

Stazione meteorologica Open Source

Monitoraggio ambientale decentralizzato e scolastico

Mattia Mascarello¹

Lorenzo Dellapiana²

Luca Savio Biello³

16 gennaio 2022

Liceo Scientifico Statale “Leonardo Cocito”

Sommario

Negli ultimi tempi, l'opinione pubblica è diventata più consapevole delle questioni legate all'ambiente, in particolare il riscaldamento globale causato da CO_2 e altri gas serra emessi nell'atmosfera dall'attività umana e degli altri effetti negativi causati dall'inquinamento che colpiscono la salute umana e gli ecosistemi. Il nostro team ha ideato un progetto che prevede la costruzione di una rete di stazioni meteorologiche costruite con componenti relativamente economici, che può essere svolta come attività extracurriculare o curriculare (cioè attinente al programma di informatica) nelle scuole coinvolte nel progetto. Viene fornito un kit software open source espandibile e adattabile per il completamento dell'attività, ma gli studenti possono fornire le proprie soluzioni a condizione che i risultati prodotti rispettino lo standard per lo scambio di dati. I dati raccolti saranno quindi visualizzabili pubblicamente sul sito web della scuola attraverso una pagina web, pubblicati come repository di dati aperti, pubblicamente accessibili e interrogabili e aggiunti all'elenco delle fonti di dati che il progetto mantiene. La raccolta di dati preziosi (che include ma non si limita a qualità dell'aria, umidità, temperatura e pressione) ha il valore aggiunto di insegnare agli studenti elementi di informatica (in particolare, interfacciamento con hardware, archiviazione dati e comunicazioni di rete), statistica e meteorologia. Le misurazioni raccolte potrebbero essere utilizzate anche per fornire uno strumento decisionale alle autorità locali o per integrare i dati del governo laddove le infrastrutture per la qualità dell'aria siano assenti o scarse. Se l'iniziativa dovesse essere ampiamente adottata, sarebbe possibile creare mappe e modelli su larga scala per previsioni, misurazioni e monitoraggio della qualità dell'aria.

¹Design del software, m2.mascarello@liceococito.it

²Design elettronico, l.dellapiana@liceococito.it

³Analista di progetto, ls.biello@liceococito.it

Indice

1	Preambolo	4
2	Hardware	4
2.1	Controllori principali	4
2.2	Sensori di qualità dell'aria	4
2.3	Specifiche dei sensori	4
2.4	Presentazione dei dati	8
2.4.1	Display	8
2.4.2	Sito web	8
2.4.3	Repository	8
3	Software	10
4	Open data	10
5	Rilevanza delle misurazioni	10
6	Conclusioni	13

Riconoscimenti

Ringraziamo tutti coloro che hanno sostenuto e aiutato questo progetto

Professori

prof. Claudia Abrigo, Scienze
prof. Loredana Ercolini, Scienze
prof. Daniela Genta, Matematica e Fisica
prof. Andrea Piccione, Matematica e Fisica
prof. Cinzia Bori, Inglese

Studenti

Leonardo Agnoletto, 4G
Arsildo Gjoka, 4G
Gaia Gnechi, 5D
Sofia Pressenda, 4G,
Elia Taliano, 4G

Referente

prof. Marina Oraziotti, Scienze

1 Preambolo

Il team si è concentrato sulla costruzione di un prototipo di stazione meteorologica da utilizzare in modo scalabile e gestibile attraverso una potenziale rete di centinaia di nodi. Gli obiettivi di progettazione erano: costi ridotti, facilità di creazione e autonomia di funzionamento dell'apparato.

2 Hardware

La stazione meteorologica è composta da tre parti: un microprocessore ARDUINO MEGA 2560, un computer RASPBERRY 3B+ e due sensori di qualità dell'aria.

2.1 Controllori principali

- *ARDUINO MEGA 2560*: microcontrollore basato sull'architettura ATmega2560 (clock a 16 Mhz), che fornisce 54 pin per I/O digitale e 16 pin per I/O analogico.
- *RASPBERRY PI 3B+*: PC basato su ARM dotato di senseHat (un "cappello" con matrice di led, sensori di umidità, temperatura e pressione), 4 porte usb, funzionalità di rete wireless e cablata.

2.2 Sensori di qualità dell'aria

La scheda *Arduino* invia i dati tramite una connessione USB seriale al Raspberry Pi ed è collegata a due sensori:

FC22 (fig. 1): raccoglie dati su fumo e vapori infiammabili e ne determina la concentrazione nell'aria ($\frac{\mu g}{m^3}$).

SDS011 (fig. 2): determina la concentrazione di particelle sospese nell'aria, ovvero PM10 (con un diametro inferiore a $10\mu m$) e PM2.5 (con un diametro inferiore a $2,5\mu m$).

Il *SenseHat* invece si interfaccia direttamente con il Raspberry Pi, e quindi i dati di temperatura, umidità e pressione sono registrati direttamente con la sua API Python.

La presenza delle due unità ha una utilità didattica rilevante, siccome presuppone l'approcciarsi a due linguaggi di programmazione diversi (C e Python), paradigmi e interfacce hardware diverse, pur conservando allo stesso tempo una utilità materiale (il sensore di qualità dell'aria opera ad una differenza di potenziale incompatibile con il Raspberry).

2.3 Specifiche dei sensori

Tabella 1: Precisione dei dati

Sensore	Intervallo di funzionamento	Precisione
Barometro	$[260, 1260] hPa$	$\pm 0,1 hPa$
Termometro	$[-40, +120] ^\circ C$	$\pm 0,5 ^\circ C$
Igrometro	$[20, 90] \%$	$\pm 4,5 \%$
Rilevatore PM10 e PM2,5 (<i>SDS011</i>)	$[0, 999.9] \frac{\mu g}{m^3}$	$\pm 10 \frac{\mu g}{m^3}$
Rilevatore fumo e vapori infiammabili (<i>FC22</i>)	$[10, 1000] \frac{\mu g}{m^3}$	$\pm 10 \frac{\mu g}{m^3}$



Figura 1: *FC22*



Figura 2: *SDS011*

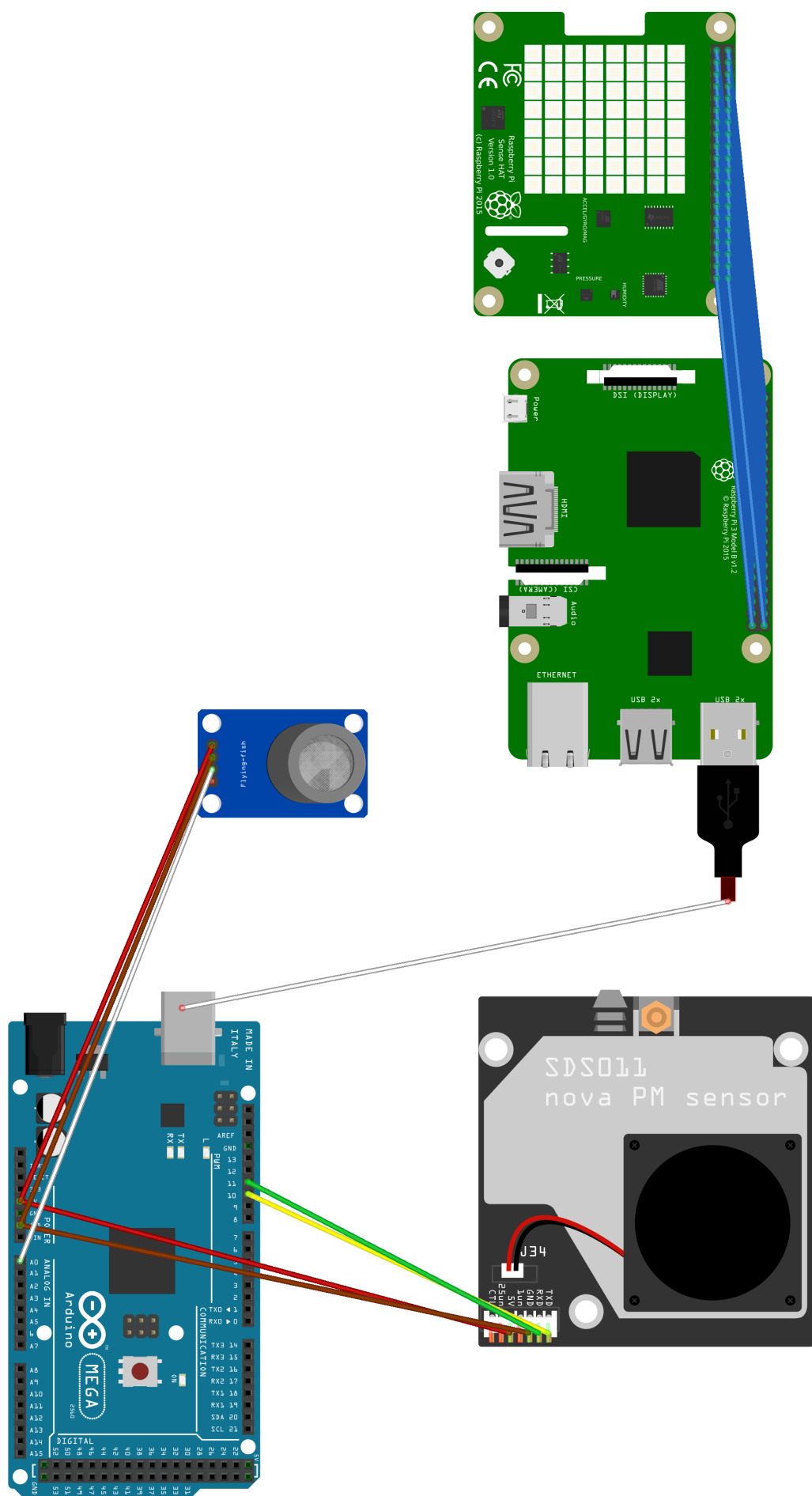


Figura 3: Ricostruzione della disposizione delle componenti

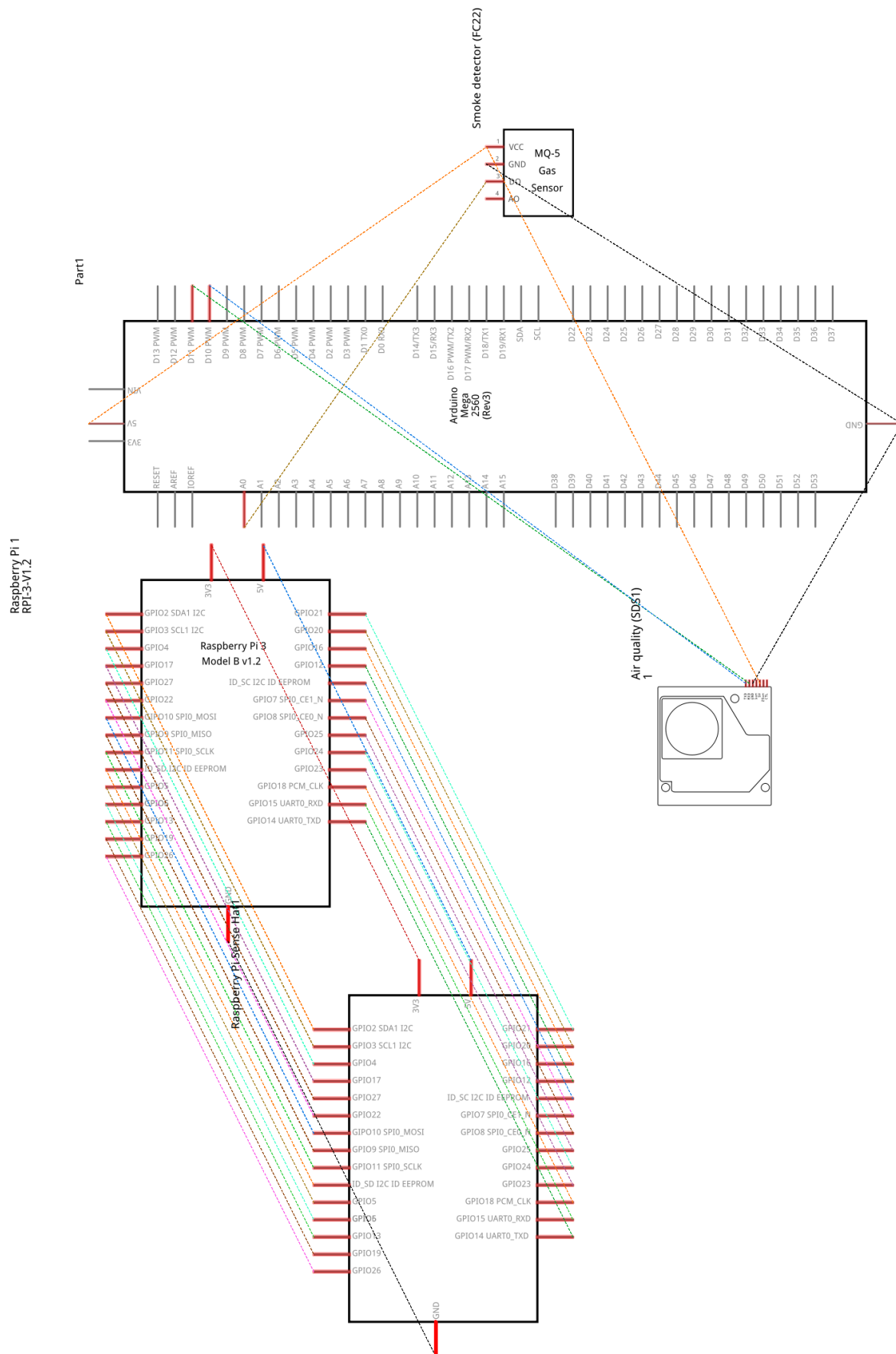


Figura 4: Diagramma delle componenti

2.4 Presentazione dei dati

2.4.1 Display

Un'unità separata, dotata di un display da 7" (controllato da un *Raspberry Pi 3B+*), scarica e mostra i dati recenti e storici ai passanti e può quindi essere posizionata in un luogo dove è più visibile, come un corridoio di una scuola.

Sono disponibili due cruscotti: un display analogico con quadranti e un display digitale minimalista "neon" per una facile lettura.

2.4.2 Sito web

Un server web ottiene i dati dall'archivio *git* e li visualizza in grafici e tabelle relativi a diversi periodi di tempo.

2.4.3 Repository

Una *repository git* contiene le misurazioni che vengono salvate in file in formato *csv*. La struttura del percorso del file è *aaaa/mm/gg/tipo.csv*.

Tabella 2: Formato dati

Tipo di dato	Formato	Unità di misura	Tipo di file	Precisione
Datetime	aaaa-mm-gg hhh:mm:ss Attenzione: L'ora è espressa in "CET" (+1), l'ora locale italiana	-	-	-
Temperature	decimale	°C	temperature.csv	±0,5°C
Umidità	decimale	%	humidity.csv	±4,5%
Pressione	decimale	hPa	pressure.csv	±0,1hPa
Fumo	decimale	$\frac{\mu g}{m^3}$	smoke.csv	±0,3 $\mu\frac{g}{m^3}$
PM10	decimale	$\frac{\mu g}{m^3}$	pm10.csv	±0,3 $\mu\frac{g}{m^3}$
PM2.5	decimale	$\frac{\mu g}{m^3}$	pm25.csv	±1 $\mu\frac{g}{m^3}$

La *repository* contiene anche un report testuale sullo stato di operatività della stazione (*report.txt*), insieme ad un file contenente gli ultimi dati in formato *json* (*latest.json*).

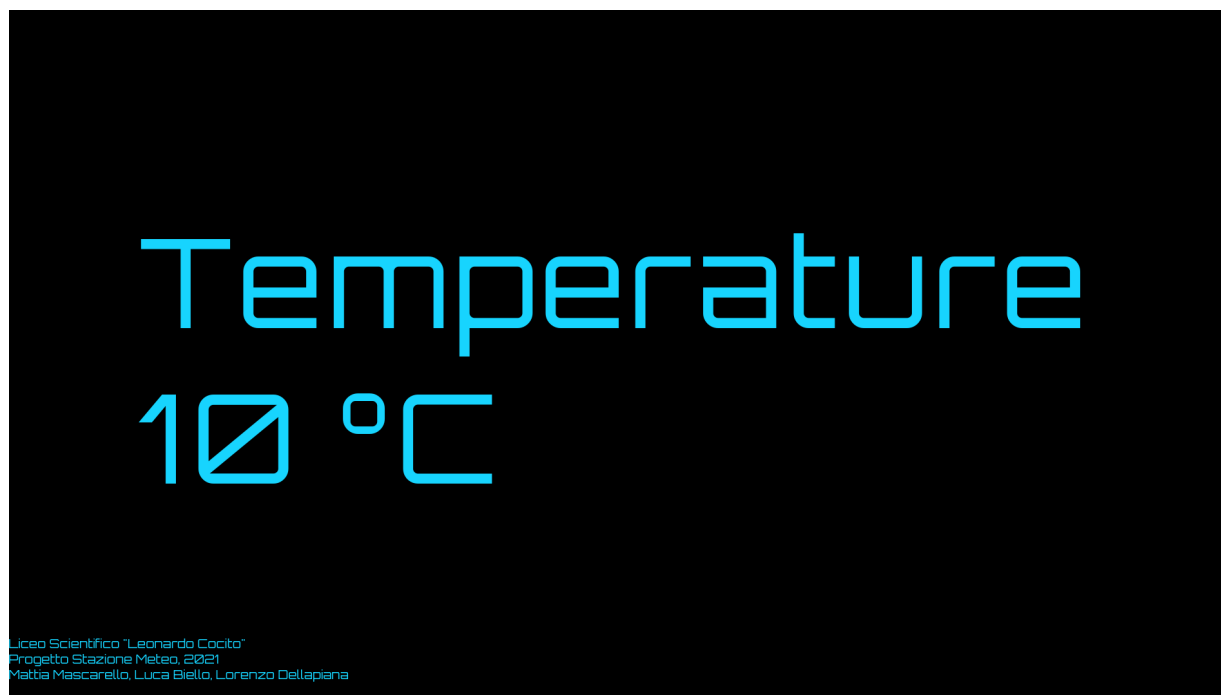


Figura 5: Cruscotto

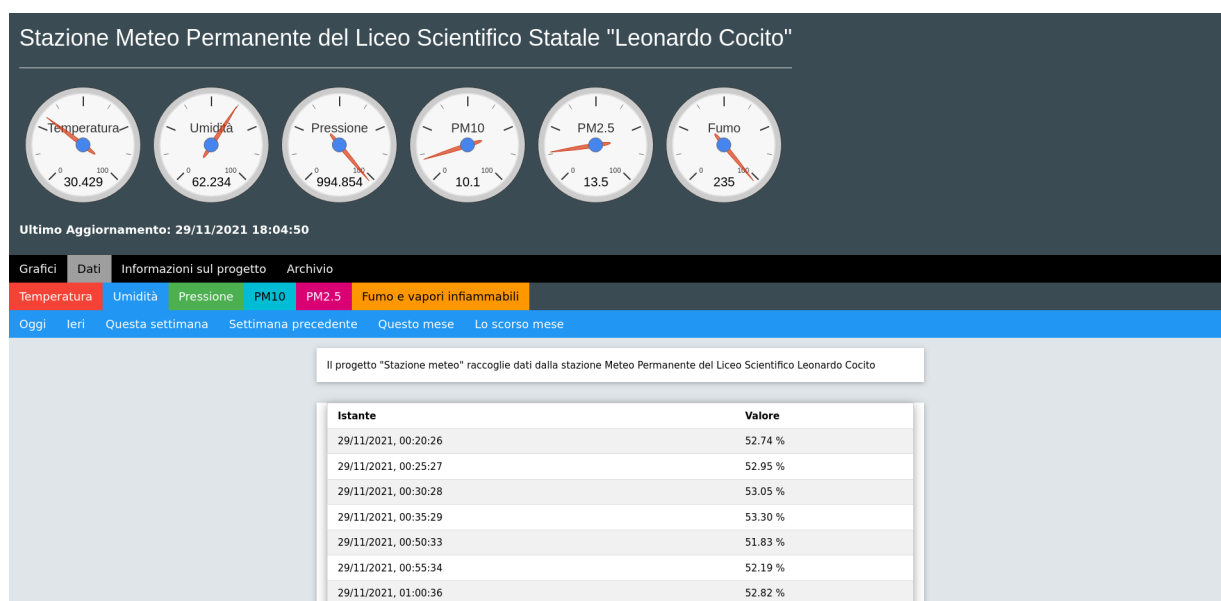


Figura 6: Sito web

3 Software

Il codice sorgente è memorizzato in una repository git all'indirizzo <http://www.github.com/MatMasIt/weatherStation>.

Il kit contiene tutti gli strumenti necessari per l'acquisizione, il trasferimento, l'archiviazione e la pubblicazione dei dati ed è stato sviluppato con l'ausilio di diversi linguaggi di programmazione per ottimizzare ogni attività.

4 Open data

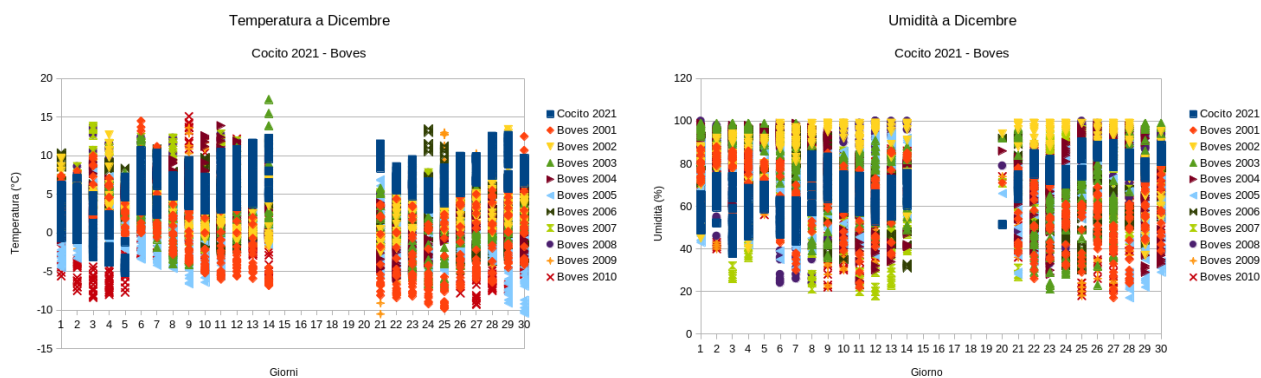
La disponibilità di dati in formato aperto e standard consente di effettuare indagini comparative, rielaborazioni e da nuovo impulso alla realizzazione di stazioni che seguano lo stesso standard e che quindi possono facilmente unirsi alla rete e contribuire con i loro dati per rendere il processo di raccolta ancora più capillare ed efficace.

5 Rilevanza delle misurazioni

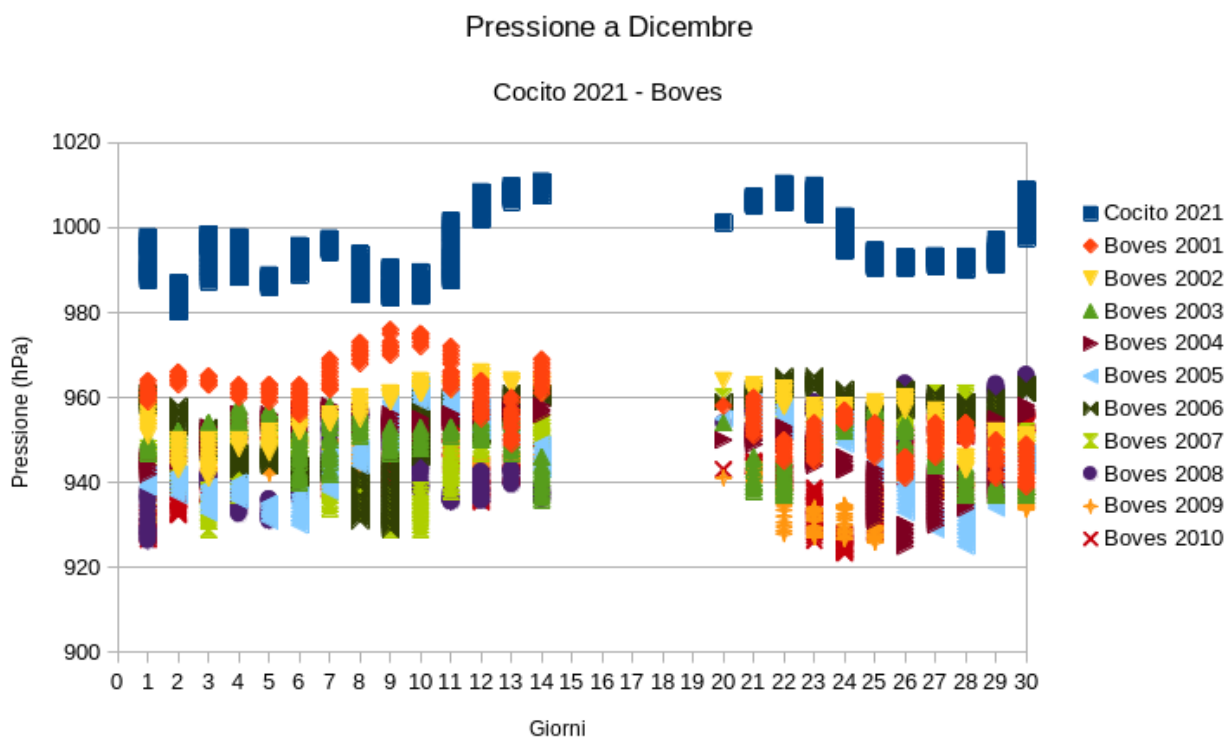
Il PM10 è stato ampiamente associato a problemi di salute [Thurston et al. 1996], aumento del tasso di cancro [Consonni et al. 2018] e, più recentemente, alla diffusione di COVID-19 [Zoran et al. 2020]. Inoltre, una raccolta accurata e geograficamente distribuita di questo tipo di dati deve ancora essere raggiunta, e il progetto che fornirebbe un grande set di dati meteorologici che potrebbe essere utilizzato per migliorare i modelli di previsione meteorologica esistenti e crearne di nuovi, pur essendo sempre didatticamente rilevante.

I dati raccolti nel mese di dicembre sono stati confrontati con lo storico di una vicina stazione meteorologica dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte, e vengono qui mostrati per evidenziarne l'accuratezza e l'utilità.

La stazione Open Source registra con maggiore precisione decimale e frequenza i cambiamenti delle variabili in questione, che ricadono negli intervalli indicativi del mese, tenendo conto della differenza di altitudine delle due stazioni prese in considerazione.



(a)



(b)

Figura 7: Rilevazioni confrontate con i dati storici di una vicina stazione meteorologica dell' Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte

Tabella 3: Dati rilevati a dicembre 2021

Variabile Statistica	Calcolo	Valore	
Dimensione del campione	N	Temperatura	5005
		Umidità	5005
		Pressione	5002
		PM10	4998
		PM2,5	4998
		Fumo e vapori infiammabili	4998
Massimo	max	Temperatura	21,13°C
		Umidità	90,85%
		Pressione	1'011,03hPa
		PM10	143,70 $\frac{\mu g}{m^3}$
		PM2,5	156,10 $\frac{\mu g}{m^3}$
		Fumo e vapori infiammabili	420,00 $\frac{\mu g}{m^3}$
Minimo	min	Temperatura	-7,34°C
		Umidità	34,97%
		Pressione	980,04hPa
		PM10	4 $\frac{\mu g}{m^3}$
		PM2,5	5,40 $\frac{\mu g}{m^3}$
		Fumo e vapori infiammabili	130,00 $\frac{\mu g}{m^3}$
Media aritmetica	$\mu = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$	Temperatura	4,96°C
		Umidità	68,5%
		Pressione	995,3hPa
		PM10	32,99 $\frac{\mu g}{m^3}$
		PM2,5	41,92 $\frac{\mu g}{m^3}$
		Fumo e vapori infiammabili	178,14 $\frac{\mu g}{m^3}$
Deviazione Standard	$\sigma_X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}}$	Temperatura	3,53°C
		Umidità	10,48%
		Pressione	8,25hPa
		PM10	24,59 $\frac{\mu g}{m^3}$
		PM2,5	27,01 $\frac{\mu g}{m^3}$
		Fumo e vapori infiammabili	17,81 $\frac{\mu g}{m^3}$
Coefficiente di variazione	$\sigma^* = \frac{\sigma}{ \mu }$	Temperatura	0,71
		Umidità	0,15
		Pressione	8,28 · 10 ⁻³
		PM10	0,74
		PM2,5	0,64
		Fumo e vapori infiammabili	0,1
Moda (intera)	Mo	Temperatura	6°C
		Umidità	74%
		Pressione	995hPa
		PM10	22 $\frac{\mu g}{m^3}$
		PM2,5	45 $\frac{\mu g}{m^3}$
		Fumo e vapori infiammabili	181 $\frac{\mu g}{m^3}$

6 Conclusioni

In conclusione, il team ha posto le basi e le istruzioni per la facile costruzione di stazioni di monitoraggio del meteo e della qualità dell'aria, in un modo didatticamente integrato che potrebbe essere perseguito da molte scuole e produrre un grande valore sia in termini didattici che di risultato, date le molteplici applicazioni che queste stazioni possono avere.

Riferimenti bibliografici

- [Consonni et al. 2018] D. Consonni et al. "Outdoor particulate matter (PM10) exposure and lung cancer risk in the EAGLE study". In: *PLoS One* 13.9 (2018), e0203539. DOI: 10.1371/journal.pone.0203539. URL: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0203539>.
- [Thurston et al. 1996] G. D. Thurston. "A critical review of PM10-mortality time-series studies". In: *J Expo Anal Environ Epidemiol* 6.1 (1996), pp. 3–21.
- [Zoran et al. 2020] M. A. Zoran et al. "Assessing the relationship between surface levels of PM2.5 and PM10 particulate matter impact on COVID-19 in Milan, Italy". In: *Sci Total Environ* 738 (ott. 2020), p. 139825. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.139825. URL: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139825>.