

TITOLO: L'atmosfera nell'era tecnologica

## INTRODUZIONE

Il progetto nasce dall'idea di realizzare un pallone sonda e di lanciarlo per effettuare misure di parametri atmosferici, per poi recuperare gli strumenti e i dati raccolti, una volta ricaduto a terra. Avevamo anche pensato di inserire un GPS insieme ai sensori in modo tale da poterli ritrovare e recuperare in un secondo momento.

Questa prima ipotesi di esperimento è stata abbandonata dopo l'incontro con il prof. Piero Di Carlo, docente di Fisica dell'atmosfera all'Università di Chieti. Il dialogo con lui ci ha convinto a modificare l'ipotesi iniziale e a decidere di ancorare il pallone a terra tramite un cavo riavvolgibile grazie ad un argano, in modo da controllare l'altezza alla quale elevarlo e per poter recuperare lo strumento per ulteriori misurazioni.

I principali aspetti sui quali vogliamo indagare sono:

- la relazione fra l'altitudine e i parametri temperatura, pressione, concentrazione di CO<sub>2</sub>;
- la relazione fra concentrazione di CO<sub>2</sub> e la presenza di attività antropiche;

Il risultato che ci aspettiamo è che la temperatura, la pressione e la CO<sub>2</sub> si abbassino all'aumentare dell'altitudine, in particolare, in condizioni di stabilità (atmosfera standard), la temperatura diminuisce di 0,6°C ogni 100 m.

Inoltre vogliamo effettuare un paragone fra i nostri risultati, prelevati al suolo fino a quote di circa 100 m e i risultati delle centraline dell'ARTA (Agenzia Regionale Territorio e Ambiente).

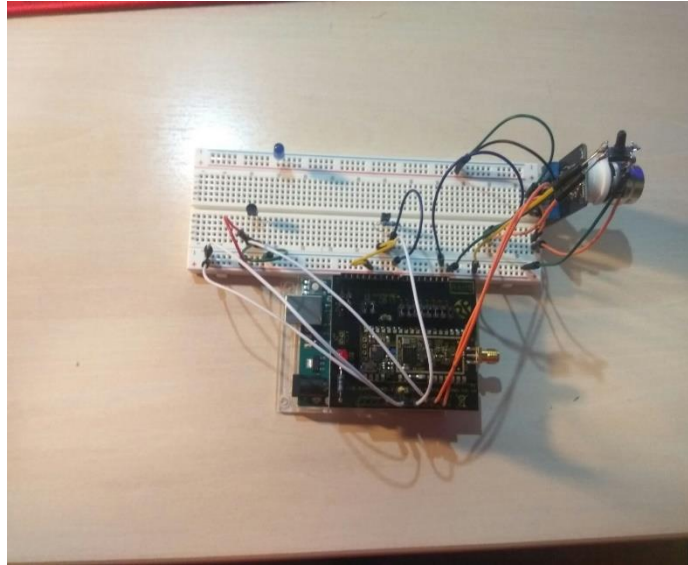
## ASSEMBLAGGIO DELLO STRUMENTO

Sono state utilizzate:

- 3 schede programmabili Arduino;
- 4 sensori principali: Temperatura, Pressione, Umidità e CO<sub>2</sub>;
- cavo rivestito in acciaio zincato;
- cordino paracord;
- un pallone in lattice (Hwoyee 600);
- elio compresso per gonfiare il pallone;
- un paracadute di sicurezza per evitare possibili incidenti;
- una scatola in cartone per proteggere tutti i sensori;
- un argano per il sollevamento di carichi pesanti;

L'assemblaggio dell'Arduino è stato realizzato utilizzando i "data sheet", cioè pagine di riferimento dove sono scritte tutte le specifiche degli hardware e dei sensori utilizzati (riportate in sitografia) e le indicazioni per i collegamenti elettrici tra i sensori e l'Arduino. Tali collegamenti sono stati realizzati mediante una bread board e cavi di rame isolato.

Una volta terminato questo procedimento, abbiamo programmato le schede Arduino mediante il PC in modo che funzionassero correttamente. In generale i sensori forniscono in uscita un valore di differenza di potenziale proporzionale alla grandezza che misurano. Dopo aver costruito tutto questo abbiamo effettuato i primi test all'esterno e all'interno per verificare che le misurazioni fossero affidabili, ottenendo i risultati riportati nelle tabelle. Di seguito la foto dell'Arduino assemblato:



Una volta terminato l'assemblaggio, abbiamo programmato le schede Arduino mediante il PC. In generale i sensori forniscono in uscita un valore di differenza di potenziale (d.d.p.) proporzionale alla grandezza che misurano.

**Dopo aver costruito tutto questo, abbiamo effettuato i primi test all'esterno e all'interno per verificare che le misurazioni fossero affidabili, ottenendo i risultati riportati nelle tabelle.**

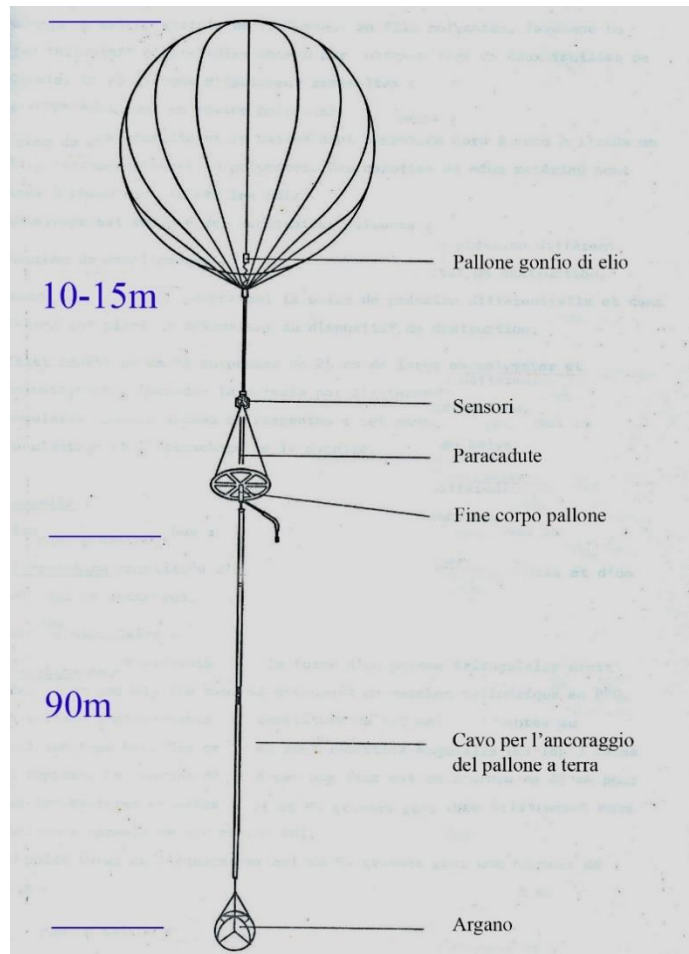
Per la calibrazione dei sensori sono state utilizzate le seguenti procedure:.

Per calibrare il sensore di CO<sub>2</sub> abbiamo dovuto considerare una concentrazione di 400 ppm (parti per milione) in una stanza con l'aria appena cambiata e considerare il valore in mV trovato dal sensore, corrispondente a quella concentrazione; seguendo quanto descritto dalla casa produttrice nel DataSheet la concentrazione di CO<sub>2</sub> è inversamente proporzionale al voltaggio, quindi ci è bastato trovare la costante di proporzionalità.

Per tutte le altre misure i sensori erano preimpostati con una proporzionalità diretta tra grandezza e differenza di potenziale, in particolare 0 mV, corrisponde a valori minimi (per la temperatura -40°C, per l'umidità 0%, per la pressione 0 mBar), mentre 5 mV corrisponde ai valori massimi, quindi bastava trovare la costante di proporzionalità anche in questo caso.

## ASSEMBLAGGIO DEL PALLONE SONDA

Il progetto iniziale del pallone era basato sull'utilizzo di un cavo molto leggero che avrebbe collegato fra loro pallone, strumentazione e paracadute, ma che si sarebbe potuto rompere facilmente. Dopo alcune revisioni del progetto abbiamo deciso di optare per cavo di acciaio: più pesante, ma più resistente e flessibile. Ecco la foto del progetto. L'idea di questo progetto è stata migliorata dopo la visita di alcuni siti web che descrivevano esperimenti simili già effettuati. (presenti in sitografia: n. 12)



Reperito tutto il materiale necessario abbiamo proceduto all'assemblaggio: come prima cosa abbiamo costruito lo "scheletro del pallone"; per collegare i sensori, il paracadute e il pallone sono stati utilizzati 10,5m di cordino paracord, facile da annodare e anch'esso molto resistente.



Al di sotto dei sensori era collegato il cavo in acciaio di 75m arrotolato attorno all'argano, che ci avrebbe permesso di far tornare il pallone a terra una volta terminato l'esperimento.



Immagine dell'argano collegato tramite il cavo di acciaio al box con i sensori

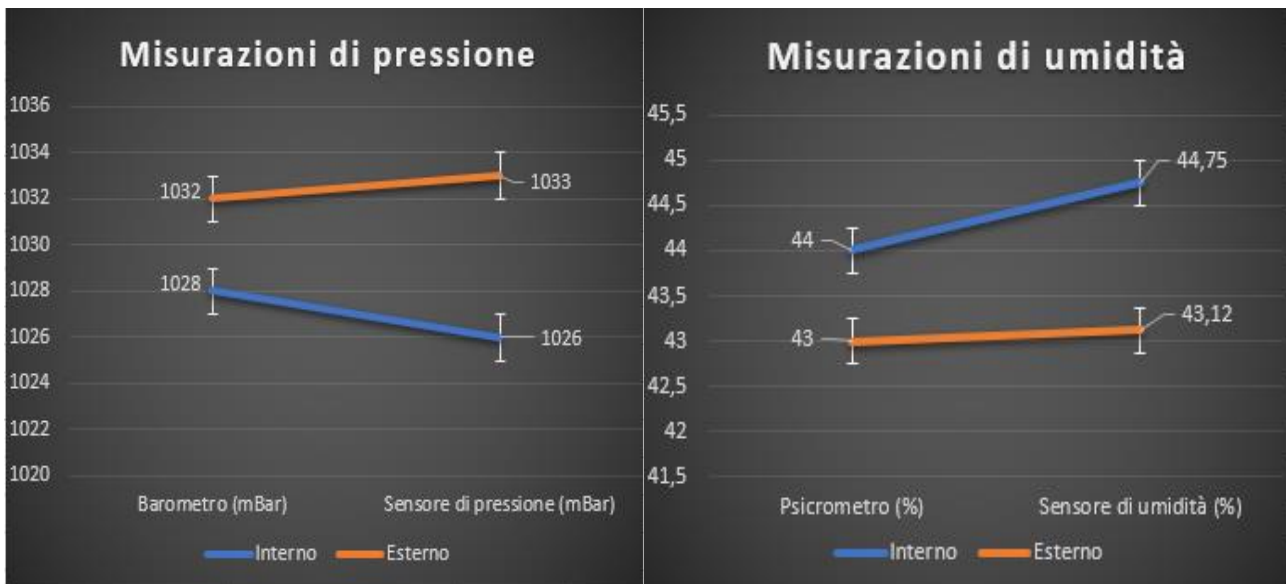
## Descrizione e rielaborazione delle misure

I primi test sono stati effettuati al suolo in località alle altitudini di 0 m, 80 m e 135 m sul livello del mare. Per verificare l'affidabilità dei sensori abbiamo confrontato le misurazioni con strumenti del laboratorio scolastico, come il barometro aneroide e lo psicrometro.

Il primo misura la pressione atmosferica grazie un cilindro all'interno del quale viene praticato il vuoto. Una delle due basi del cilindro è costituito da un materiale deformabile. Le variazioni di pressione modificano la forma della base facendo muovere l'ago del barometro su una scala graduata. Lo psicrometro misura l'umidità relativa confrontando le temperature di due termometri, il bulbo del primo è a contatto con l'aria (bulbo secco) mentre quello del secondo è inserito in una corda che pesca in una ampolla di acqua in modo da mantenerlo sempre umido (bulbo bagnato). Il termometro con il bulbo bagnato segna sempre una temperatura più bassa dell'altro a causa dell'evaporazione: tanto più l'aria è umida, tanto più le misure saranno vicine, tanto più l'aria è secca tanto più saranno lontane. Utilizzando i due dati di temperatura e la tabella dello strumento si ricava l'umidità relativa.



Le seguenti tabelle mostrano la variazione di pressione, temperatura e umidità all'interno e all'esterno del laboratorio scolastico, misurate con il barometro, lo psicrometro e i rispettivi sensori, gli intervalli di incertezza dei vari strumenti di misurazione sono compatibili in tutti i casi.





Finiti tutti i preparativi, ci siamo recati in uno spazio molto ampio e abbiamo iniziato a gonfiare il pallone tramite una bombola di elio e un riduttore di pressione; finito il gonfiaggio abbiamo legato il pallone al cordino e lo abbiamo lasciato salire in aria. Questo procedimento è stato effettuato più volte, poiché se non si era abbastanza soddisfatti della quantità di elio all'interno del pallone, lo facevamo atterrare e lo continuavamo a gonfiare.

Quando finalmente siamo stati soddisfatti della quantità di elio, lo abbiamo lasciato andare nel cielo, e, pian piano, con l'argano aumentavamo l'altezza del pallone dal terreno. Tutti i dati registrati dall'Arduino durante il volo venivano inviati in tempo reale ad un altro Arduino a terra collegato ad un computer portatile sul quale erano visualizzabili tutti i dati. Abbiamo ripetuto l'esperimento in due diverse situazioni: la prima con il paracadute, la seconda senza; rimuovendolo, siamo riusciti a ridurre la forza applicata dal vento laterale che spingeva il pallone verso il basso.

Le immagini seguenti mostrano le due configurazioni appena descritte: nella prima (a sinistra) il pallone ha il paracadute, nella seconda (a destra) il pallone è senza paracadute.



Per confrontare i dati raccolti con altri dati pubblicati ci siamo recati nelle immediate vicinanze di una stazione urbana per il rilevamento dei valori medi di inquinamento. La tabella riporta tutti i valori trovati da noi e da una stazione dell'ARTA. Considerando che i valori della stazione sono medie giornaliere, i nostri dati sono in linea con i valori della stazione. Le misurazioni in questione sono state effettuate nel pomeriggio intorno alle ore 16:00, per poi terminare la raccolta dei dati alle ore 16:15 circa.

	Umidità (%)	Temperatura (°C)	Pressione (mBar)
Sensori Arduino	83,43	8,4	1018
Stazione ARTA (medie giornaliere)	86,8	7,8	1018

Nella tabella seguente sono esposti tutti i dati presi ad altitudini differenti

	Umidità (%)	Temperatura (°C)	Pressione (mBar)	CO2 (ppm)
0m	81,68	9,2	1029	360
80m	78,21	8,4	1017	310
135m	73,33	8	1003	330

Oltre alle altitudini si deve considerare anche il tipo di luogo esaminato, infatti le 3 misurazioni sono state effettuate in luoghi con diverse densità di traffico più o meno nello stesso orario. La misurazione effettuata a 0 m sul livello del mare era in una zona abbastanza trafficata, la misura a 80 m in una zona priva di traffico ed infine la misura a 135 m in una zona scarsamente trafficata. La prima ipotesi che abbiamo realizzato è che la quantità di CO<sub>2</sub> sia strettamente legata all'ambiente urbano e non dipenda dall'aumentare dell'altitudine, come per gli altri valori; nonostante ciò anche se la misurazione a 80m è stata effettuata in un luogo privo di traffico, la concentrazione di CO<sub>2</sub> è comunque elevata. Questa è un'evidente prova che l'inquinamento causato dall'uomo raggiunge anche zone dove le attività antropiche sono ridotte.

Di seguito tutti i dati misurati con il pallone sonda a 135m,175m e 215m di altitudine:

	Umidità (%)	Temperatura (°C)	Pressione (mBar)	CO2 (ppm)
135m	41,38	7	1008	330
175m	37,42	6,2	992	290
215m	33,21	5,6	979	270

Ragionando sui dati raccolti abbiamo riscontrato che in questo caso i livelli di CO<sub>2</sub> sono sì correlati all'attività umana, ma molto di più all'altitudine; andando così a smentire la nostra prima ipotesi. Questa caratteristica secondo noi è strettamente legata alle proprietà fisiche della CO<sub>2</sub>, infatti quest'ultima ha un peso specifico (1,98 ) maggiore di quello dell'aria (1,29 ) e quindi ci sarà una concentrazione molto più alta di CO<sub>2</sub> nelle immediate vicinanze del suolo.

L'altra ipotesi elaborata all'inizio del progetto era quella che la temperatura diminuisse di 0,6°C ogni 100 m di altezza, in condizioni di stabilità. Questa ipotesi è stata smentita dai dati trovati e dal fatto che non si può essere certi che la temperatura diminuisca poiché negli strati bassi dell'atmosfera le correnti e la morfologia del territorio influiscono in maniera importante sui risultati finali. Un'ultima ipotesi è stata quella secondo la quale la pressione diminuisca con l'aumentare dell'altitudine, questa ipotesi è completamente confermata dai dati trovati.

## Conclusione

Al termine degli esperimenti e della rielaborazione questi sono stati i risultati ottenuti:

- La concentrazione di CO<sub>2</sub> raggiunge facilmente anche zone isolate dall'attività umana, di conseguenza la presenza di CO<sub>2</sub> non è strettamente legata ai luoghi dove l'uomo agisce, bensì è ampiamente diffuso anche dove non c'è un'azione diretta dell'uomo;
- La concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'aria è strettamente legata all'altitudine per via delle sue proprietà fisiche: essendo più pesante dell'aria si troverà in maggiore concentrazione vicino al terreno;
- La temperatura diminuisce con l'aumentare dell'altitudine;

- La pressione diminuisce all'aumentare dell'altitudine, poiché la colonna d'aria al di sopra del sensore sarà minore e quindi determinerà una pressione minore.

Gli usi e le applicazioni di questo esperimento, fanno principalmente riferimento al monitoraggio dell'inquinamento ambientale. Questo è fondamentale per mantenere nella norma i giusti parametri che consentono di vivere al meglio nella nostra città...

## Ultima Pagina:

Su questi siti abbiamo reperito tutte le informazioni necessarie per programmare ed assemblare il radiofrequenzimetro GAMMA-ARD:

1. <https://www.rfsolutions.co.uk/radio-modules-c10/name-c49/gamma-c79/gamma-shield-for-arduino-uno-p457>
2. <https://www.rfsolutions.co.uk/downloads/1459759684DS-GAMMA-ARD.pdf>
3. <http://www.components-center.com/datasheets/94/GAMMA-868R-SO.pdf>

Qui sono state trovate tutte le informazioni necessarie alla programmazione e al montaggio del sensore di pressione:

4. [http://omronfs.omron.com/en\\_US/ecb/products/pdf/en-2smpp-02.pdf](http://omronfs.omron.com/en_US/ecb/products/pdf/en-2smpp-02.pdf)

Questi due siti ci hanno permesso di capire il funzionamento del sensore per la misura del biossido di carbonio e di capire come poterlo assemblare:

5. <https://sandboxelectronics.com/?p=147>
5. <https://github.com/solvek/CO2Sensor>

Analogamente abbiamo consultato questo sito per programmare e collegare in modo corretto il sensore per l'umidità

7. <http://www.instructables.com/id/HH4000-Humidity-Hygrometer-Sensor-Tutorial/>

Questo sito è il sito ufficiale della scheda programmabile Arduino dove abbiamo studiato il suo funzionamento e il suo linguaggio di programmazione:

8. [www.arduino.cc/en/Guide/HomePage](http://www.arduino.cc/en/Guide/HomePage)
8. <https://forum.arduino.cc/index.php>

Questo sito è stato utilizzato per collegare e far funzionare il sensore per la misurazione della temperatura:

10. <http://www.instructables.com/id/ARDUINO-TEMPERATURE-SENSOR-LM35/>

Questo sito è il sito ufficiale dell'ARTA grazie al quale abbiamo potuto verificare la affidabilità dei dati trovati:

11. [http://www.artaabruzzo.it/aria\\_emissioni.php?id\\_page=2](http://www.artaabruzzo.it/aria_emissioni.php?id_page=2)

Infine il sito grazie al quale siamo riusciti a migliorare l'idea per il progetto del pallone:

12. <https://prezi.com/fs4ixsnfk2su/progetto-pallone-sonda-iot/>