

# Criteria per l'allineamento dei misuratori PM2.5-PM10 low-cost del progetto "Che Aria Tira?" ai misuratori di riferimento Qbit LCT-14.

## Caratteristiche tecniche del misuratore low-cost "Che Aria Tira?".

- Controller: Raspberry PI 3B
- Inquinanti monitorati: PM2.5 e PM10
- Sensore utilizzato per il monitoraggio della qualità dell'aria: DS011
- Tecnologia: Laser a rifrazione (Scattering)
- Risoluzione: 0,3 µg/m<sup>3</sup>
- Tempo di misura/ Periodo di Campionamento: 1 sec

### Risoluzione e accuratezza dei misuratori campione Qbit LCT-14

I misuratori campione Qbit LCT-14 sono basati anch'essi su tecnologia scattering laser; si veda la documentazione tecnica della ditta produttrice <http://www.qbit-optonics.com/it/index.php/documenti/> della quale si riporta una tabella riassuntiva e le note relative.

Grandezza	Valore	Unità	Note
PM signal resolution	1/4096	(1)	
PM signal accuracy	<1	%	Su tutto il range dei tempi di misura (2)
Maximum PM range	10000	µg/m <sup>3</sup>	Settabile in Fabbrica (3)
Temperature resolution	0,01	°C	
Temperature accuracy	0,3	°C	(4)
Pressure resolution	0,01	kPa	
Pressure accuracy	0,5	kPa	
Rel. Humidity resolution	0,04	%	
Rel. Humidity accuracy	± 2	%	Per valori di umidità fra 20% e 80%

(1) Come indicato all'inizio di questa scheda tecnica, i dati di risoluzione ed accuratezza della misura del PM sono relativi al segnale ottico prodotto dal campione di particolato. Le analoghe specifiche sul valore in massa di particolato derivano da un processo di taratura che è sensibile al tipo di campione testato (polveri carboniose, come quelle tipicamente invernali dovute ai sistemi di riscaldamento, determinano un coefficiente di conversione più alto delle polveri siliciche più tipiche delle misure estive). L'accuratezza del dato in massa, in uno specifico sito ed in uno specifico periodo temporale, deve dunque essere valutata per confronto su un intervallo di alcune ore con un sistema di misura gravimetrico (metodo primario).

(2) L'accuratezza della misura è tanto maggiore quanto maggiore è l'intervallo temporale di misura. Per misure di durata superiore ai 10 secondi l'accuratezza può arrivare a livelli migliori di 1 parte su 10<sup>3</sup>.

(3) Il range standard settato in fabbrica corrisponde ad una concentrazione di 1500 µg/m<sup>3</sup> a fondo scala. Il che produce, per quanto indicato al punto (2), una sensibilità di misura migliore di 2 µg/m<sup>3</sup> per misure su intervalli di 10 secondi o superiori.

(4) La misura di temperatura è effettuata alla presa d'aria dello strumento. Essa è dunque indicativa della temperatura di misura in cella ottica. Può risultare diversa di qualche grado dalla "temperatura ambiente esterno" per effetto del calore dissipato dallo strumento stesso.

## Modalità operative.

Si utilizzano due strumenti di riferimento:

- un misuratore di particolato PM10 Qbit LCT-14 come riferimento per il particolato PM 10
- un misuratore di particolato PM2.5 Qbit LCT-14 come riferimento per il particolato PM2.5

La procedura di allineamento delle centraline low-cost è un procedimento iterativo al termine del quale lo strumento low-cost rileva, con un certo grado di approssimazione, gli stessi valori dello strumento di riferimento. Per il progetto “Che Aria Tira?” sono stati considerati accettabili scarti entro max  $\pm 10\%$ .

Per effettuare il procedimento di allineamento (sia per il particolato PM2.5 che per il particolato PM10) è necessario avere a disposizione una serie significativa di valori medi orari in un ampio spettro di valori. Per il progetto “Che Aria Tira?” è stata allestita una stanza apposita dove sono posizionati gli strumenti di riferimento e le centraline low-cost in allineamento. In questa stanza vengono generate concentrazioni di particolato per PM2.5 compresi tra 0 e 300  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e valori di concentrazione per PM10 tra 0 e 500  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  mediante attività di natura fumogena e di dispersione di polvere derivanti da attività umane. Per la procedura di allineamento si prendono in considerazione i valori medi orari osservati in 8-10 gg (180-240 valori medi orari) e si confrontano con i rispettivi valori rilevati dagli strumenti campione, si calcolano i fattori di correzione e si applicano mediante software alle misure dello strumento low-cost in test. Nei successivi 8-10 giorni si confrontano i valori delle serie temporali e se questi non coincidono con l'approssimazione richiesta si applicano nuovi fattori di correzione, tenendo conto delle correzioni precedentemente effettuate e instaurando così un processo iterativo convergente.

Per calcolare i fattori di correzione, le serie di valori della centralina in osservazione e quella assunta come riferimento si dispongono in un grafico di dispersione X-Y (Y valori del misuratore campione e X valori del misuratore da allineare) e si calcola la retta di regressione lineare che meglio approssima la disposizione dei valori sul piano XY, ovvero si calcolano i valori a e b della retta di equazione:

$$Y = aX + b$$

dove “a” rappresenta la pendenza e “b” l'intercetta.

In dettaglio, la procedura concreta è la seguente:

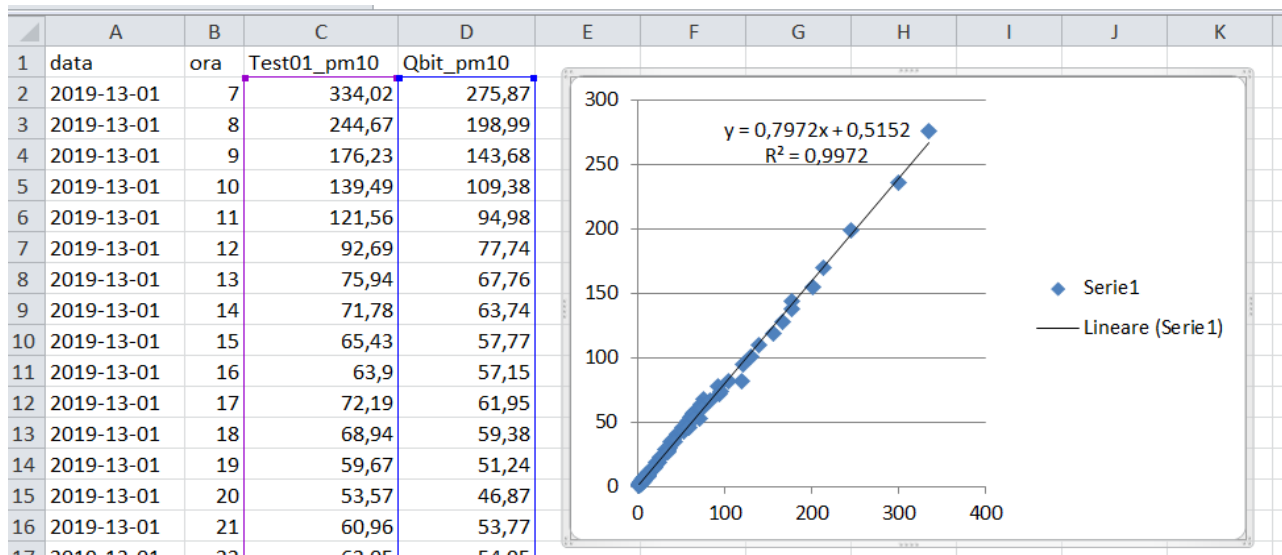
1. Si mettono su un foglio excel le due serie temporali di valori orari simultanei.
2. Si costruisce il grafico a dispersione dove in ascissa (x) ci saranno i dati dello strumento test e in ordinata (y) i dati dello strumento di riferimento.
3. Con le opzioni “linea di tendenza”, “regressione lineare”, “visualizza equazione sul grafico”, “visualizza  $R^2$  sul grafico”, si ottiene l'equazione del tipo  $Y = a * X + b$  e il relativo  $R^2$

dove i coefficienti visualizzati “a” e “b” sono i valori da utilizzare per correggere i dati forniti dallo strumento in osservazione per allinearli con quelli forniti dallo strumento di riferimento. Mentre  $R^2$  (coefficiente di determinazione) è, in pratica, una misura della bontà dell'accordo fra le serie di valori. Per quanto di nostro interesse, si verifica che sia rispettata la seguente condizione:

$$R^2 \geq 0,95$$

Per tali valori di R<sup>2</sup> si può affermare che il modello lineare descrive bene i dati sperimentali. Per quanto verificato, la correlazione lineare delle serie di valori dei misuratori low-cost “Che Aria Tira?” con le serie di valori dei misuratori di riferimento Qbit LCT-14, presenta sempre un coefficiente di determinazione R<sup>2</sup> elevato (prossimo a 1). Di conseguenza, il modello lineare  $Y=aX+b$  è quindi valido (v. fig.1).

Fig. 1: Grafico a dispersione tra le serie di valori delle concentrazioni di particolato PM10 della Qbit e della centralina da allineare Test01 nel periodo 13 gen 2019–20 gen 2019



L’allineamento dei valori medi orari delle low-cost “Che Aria Tira?” con quelli delle Qbit LCT-14 è agevolmente osservabile graficamente sul server db.cheariatira.it, andando a verificare le varie finestre temporali di dati disponibili (v. figg. 2 e 3).

Fig. 2: Visualizzazione grafica su 24 h dei valori medi orari di concentrazione di PM2.5 della centralina di riferimento Qbit PM2.5 e della centralina da allineare Test 311

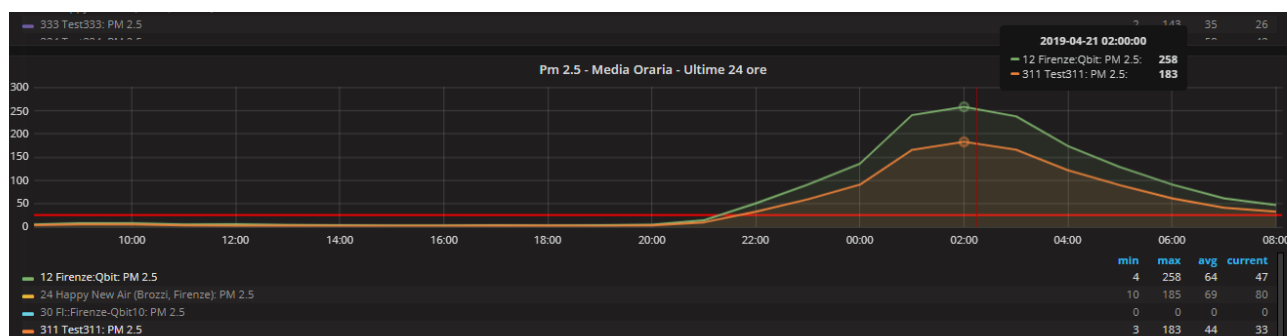
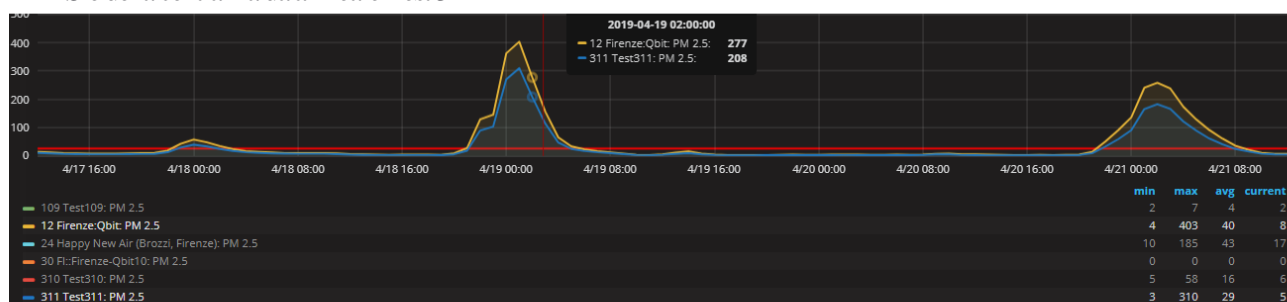


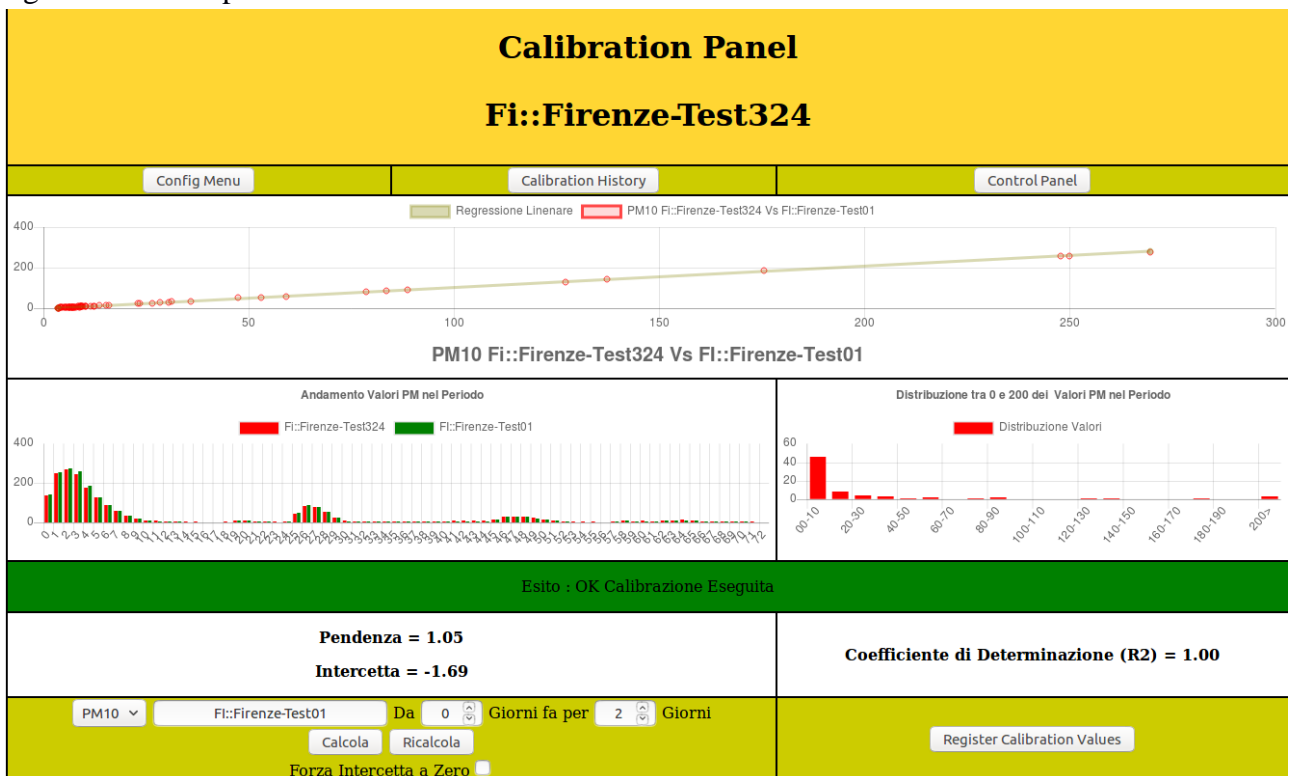
Fig. 3: Visualizzazione grafica su 5gg dei valori medi orari di concentrazione di PM2.5 della centralina di riferimento Qbit PM2.5 e della centralina da allineare Test 311



Al fine di rendere agevole l'allineamento della centralina low-cost e mantenere traccia della correzione avvenuta sui dati grezzi rilevati dal sensore, è stata implementata una procedura software che calcola i fattori di regressione lineare rispetto ad uno strumento campione e che è resa accessibile attraverso una interfaccia grafica visualizzabile con un qualsiasi browser (Mozilla, Chrome etc). Per accedere alla procedura è sufficiente conoscere l'indirizzo IP della centralina in osservazione. Il software, inoltre, consente l'applicazione dei coefficienti di correzione calcolati e ne tiene traccia per una verifica nel tempo. I dati sono contenuti nel supporto di memoria della centralina e quindi sempre accessibili e verificabili; costituiscono una sorta di "certificato di calibrazione/allineamento". Ci preme notare che i valori di correzione sono applicati in origine, prima di essere inviati in rete al DataBase, garantendo così una uniformità ed affidabilità del valore rilevato. Nella memoria della centralina è mantenuto un DataBase dei dati rilevati e questi sono cronologicamente accessibili, in modo riservato, e quindi confrontabili, eventualmente, con quelli registrati sui DataBase remoti ad accesso pubblico.

La pagina principale (Calibration Panel), rappresentata di seguito (fig. 4), consente la selezione del tipo di particolato da analizzare, lo strumento di riferimento e il numero di giorni da considerare.

Fig. 4: screenshot del pannello di calibrazione



L'algoritmo esegue il calcolo dei coefficienti di regressione lineare e i grafici rappresentano:

- la nuvola dei valori X e Y
- La retta di regressione lineare risultante
- la distribuzione nel tempo dei valori medi orari per la centralina in esame (rosso) e lo strumento campione (verde)
- la distribuzione dei valori nel range considerato.

E' possibile escludere eventuali punti non rappresentativi semplicemente interagendo con il mouse, quindi eseguire una operazione di "Ricalcola". Se i risultati ottenuti soddisfano le condizioni imposte di distribuzione dei campioni, di coefficiente di determinazione e di numero di campioni acquisiti è possibile eseguire la registrazione dei coefficienti di correzione che diventano immediatamente attivi. La registrazione dei valori mediante il pulsante "Register Calibration Values", è protetta da

password (nota ai tecnici di CheAriaTira) ; i valori operativi possono essere letti nella pagina di configurazione (fig. 5) ma non possono essere modificati.

Fig. 5: screenshot della pagina di configurazione.

Lo storico delle registrazioni eseguite è visualizzabile nella pagina apposita “Calibration History” (fig. 6):

Fig. 6: screenshot della pagina della storia della configurazione.

Calibration History												
Fi::Firenze-Test324												
Config Menu					Control Panel							
Data	Tipo Misura	Pendenza Calcolata	Intercetta Calcolata	Determinazione	Pendenza	Intercetta	Numero giorni	Numero Campioni	0-50	50-100	100-200	oltre 200
22/02/2019 Fi::Firenze-Qbit10	PM10	1.21	-1.01	1.00	1.21	-1.01	7	769	704	23	12	30
22/02/2019 firenze_qbitpm2.5	PM2.5	1.74	-1.24	1.00	1.74	-1.24	5	913	837	26	16	34
09/03/2019 firenze_qbitpm2.5	PM2.5	1.12	1.39	1.00	1.95	0.00	5	144	142	2	0	0
07/04/2019 Fi::Firenze-Qbit10	PM10	1.19	-0.84	1.00	1.44	-2.04	9	469	401	21	23	24
07/04/2019 firenze_qbitpm2.5	PM2.5	1.17	0	0.98	2.28	0.00	8	1311	1123	61	79	48
20/04/2019 firenze_qbitpm2.5	PM2.5	0.79	-0.22	1.00	1.80	-0.22	10	264	234	14	6	10
20/04/2019 Fi::Firenze-Qbit10	PM10	0.9	0.88	1.00	1.30	-0.96	9	482	434	18	18	12

Nella pagina sono riportati:

- a) La data e lo strumento di riferimento
- b) Il tipo di particolato (PM10/PM2.5)
- c) Il valore di pendenza risultante dal calcolo della retta di regressione
- d) Il valore di intercetta risultante dal calcolo della retta di regressione
- e) Il valore di  $R^2$
- f) Il valore di pendenza realmente applicato in base al processo di iterazione
- g) Il valore di intercetta realmente applicato in base al processo di iterazione
- h) Numero dei giorni considerati
- i) Numero dei campioni considerati (in genere n° giorni \*24)
- j) Distribuzione dei valori tra 0 e 200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a step di 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Il procedimento di calcolo può essere utilizzato anche per verificare il comportamento della centralina rispetto ad altre limitrofe, semplicemente inserendo il nome tecnico della centralina di riferimento (SiglaProvincia, Comune-Zona). Ovviamente i valori risultanti non possono essere utilizzati per eseguire una calibrazione ma solamente per verificare se esiste correlazione o meno, eventualmente spostata nel tempo, con le centraline disposte nel territorio a poca distanza.

## Glossario

### Scattering

Nel linguaggio scientifico, lo sparpagliamento di fasci di radiazioni o di particelle dovuto all'interazione con la materia; diffusione. In fisica delle particelle: processo di scattering, interazione tra due particelle che provoca una deviazione delle loro direzioni di moto.

### PM

Particolato atmosferico ovvero sininimo di polveri sottili di diverso diametro ad esempio PM10 diametro di 10 milionesimi di metro e similmente PM2.5 2,5 milionesimo di metro e PM1 un milionesimo di metro (quelle più fini sono più pericolose in quanto più pervasive per l'organismo umano).

### Controller

Dispositivo per computer dedicato alla gestione di una o più periferiche

### Risoluzione

Accuratezza di una misura.

### Periodo di Campionamento

Lasso di tempo dopo il quale viene effettuata la misura

### Accuratezza

L'accuratezza si riferisce a quanto siamo vicini al valore reale con una data misura.

### Taratura

Confronto di misure con uno strumento di riferimento, definito campione.

### Serie temporali

Lista di date, in cui ogni data è associata a un valore (numero). Le serie temporali sono una rappresentazione strutturata di dati.

### Fattore di correzione

Fattore numerico che si applica ad un risultato di misurazione per compensare un errore sistematico noto.

**Indirizzo IP**

Identificativo di Rete Internet

**Algoritmo**

Schema o procedimento sistematico di calcolo.

**Range**

Sinonimo di gamma (di valori).

**Database**

Un grande insieme strutturato di dati.

**Password**

Parola chiave segreta per accedere ad un sistema informatico