

Il contesto

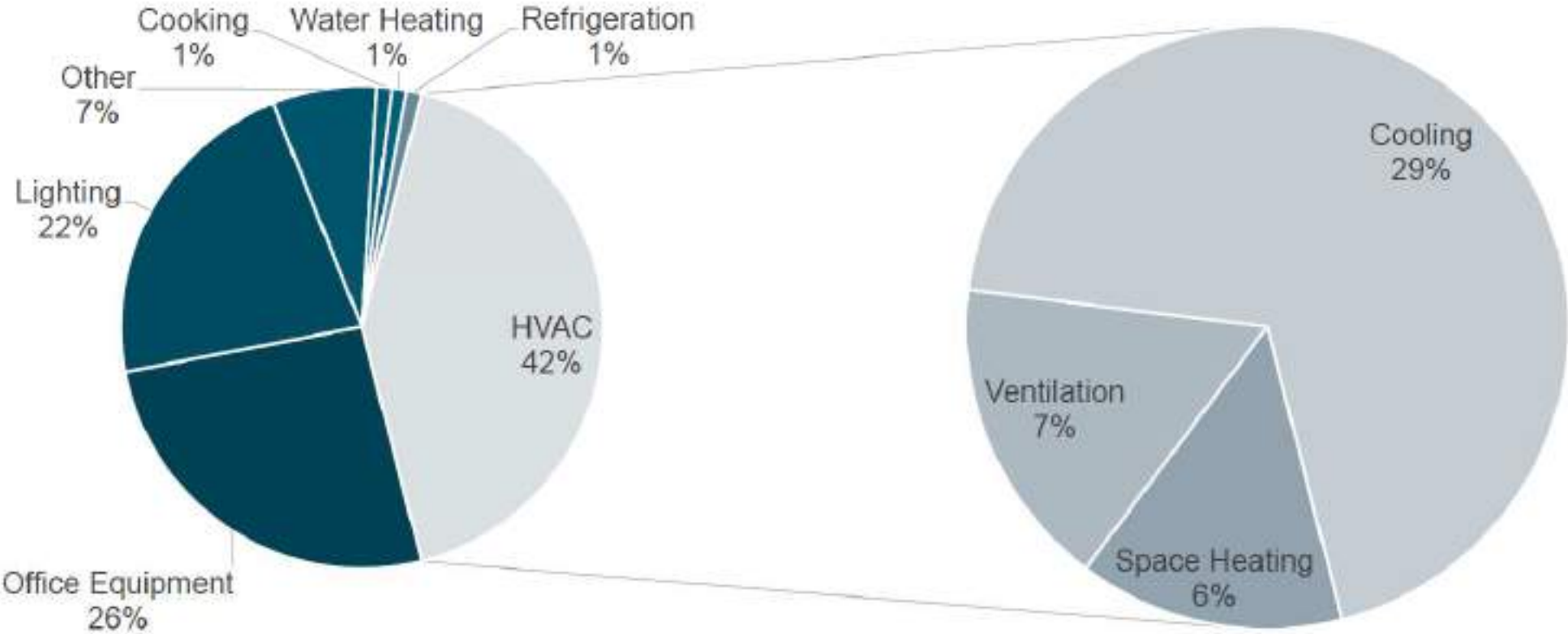
Gli impianti HVAC (Heating, Ventilating, Air Conditioning) per grandi strutture commerciali ed abitative sono sistemi complessi, che consumano grandi quantità di energia.

❑ **Nel 2020 previsione di 33,2 miliardi di dollari in tutte le sue componenti (fonte: Navigant Research)**

2 linee di sviluppo:

- ❖ **Efficienza energetica degli impianti e dei sottosistemi**
- ❖ **Controllo dei parametri ambientali**

Typical Office Energy Costs



Source: EPA Energy Star Building Manual

Impact of Demand-Controlled Ventilation

- Airflow rate matched with actual demand as indicated by CO₂ measurements:
 - Decreased average airflow rates
 - Less energy for fan operation
 - Less energy for heating / cooling of supply air
 - No over-ventilation / under-ventilation
 - Thermal comfort also to be noted (usually T; sometimes T+RH/H)
- Significant impact in indoor conditions and energy savings
- Up to 40% savings in energy





New challenges of demand controlled ventilation

- Increasing complexity of control strategies
- How to keep impurities within acceptable limits, while thermal comfort and energy savings also remain a priority?
 - Impurities kept within appropriate limits depending on actual situation? Optimal levels of ventilation in different situations?
 - Ventilation rate as per outdoor air quality?
 - Ventilation rate as per primary energy requirement for heating/cooling the incoming air?
 - Ventilation rate during peak loads of heating/cooling?
 - Ventilation rate when outdoor temperature goes below indoor temperature in hot season, for example?



Indoor Air Quality in focus

**CO₂ level indicates
the overall pollution load
of indoor air**

**Indoor Air Quality has an immense
impact on health, productivity
and human well-being**



VAISALA

Future requirements for Demand Controlled Ventilation

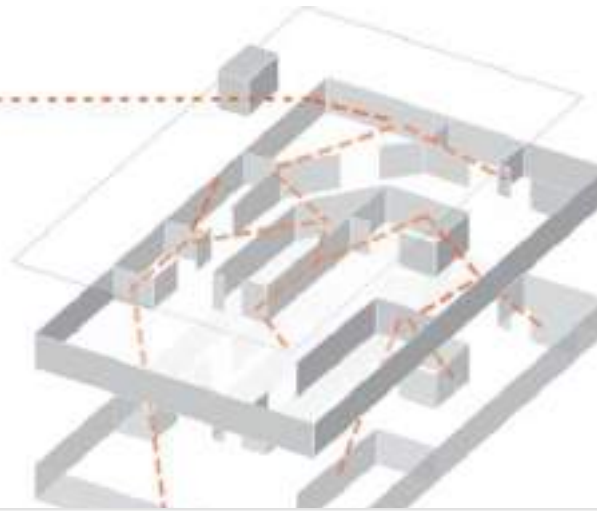
Better Indoor Air Quality - Savings in Energy
Contributing to Healthier and Greener Buildings

Le soluzioni attuali

PELICAN IS WIRELESS MESH NETWORK

Pelican developed a scalable and secure wireless technology that allows you to easily establish control over all your building thermostats. There is no expensive infrastructure or WiFi connection required. We call this "Self-healing Mesh Network." The beauty is that each Pelican thermostat automatically connects between each other to reach a single Pelican gateway. Every thermostat is a stand-alone repeater and router. One Pelican gateway can connect up to 2000 thermostats to the Internet.

No complex setup. No WiFi. No Interference. Just simple plug and play technology.



- Wired sensors
- Wired nodes located in each room

- **Wireless sensors battery based: limited operative life, disposal problem**

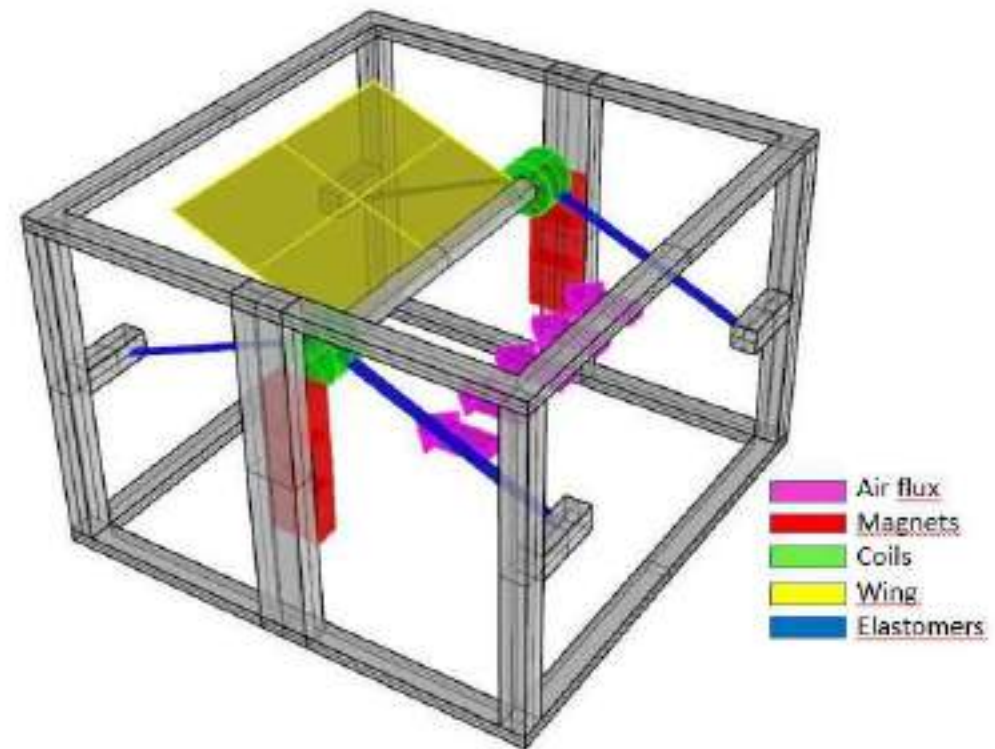


HVAC Control

Sensor input is vital for proper control and operation of HVAC systems. Wireless technology greatly reduces the installation cost for sensors, enables rapid deployment, and overcomes construction obstacles that can make wiring impossible. IDEAL wireless sensors can be configured off-site and deployed in minutes at the project site, resulting in reduced installation costs and minimal occupant disruption. Specific transmitter types for HVAC systems include wall-mount temperature, temperature with external probes, humidity, CO2, open-close, and pressure.

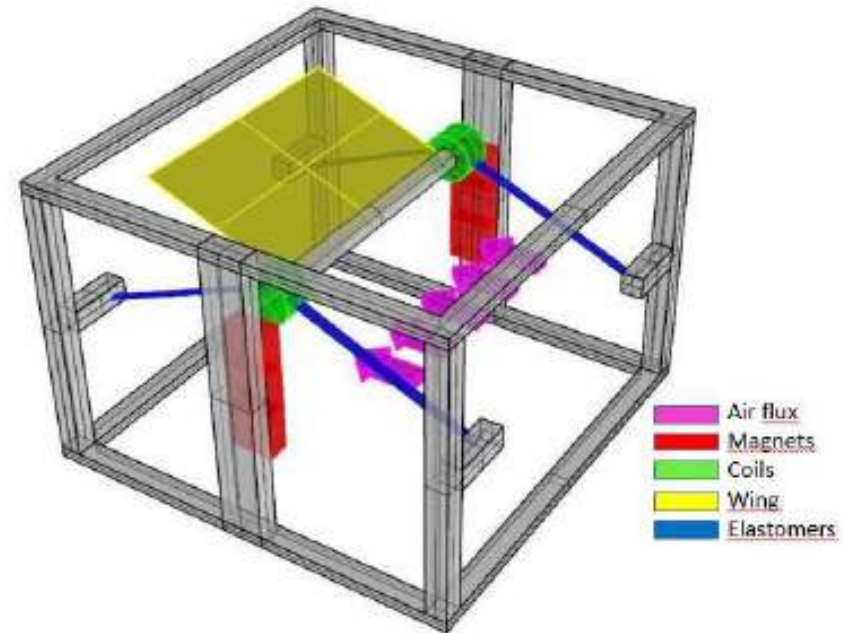
La nostra proposta

Sviluppare un Wireless Sensor Network WSN energeticamente autonomo basato sul dispositivo FLEHAP (Fluttering Energy Harvester for Autonomous Powering)



FLEHAP : FLuttering Energy Harvester for Autonomous Powering

Dispositivo aeroelastico che trasforma l'energia cinetica di un fluido in moto in energia elettrica sfruttando un accoppiamento elettromagnetico (effetto Faraday)



- **Robusto**
- **Customizzabile in forma e dimensioni**
- **Economico**
- **Accoppiabile**

Possibili applicazioni di FLEHAP

- ***Smart building***
- ***Monitoring of bridges, plants***
- ***Monitoring of the environment***
- ***Smart agriculture***
- ***Monitoring of HVAC systems***
- ***Tracking of moving objects***
- ***Water pipeline***

Awards

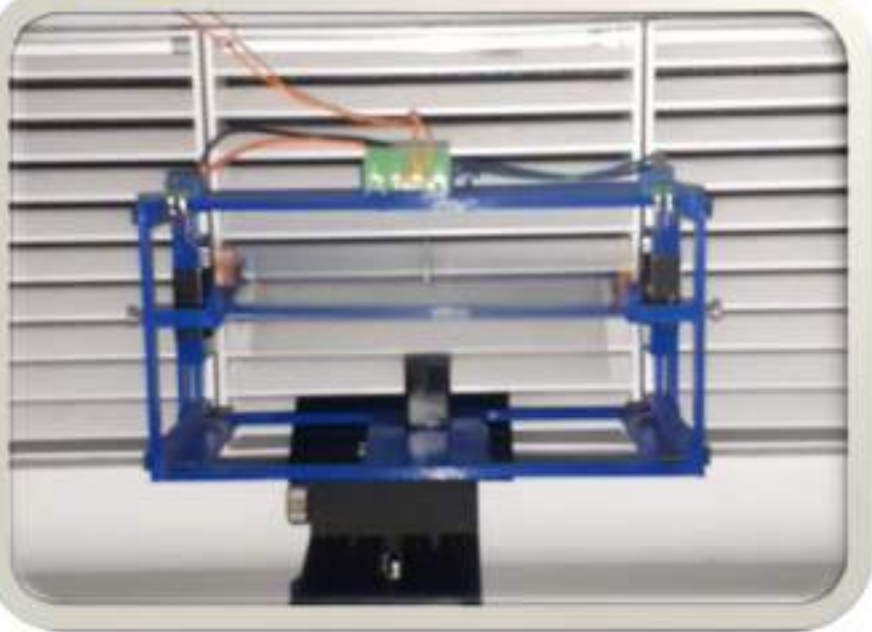
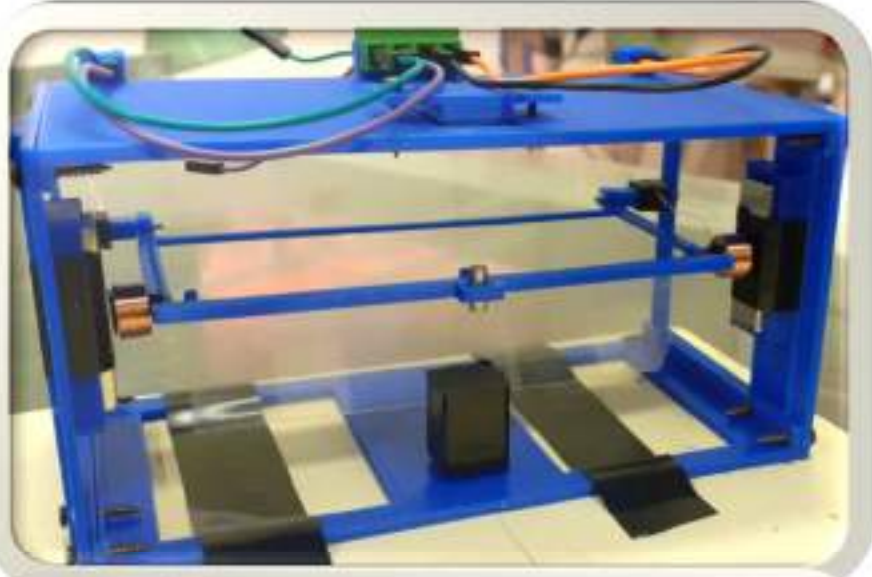
- ✓ ***3° prize at the contest «Technology for Human beings», funded by Prysmian Italy and Human Foundation, Milano (Italy) 2014***
- ✓ ***1° prize at the contest «Smart Cup – Liguria» in the category «AgriFood and Clean tech», Genova (Italy) 2015***
- ✓ ***1° prize at the contest «Startup 2015», funded by the University of Genova, Genova (Italy) 2015***
- ✓ ***Finalist at the contest «PNI2015», Rende (Italy) 2015***
- ✓ ***Finalist at the contest «Scintille 2015», Venezia (Italy) 2015***

FLEHAP in impianti HVAC

L'idea è di inserire FLEHAP nella parte aeraulica dell'impianto HVAC e/o in prossimità delle bocchette di uscita.

Caratteristiche richieste:

- Velocità di innesco 3-5 m/s
- Robustezza
- Basso costo
- Versatilità in forma e dimensioni
- Facile accoppiamento con sensori e radio



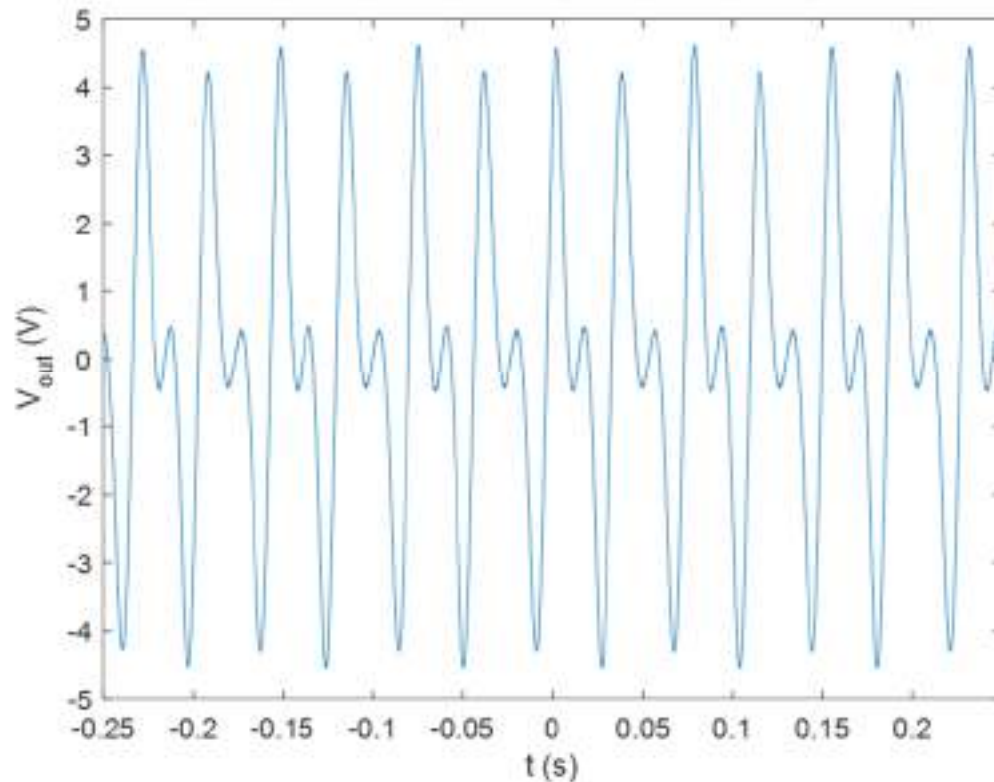
Dispositivo sviluppato per applicazione HVAC:

- Il ritorno elastico è garantito da un accoppiamento magnetico (no elastomeri)
- Stampato 3D
- Dimensioni $\approx 10 \times 10 \times 7 \text{ cm}^3$

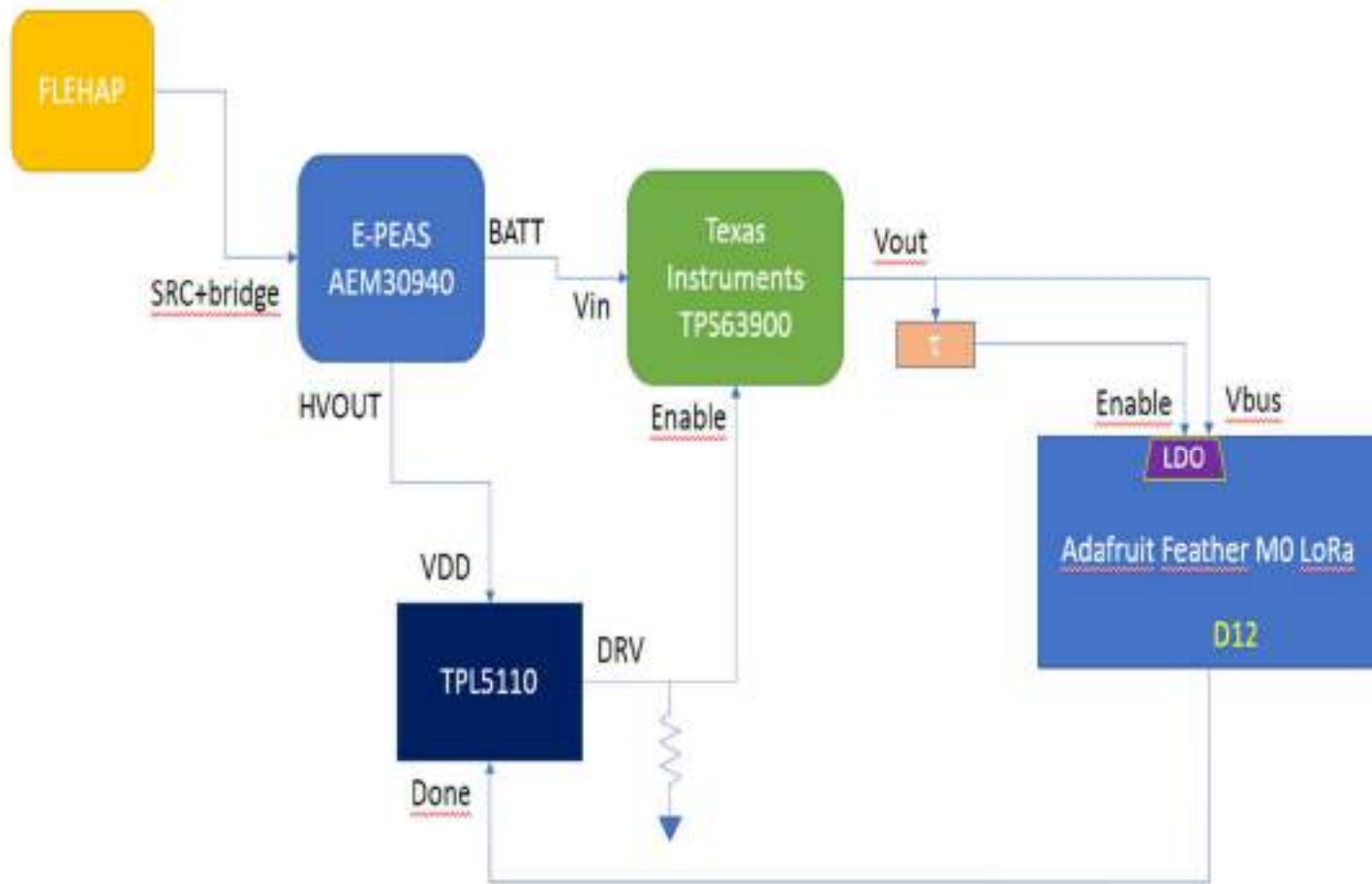
In un flusso di aria di 3 m/s il dispositivo produce $\approx 3 \text{ mW}$ di potenza

Elettronica

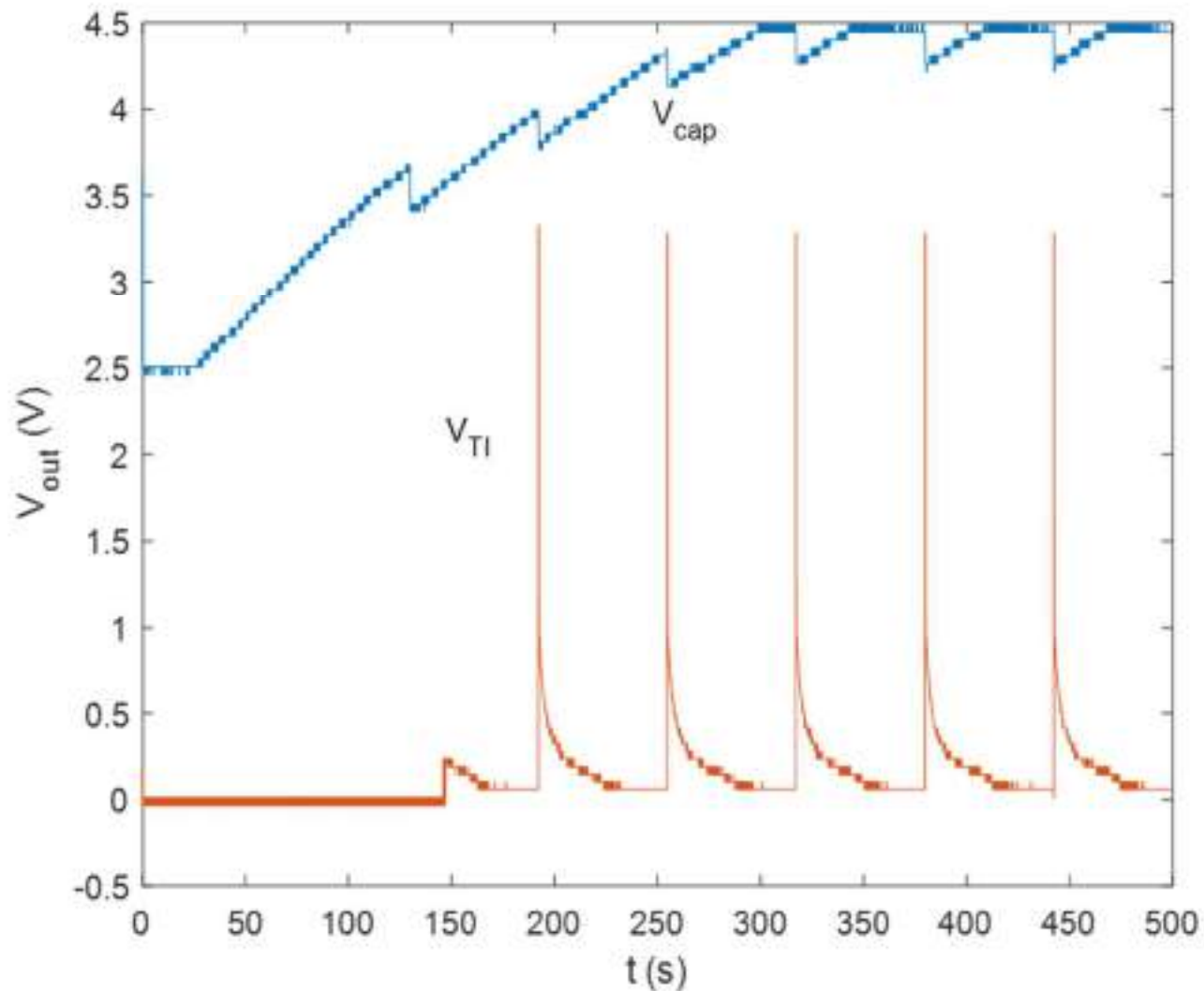
La tensione generata dal dispositivo ha l'andamento temporale seguente:



Tale segnale deve essere opportunamente condizionato per poter alimentare i sensori e la radio per la trasmissione del dato



Il segnale è l'input di un circuito specializzato per applicazioni EH. Tale circuito carica un supercap per lo storage della carica prodotta. Tramite un circuito temporizzatore, la tensione raddrizzata alimenta un sistema LoRa che legge i dati dai sensori e li trasmette ad un ricevitore



In blu la tensione ai capi del supercap, in rosso la tensione di alimentazione del sistema LoRa. Ad ogni evento lettura/trasmissione la tensione sul supercap diminuisce ma il sistema recupera lo stato iniziale in circa 15 s.

Condizioni di misura:

- Wind tunnel
- $U = 3 \text{ m/s}$
- 1 sensore di T
- $C = 10000 \text{ }\mu\text{F}$
- Trans. Interval 60 s

A partire da $V_{cap} = 2.5 \text{ V}$, il sistema è operativo dopo circa 170 s.
La carica accumulata consente ancora 7-8 trasmissioni dopo l'interruzione del flusso di aria (3 m/s).
La tipica stringa di dati trasmessa è la seguente:

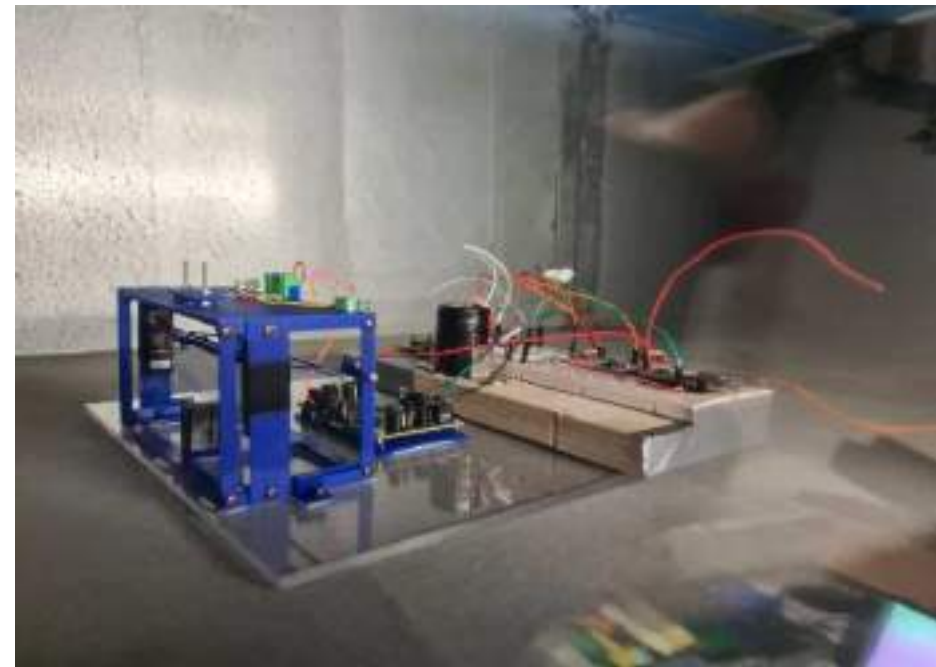
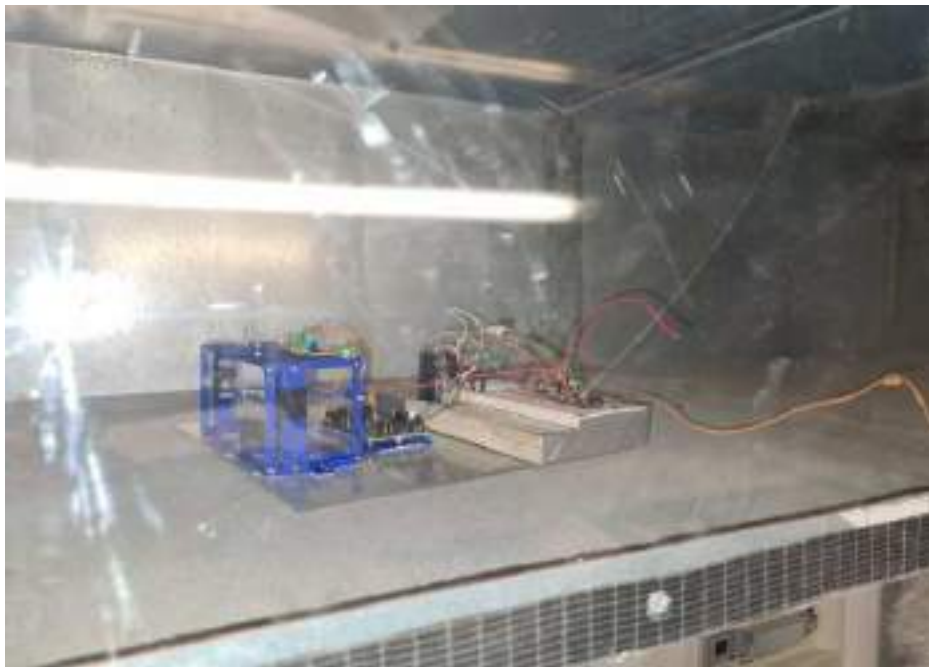
```
11:03:58.457 -> _____  
11:03:58.457 -> Got: XX3EA387 --- len = 8  
11:03:58.457 -> RSSI: -23  
11:03:58.457 -> >>>  
11:03:58.457 -> VBAT_code: 3EA   VBAT: 3.80  
11:03:58.457 -> TEMP_code: 387   TEMP: 22.77  
11:04:58.202 -> _____  
11:04:58.202 -> Got: XX3E6389 --- len = 8  
11:04:58.248 -> RSSI: -23  
11:04:58.248 -> >>>  
11:04:58.248 -> VBAT_code: 3E6   VBAT: 3.78  
11:04:58.248 -> TEMP_code: 389   TEMP: 22.93  
11:05:57.992 -> _____  
11:05:57.992 -> Got: XX3EB388 --- len = 8  
11:05:57.992 -> RSSI: -23  
11:05:57.992 -> >>>  
11:05:57.992 -> VBAT_code: 3EB   VBAT: 3.80  
11:05:57.992 -> TEMP_code: 388   TEMP: 22.85
```


Il rate di trasmissione dei dati dipende ovviamente dal numero di sensori da leggere e dal loro consumo. Sono stati testati sensori di temperatura e luminosità, ma sono sul mercato sensori di CO2 e umidità con consumi paragonabili a quelli utilizzati.

Nel caso, 2 dispositivi FLEHAP possono essere accoppiati per avere potenza maggiore o può essere utilizzato un supercap di maggiore capacità.

Comunque 1 trasmissione ogni 60 s è considerata congrua per un impianto HVAC.

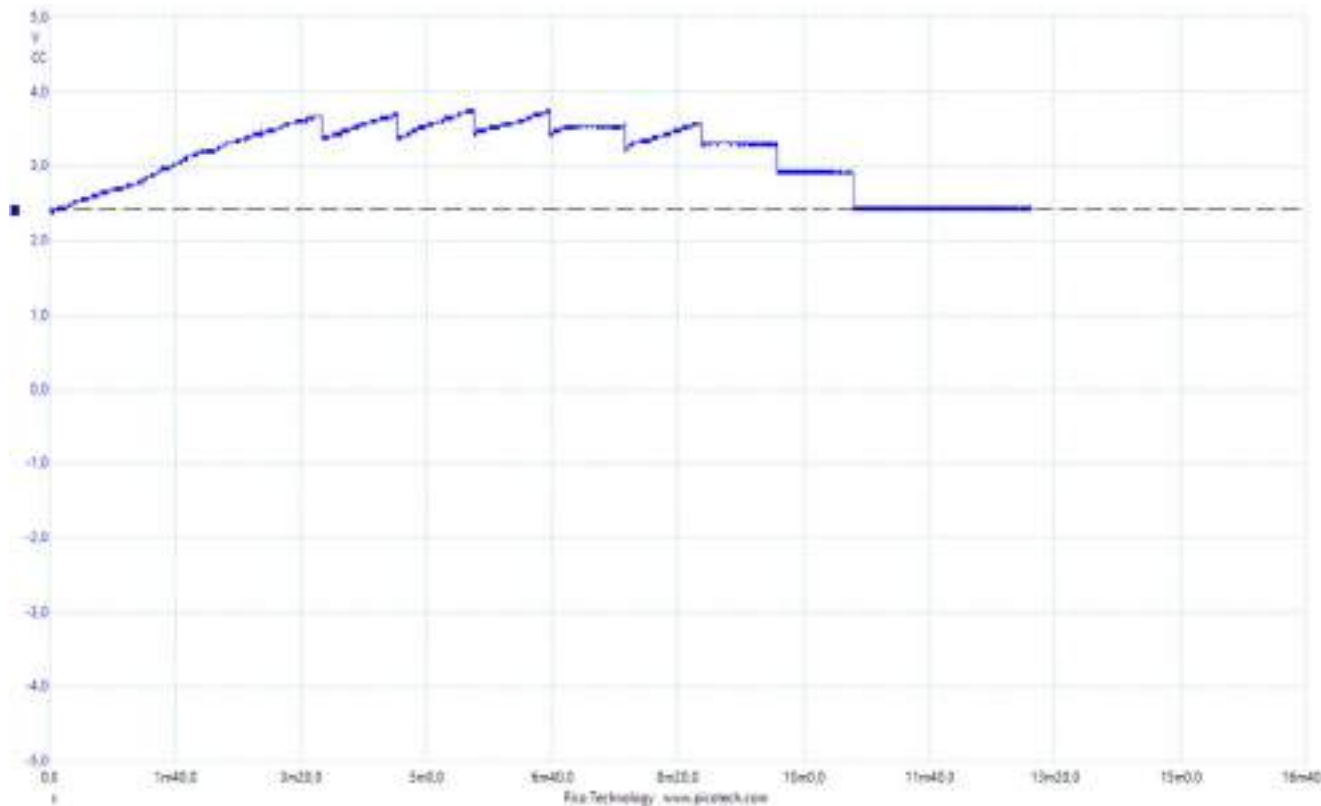
Il dispositivo così realizzato è stato testato in un impianto HVAC presente nella palestra di via Celia a Genova Pegli.



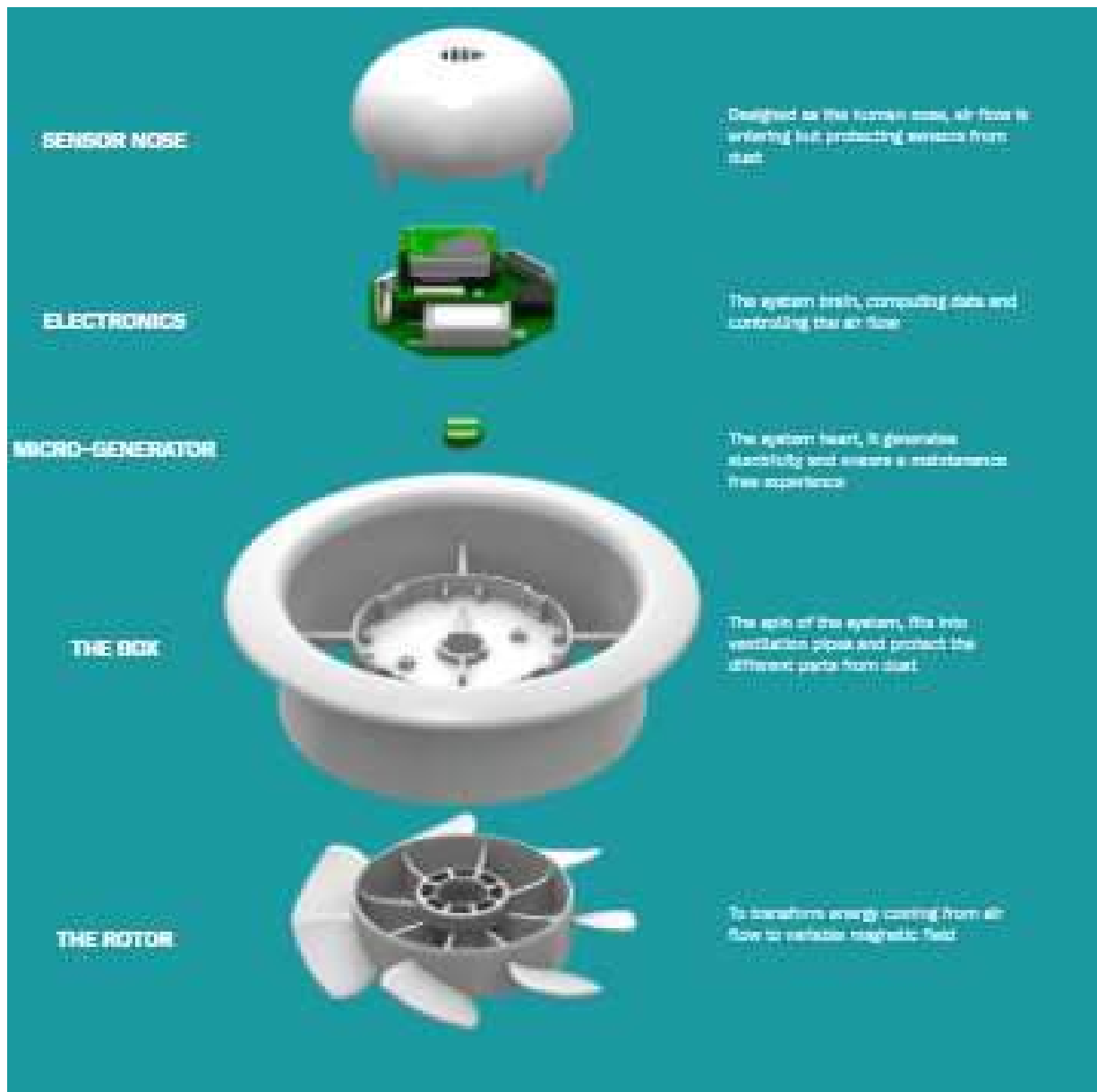
NB: le dimensioni della parte elettronica sono dovute all'utilizzo di componenti nella versione «demo»

In tale impianto, la velocità del flusso era circa 2.7 – 2.8 m/s .

La maggiore differenza rispetto alle prove in wind tunnel è da attribuirsi alla presenza di una notevole turbolenza. In ogni caso, il comportamento del sistema è comparabile a quello osservato in laboratorio:



In figura è riportata la tensione ai capi del supercap. Le ultime 2 trasmissioni sono state effettuate a flusso nullo.



- ✓ **Pochi competitors**
(www.enerbee.fr)
- ✓ **FLEHAP è paragonabile o superiore per potenza prodotta**
- ✓ **E' più versatile**
- ✓ **Nessuna parte delicata in rotazione**

Conclusioni

- Il dispositivo FLEHAP può essere utilizzato per creare una rete WSN energeticamente autonoma all'interno di un impianto HVAC
- È robusto e versatile
- Il costo per nodo è di circa 100 € con componenti on-the-shelf
- Può essere facilmente adattato a differenti condizioni operative

Grazie per l'attenzione