

POR Puglia FESR-FSE 2014-2020 - Asse prioritario 1 - Ricerca, sviluppo tecnologico, innovazione -  
Azione 1.6 "Interventi per il rafforzamento del sistema innovativo regionale e nazionale e  
incremento della collaborazione tra imprese e strutture di ricerca e il loro potenziamento" –  
BANDO INNONETWORK

# APOLLON

environmentAL POLLutiOn aNalyzer

## **MANUALE DI UTILIZZO PER MOBILE APP E DISPOSITIVI AIRBEAM2**

**corvallis**  
PROCESS & SOLUTIONS

**albaProject**  
Innovative Solutions

**HESPLORA**  
innovazione come missione

**cmcc**  
Centro Euro-Mediterraneo  
sul Cambiamento Climatico

**ini**  
consiglio  
interuniversitario  
nazionale  
per l'informatica

**AMIGO** climate  
Science Business Collaboration

**Politecnico  
di Bari**



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## Sommario

1.	Analisi Procedure di Funzionamento (Workflow).....	3
1.1	Workflow Principale .....	3
1.2	Workflow Login .....	5
1.3	Workflow Monitoraggio Acustico .....	6
1.4	Workflow Monitoraggio Particolato Atmosferico .....	8
1.5	Dispositivo AirBeam2 .....	10
2.	Schermate di Dettaglio .....	12
2.1	Schermate Generali .....	12
2.2	Schermate di Monitoraggio Acustico .....	15
2.3	Schermate di Monitoraggio Acustico (Misurazione Automatica).....	16
2.4	Schermate di Monitoraggio Acustico (Misurazione Manuale).....	20
2.5	Schermate di Monitoraggio del Particolato Atmosferico.....	25
	BIBLIOGRAFIA.....	34



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 1. ANALISI PROCEDURE DI FUNZIONAMENTO (WORKFLOW)

### 1.1 WORKFLOW PRINCIPALE

---

L'app mobile consente agli utenti di interagire con le varie categorie di funzionalità precedentemente introdotte secondo il workflow riportato in Figura 1.

Il workflow in Figura 1, così come quelli presentati nelle figure successive (del quale costituiscono il dettaglio), segue la notazione classica dei diagrammi di flusso (riportata fra l'altro, per completezza di riferimento, in calce ad ogni figura). Nella presente sezione e nelle sezioni successive verranno descritti i vari diagrammi. Nella sezione successiva, invece, verranno presentate le schermate più di rilievo dell'app, in relazione agli elementi ora descritti.

Il flusso di interazione principale prevede innanzitutto la scelta da parte dell'utente fra la modalità di utilizzo dell'app a seguito di autenticazione e la modalità di utilizzo dell'app senza autenticazione.

In ogni momento, gli utenti possono inoltre accedere ad un menu contestuale, localizzato nell'intestazione fissa dell'app mobile, contenente le informazioni relative al progetto (descrizione del partenariato, descrizione delle finalità principali del progetto, dichiarazione di non responsabilità, ecc.). Dallo stesso menu contestuale è poi possibile effettuare le operazioni di login/logout e di disconnessione dell'eventuale dispositivo AirBeam2 connesso.

Successivamente, viene consentito agli utenti dell'app di scegliere la tipologia di rilevazione da effettuare (ossia monitoraggio acustico o monitoraggio del particolato atmosferico).

A conclusione delle attività di monitoraggio, l'app può essere chiusa.



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

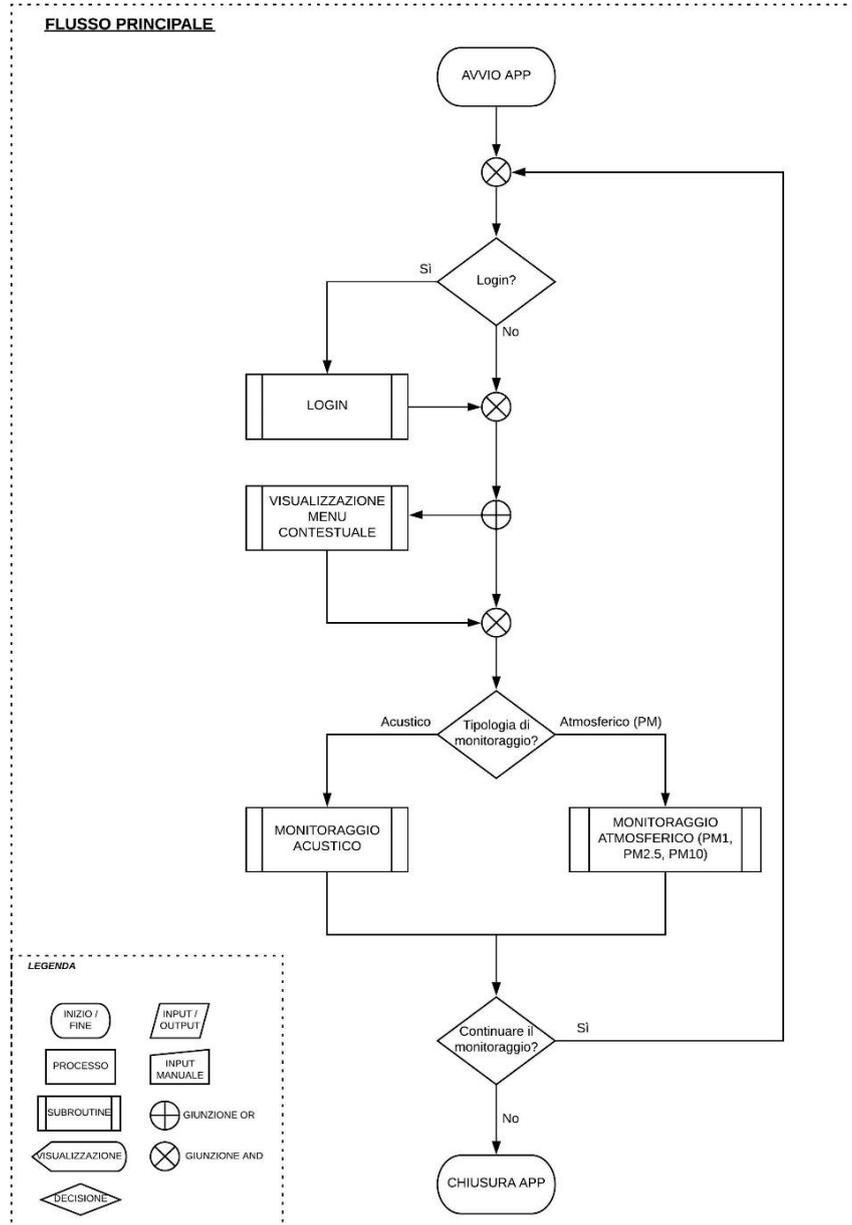


Figura 1 – Mobile app: workflow principale di interazione utente



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione, istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 1.2 WORKFLOW LOGIN

L'operazione di autenticazione può avvenire in due modalità, come descritto nella Figura 2: l'autenticazione classica mediante inserimento di nome utente e password, oppure l'autenticazione mediante l'aggiunta alle due credenziali di login appena citate anche di un "token". Il token rappresenta un codice alfanumerico identificativo di una specifica campagna di misura. L'utilizzo del token, al momento della scrittura di questo deliverable, è funzionale ad una serie di specifici casi d'uso. Si immagini infatti di effettuare delle campagne di misurazione in un contesto scolastico, in cui studenti di un medesimo istituto ricevono dei semplici compiti di rilevazione ambientale, distribuiti nelle varie zone della propria città. Affinché queste misurazioni risultino utili in un contesto di analisi della qualità ambientale delle zone interessate, è opportuno che tali misure vengano effettuate secondo dei criteri minimi fra i quali va annoverato anche un determinato livello di ripetibilità della misura. Di conseguenza, gli studenti effettueranno le misure in luoghi prestabiliti in momenti successivi, al fine di individuare eventuali discrepanze fra le varie misure e al fine di determinare una stima più a lungo termine dello scenario di inquinamento ambientale considerato. Per consentire in fase di gestione dati dei filtri sulla base delle campagne di misura e delle scuole di appartenenza, è quindi plausibile che l'autenticazione di tali studenti venga svolta utilizzando anche un apposito token di campagna di misura (preventivamente fornito, ad esempio, dalle rispettive scuole di appartenenza).

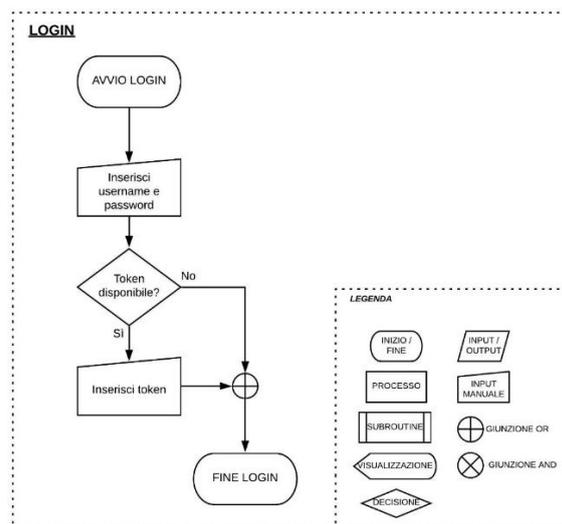


Figura 2 – Mobile app: workflow di login



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro

Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

### 1.3 WORKFLOW MONITORAGGIO ACUSTICO

---

Il monitoraggio acustico strumentale (ossia quello effettuato mediante il microfono integrato nel dispositivo di installazione o mediante un qualsiasi microfono esterno ad esso collegato) può essere svolto in due modalità: manuale o automatica.

Per accedere alla misurazione manuale è necessario effettuare il login mentre la misurazione automatica può essere avviata anche senza aver effettuato l'autenticazione.

La misurazione automatica, una volta avviata, continua in background fino a quando l'utente non deciderà di fermarla; i dati vengono inviati ogni 60". Durante l'intera sessione di misurazione automatica, l'utente ha in visualizzazione in real time dei parametri di misura (livello di pressione sonora istantaneo SPL e livello continuo sonoro equivalente LEQ). Inoltre, l'utente può accedere opzionalmente alla descrizione dei parametri oggetto di misura e ad uno schema di riferimento relativo alla tecnica di misurazione suggerita.

La misurazione manuale, invece, ha una durata prefissata dall'utente. Questo intervallo di misura è definito "finestra di osservazione temporale" (in inglese, Observation Time Window, OTW). L'utente può scegliere fra OTW di ampiezza diversa: 15", 30", 45", 60", 2', 5', 10', 15', 30'. Anche durante la misurazione manuale, l'app invia i dati ogni 60". Parimenti, all'utente viene anche in questo caso fornita la visualizzazione in real time dei parametri di misura (livello di pressione sonora istantaneo SPL e livello continuo sonoro equivalente LEQ). Inoltre, l'utente può accedere opzionalmente alla descrizione dei parametri oggetto di misura e ad uno schema di riferimento relativo alla tecnica di misurazione suggerita. Una volta giunti all'esaurimento della OTW prefissata, l'app conclude la sessione di misura. Solo nel caso di misurazione manuale, viene offerta la possibilità agli utenti di inserire dei commenti di percezione acustica (monitoraggio acustico psicometrico) allo scopo di determinare se i livelli sonori percepiti dall'utente si discostano (e in che misura) da quelli rilevati strumentalmente dal microfono. Al termine della misurazione manuale (sia che tale misurazione sia stata corredata da commenti, sia che l'utente abbia deciso di non fornire commenti), i valori misurati vengono confrontati con le soglie definite dalla normativa nazionale italiana in termini di inquinamento acustico, in funzione dell'orario in cui è stata effettuata la misurazione manuale.



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"

Ministero Sviluppo Economico

REGIONE PUGLIA  
Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

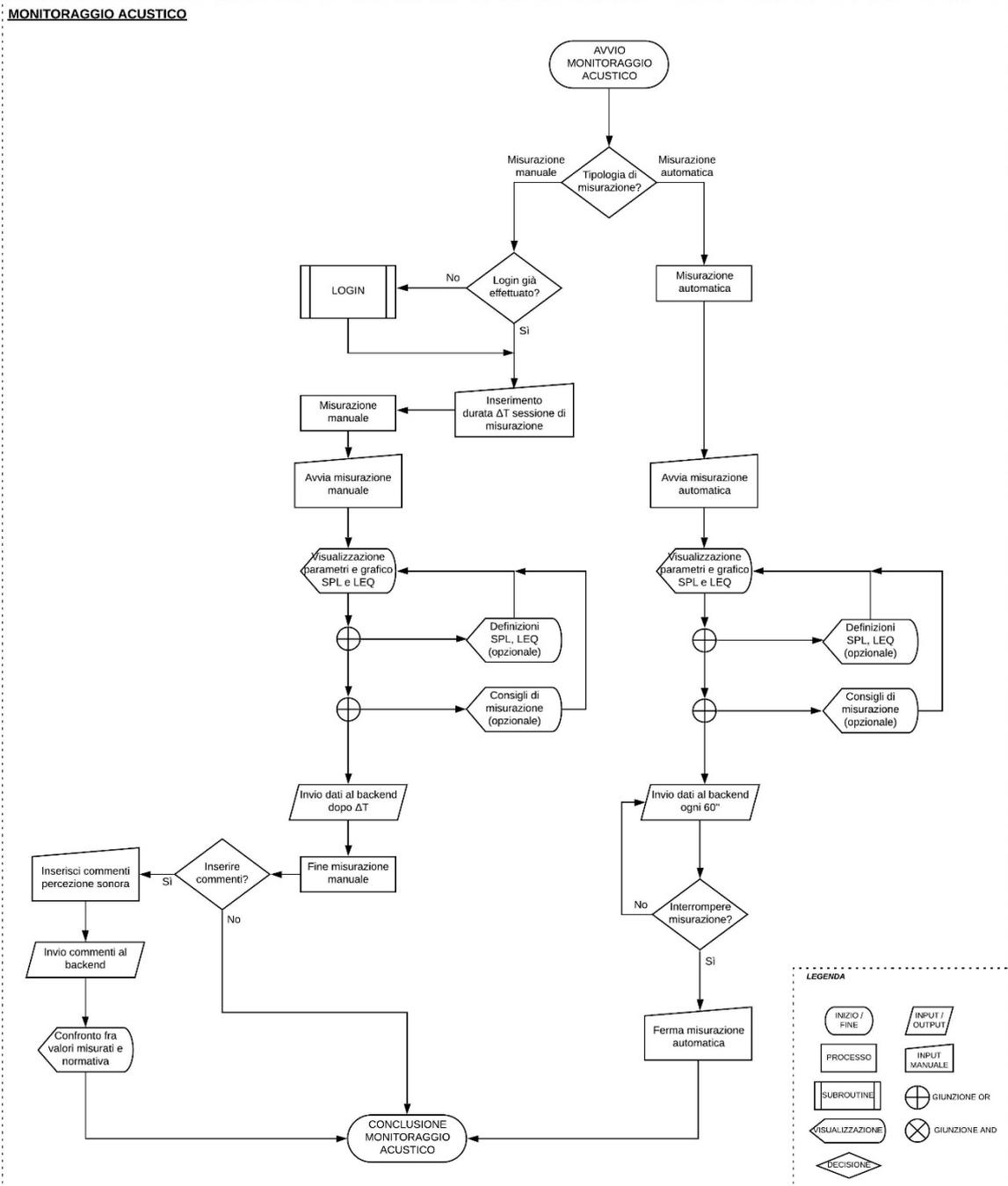


Figura 3 – Mobile app: workflow di monitoraggio acustico





FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro

Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 1.4 WORKFLOW MONITORAGGIO PARTICOLATO ATMOSFERICO

Il monitoraggio del particolato atmosferico viene effettuato come descritto nella Figura 4. In base a quanto specificato nei paragrafi introduttivi del presente deliverable, questa tipologia di monitoraggio può essere effettuata solo a seguito del collegamento al dispositivo di installazione di un dispositivo di rilevazione esterna. Nello specifico, l'app mobile sfrutta un collegamento di tipo Bluetooth Low Energy a dispositivi AirBeam2.

Di conseguenza, non appena la tipologia di monitoraggio del particolato atmosferico viene selezionata dall'utente, l'app effettua in autonomia una scansione dei dispositivi AirBeam2 disponibili. Si precisa che l'app offre anche la possibilità di effettuare la scansione manualmente anche in un secondo momento, per ripetere la procedura nel caso non vengano individuati dispositivi collegabili durante la sua prima esecuzione.

Una volta che un dispositivo AirBeam2 è stato individuato a seguito di scansione, l'utente deve attivare manualmente la procedura di connessione, al termine della quale verrà attivata la schermata di misurazione automatica (caratterizzata dalle stesse funzionalità descritte per la misurazione automatica nel caso del monitoraggio acustico). Una volta avviata, la misurazione automatica del particolato atmosferico riceve in tempo reale le rilevazioni generate dal dispositivo AirBeam2 precedentemente connesso. All'utente viene presentato il riepilogo degli indicatori numerici sotto osservazione (ossia PM1, PM2.5, PM10). Opzionalmente, è anche possibile accedere: 1) alla schermata di visualizzazione dei grafici a linea corrispondenti agli indicatori considerati, 2) alla schermata che descrive da un punto di vista scientifico tali indicatori, 3) ai consigli di misurazione per ottenere una rilevazione non affetta da errori dovuti ad errato posizionamento di utente e dispositivi. I dati di misurazione vengono inviati ogni 60" e la sessione di misurazione continua fino a quando l'utente non decide di interromperla. In tal caso è poi anche possibile effettuare una disconnessione forzata del dispositivo AirBeam2.



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"

Ministero Sviluppo Economico

REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione, istruzione, formazione e lavoro

Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

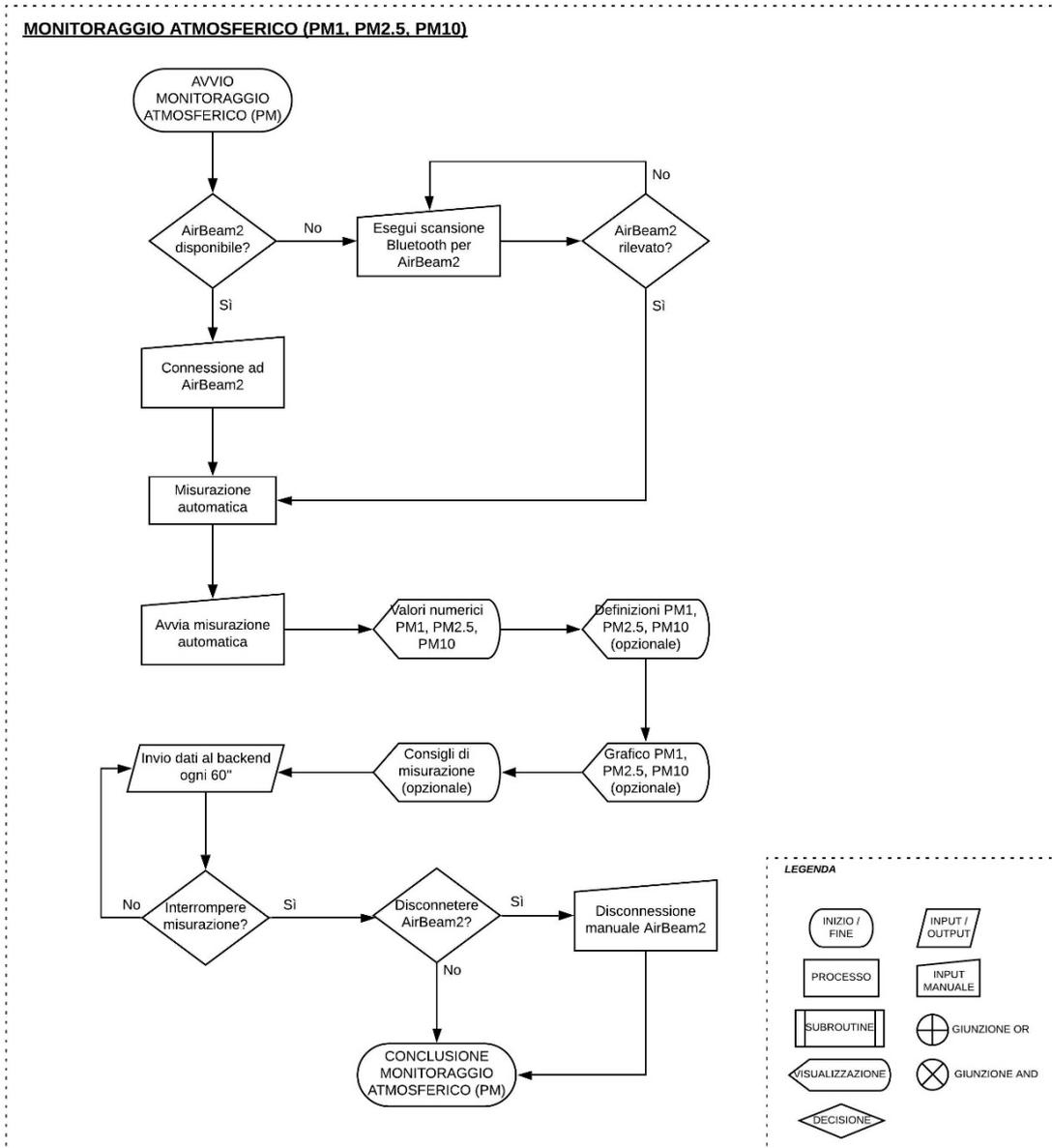


Figura 4 – Mobile app: workflow di monitoraggio per il particolato atmosferico



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 1.5 DISPOSITIVO AIRBEAM2

---

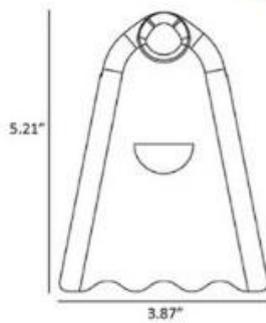
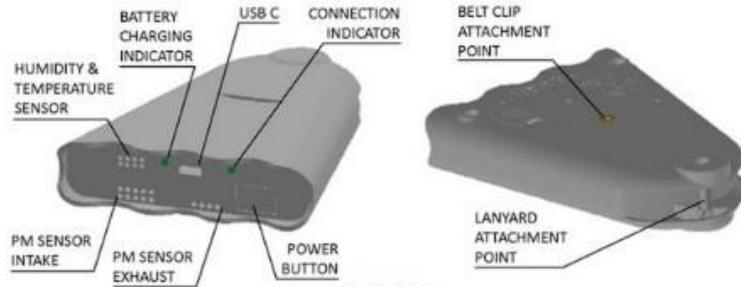
Il dispositivo utilizzato come abilitatore del monitoraggio strumentale del particolato atmosferico è l'AirBeam2 (rappresentato in Figura 5 unitamente alle sue specifiche tecniche). Questo dispositivo utilizza un metodo di diffusione della luce per misurare il particolato fine o PM1 / 2.5 10. Le misurazioni vengono poi comunicate una volta al secondo all'app, che mappa e traccia i dati in tempo reale sullo smartphone e invia i valori rilevati (medio, minimo, massimo) ogni intervallo di tempo predefinito alla piattaforma.



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"

Ministero Sviluppo Economico

REGIONE PUGLIA  
Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Hardware Specifications

- Weight: 5 ounces
- Particle Sensor: Plantower PMS7003
- Relative Humidity Sensor: Honeywell HIH-5030-001
- Temperature Sensor: Microchip MCP9700T-E/TT
- Bluetooth: Nova MDCS42, Version 2.1+EDR
- WiFi: Espressif ESP8266-ESP-12S, 2.4 GHz
- Cellular: SIMCOM SIM808, 2G GSM
- Microcontroller: Teensy++

Figura 5 - AirBeam 2: sensore esterno per il monitoraggio della qualità dell'aria





FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 2. SCHERMATE DI DETTAGLIO

---

Verranno ora presentate le schermate più significative dell'app mobile: funzioni generali di autenticazione e di visualizzazione delle info di progetto; monitoraggio acustico; monitoraggio del particolato atmosferico.

### 2.1 SCHERMATE GENERALI

---

Lo splash screen all'avvio dell'app (Figura 6) introduce, dall'alto verso il basso, il logo dell'app, la denominazione del progetto e dell'iniziativa di ricerca nell'ambito della quale il progetto si inserisce, i loghi delle istituzioni coinvolte (Unione Europea, Ministero dello Sviluppo Economico, Regione Puglia).

Le schermate accessibili dal menu contestuale (Figura 7, procedendo da sinistra verso destra), sono relative a: descrizione del partenariato di progetto, descrizione degli aspetti salienti del progetto e dichiarazione di non responsabilità.

La procedura di autenticazione è raggiungibile tramite il medesimo menu contestuale e richiede l'inserimento di almeno una coppia di credenziali (nome utente e password). È inoltre consentito l'inserimento di un terzo elemento di autenticazione (rappresentato dal token della campagna di misura) allo scopo di agevolare, ad esempio, la profilazione di quelle misurazioni fatte nell'ambito di attività di citizen science o didattiche che abbiano coinvolto studenti di determinate istituzioni scolastiche. La schermata di login è riportata nella Figura 8.





FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Figura 6 – Schermate app: splash screen





FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"

Ministero Sviluppo Economico

REGIONE PUGLIA  
Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

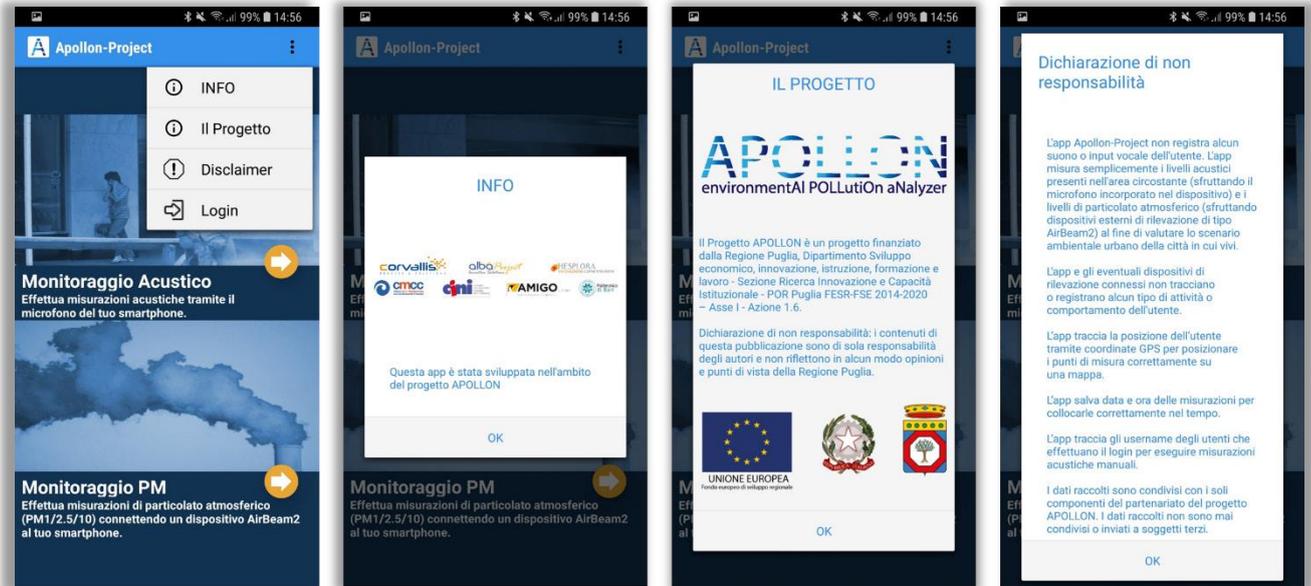


Figura 7 – Schermate app: (da sinistra verso destra) menu contestuale, partenariato di progetto, descrizione di progetto, disclaimer

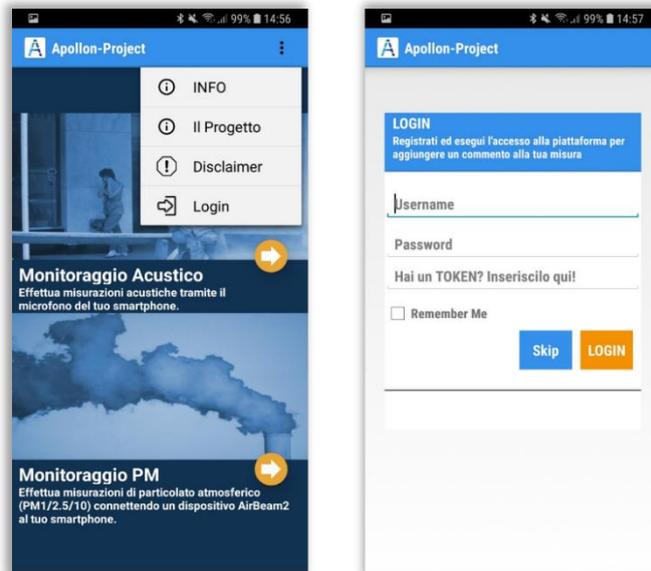


Figura 8 – Schermate app: (da sinistra verso destra) menu contestuale, login





FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 2.2 SCHERMATE DI MONITORAGGIO ACUSTICO

La modalità di monitoraggio acustico può essere raggiunta dalla schermata principale (Figura 9, a sinistra) e consta di due modalità (Figura 9, a destra): misurazione automatica e misurazione manuale.

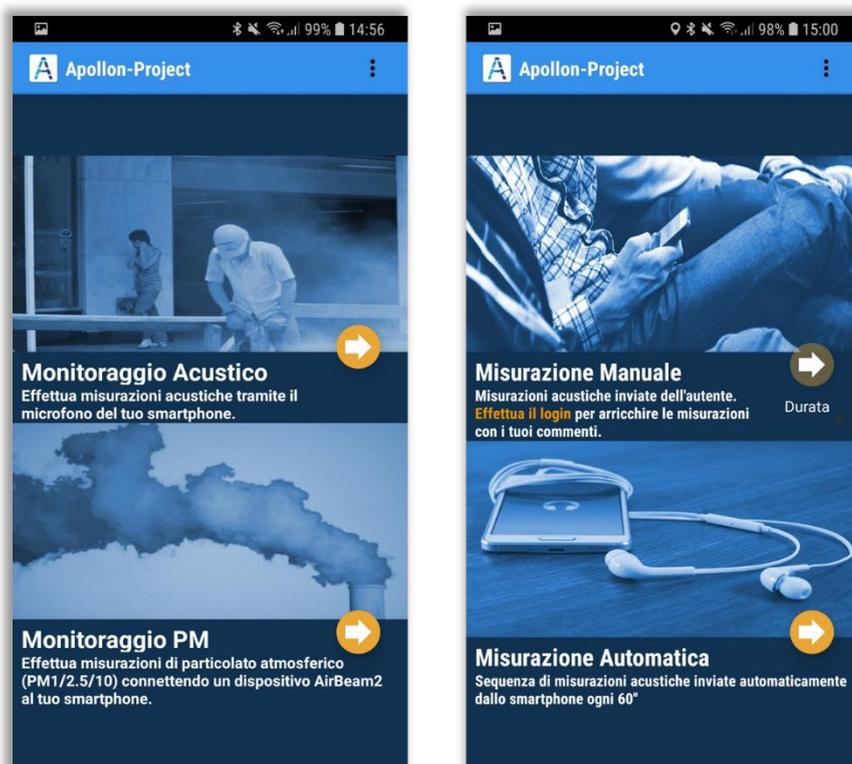


Figura 9 – Schermate app: (da sinistra verso destra) pagina principale, pagina scelta tipologia di misurazione acustica



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione, istruzione, formazione e lavoro

Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

### 2.3 SCHERMATE DI MONITORAGGIO ACUSTICO (MISURAZIONE AUTOMATICA)

La misurazione automatica, una volta avviata, consente di accedere alla schermata di visualizzazione, come rappresentato in Figura 10.



Figura 10 – Schermate app: visualizzazione dati di rilevazione acustica

Nella parte superiore della schermata è possibile visualizzare gli indicatori numerici [Dlgs 17 febbraio 2017, n.42], [DPCM 14/11/1997], [L447/1995] di livello di pressione sonora (SPL) e di livello sonoro (continuo) equivalente ( $L_{eq}$ ), nonché la durata della finestra di osservazione temporale (OTW). Nella misurazione automatica, il valore di OTW è fissato a 60" e, di conseguenza, l'app invia i dati al backend di piattaforma con tale frequenza di trasmissione (categoria funzionale FMA.6). Per entrambi gli indicatori numerici vengono visualizzati: valore corrente (in arancione), valore massimo e valore minimo rilevati nella OTW corrente. Entrambi gli



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

indicatori sono quantificati in dB(A). In corrispondenza di ogni indicatore e della linea di specifica dell'ampiezza di OTW, è presente un pulsante di informazioni che consente di accedere alle schede illustrative dei rispettivi parametri, fornendo così un supporto informativo/didattico agli utenti. Tali finestre sono riportate nella Figura 11.

Nella parte centrale della schermata di misurazione acustica è poi presente un grafico a a linea e ad area per la visualizzazione in tempo reale della misurazione di SPL (grafico ad area) e di  $L_{eq}$  (grafico a linea). Il grafico riporta in ordinata l'ampiezza in dB(A) della misurazione e in ascissa il riferimento temporale (con scorrimento di scala ogni 50" e divisione principale fissata a 10").

Al di sotto dell'area del grafico sono presenti i due pulsanti di controllo della misurazione: avvio (a sinistra) e interruzione (a destra). Si precisa che, nel caso di rilevazioni automatiche, l'interruzione della rilevazione può essere effettuata solo mediante questo specifico pulsante.

Al di sotto dei pulsanti di controllo è presente un contatore a incremento che indica la durata della sessione di misurazione corrente.

Nella parte inferiore della schermata, infine, è presente il pulsante per accedere alla schermata relativa alla tecnica di rilevazione acustica suggerita, rappresentata nella Figura 12. Tale schermata comunica agli utenti i seguenti criteri di base [Dlgs 17 febbraio 2017, n.42], [DPCM 14/11/1997], [L447/1995] da rispettare per ridurre le probabilità che la misurazione sia affetta da errore:

- 1) posizionare il fronte del telefono verso la sorgente sonora (in quanto il microfono integrato negli attuali smartphone è direttivo e ha quindi una risoluzione differente a seconda dell'orientamento rispetto alla sorgente sonora);
- 2) posizionare il telefono a non meno di 2m di distanza in linea retta dalla sorgente sonora;
- 3) posizionare il telefono a non meno di 1.5m dal suolo (per evitare fenomeni di riflessione acustica dal suolo);
- 4) posizionare il telefono a non meno di 1m da eventuali ostacoli (per evitare fenomeni di riflessione acustica determinati da tali ostacoli).



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione, istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

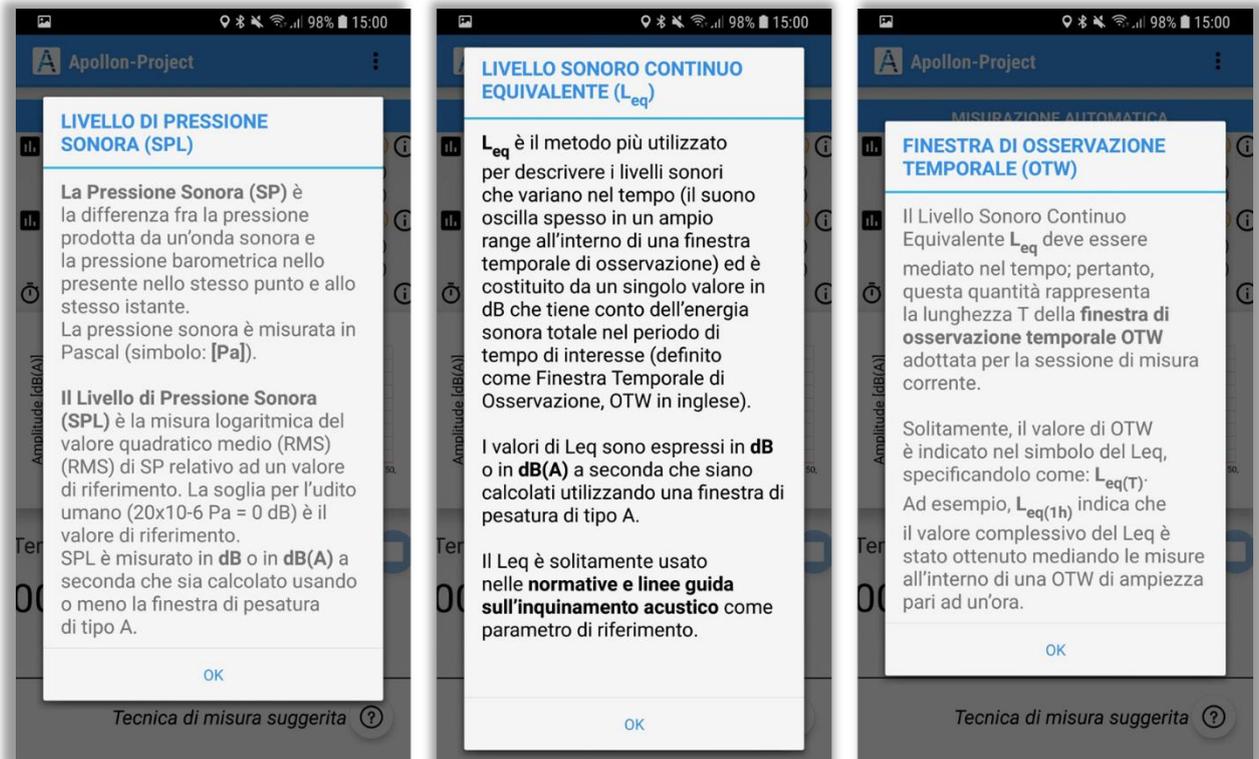


Figura 11 – Schermate app: descrizione parametri di misura (da sinistra verso destra: Livello di Pressione Sonora SPL, Livello Continuo Sonoro Equivalente L<sub>eq</sub>, Finestra Temporale di Osservazione OTW)



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Figura 12 – Schermate app: tecnica di rilevazione acustica suggerita



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 2.4 SCHERMATE DI MONITORAGGIO ACUSTICO (MISURAZIONE MANUALE)

Come già specificato, la misurazione manuale richiede la preventiva autenticazione dell'utente. Una volta che il login è stato eseguito, l'utente deve selezionare la durata della OTW associata alla misurazione manuale, scegliendo un valore fra quelli disponibili: 15", 30", 45", 60", 2', 5', 10', 15', 30' (Figura 13).

Una volta avviata, la misurazione manuale offre le stesse funzionalità della misurazione manuale.

In aggiunta, è possibile specificare dei commenti relativi alla percezione della sorgente sonora principale (o predominante o ritenuta più significativa rispetto ad altre sorgenti sonore eventualmente presenti) da parte dell'utente. I commenti sono opzionali (Figura 14, a sinistra). Qualora l'utente decida di inserirli, una apposita schermata (Figura 14, a destra) lo guiderà nella definizione dei seguenti aspetti:

- 1) scenario di misura: indoor o outdoor;
- 2) tipo di sorgente sonora: naturale o artificiale;
- 3) percezione della sorgente sonora: intensa o debole;
- 4) livello di fastidiosità associato alla sorgente sonora: scala psicometrica crescente da 1 a 10;
- 5) stima della distanza lineare dalla sorgente sonora: da 0m a 5m, da 6m a 10m, oltre 10m;
- 6) unicità della sorgente sonora nello scenario di misura: sì o no;
- 7) tipologia della sorgente sonora: un valore scelto fra una casistica di sorgenti tipiche (motore di automobile, motore di autocarro, traffico veicolare, voci umane, ecc.);
- 8) eventuali opinioni aggiuntive.

Al termine della sessione di misurazione manuale, indipendentemente dal fatto che l'utente abbia inviato dei commenti, i risultati vengono confrontati con la normativa di riferimento nazionale [DPCM 14/11/1997] per l'inquinamento acustico (categoria funzionale FMA.3), come illustrato in Figura 15. Vengono considerati soltanto i valori limiti di emissione.

La normativa fa riferimento a valori di  $L_{eq}$  calcolati su due fasce orarie di riferimento (diurna: dalle ore 06:00 alle ore 22:00; notturna: dalle ore 22:00 alle ore 06:00). Per ciascuna fascia oraria, i valori di  $L_{eq}$  di riferimento variano a seconda della classe a cui lo scenario di misura corrisponde. Le classi di area di rilevazione disponibili sono 6, diversificate in base alla tipologia di edifici che insistono in tale area. La Tabella 1 riporta i limiti normativi considerati anche nell'app mobile descritta in questo deliverable.



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro

Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

La schermata di confronto riporta, nella parte superiore, il riepilogo numerico della sessione di misura manuale appena conclusa e, nella parte inferiore, il confronto classe per classe del valore di  $L_{eq}$  misurato, in funzione della fascia oraria in cui ricade l'orario di misurazione. La visualizzazione è effettuata per mezzo di tachimetri (uno per classe) in maniera che sia immediatamente visibile il superamento o meno della soglia.

Si ritiene opportuno specificare in questa sede che la funzione di confronto fra la normativa e il valore del  $L_{eq}$  ottenuto a seguito della sessione di misurazione manuale è fornita solo a scopo puramente indicativo all'utente, poiché si tratta comunque di confronti fra medie temporali calcolate su finestre di ampiezza differente: da un lato, infatti, la normativa prevede finestre di ampiezza pari a 16h per la fascia oraria diurna e 8h per quella notturna mentre dall'altro l'app consente, per ovvie limitazioni di utilizzo legate al consumo di batteria e di occupazione del microfono del dispositivo di installazione, finestre di ampiezza pari massimo a 30".

**Tabella 1 – Valori di emissione acustica limite secondo la normativa nazionale (DPCM 14/11/1997)**

Classe	Valore limite emissione diurno ( $L_{eq}$ in dB(A))	Valore limite emissione notturno ( $L_{eq}$ in dB(A))
CLASSE I: aree protette (scuole, ospedali, parchi pubblici ecc.) e aree residenziali rurali	45	35
CLASSE II: aree prevalentemente residenziali (traffico veicolare locale, bassa densità di popolazione), limitata presenza di attività commerciali e uffici, assenza di attività industriali	50	40
CLASSE III: aree miste con media densità abitativa, medio traffico veicolare, con compresenza di zone residenziali, uffici, zone commerciali, limitata presenza di attività artigianali, assenza di attività industriali; aree rurali con presenza di macchine operatrici	55	45
CLASSE IV: aree di intensa attività umana; aree urbane con elevato traffico veicolare, elevata densità abitativa; elevata presenza di attività commerciali, uffici ed attività artigianali; aree prospicienti grandi arterie di comunicazione (strade, autostrade, porti, aeroporti, ferrovie); aree con limitata presenza di insediamenti industriali di ridotte dimensioni	60	50
CLASSE V: aree prevalentemente industriali con scarsa presenza abitativa	65	55
CLASSE VI: aree esclusivamente industriali	65	65



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Figura 13 – Schermate app: monitoraggio acustico con misurazione manuale, scelta della durata della sessione di rilevazione



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

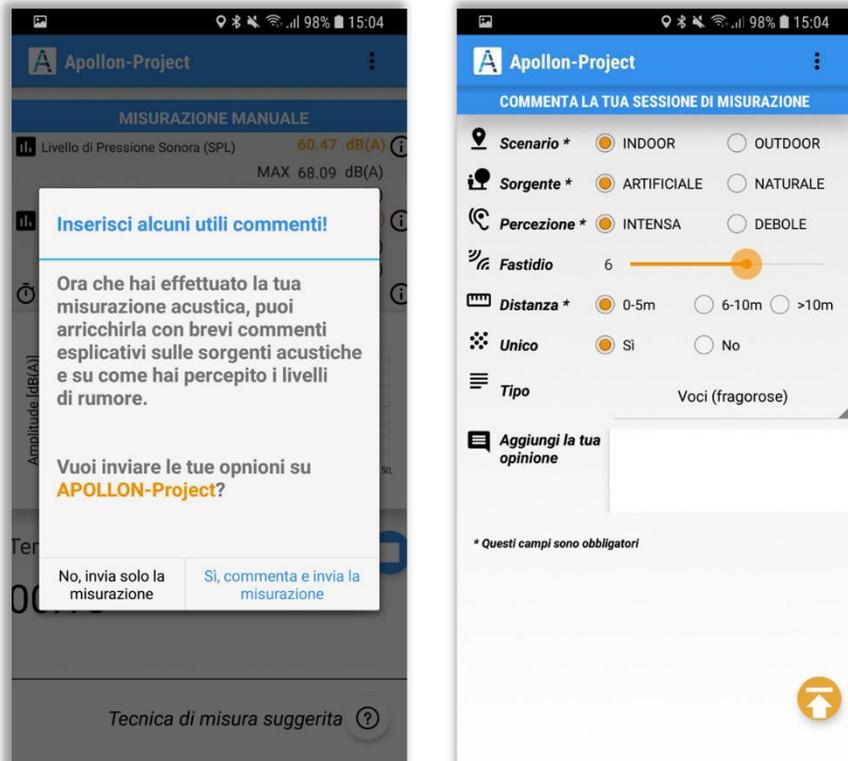


Figura 14 – Schermate app: sezione commenti di valutazione psicometrica dei livelli acustici percepiti



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Figura 15 – Schermate app: confronto dei risultati di misurazione manuale con la normativa di riferimento nazionale



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## 2.5 SCHERMATE DI MONITORAGGIO DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

La modalità di monitoraggio del particolato atmosferico può essere raggiunta dalla schermata principale (Figura 9, a sinistra, parte inferiore) e richiede, come già descritto nelle sezioni precedenti, la presenza di un dispositivo esterno per la rilevazione del particolato. La presente versione del prototipo dell'app richiede la connessione, via Bluetooth, ad un dispositivo di tipo AirBeam2. Di conseguenza, la prima operazione da svolgere è sincerarsi che l'app sia connessa ad un dispositivo di tale tipologia.

Affinché il dispositivo possa essere rilevato dalla procedura di scansione dei collegamenti Bluetooth verso dispositivi AirBeam2, è necessario che l'utente esegua una sequenza specifica di operazioni. A tal proposito, l'app fornisce tutte le informazioni necessarie, sia in formato grafico che testuale, come attestato dalla Figura 16.

L'utente dovrà effettuare 4 operazioni preliminari prima che l'AirBeam2 possa essere utilizzato:

- 1) accensione del dispositivo,
- 2) attesa dell'avvio del dispositivo,
- 3) attesa della configurazione iniziale del dispositivo
- 4) connessione al dispositivo

L'app esegue una scansione all'apertura della pagina di misurazione del particolato atmosferico. Di conseguenza l'utente dovrà soltanto:

- 1) se l'AirBeam2 è spento, accendere il dispositivo e attendere che esso venga rilevato
- 2) se l'AirBeam2 è acceso, attendere che esso venga rilevato.

Per ogni evenienza, è comunque possibile eseguire una scansione manuale utilizzando l'apposito pulsante posizionato nella parte inferiore destra della schermata.

Non appena uno o più dispositivi AirBeam2 vengono rilevati, è necessario cliccare sull'apposito pulsante di connessione (Figura 17). È possibile connettersi ad un solo AirBeam2 per volta. Il pulsante di connessione riporta l'indirizzo MAC di ogni AirBeam2 rilevato dall'app tramite collegamento Bluetooth.

Una volta effettuata la connessione ad un dispositivo AirBeam2, è possibile avviare la misurazione automatica (unica modalità di rilevazione disponibile nel caso del monitoraggio del particolato atmosferico), come indicato nella Figura 18 (a sinistra). È comunque possibile effettuare la disconnessione manuale del dispositivo AirBeam2 in qualsiasi momento (tranne che durante la



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

fase di svolgimento della misurazione) tramite l'apposita voce nel menu contestuale (Figura 18, a destra).



Figura 16 – Schermate app: come collegare un dispositivo AirBeam2



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Figura 17 – Schermate app: connessione di un dispositivo AirBeam2



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

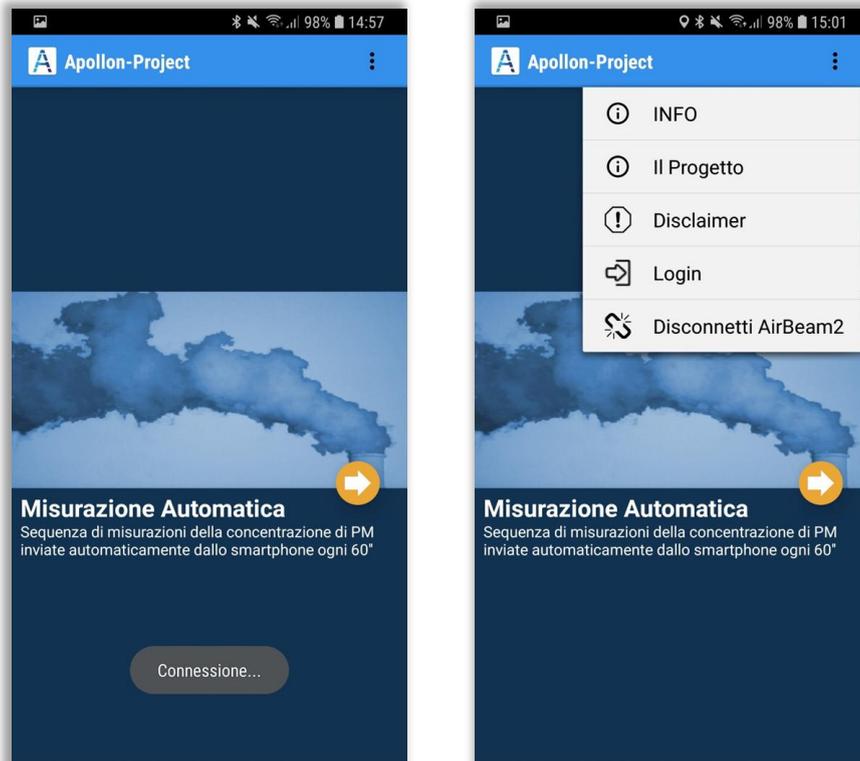


Figura 18 – Schermate app: misurazione automatica particolato atmosferico (a sinistra) e opzione di disconnessione manuale del dispositivo AirBeam2 tramite menu contestuale (a destra)

Il monitoraggio strumentale del particolato atmosferico è illustrato nella Figura 19.

Nella parte superiore della schermata è possibile visualizzare gli indicatori numerici di particolato atmosferico (PM1, PM2.5, PM10), nonché la durata della finestra di osservazione temporale (OTW). Anche per questa tipologia di misurazione automatica, il valore di OTW è fissato a 60" e, di conseguenza, l'app invia i dati al backend di piattaforma con tale frequenza di trasmissione. Per tutti gli indicatori numerici vengono visualizzati: valore corrente (in grassetto), valore massimo e valore minimo rilevati nella OTW corrente. Tutti gli indicatori sono quantificati in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . In corrispondenza della linea di specifica dell'ampiezza di OTW, è presente un pulsante di informazioni che consente di accedere alla scheda illustrativa [Dlgs 13 agosto 2010, n.155],



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro

Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

[Direttiva 2008/50/CE] che deve fornire il supporto informativo/didattico agli utenti. Tale finestra informativa è riportata nella Figura 20.

Al di sotto dell'area destinata agli indicatori numerici sono presenti i due pulsanti di controllo della misurazione: avvio (a sinistra) e interruzione (a destra). Si precisa che, nel caso di rilevazioni automatiche, l'interruzione della rilevazione può essere effettuata solo mediante questo specifico pulsante.

Insieme ai pulsanti di controllo è presente anche un contatore a incremento che indica la durata della sessione di misurazione corrente.

Al di sotto dei pulsanti di controllo è presente un pulsante per accedere alla visualizzazione del grafico di misurazione (Figura 21). La visualizzazione viene veicolata tramite finestra a sovrapposizione. Il grafico riporta in ordinata l'ampiezza in  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  della misurazione e in ascissa il riferimento temporale (con scorrimento di scala ogni 50" e divisione principale fissata a 10"). Una volta usciti dalla visualizzazione del grafico e tornati alla schermata riportata in Figura 19, è infine possibile accedere, nella parte inferiore della schermata, alla sezione relativa alla tecnica di rilevazione del particolato atmosferico suggerita. A tale scopo è disponibile una vista dedicata, rappresentata nella Figura 22, mediante la quale vengono comunicati agli utenti i seguenti criteri di base [Direttiva 2008/50/CE] da seguire allo scopo di ridurre le probabilità che la misurazione sia affetta da errore:

- 1) **POSIZIONE RECIPROCA FRA SMARTPHONE E AIRBEAM2:** posizionare lo smartphone ad una distanza non superiore ai 5m dal dispositivo AirBeam2. Questo vincolo ha due finalità: innanzitutto non superare la distanza massima di connessione sul canale Bluetooth fra smartphone e AirBeam2 (in caso di collegamento non ostruito); inoltre, una distanza eccessiva renderebbe la geolocalizzazione delle misure provenienti dal dispositivo AirBeam2 poco attendibile, poiché le coordinate geografiche fornite corrispondono alla posizione dello smartphone (in quanto il dispositivo AirBeam2 non dispone di modulo GPS al suo interno).
- 2) **POSIZIONAMENTO DEL DISPOSITIVO AIRBEAM2 PER MISURE INDOOR:** per misure condotte in scenari indoor, è opportuno mantenere il dispositivo AirBeam2
  - a. ad un'altezza dal pavimento compresa fra 1m e 2m
  - b. ad una distanza in linea d'aria da pareti e altri ostacoli di dimensioni significative non inferiore ad 1m
  - c. ad una distanza in linea d'aria da finestre e porte (aperte) non inferiore a 2m.Questa distanza minima [Direttiva 2008/50/CE] è necessaria per rendere la



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

misurazione indoor veritiera (e non eccessivamente influenzata dal "microclima" generato dalla presenza di porte e finestre aperte).

- 3) **POSIZIONAMENTO DEL DISPOSITIVO AIRBEAM2 PER MISURE OUTDOOR:** per misure condotte in scenari outdoor, è opportuno mantenere il dispositivo AirBeam2
- ad un'altezza dal suolo compresa fra 1.5m e 4m
  - ad una distanza in linea d'aria da sorgenti significative di inquinanti (strade, automobili in movimento, ecc.) compresa fra 2m e 10m. Analogamente al caso di misure indoor, anche lo scenario outdoor richiede che il sensore di rilevazione sia posizionato in spazi aperti per evitare che esso sia inserito in condizioni microclimatiche generate dalla sorgente stessa (ad es. il traffico veicolare) e quindi le misure ottenute non siano rappresentative di una vera rilevazione in spazio aperto.



Figura 19 – Schermate app: indicatori numerici per il monitoraggio strumentale del particolato atmosferico



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

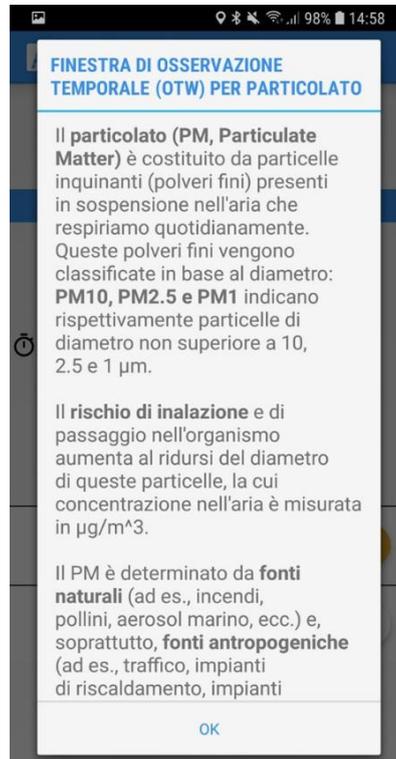


Figura 20 – Schermate app: scheda informativa per parametro OTW nella misurazione automatica del particolato atmosferico



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Figura 21 – Schermate app: grafico a linea misurazione automatica particolato atmosferico (PM1, PM2.5, PM10)



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale



Figura 22 – Schermate app: tecnica di misurazione suggerita per il particolato atmosferico mediante dispositivo AirBeam2



FESR "Fondo Europeo di Sviluppo Regionale"



Ministero Sviluppo Economico



REGIONE PUGLIA

Dipartimento Sviluppo economico, innovazione,  
istruzione, formazione e lavoro  
Sezione Ricerca Innovazione e Capacità Istituzionale

## BIBLIOGRAFIA

---

**Direttiva 2008/50/CE** del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

**Dlgs 13 agosto 2010, n.155.** Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa.

**Dlgs 17 febbraio 2017, n. 42.** Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico.

**DPCM 14/11/1997.** Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore.

**L447/1995.** Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico