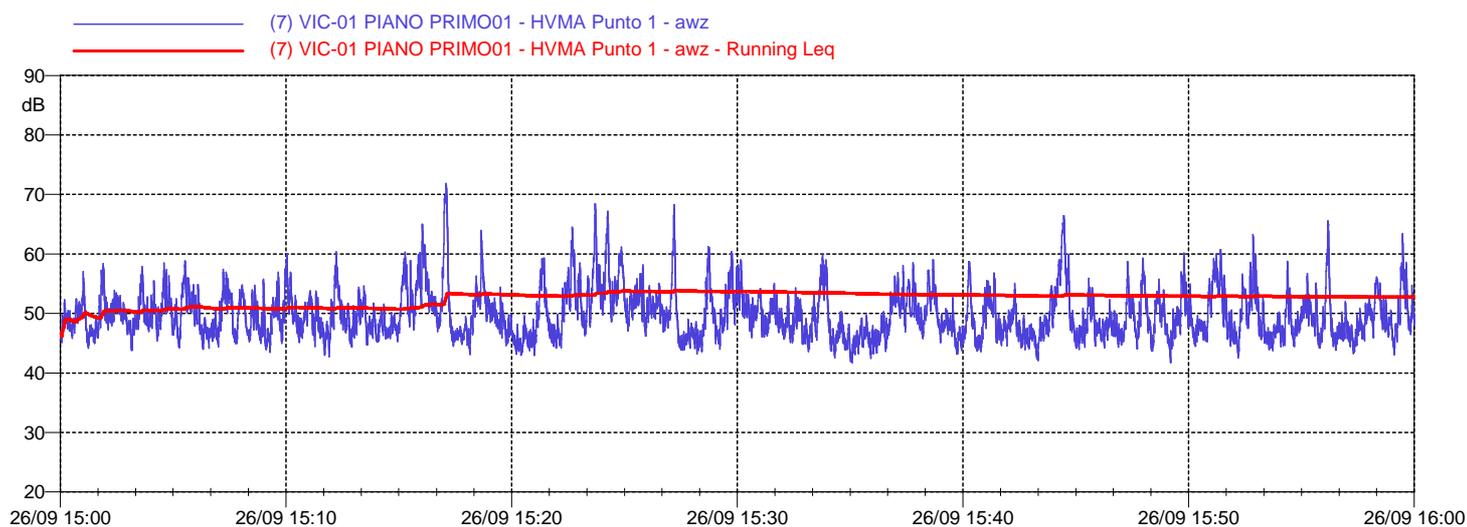
### Asse X



### Asse Y



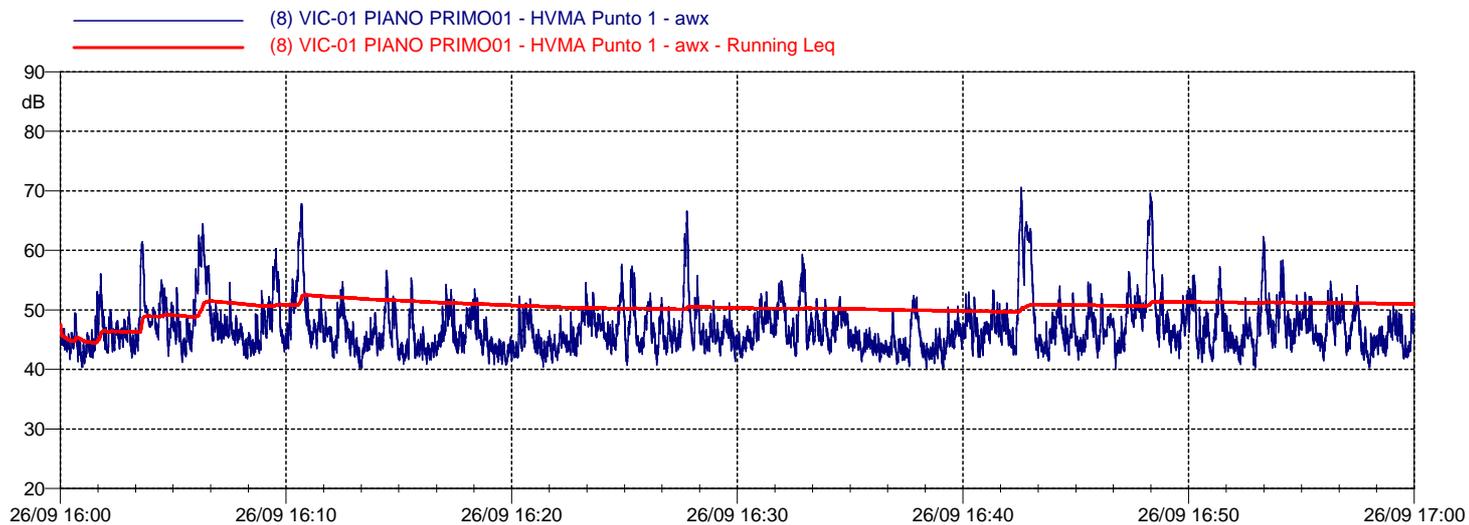
### Asse Z



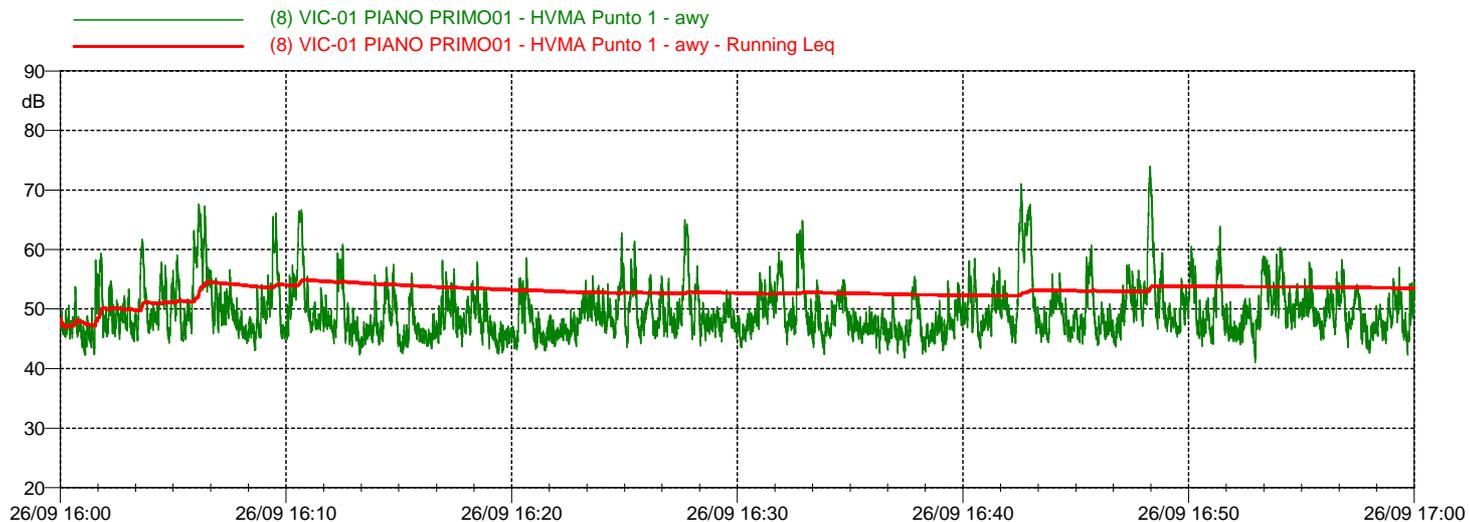


## Intervalli orari

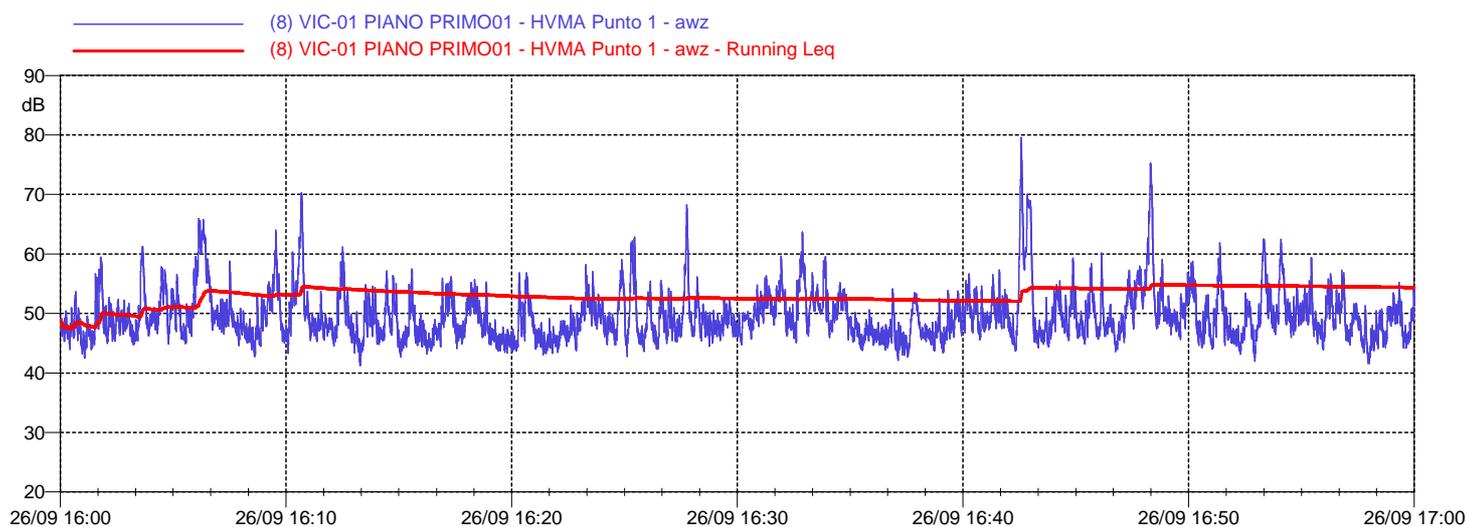
### Asse X



### Asse Y



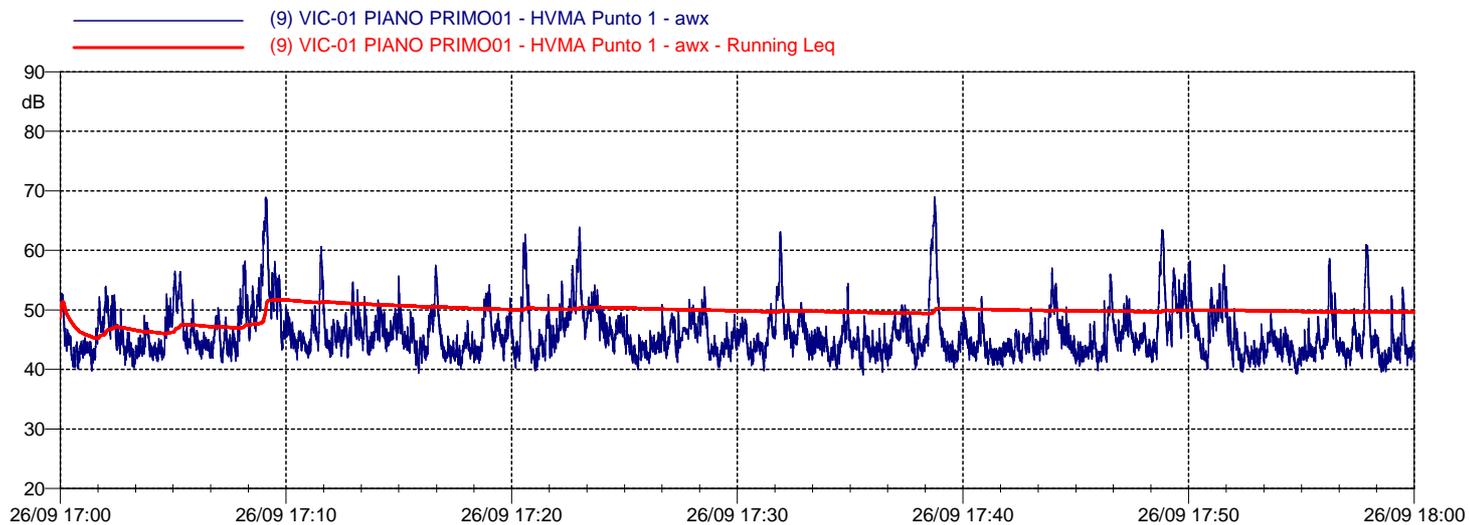
### Asse Z



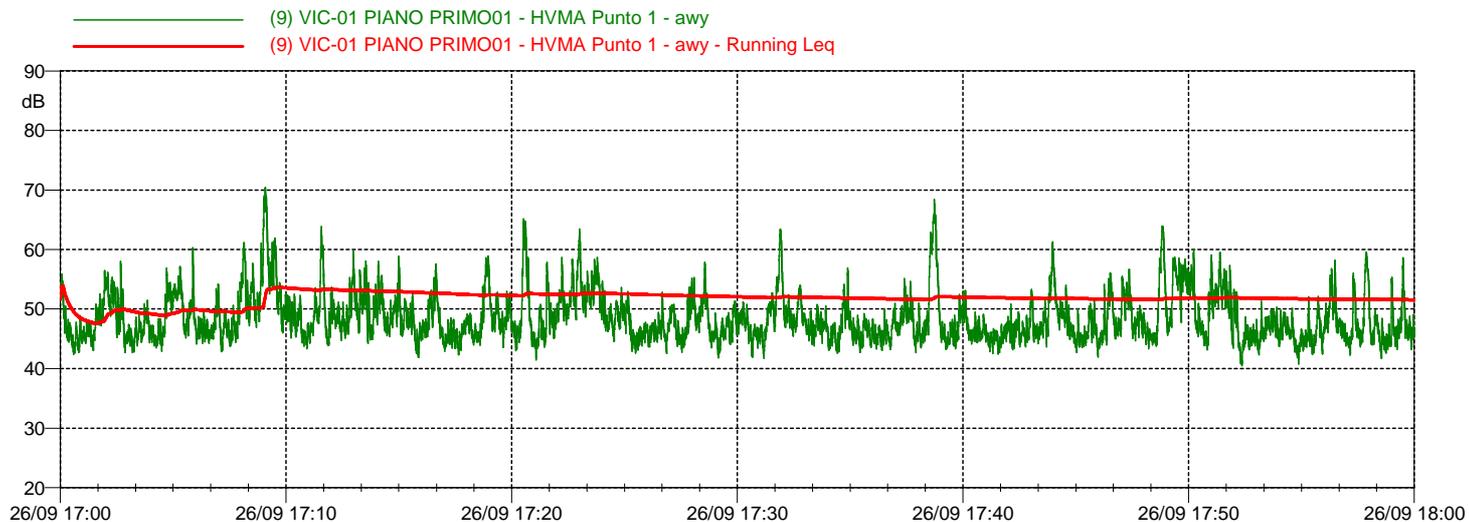


## Intervalli orari

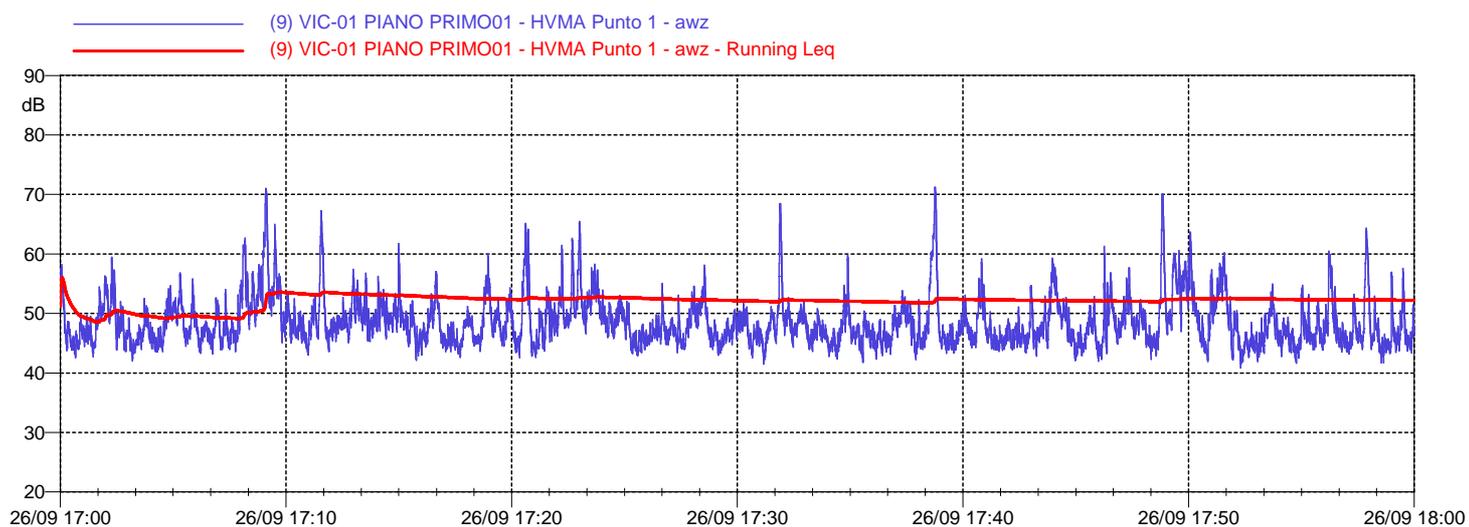
### Asse X



### Asse Y



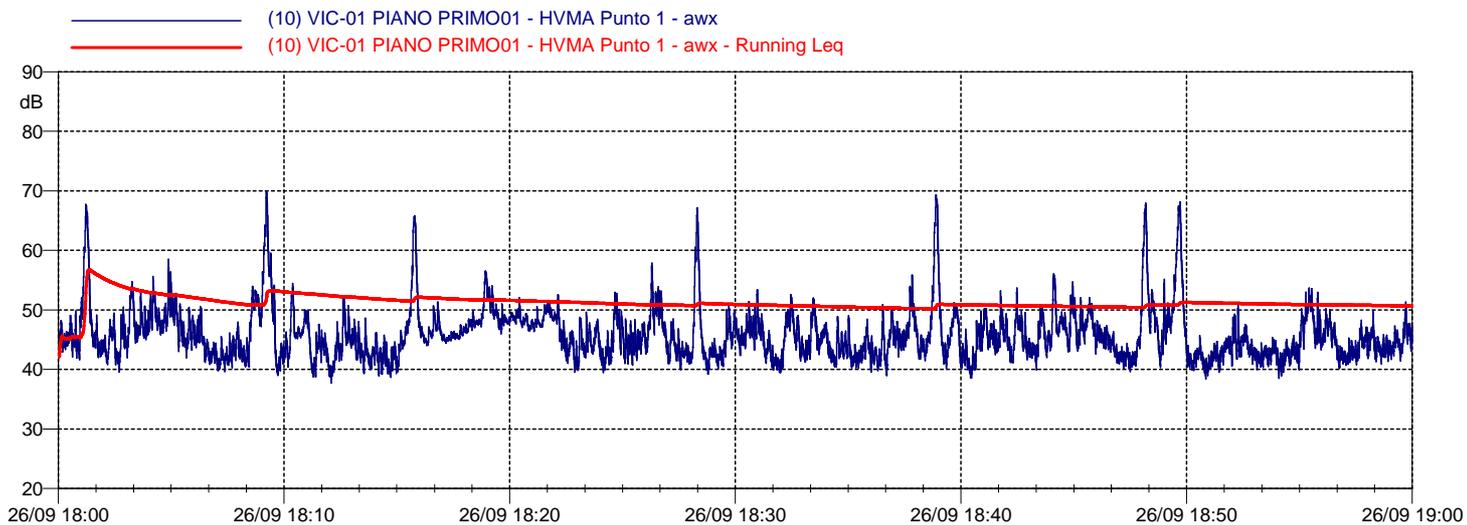
### Asse Z



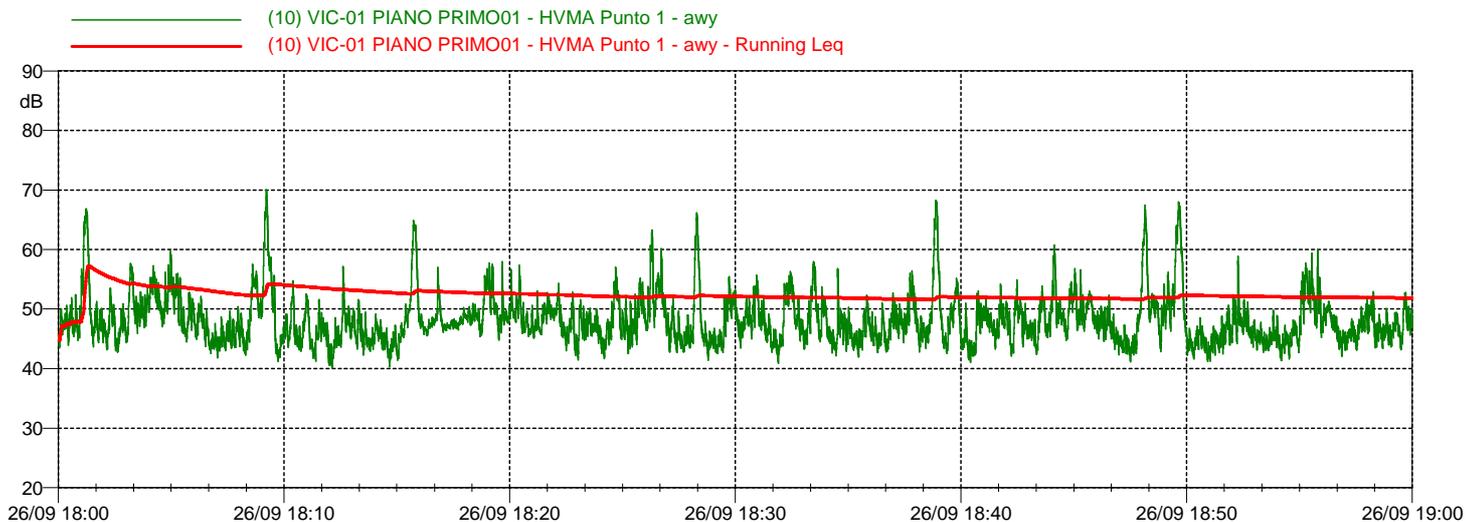


## Intervalli orari

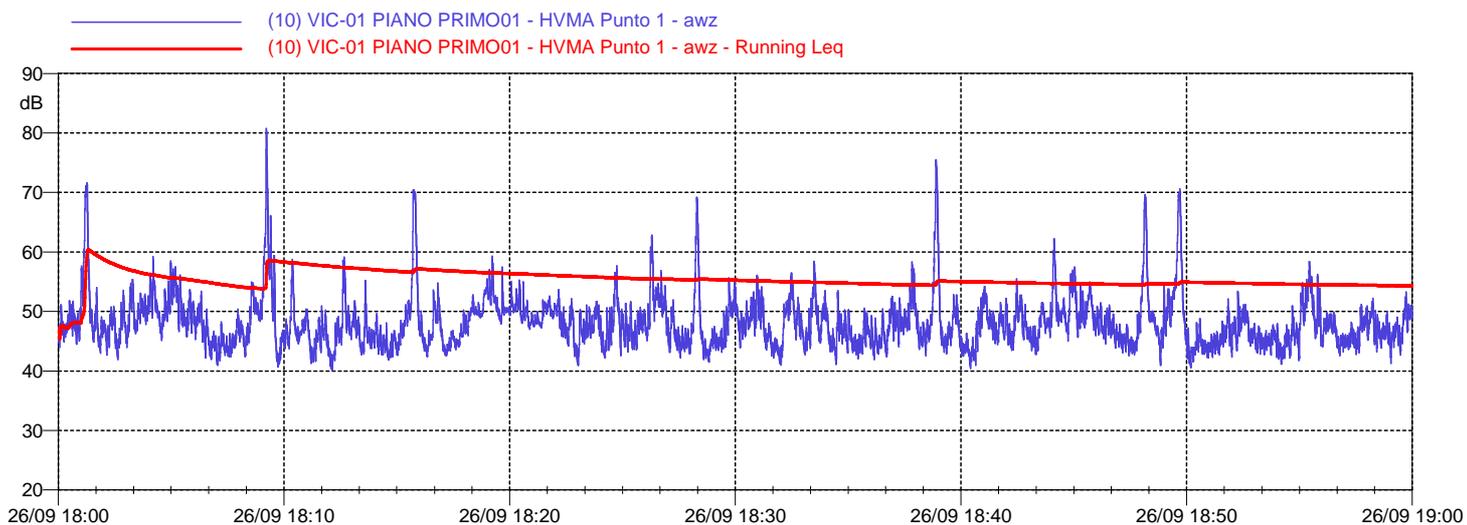
### Asse X



### Asse Y



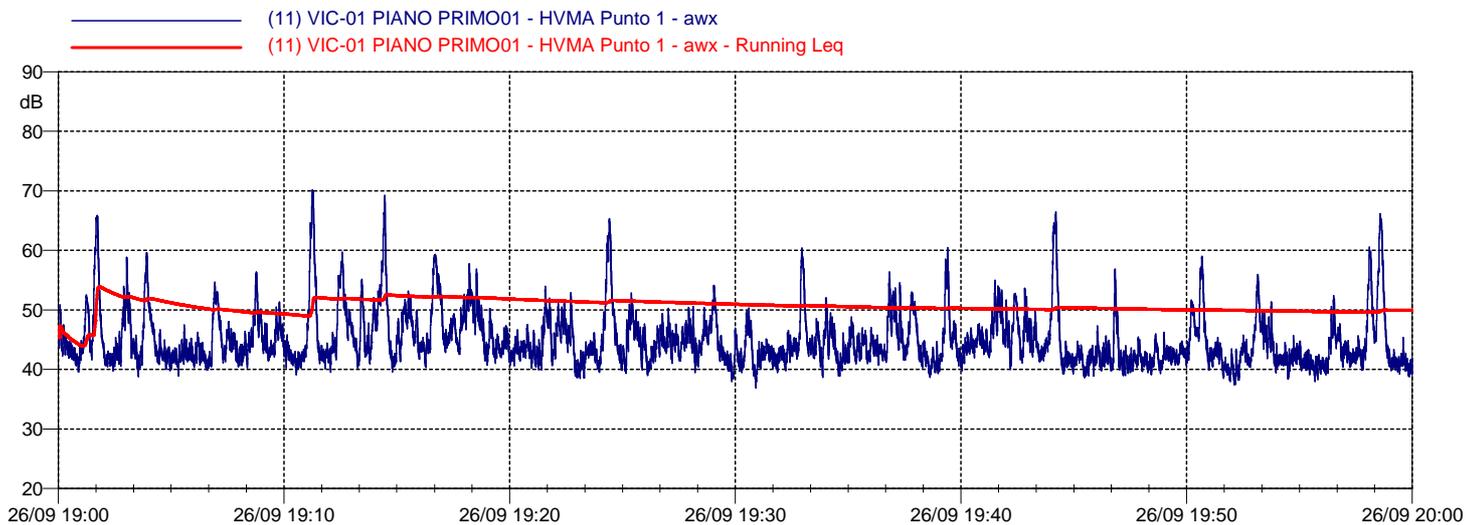
### Asse Z



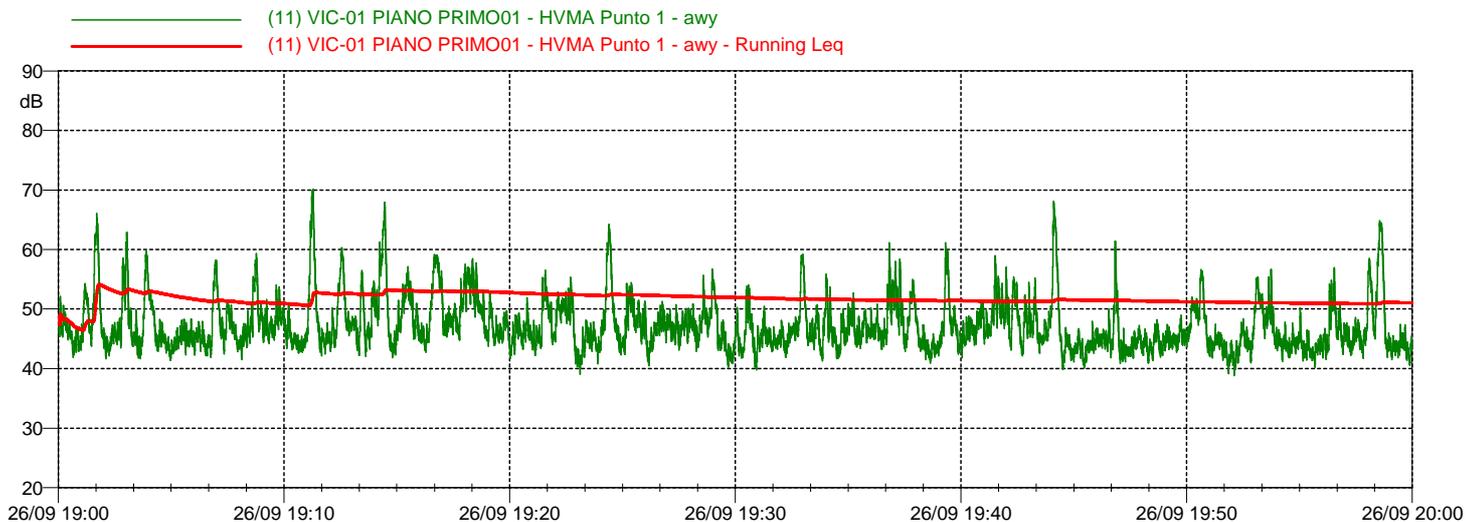


## Intervalli orari

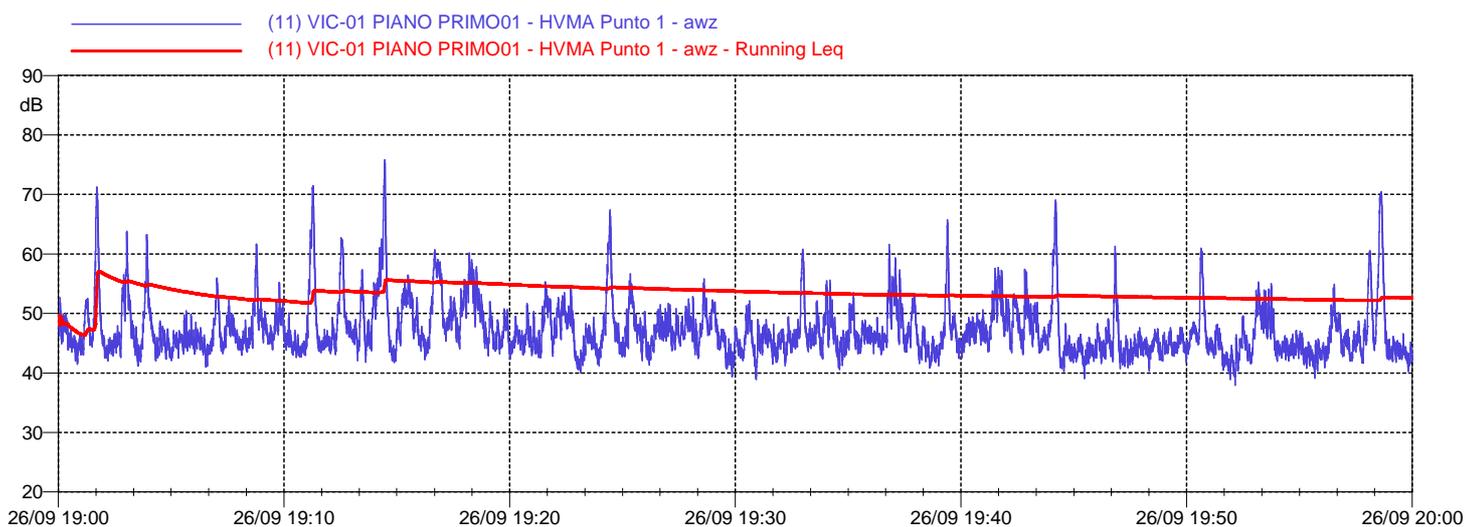
### Asse X



### Asse Y



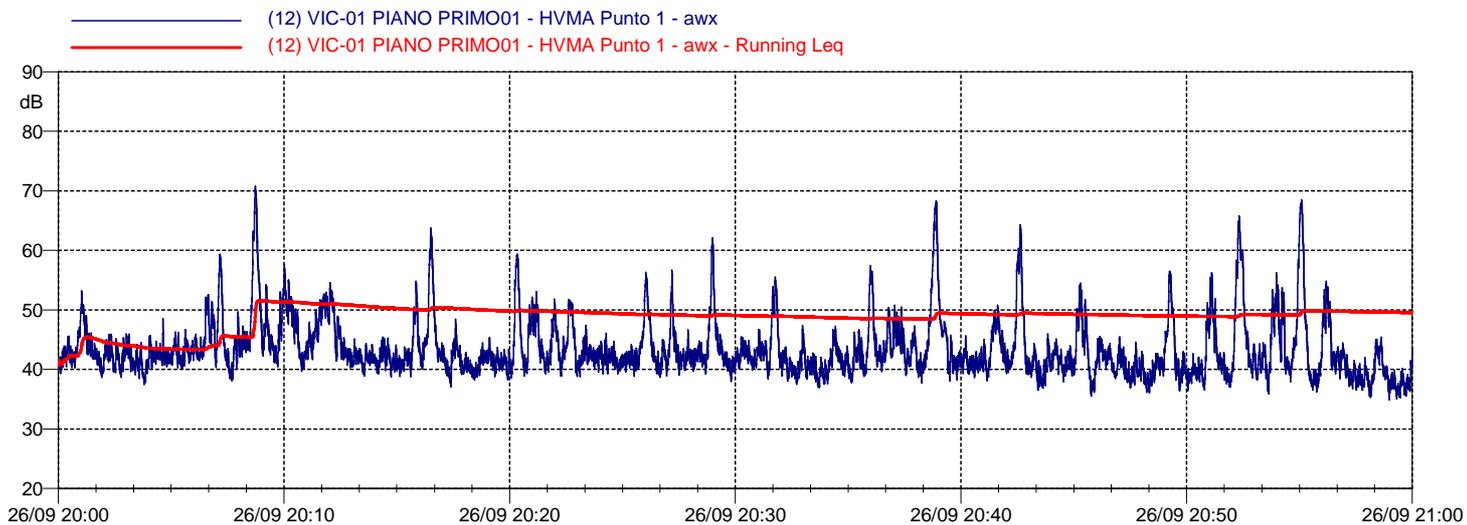
### Asse Z



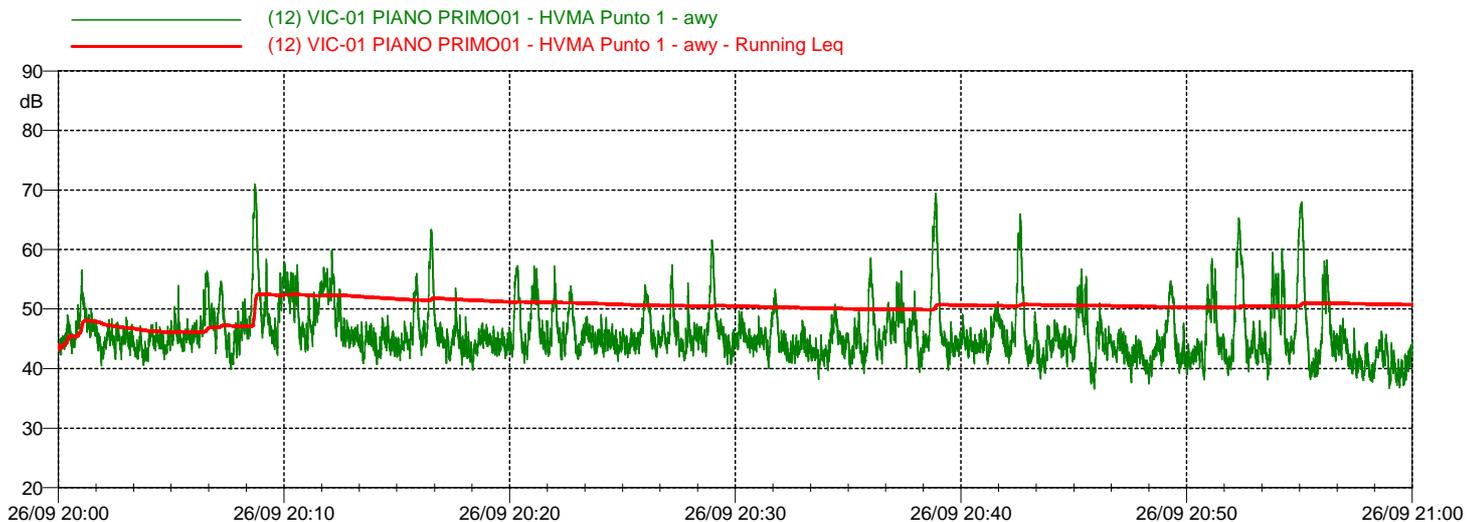


## Intervalli orari

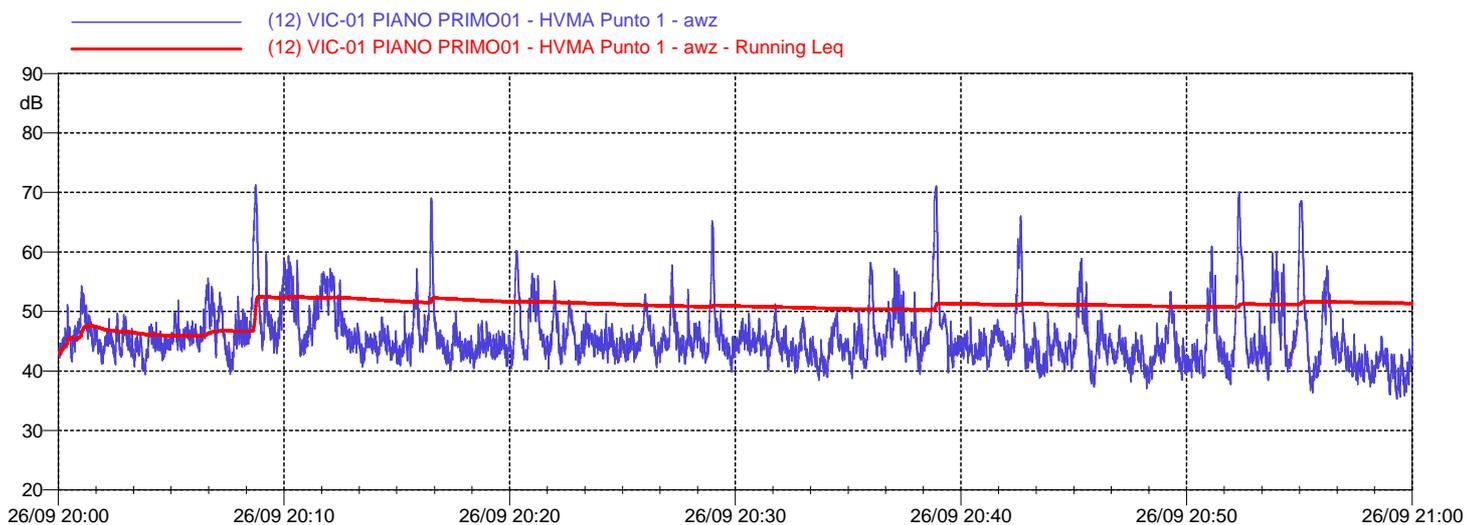
### Asse X



### Asse Y



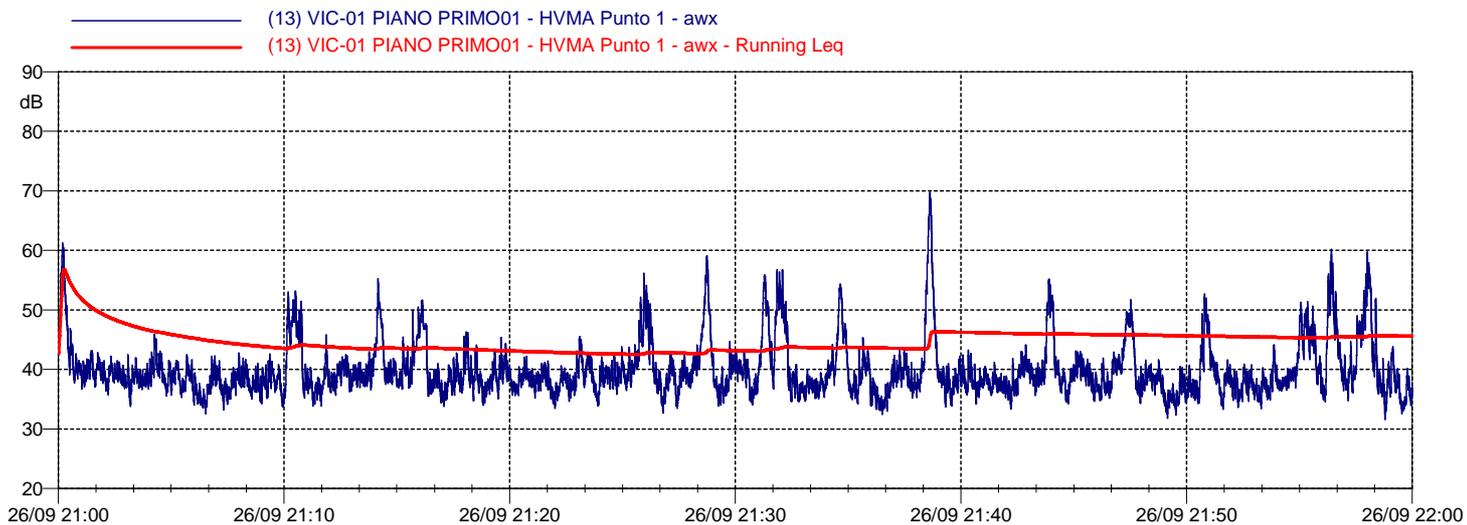
### Asse Z



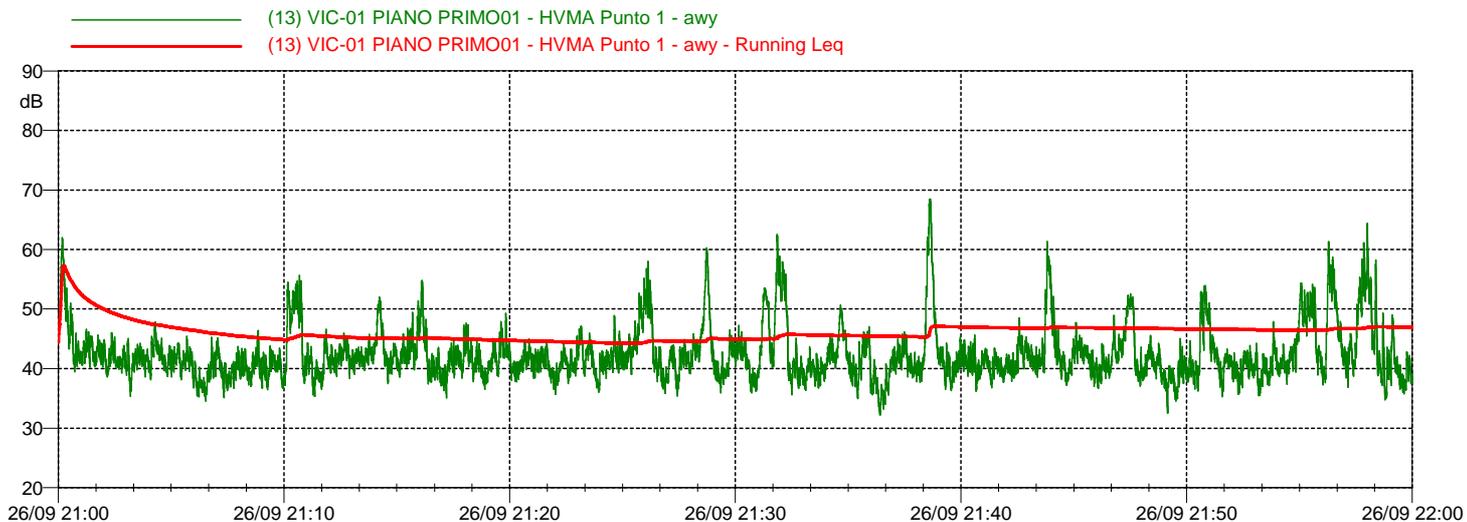


## Intervalli orari

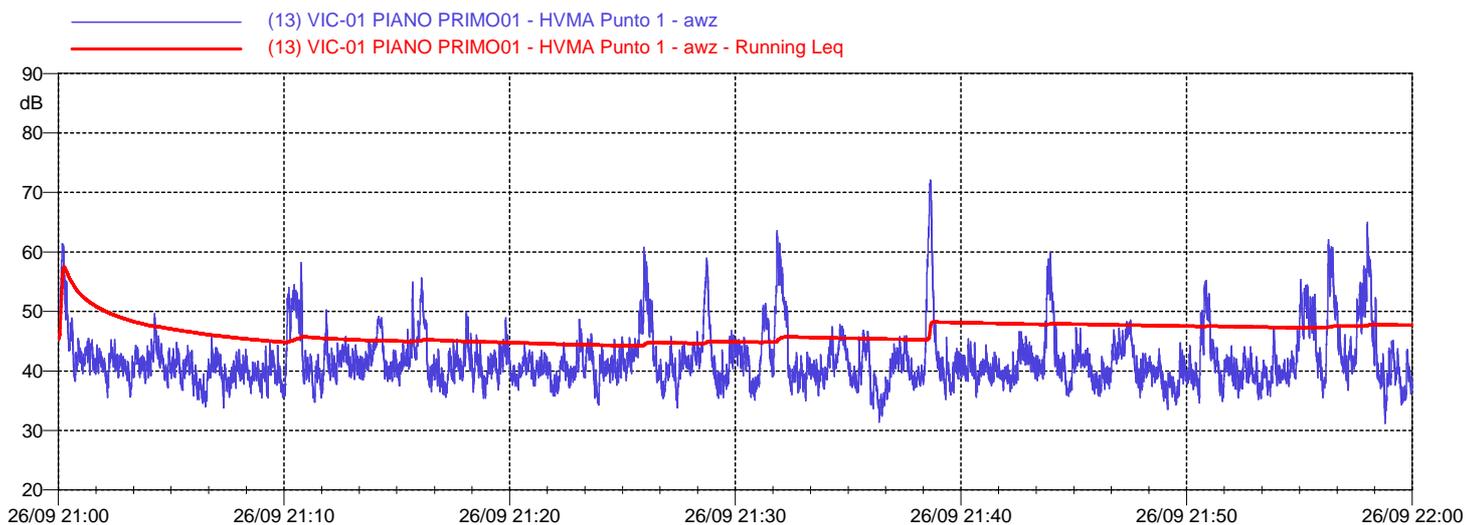
### Asse X



### Asse Y



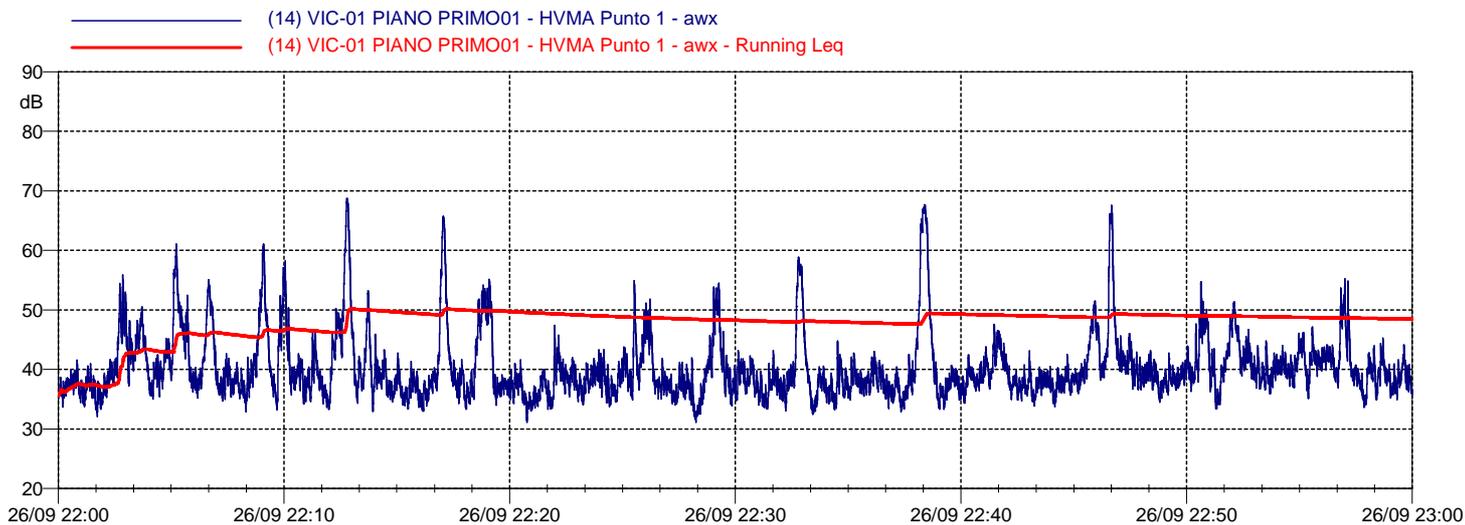
### Asse Z



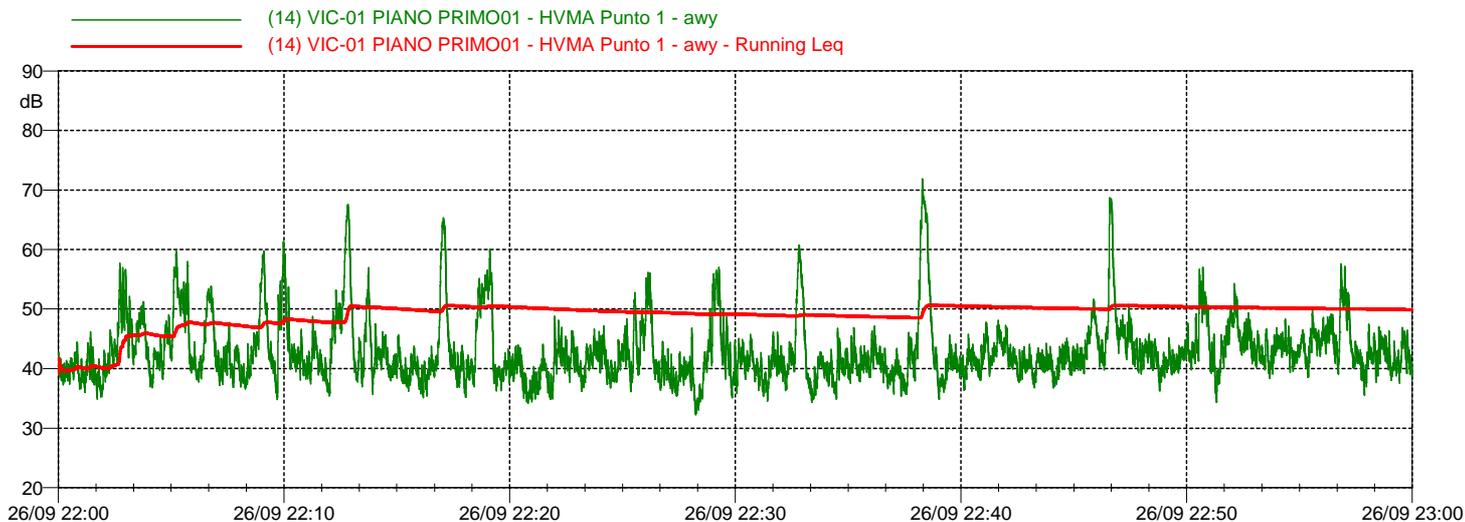


## Intervalli orari

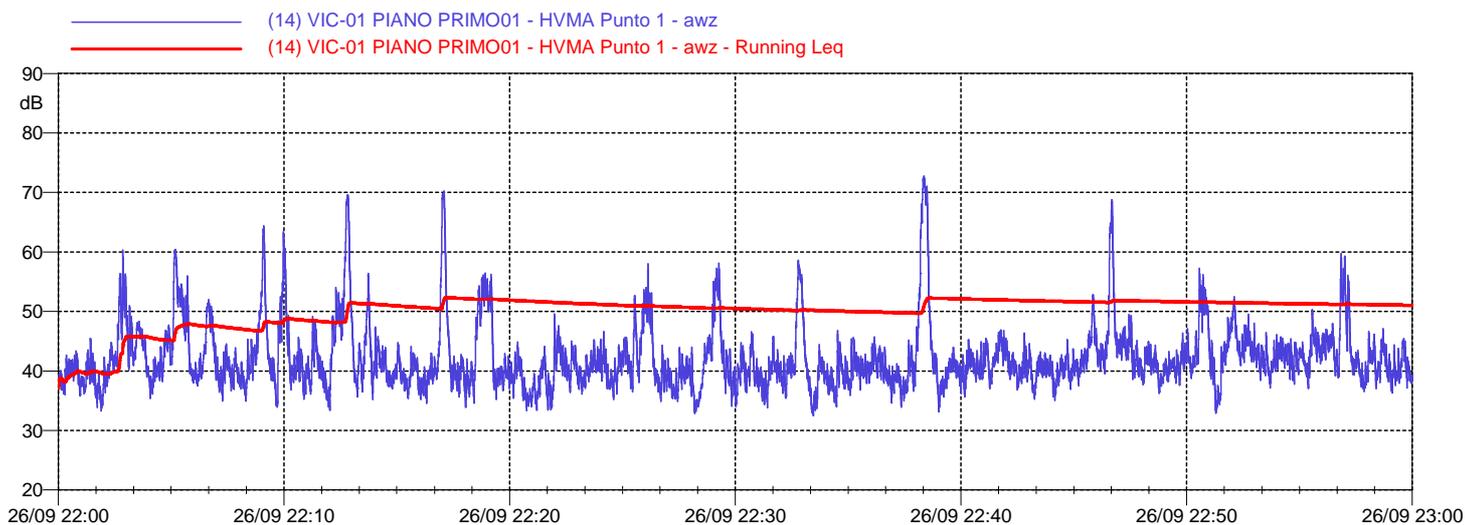
### Asse X



### Asse Y



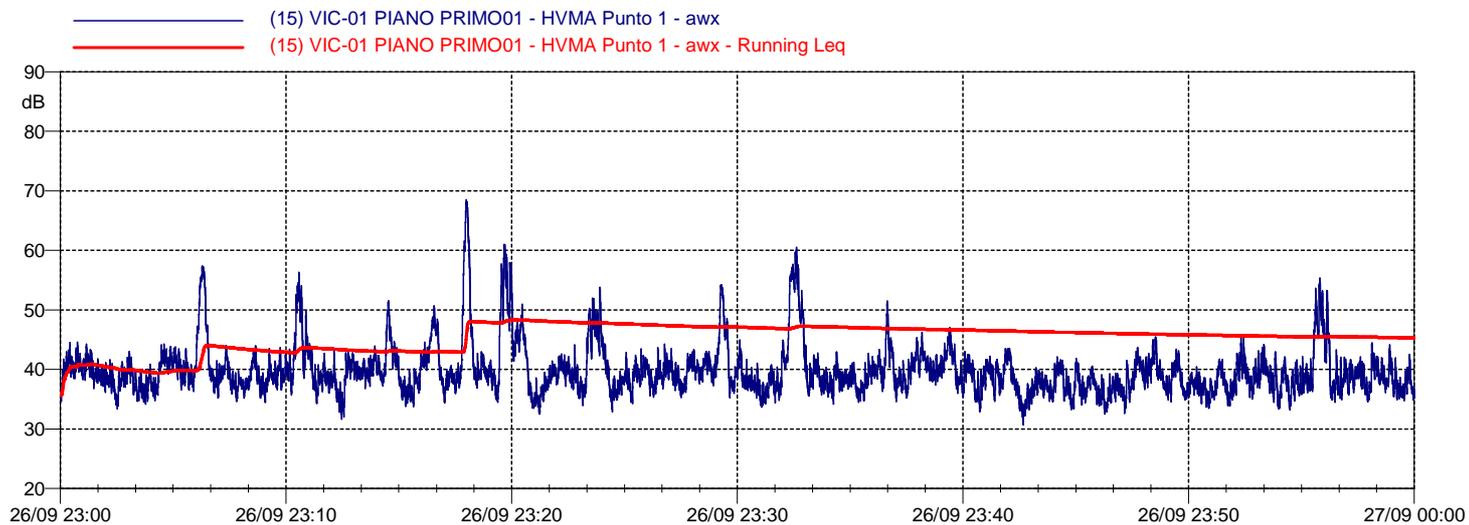
### Asse Z



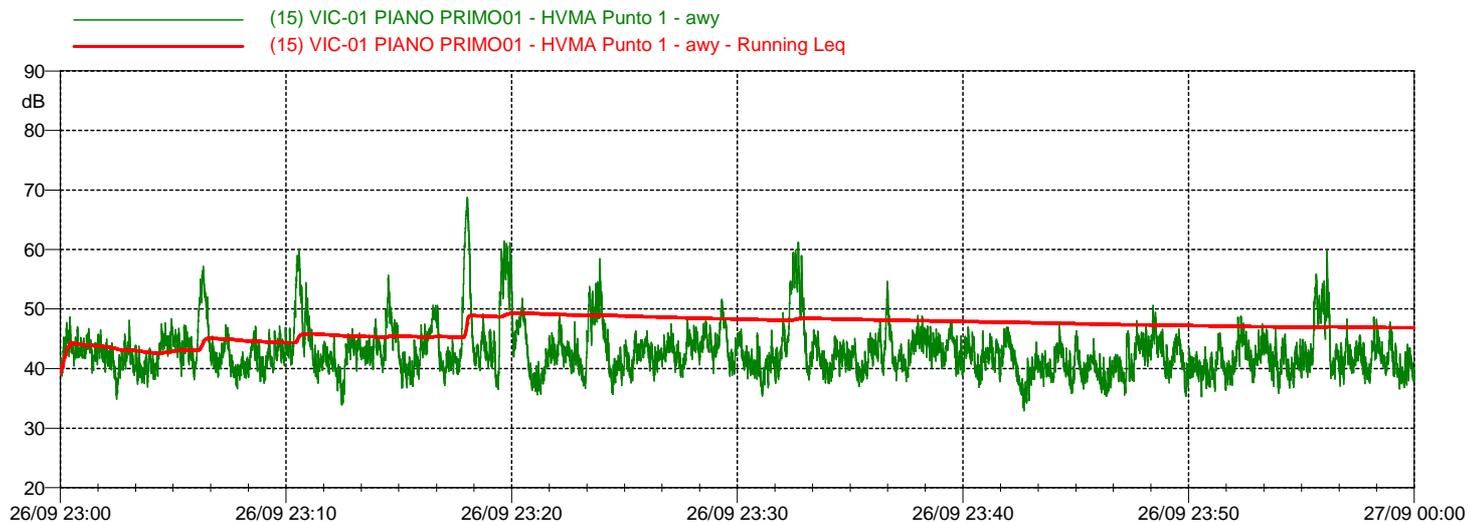


## Intervalli orari

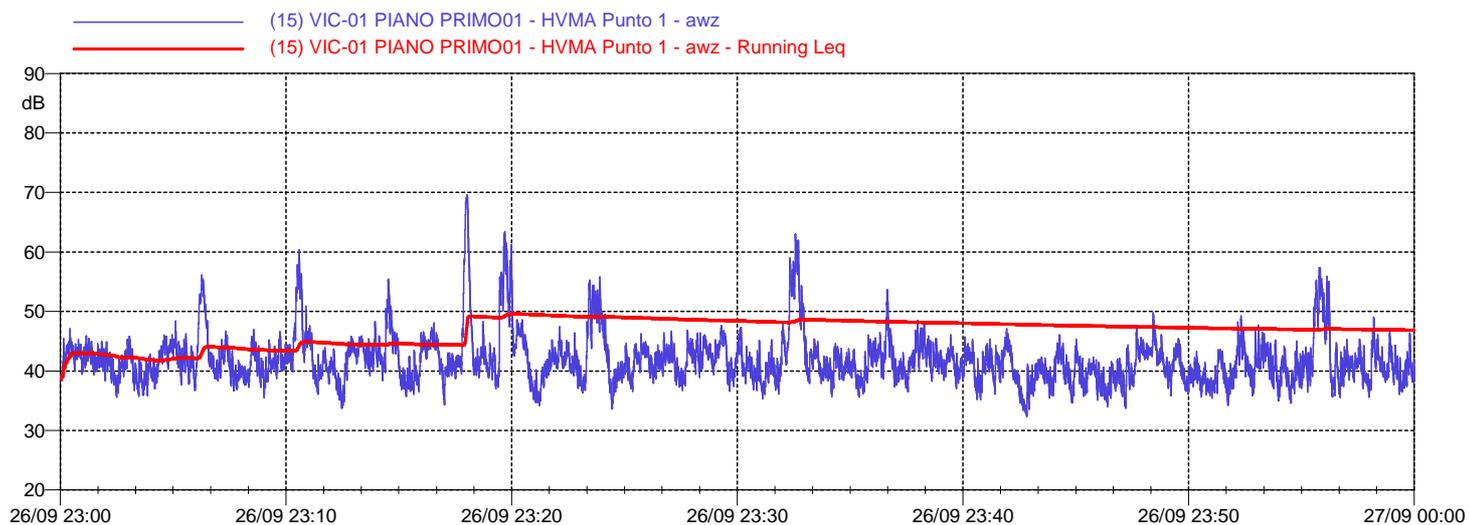
### Asse X



### Asse Y



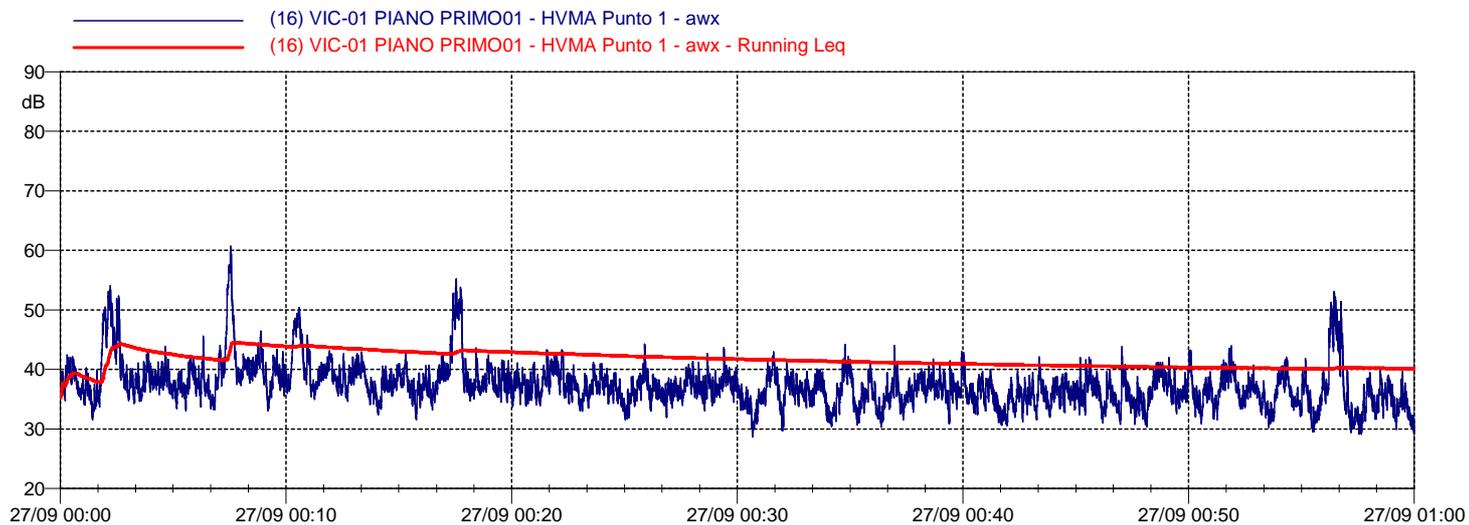
### Asse Z



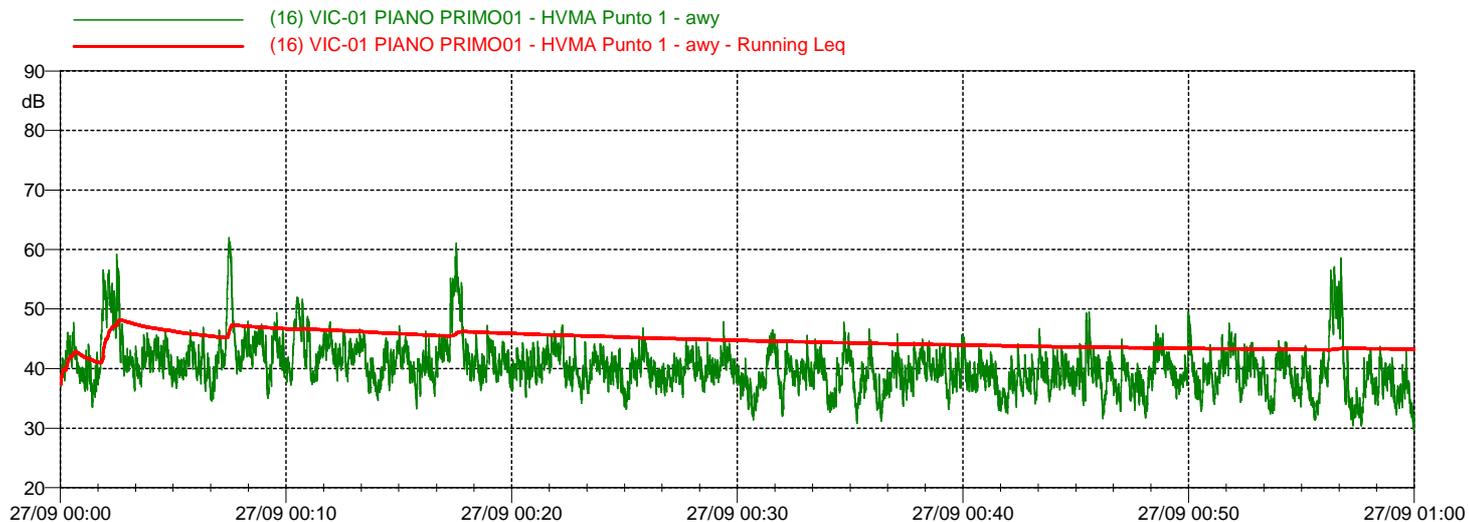


## Intervalli orari

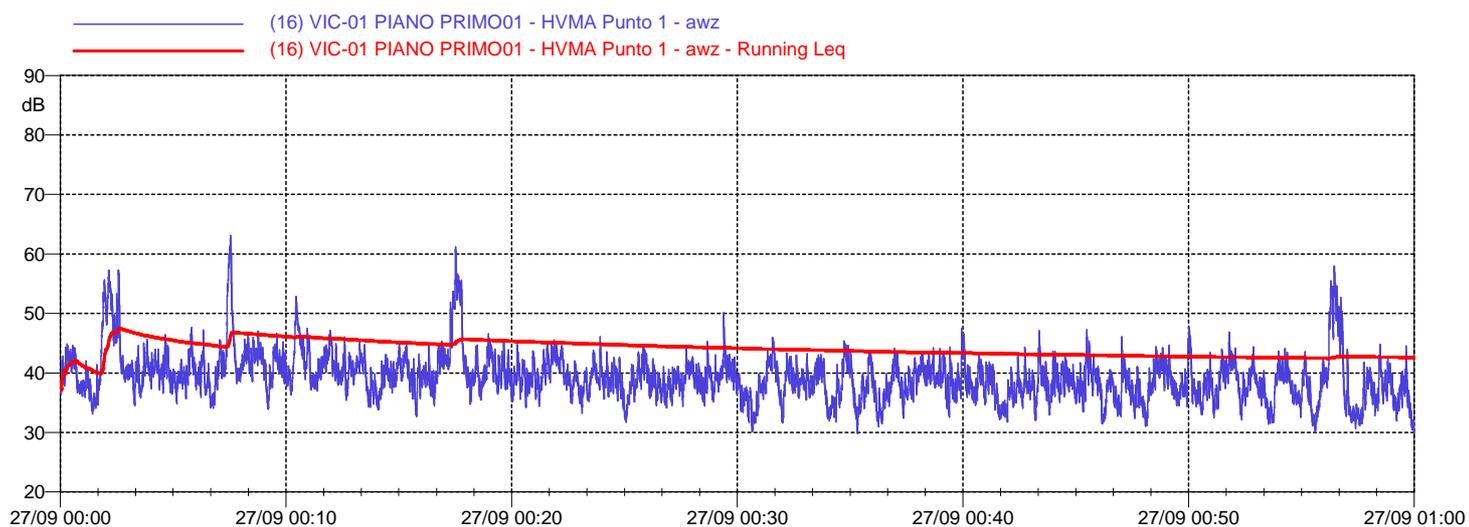
### Asse X



### Asse Y



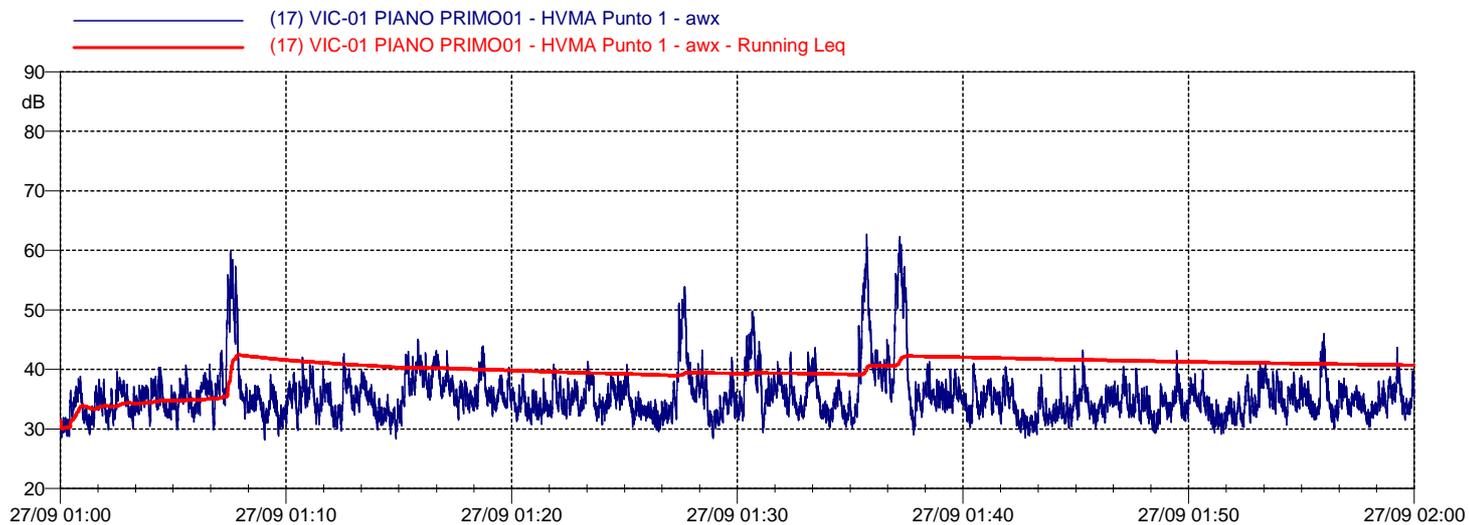
### Asse Z



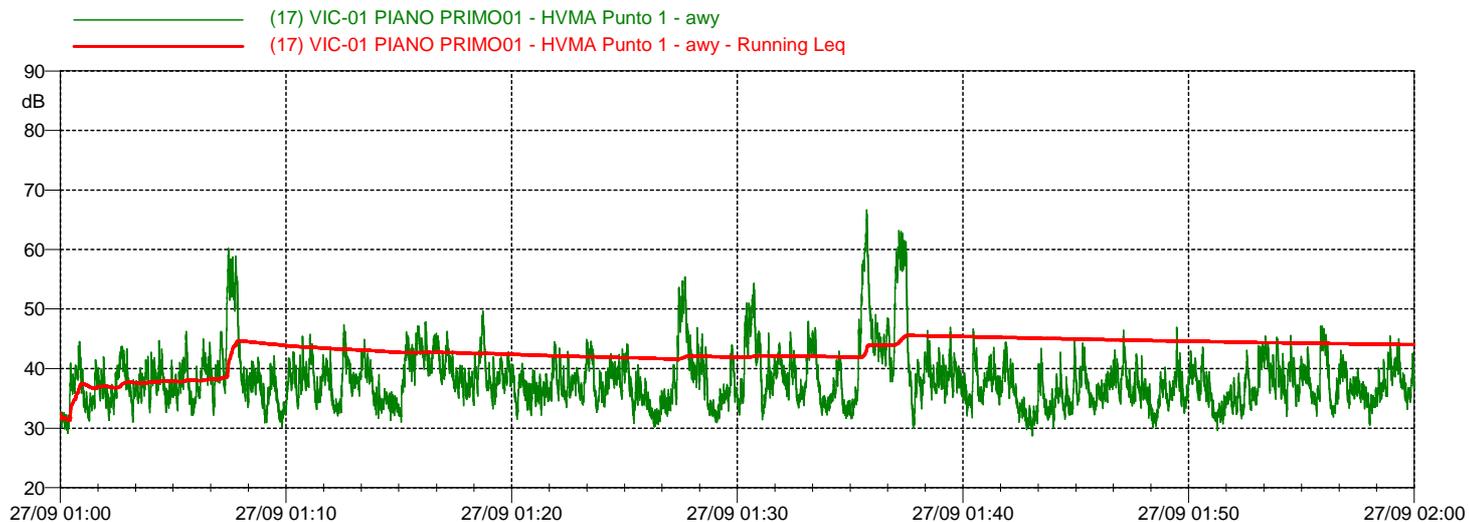


## Intervalli orari

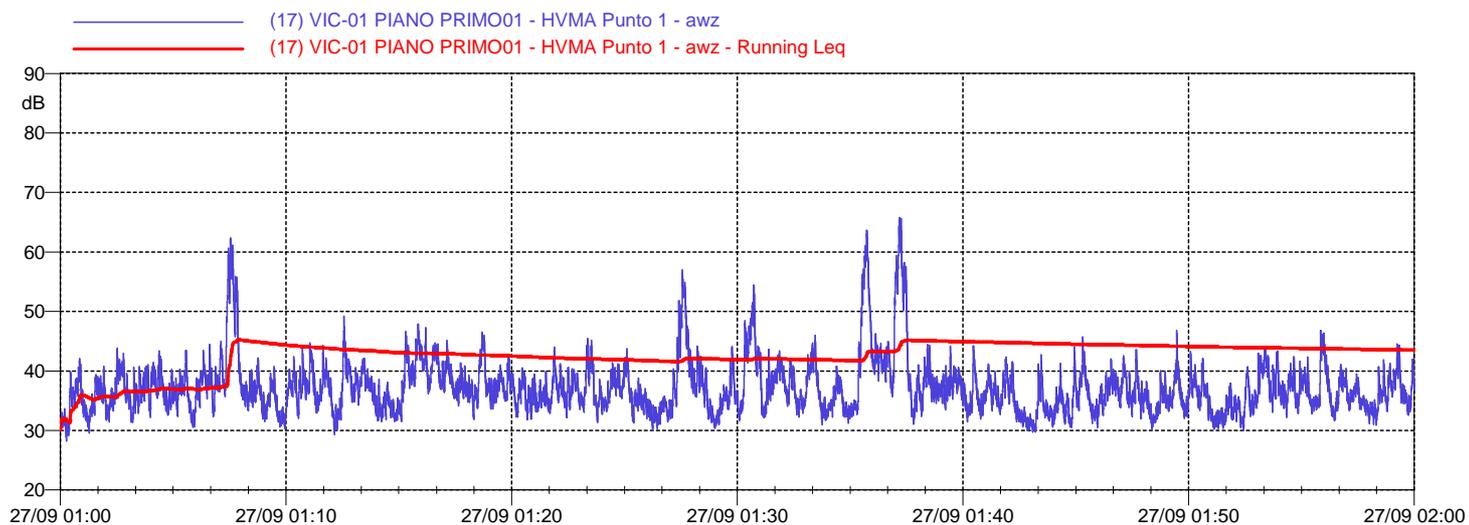
### Asse X



### Asse Y



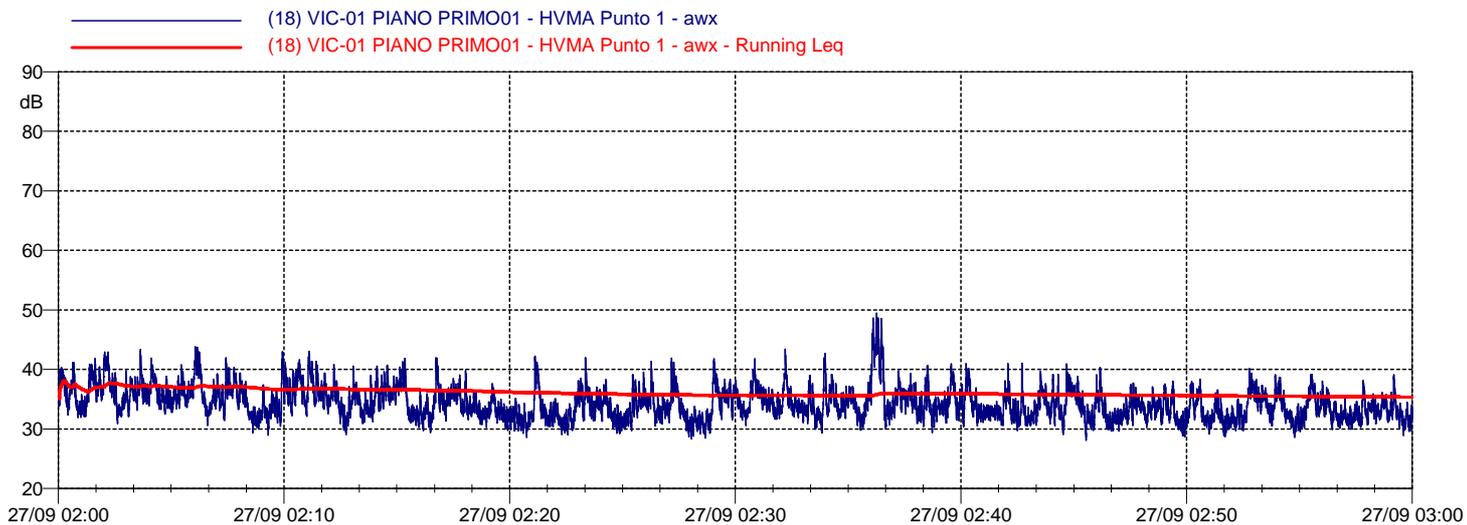
### Asse Z



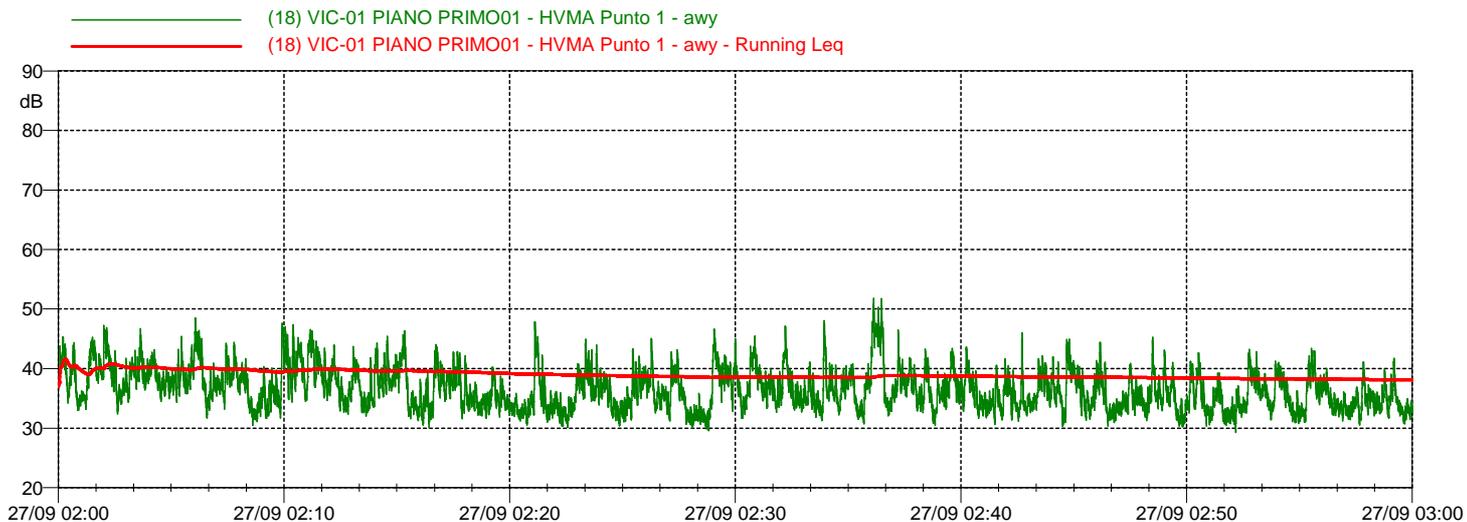


## Intervalli orari

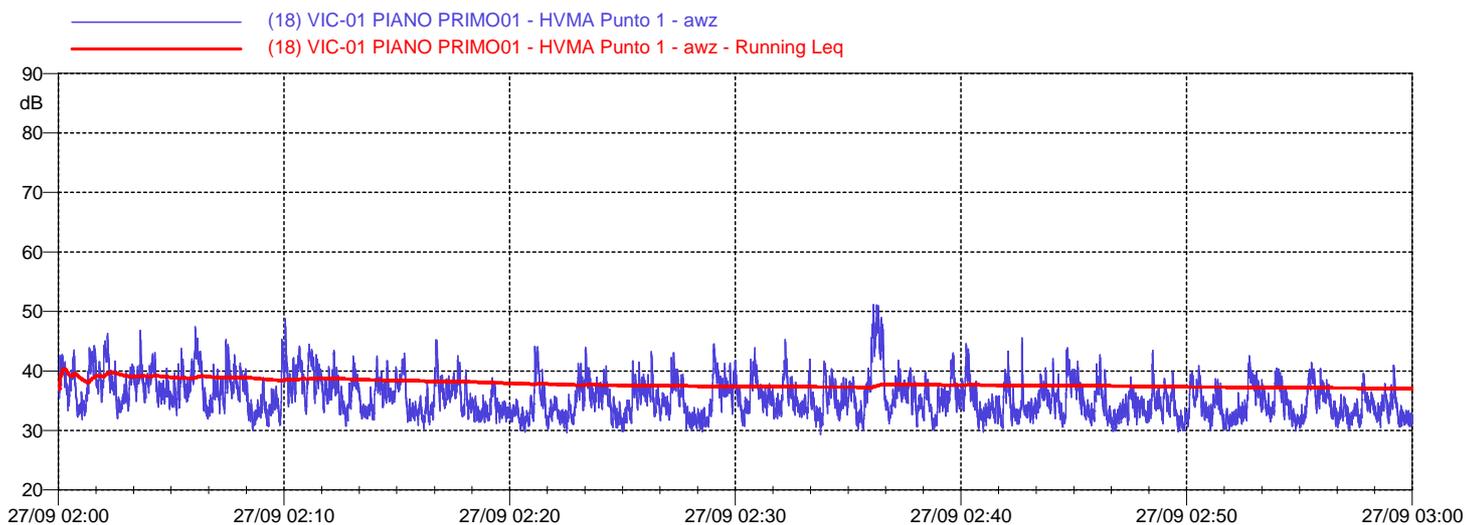
### Asse X



### Asse Y



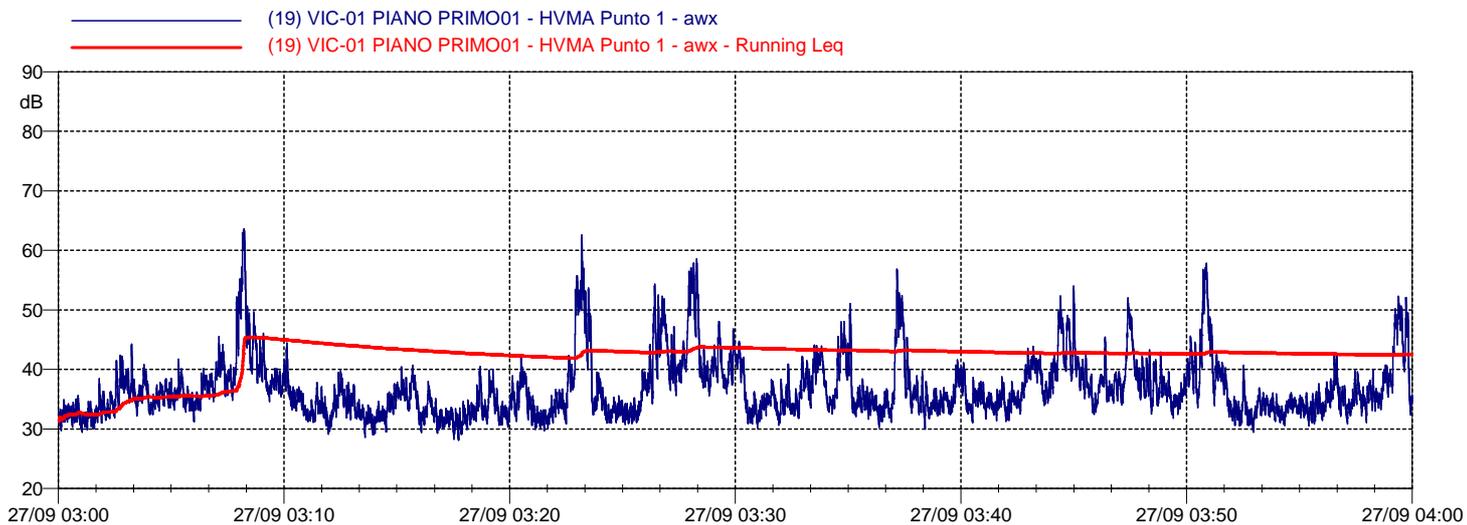
### Asse Z



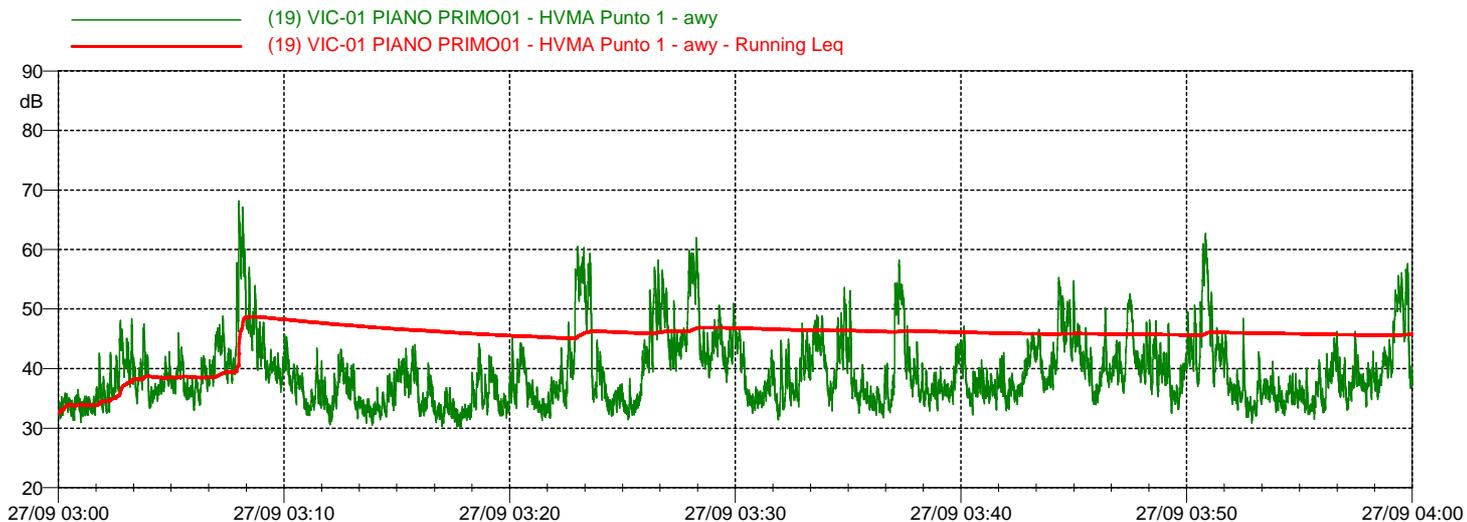


## Intervalli orari

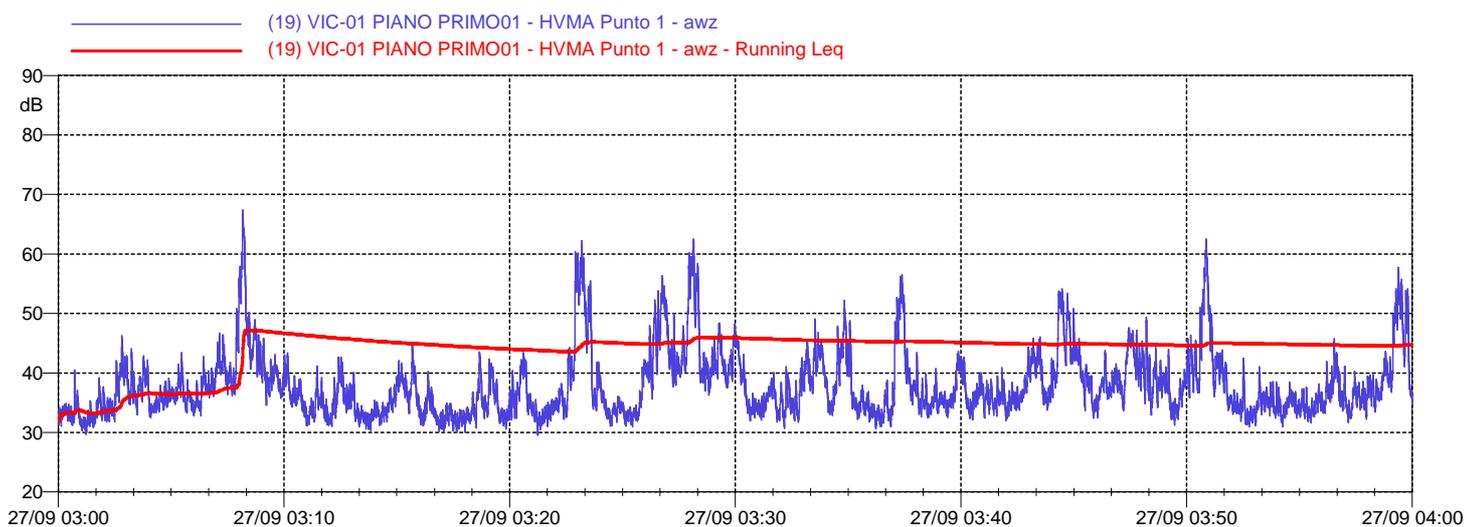
### Asse X



### Asse Y



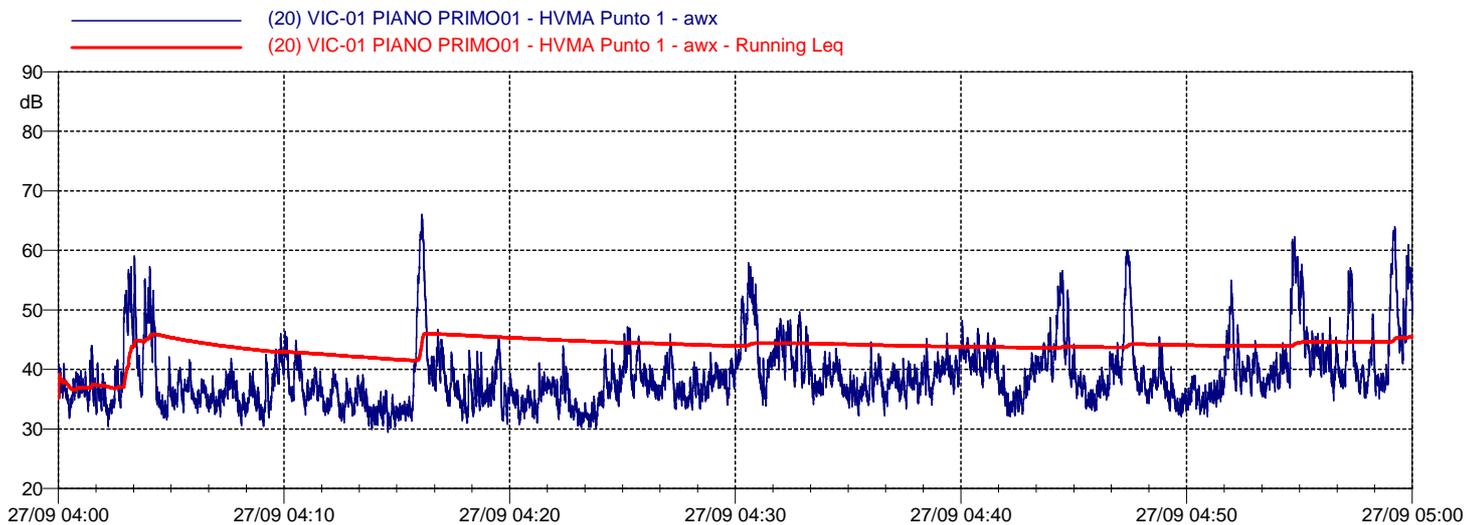
### Asse Z



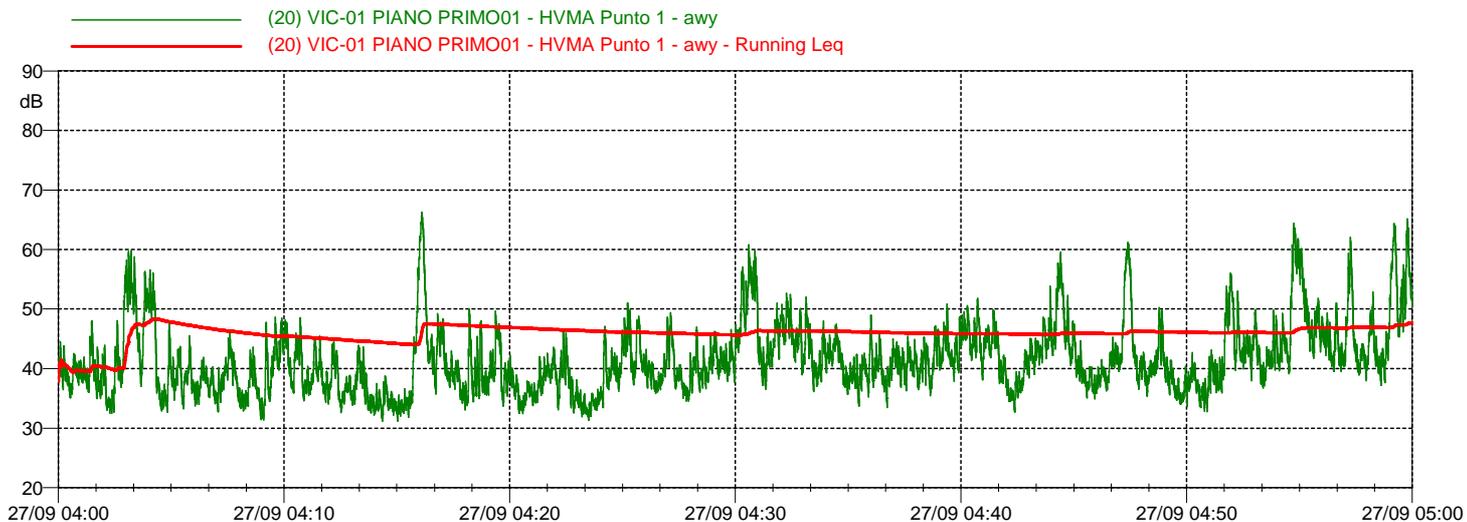


## Intervalli orari

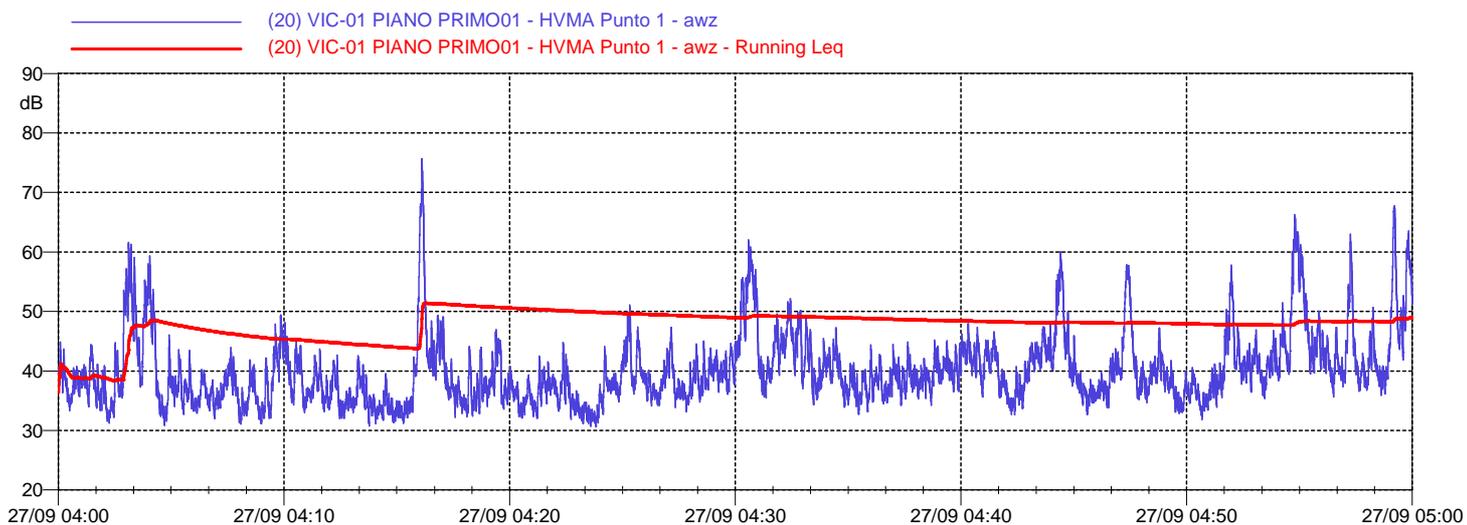
### Asse X



### Asse Y



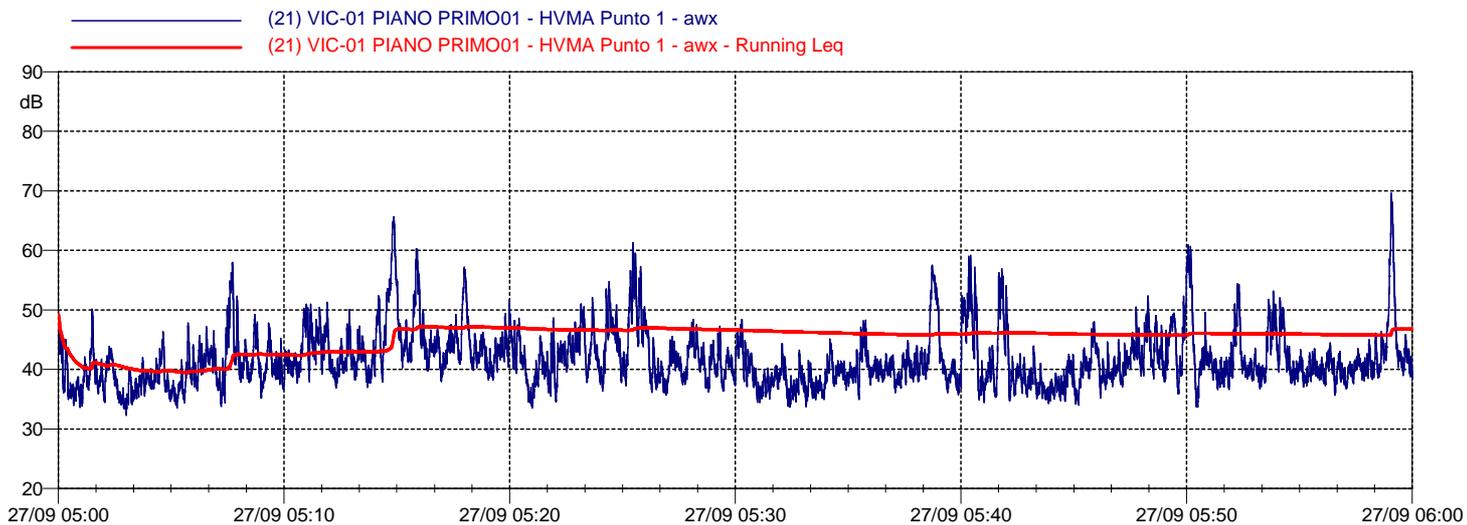
### Asse Z



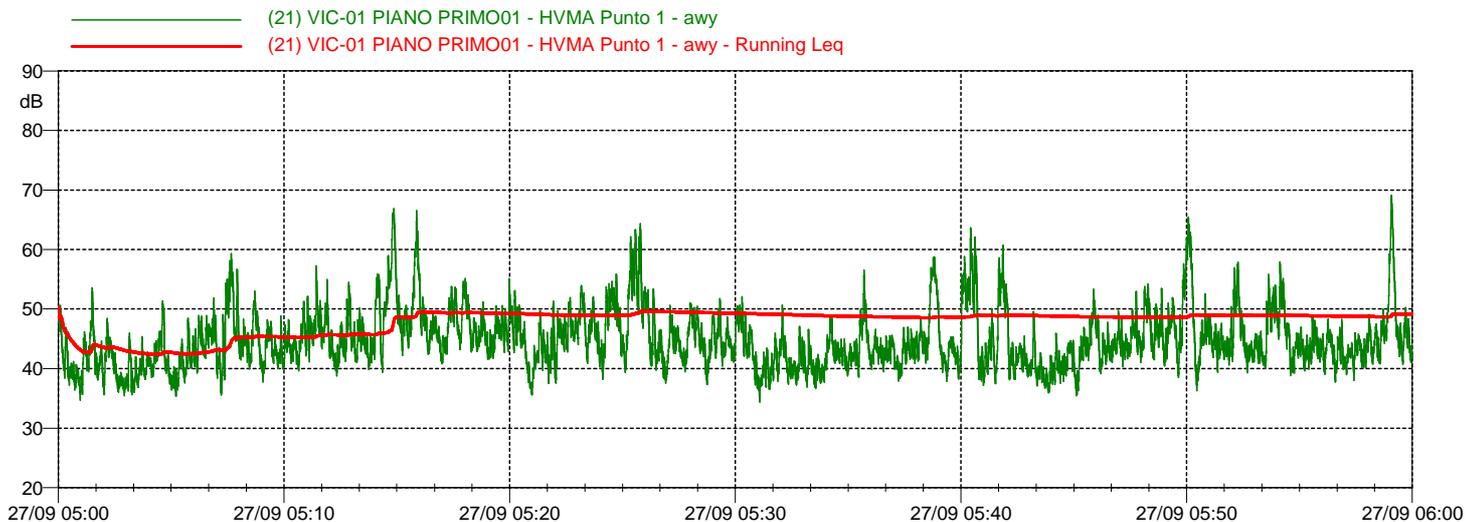


## Intervalli orari

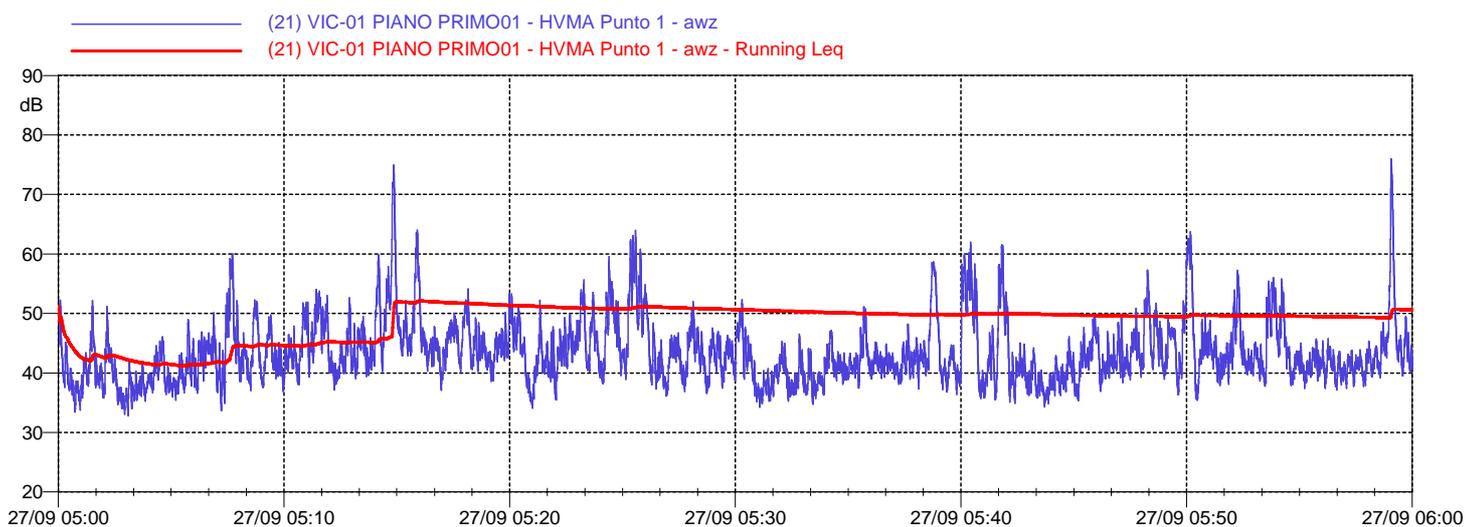
### Asse X



### Asse Y



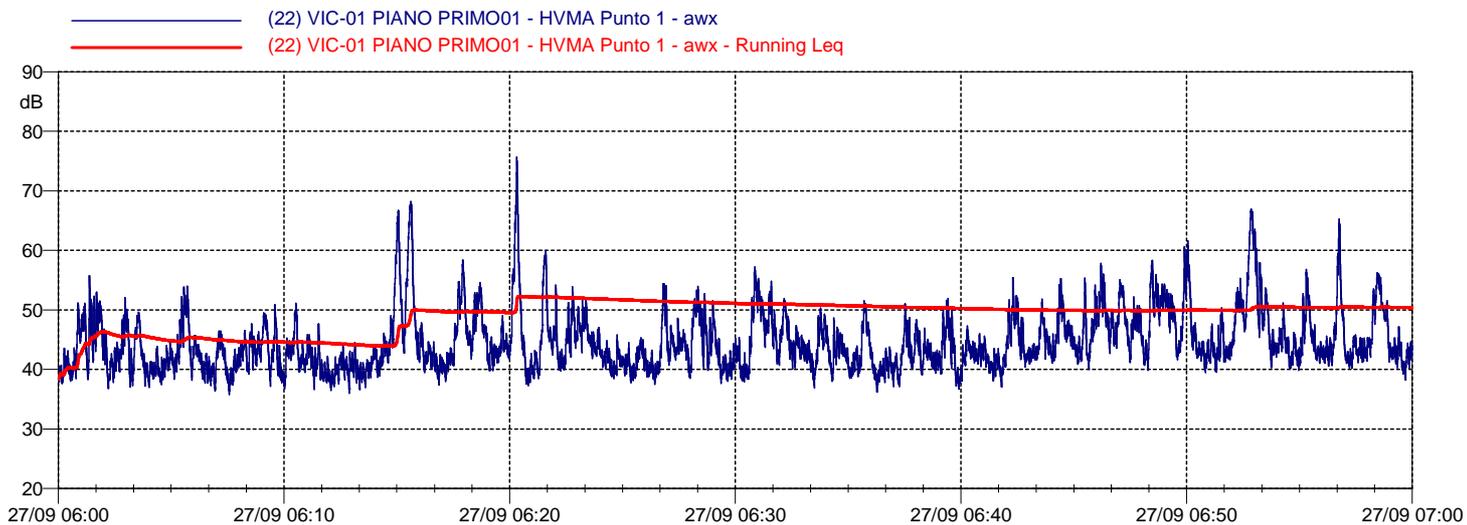
### Asse Z



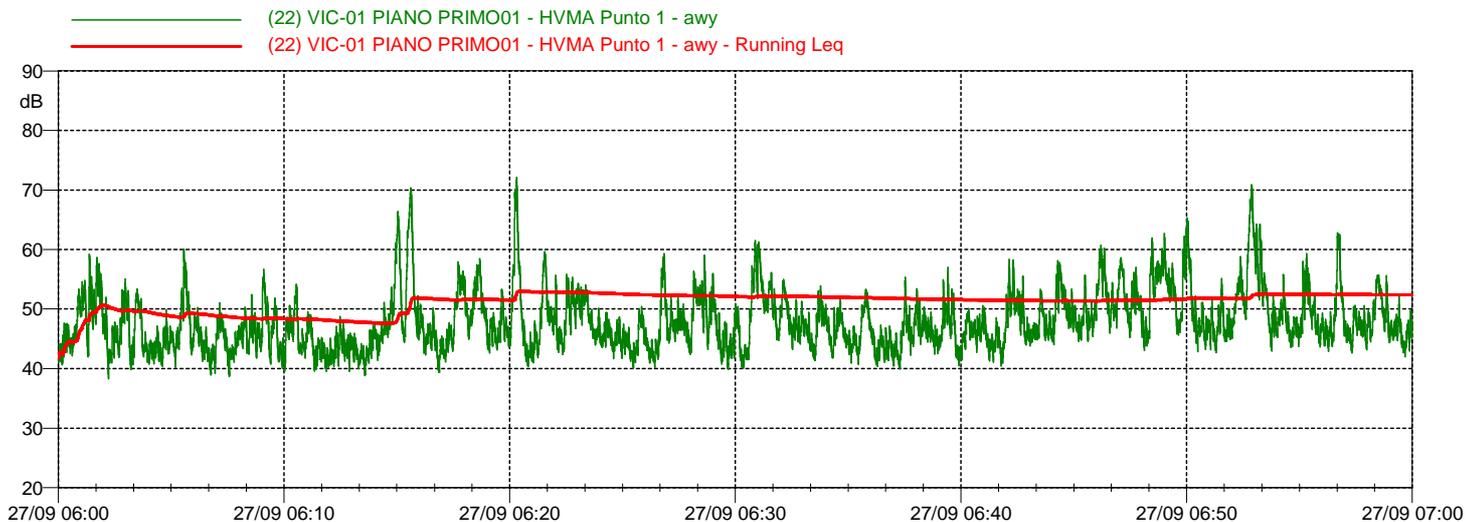


## Intervalli orari

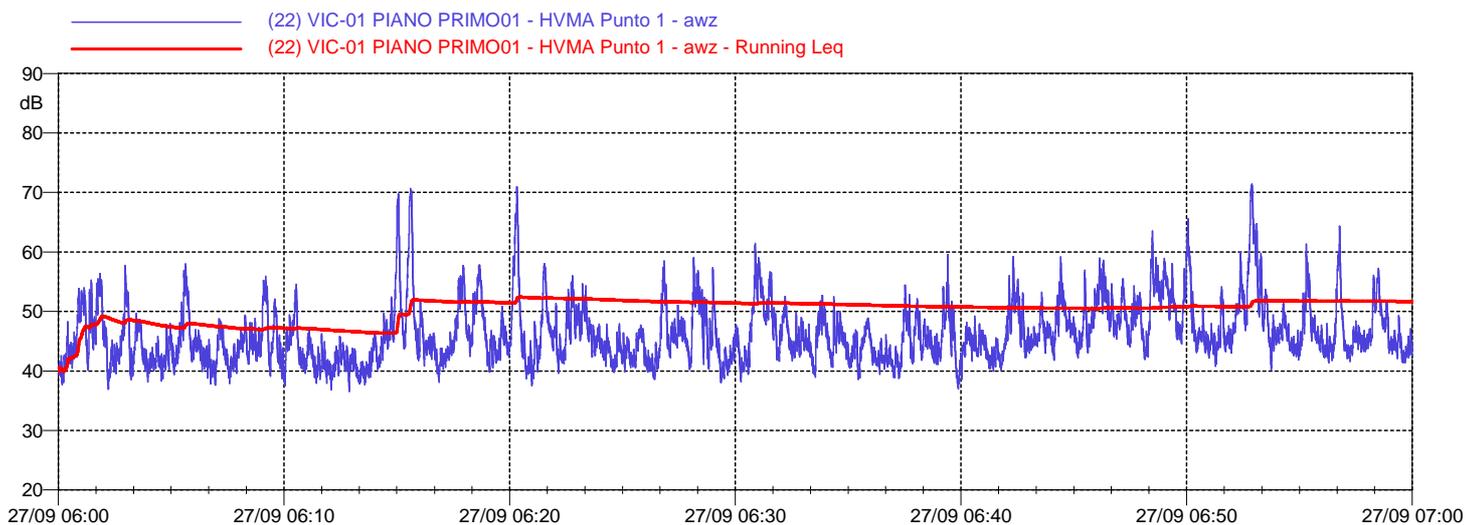
### Asse X



### Asse Y



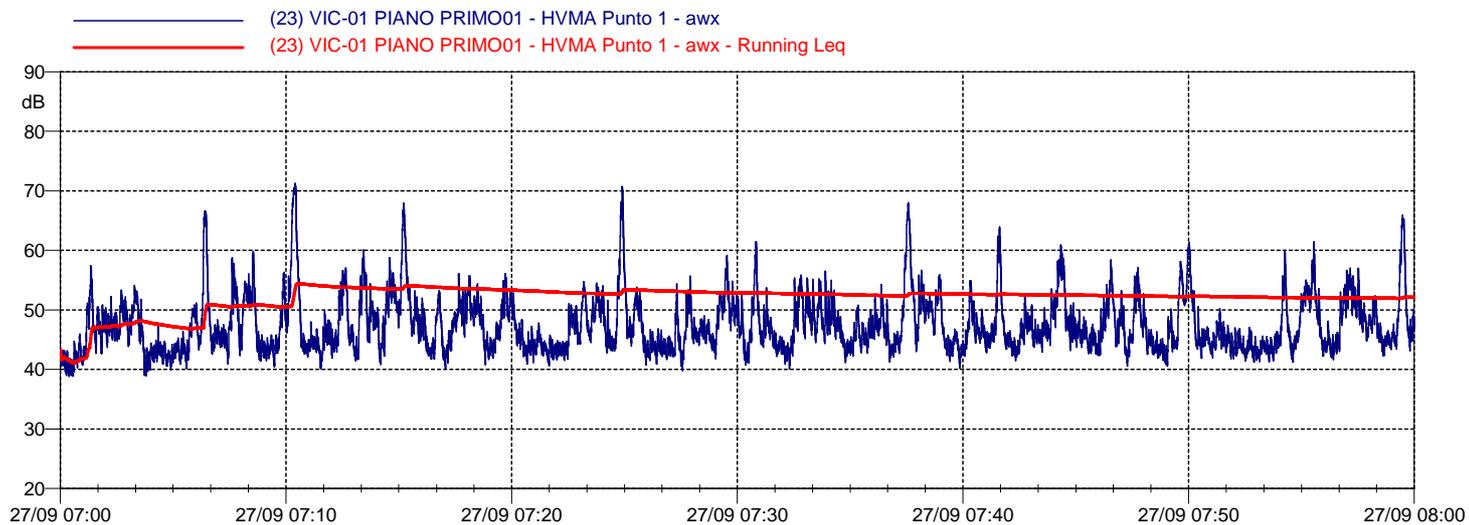
### Asse Z



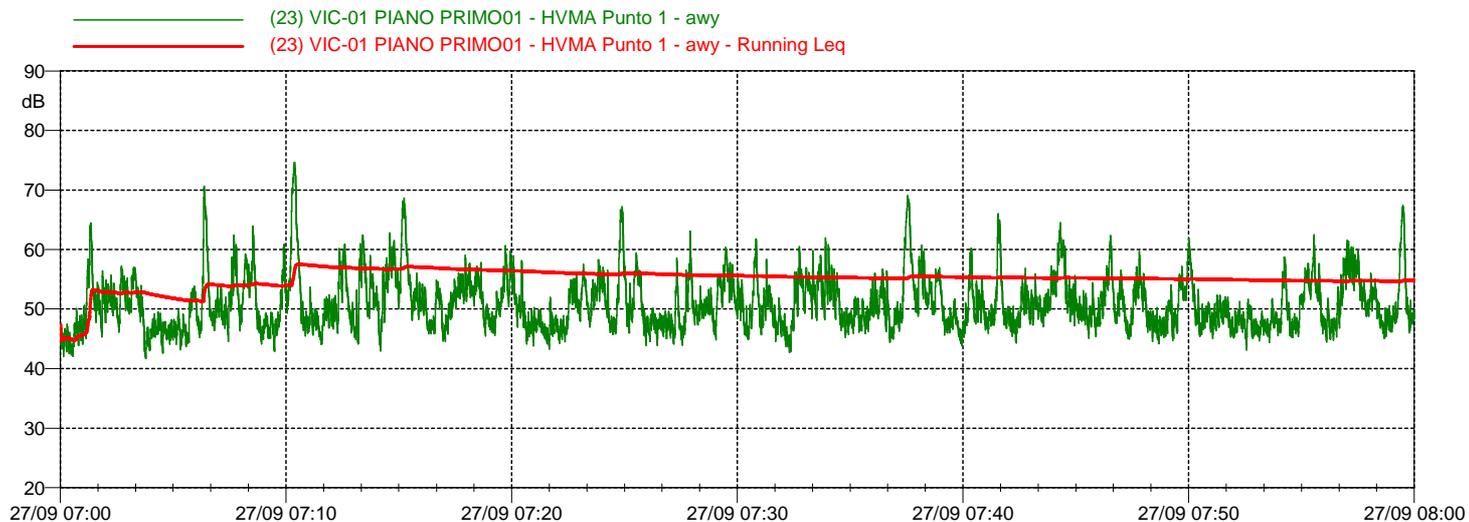


## Intervalli orari

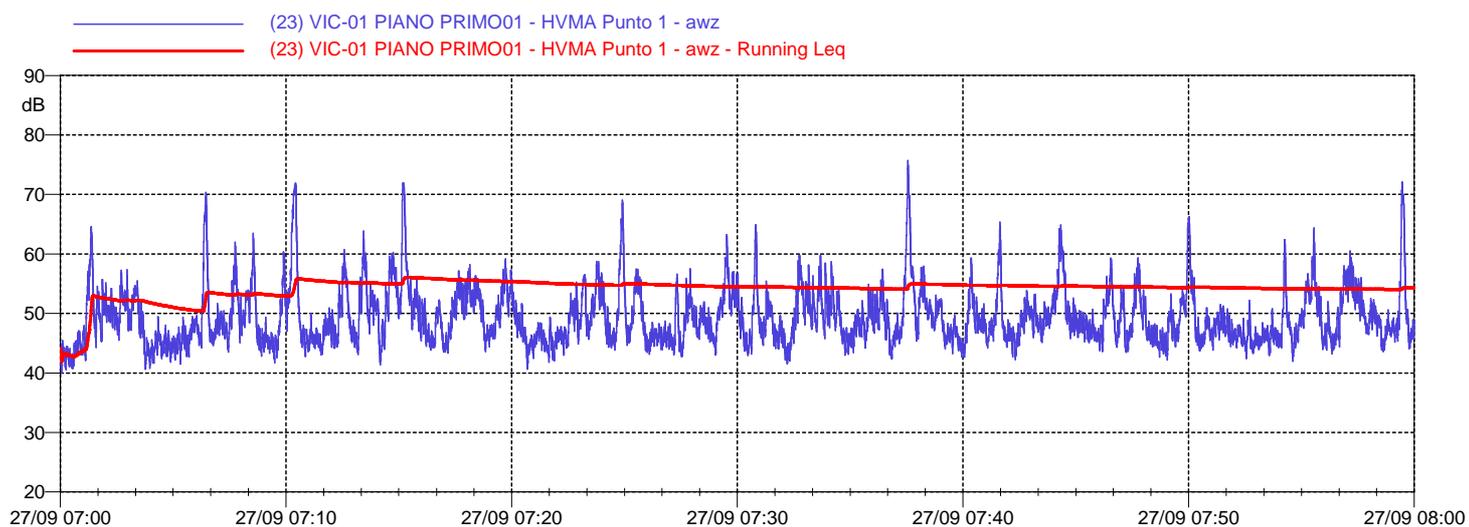
### Asse X



### Asse Y



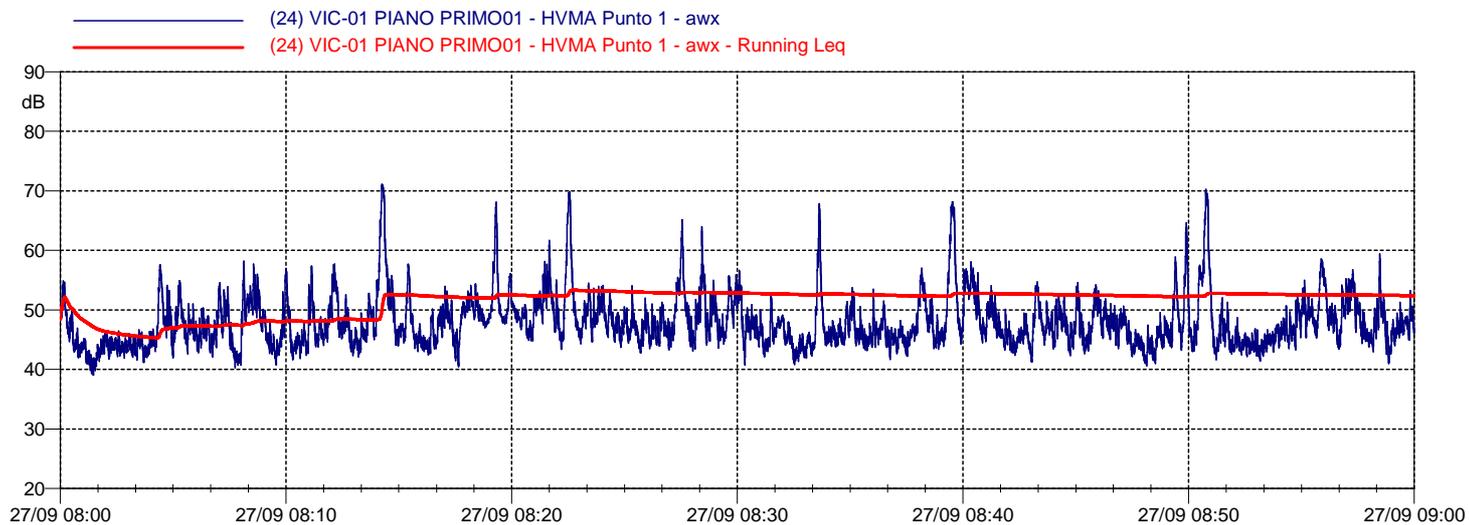
### Asse Z



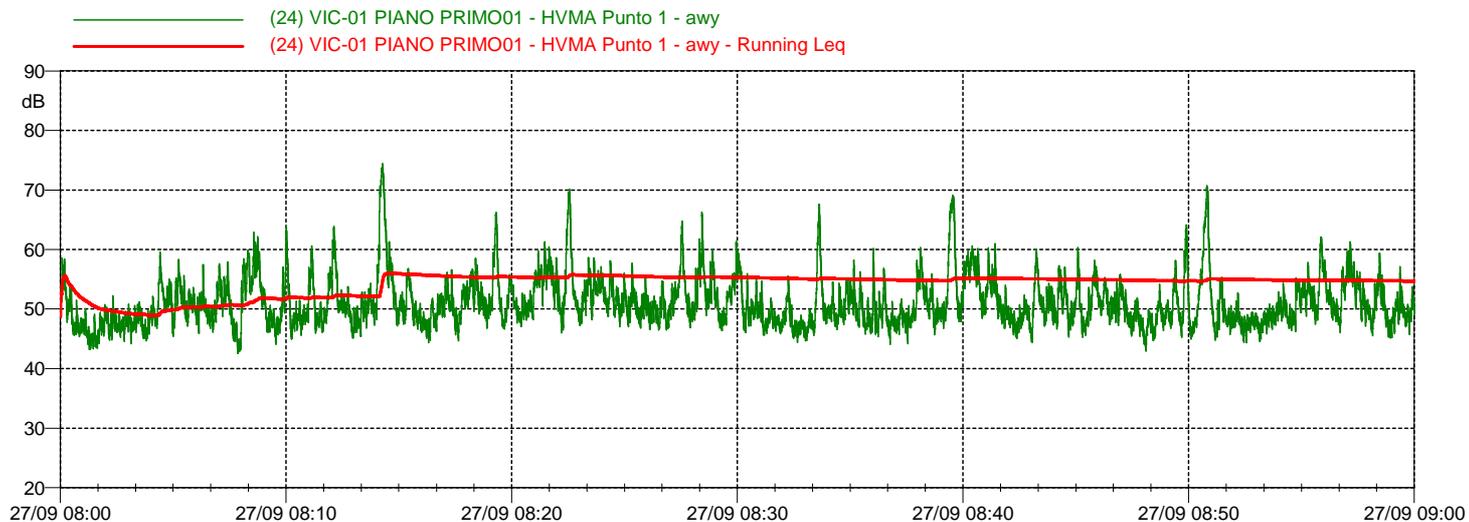


## Intervalli orari

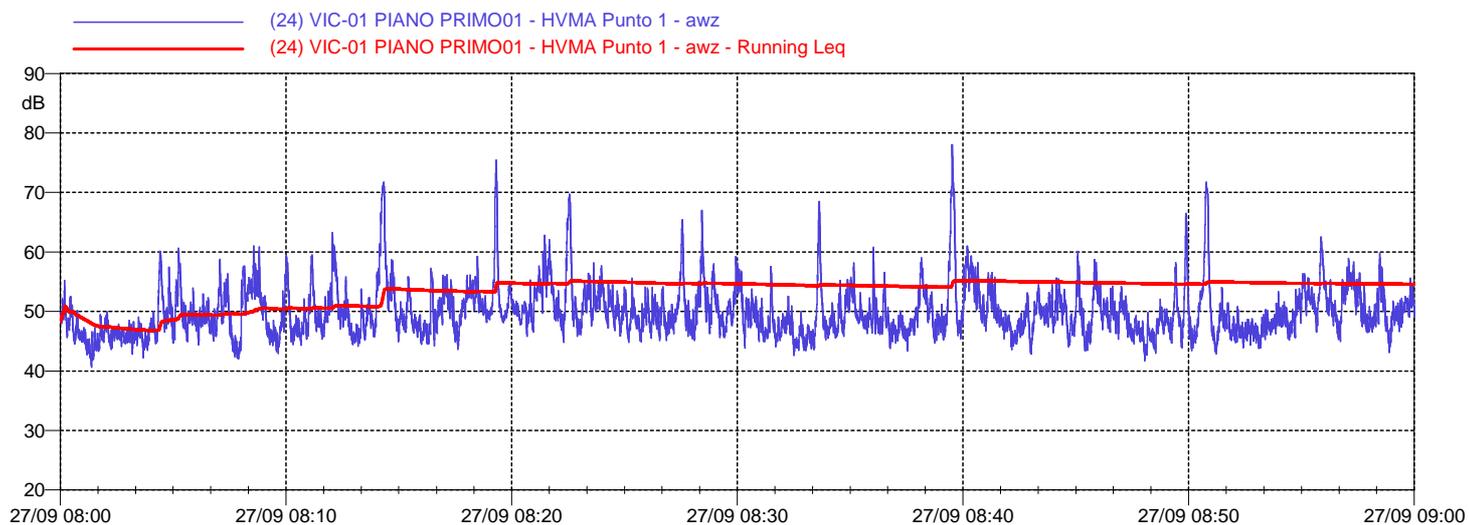
### Asse X



### Asse Y



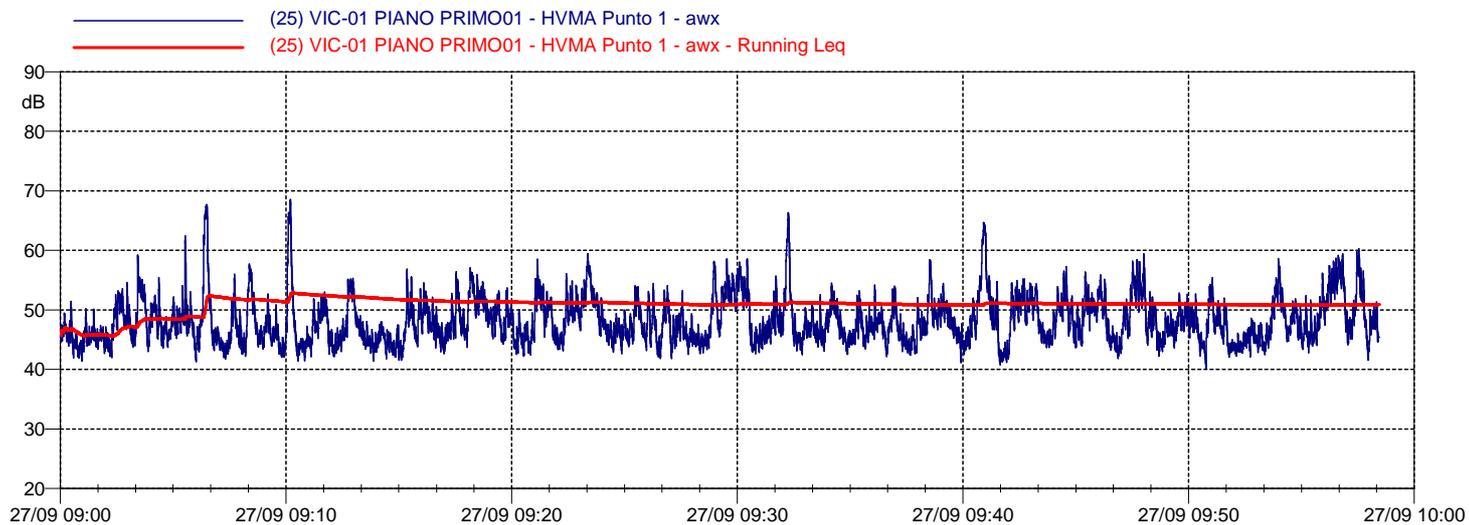
### Asse Z



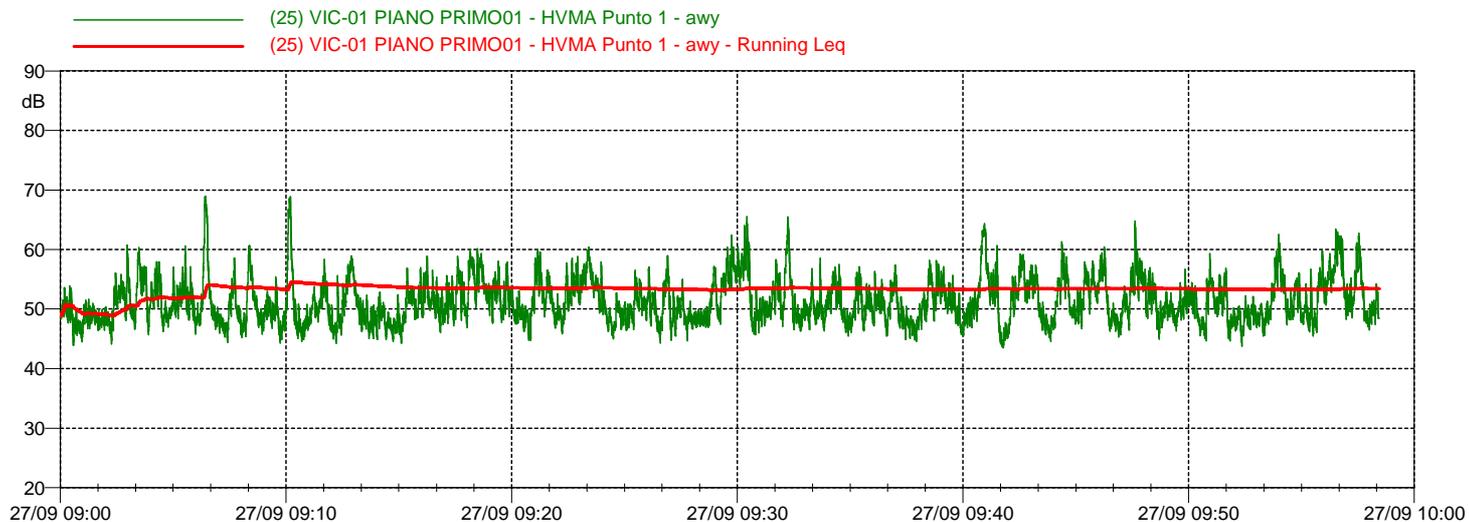


## Intervalli orari

### Asse X



### Asse Y



### Asse Z

