

## Sintesi accompagnamento Deliverable n. 4 e 5 progetto RADON - Politecnico di Bari – gruppo AeFLab – Bari 2-10-2019

### **Ricercatori coinvolti**

Prof. Ing. Vincenzo Di Lecce (responsabile scientifico)

Prof. Ing. Cataldo Guaragnella

Prof. ssa Ing. Maria Rizzi

Prof. ssa Arch. Annalisa Di Roma

Prof. Dott. Dian Palagachev

Prof. Dott. Tiziano Politi

Prof. ssa Dott. ssa Marina Popolizio

Prof. Ing. Cristoforo Marzocca

Dott. ssa Arch. Alessandra Scarcelli

Dott. ssa Flavia Esposito

Dott. ssa Roberta Borzone

Dott. Michele Di Gioia

Prof. Ing. Alberto Amato

Dott. ssa Jessica Uva

Dott. Arch. Emanuele Digioia

### **Collaboratori Esterni:**

Dott.ssa Rita Dario (AOUC Policlinico Bari)

prof. Dott. Francesco Giordano (Dipartimento interateneo di Fisica di Bari)

dott.ssa Francesca Pantaleo (Dipartimento interateneo di Fisica di Bari)

prof. Dott. Roberto Calienno (Docente a.c. Politecnico di Bari);

dott.ssa Adriana Romeo (Tirocinante Politecnico di Bari);

## Premessa

Le attività di seguito riportate rappresentano il lavoro dei primi 9 mesi del gruppo di ricerca operante presso il Politecnico di Bari

Il gruppo è formato da n. 8 Docenti del Politecnico e 7 Ricercatori a tempo determinato (4 assegnisti di ricerca e 3 esperti ad elevata qualificazione). Collaborano anche, a titolo gratuito, 4 Ricercatori con elevata professionalità.

Le attività sono state svolte nel rispetto del GANTT di progetto aggiornato e proposto all'inizio del mese di agosto. Sono continuate le attività di coinvolgimento dei partner, degli stakeholder e degli utenti. Le comunicazioni, per lo più realizzate via PEC, erano tese alla generazione di un *kernel* operativo rispetto al progetto.

Nel seguito è riportata la sintesi delle attività del solo Politecnico per meglio individuarne la stadiazione rispetto alle clausole contrattuali.

Nel seguito sono riportati i deliverable 4 e 5 per la componente di competenza Politecnico.

Oltre alle attività descritte nel seguito sono state messe in atto attività di coordinamento tra i gruppi cooperanti manifestatisi in comunicazioni ed alcuni incontri, attività di diffusione scientifica dei risultati preliminarmente ottenuti e attività di diffusione sul progetto e pubblicità' (peraltro prevista contrattualmente).

Fermo restando la continuazione delle attività in carico al Politecnico di Bari, si rimane in attesa delle indicazioni degli altri partners in funzione delle singole attività previste nel Gantt

Restando a disposizione di ogni ulteriore richiesta di chiarimento

Prof. Ing. Vincenzo Di Lecce

## ATTIVITÀ PREVISTE

Il progetto prevede un GANTT (di seguito riportato) che dettagli le attività rispetto al tempo di realizzazione.

ATTIVITA'	SCADENZE																		
	17/01 14/02	15/02 15/03	16/03 13/04	14/04 12/05	13/05 10/06	11/06 08/07	09/07 05/08	06/08 03/09	04/09 02/10	03/10 31/10	01/11 29/11	30/11 27/12	28/12 24/01	25/01 22/02	23/02 22/03	23/03 20/04	21/04 19/05	20/05 17/06	
Analisi e comprensione dell'Utenza Finale anche attraverso specifiche fasi di coprogettazione			D1																
Definizione del modello di interazione tra i diversi attori coinvolti						D2													
Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni							D3												
Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale								D4 D5		D6	D7 D8 D9		D10 D11		D12	D13 D14			
Dimostrazione e presentazione in modalità demo lab pubblico delle soluzioni prototipali sviluppate, anche al fine di renderle fruibili da parte di ulteriori comunità di utenti interessati																		D15	
Analisi per la valorizzazione economica dei risultati ottenuti nella sperimentazione																		D16	
Milestone		M		M		M		M		M		M		M		M		M	
Open Workshop			W			W			W			W			W			W	
							18/08	SAL INTERMEDIO 40%					18/12	SAL INTERMEDIO 60%					17/05

D1	Piattaforma Web di discussione
D2	Simulacri e modelli throw-away
D3	Sistema diffusione odore percettibile
D4	DB per servizi di storage con geolocalizzazione dati (step 1)
D5	Sensore monitoraggio radon (step 1)
D6	Attuatore ricambio aria (step 1)
D7	DSS (step 1)
D8	Web Gis (step 1)
D9	Communication machine (step 1)
D10	DB per servizi di storage con geolocalizzazione dati (step 2)
D11	Sensore monitoraggio radon (step 2)
D12	Attuatore ricambio aria (step 2)
D13	Web Gis (step 2)
D14	Communication machine (step 2)
D15	Documentazione attività svolta
D16	Produzione manualistica e sistemi di interfaccia

<b>Milestones</b>	Organizzate con cadenza bimestrale
<b>Open Workshop</b>	Organizzati con cadenza trimestrale

Dalla relazione tra attività e deliverable si evince che il *D1-Piattaforma Web di discussione* è relativo alle attività:

- Analisi e comprensione dell'Utenza Finale anche attraverso specifiche fasi di coprogettazione;
- Definizione del modello di interazione tra i diversi attori coinvolti.

Il deliverable D1 era inizialmente previsto al 3° mese dell'attività. Vista la data di trasmissione del PDA alla Regione Puglia (31-1-2019) e la necessità di concludere il progetto entro il 17 Giugno 2020, il GANTT è stato ridotto a 16,5 mesi rispetto ai 18 iniziali mediante compattazione delle attività e dei relativi tempi di sviluppo. Conseguenza è che il D1 viene anticipato al 10 aprile 2019.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al D1 sono di competenza prevalente della ditta ECM. IL Politecnico in co-attività si è occupato di avviare la prototipazione delle interfacce del webgis attraverso la classificazione degli utenti,

attività che verrà conclusa più avanti. Le informazioni sono riportate provvisoriamente sulle pagine web del gruppo AeFLab del Politecnico di Bari.

Analogamente il *D2-Simulacri e modelli throw-away* è relativo alle attività:

- Analisi e comprensione dell'Utenza Finale anche attraverso specifiche fasi di co-progettazione (conclusione);
- Definizione del modello di interazione tra i diversi attori coinvolti (conclusione);
- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni;
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale.

Il deliverable D2 era inizialmente previsto al 7° mese dell'attività. Per quanto già riportato è stato anticipato al 1 agosto 2019.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al D2 non hanno competenza prevalente. Il Politecnico in co-attività si è occupato della generazione dei modelli throw-away destinati al primo tentativo di presentazione agli utenti al fine di sensibilizzarne l'interesse e generare le successive fasi di cooperazione. Saranno concluse le attività di classificazione degli utenti per le interfacce del webgis. Le informazioni sono riportate provvisoriamente sulle pagine web del gruppo AeFLab del Politecnico di Bari.

Analogamente il *D3- Sistema diffusione odore percettibile* è relativo alle attività:

- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni;
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale.

Il deliverable D3 era inizialmente previsto all'8° mese dell'attività. Per quanto già riportato è stato anticipato al 27 agosto 2019.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al D3 hanno competenza prevalente per il Politecnico. Il Politecnico in co-attività si occuperà del sistema di diffusione dell'odore percettibile realizzando un protocollo da utilizzare nelle scuole selezionate per la sperimentazione con i ragazzi dai 6 ai 14 anni. L'attività verrà conclusa più avanti.

Analogamente i *D4-DB per servizi di storage con geolocalizzazione dati (step 1)* e *D5-Sensore monitoraggio radon (step 1)* sono relativi alle attività:

- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni;
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale.

I deliverable D4 e D5 erano inizialmente previsti al 9° mese dell'attività. Per quanto già riportato sono stati anticipati al 27 settembre 2019.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al D4 non hanno competenza prevalente, mentre per il deliverable D5 la competenza prevalente è della ditta COMES. Il Politecnico in co-attività si occuperà della attivazione di un webgis open source su server da definire e della prima sperimentazione delle tecniche di valutazione differenziale tra sistemi passivi ed attivi di tipo commerciale. Inoltre si occuperà di definire la messaggistica tra sensori e gis. Le attività verranno concluse più avanti.

Analogamente il *D6- Attuatore ricambio aria (step 1)* è relativo alle attività:

- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni;
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale.

Il deliverable D6 era inizialmente previsto al 11° mese dell'attività. Per quanto già riportato è stato anticipato in modo proporzionale ed anche in funzione dello stato di attuazione delle attività che lo precedono.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al D6 hanno competenza prevalente dei partner industriali. Il Politecnico in co-attività si occuperà dell'integrazione con quanto di propria competenza. L'attività verrà conclusa più avanti.

Analogamente i *D7- DSS (step 1)*, *D8- Web Gis (step 1)* e *D9- Communication machine (step 1)* sono relativi alle attività:

- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni;
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale.

I deliverable D7, D8 e D9 erano inizialmente previsti al 12° mese dell'attività. Per quanto già riportato sono stati anticipati in modo proporzionale ed anche in funzione dello stato di attuazione delle attività che li precedono.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al

D7 e al D9 hanno competenza prevalente dei partner industriali. Il Politecnico in co-attività si occuperà dell'integrazione con quanto di propria competenza. L'attività D8 vede maggior coinvolgimento del Politecnico in continuazione di quanto in D1. Le attività verranno concluse più avanti.

Analogamente i *D10-DB per servizi di storage con geolocalizzazione dati (step 2)* e *D11-Sensore monitoraggio radon (step 2)* sono relativi alle attività:

- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni;
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale;
- Dimostrazione e presentazione in modalità demo lab pubblico delle soluzioni prototipali sviluppate, anche al fine di renderle fruibili da parte di ulteriori comunità di utenti interessati.

I deliverable D10 e D11 erano inizialmente previsti al 14° mese dell'attività. Per quanto già riportato sono stati anticipati in modo proporzionale ed anche in funzione dello stato di attuazione delle attività che li precedono.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al D10 non hanno competenza prevalente, mentre per il deliverable D11 la competenza prevalente è della ditta COMES. Il Politecnico in co-attività si occuperà dell'integrazione del DSS nel webgis open source su server da definire e della valutazione della sperimentazione delle tecniche di valutazione differenziale tra sistemi passivi ed attivi di tipo commerciale.

Analogamente il *D12- Attuatore ricambio aria (step 2)* è relativo alle attività:

- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni (conclusione);
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale;
- Dimostrazione e presentazione in modalità demo lab pubblico delle soluzioni prototipali sviluppate, anche al fine di renderle fruibili da parte di ulteriori comunità di utenti interessati;
- Analisi per la valorizzazione economica dei risultati ottenuti nella sperimentazione.

Il deliverable D12 era inizialmente previsto al 16° mese dell'attività. Per quanto già riportato è stato anticipato in modo proporzionale ed anche in funzione dello stato di attuazione delle attività che li precedono.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al

D12 hanno competenza prevalente dei partner industriali. Il Politecnico in co-attività si occuperà dell'integrazione con quanto di propria competenza.

Analogamente i *D13- Web Gis (step 2)* e *D14- Communication machine (step 2)* sono relativi alle attività:

- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale (conclusione);
- Dimostrazione e presentazione in modalità demo lab pubblico delle soluzioni prototipali sviluppate, anche al fine di renderle fruibili da parte di ulteriori comunità di utenti interessati;
- Analisi per la valorizzazione economica dei risultati ottenuti nella sperimentazione.

I deliverable D13 e D14 erano inizialmente previsti al 17° mese dell'attività. Per quanto già riportato sono stati anticipati in modo proporzionale ed anche in funzione dello stato di attuazione delle attività che li precedono.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS (vedi Allegato 02), le attività relative al D13 e D14 hanno competenza prevalente dei partner industriali. Il Politecnico in co-attività si occuperà dell'integrazione con quanto di propria competenza. L'attività D13 vede maggior coinvolgimento del Politecnico in continuazione di quanto in D8.

Infine i *D15-Documentazione attività svolta* e *D16-Produzione manualistica e sistemi di interfaccia* concludono il progetto con la raccolta dei risultati relativi a:

- Dimostrazione e presentazione in modalità demo lab pubblico delle soluzioni prototipali sviluppate, anche al fine di renderle fruibili da parte di ulteriori comunità di utenti interessati;
- Analisi per la valorizzazione economica dei risultati ottenuti nella sperimentazione.

Questi deliverable chiudono il progetto con la produzione della documentazione sia tecnico/scientifica che amministrativa.

## Deliverable n. 4 e 5 progetto RADON - Politecnico di Bari – gruppo AeFLab – Bari 2-10-2019

### **Ricercatori coinvolti**

Prof. Ing. Vincenzo Di Lecce (responsabile scientifico)  
Prof. Ing. Cataldo Guaragnella  
Prof. Ing. Maria Rizzi  
Prof. Arch. Annalisa Di Roma  
Prof. Dott. Dian Palagachev  
Prof. Dott. Tiziano Politi  
Prof. Dott. Marina Popolizio  
Prof. Ing. Cristoforo Marzocca  
Dott. Arch. Alessandra Scarcelli  
Dott. Flavia Esposito  
Dott. Roberta Borzone  
Dott. Michele Di Gioia  
Prof. Ing. Alberto Amato  
Dott. Jessica Uva  
Dott. Arch. Emanuele Digioia

### **Collaboratori Esterni:**

Dott.ssa Rita Dario (AOUC Policlinico Bari)  
prof. Dott. Francesco Giordano (Dipartimento interateneo di Fisica di Bari)  
dott.ssa Francesca Pantaleo (Dipartimento interateneo di Fisica di Bari)  
prof. Dott. Roberto Calienno (Docente a.c. Politecnico di Bari);  
dott.ssa Adriana Romeo (Tirocinante Politecnico di Bari);

Il progetto era inizialmente previsto della durata di 18 mesi. Vista la data di trasmissione del PDA alla Regione Puglia (31-1-2019) e la necessità di concludere il progetto entro il 17 Giugno 2020, il GANTT è stato ridotto a 16,5 mesi rispetto ai 18 iniziali mediante compattazione delle attività e dei relativi tempi di sviluppo.

Per organizzazione propria e per gli adempimenti amministrativi legati al personale a tempo determinato, è stato adottato il modello a meeting mensili con generazione da parte di tutto il gruppo di ricerca di dettagliate sintesi dell'attività svolta anche in funzione di quanto riportato nel servizio web interno di rendicontazione.

Il materiale così collazionato è a base delle milestone, dei workshop e quindi dei deliverable già prodotti e futuri. Verrà pubblicato integralmente sul sito web di progetto in condivisione all'approccio Living Lab e provvisoriamente reso disponibile sul sito del gruppo AeFLab del Politecnico di Bari al link → <http://www.aeflab.net/index.php?idx=223>.



I deliverable D4 e D5 erano inizialmente previsti al 9° mese dell'attività. Per quanto già riportato sono stati anticipati al 27 settembre 2019.

In luglio si è deciso di aderire alla "Notte Europea dei Ricercatori". Per tale motivo e per meglio rappresentare la risposta di un vasto pubblico all'iniziativa RADON, proprio in ottica Living Labs, si è posticipata di qualche giorno l'emissione dei deliverable 4 e 5.

La Notte Europea dei Ricercatori è un'iniziativa promossa dalla Commissione Europea fin dal 2005 che coinvolge ogni anno migliaia di ricercatori e istituzioni di ricerca in tutti i paesi europei. L'obiettivo è di creare occasioni di incontro tra ricercatori e cittadini per diffondere la cultura scientifica e la conoscenza delle professioni della ricerca in un contesto informale e stimolante. Gli eventi hanno riguardato esperimenti e dimostrazioni scientifiche dal vivo, mostre e visite guidate, conferenze e seminari divulgativi, spettacoli e concerti.

Hanno aderito all'iniziativa 9 progetti per un totale di 116 città. La data centrale della manifestazione è stata il 27 settembre, dalle 11:00 del mattino alla mezzanotte.

Quest'anno gli eventi si sono svolti prevalentemente in due location: Sala Murat e Fortino.

I partner dell'iniziativa dell'edizione di quest'anno sono i ricercatori dell'Università degli Studi di Bari Aldo Moro (UNIBA), del Consiglio Nazionale delle Ricerche, (CNR) del Politecnico di Bari (POLITECNICO), dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), insieme al Sistema Museale dell'UNIBA, l'ISTAT (sede di Bari), l'Accademia Pugliese delle Scienze, la Polizia scientifica della Polizia di Stato con il suo laboratorio mobile.

Nella giornata del 27 settembre nella sede della Sala Murat e del Fortino sono state presenti anche numerose studentesche delle diverse classi di età, a cui è stato proposto il progetto RADON ed in particolare la prova olfattiva e una versione di test del sensore elettronico di gas RADON.

Per tale scopo è stato anche realizzato materiale divulgativo qui in allegato.

Rilevante è stata la presenza anche dei docenti e dei responsabili didattici di varie scuole di ordine e grado. Con alcuni di questi è stata avviata una interlocuzione anche in termini di alternanza scuola/lavoro e/o di semplice sensibilizzazione alle tematiche progettuali. Tanto in mancanza di indicazioni del Comune di Maruggio relative al coinvolgimento di Scuole sul loro territorio.

Il modello Living Lab alla base del progetto comporta rilevanti e preponderanti azioni di co-attività. Solo a scopo di rendicontazione ed in funzione delle competenze dei singoli Enti coinvolti, anche in relazione alla costituzione dell'ATS, le attività relative al D4 non hanno competenza prevalente, mentre per il deliverable D5 la competenza prevalente è della ditta COMES. Il Politecnico in co-attività si occuperà dell'attivazione di un webgis open source su server da definire e della prima sperimentazione delle tecniche di valutazione differenziale tra sistemi passivi ed attivi di tipo commerciale. Inoltre si occuperà di definire la messaggistica tra sensori e gis. Le attività verranno concluse più avanti.

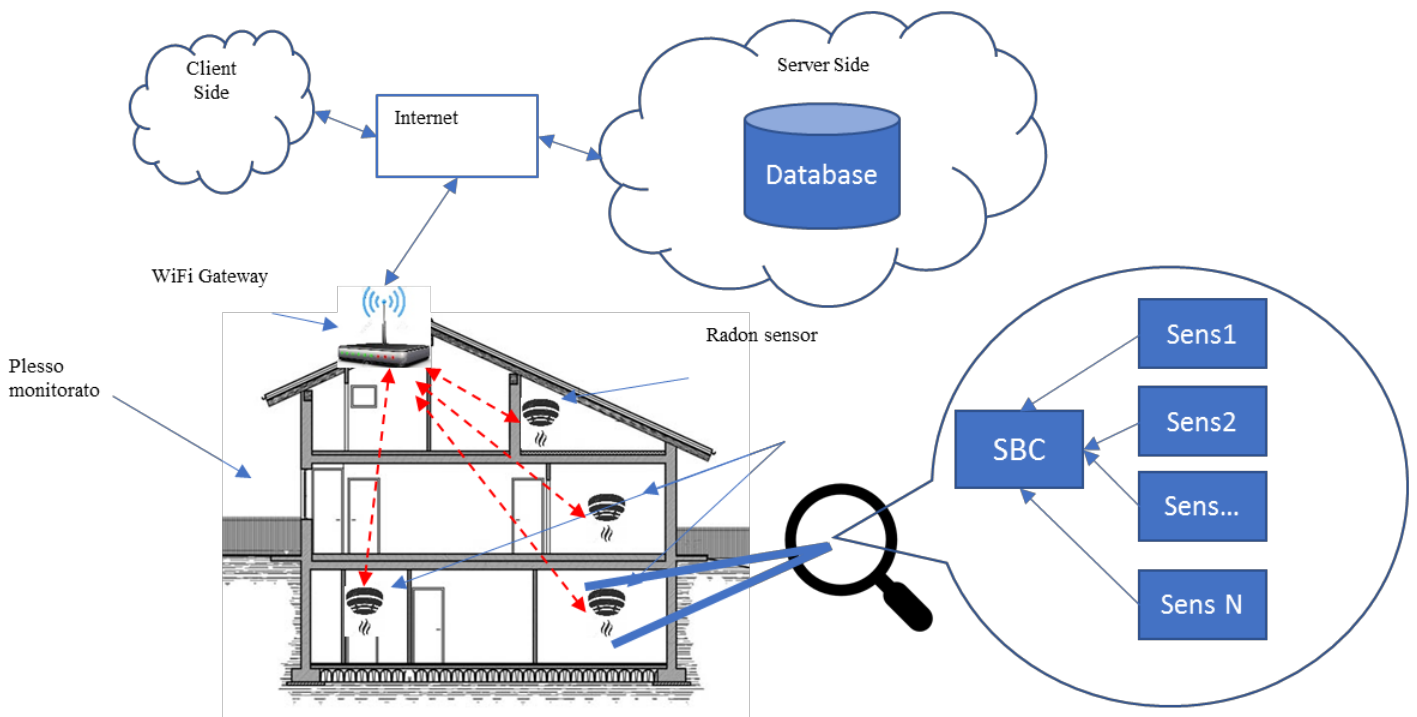
### D4-DB per servizi di storage con geolocalizzazione dati (step 1)

La definizione prevista in D4-DB per servizi di storage con geolocalizzazione dati (step 1) e il D5-Sensore monitoraggio radon (step 1) sono relativi alle attività:

- Prototipazione e personalizzazione delle soluzioni;
- Test e sperimentazione di nuove tecnologie in applicazioni reali rispondenti al fabbisogno effettivo dell'Utenza Finale.

Il mancato coinvolgimento del Comune di Maruggio con la relativa non identificazione dei locali e delle figure (stakeholder) coinvolte, unita alla non prevalente competenza del Politecnico sulla specifica attività' (il Politecnico in co-attività si occuperà della attivazione di un webgis open source su server da definire e della prima sperimentazione delle tecniche di valutazione differenziale tra sistemi passivi ed attivi di tipo commerciale, occupandosi inoltre dalla comunicazione tra sensori e gis), ha comportato alla generalizzazione delle scelte e delle strutture dati almeno per le attività di competenza specifica. Nel rispetto delle fasi cooperative e di Living Labs, tutto il materiale è stato reso disponibile via web e via Social Network.

Primariamente è stata definita un'architettura del sistema. La generalizzazione delle specifiche, imposta dalla mancata definizione del sedime, ha comportato la necessità di definire anche una modalità di accesso autonoma alla rete attraverso un Wifi-LTE gateway.



Per tale scopo è stato selezionato il dispositivo RUT240 della Teltronika. Il dispositivo, di produzione italiana, è un router cellulare 4G /LTE & WiFi compatto ma potente con Ethernet e I/O. È apparso idoneo alla rapida implementazione in applicazioni IoT mission critical dove sono necessarie funzionalità avanzate di Networking, VPN e sicurezza.



In precedenza è stata mostrata l'architettura di sistema con particolare riferimento alla struttura del singolo punto di monitoraggio ovvero il singolo plesso. Questa struttura si replicherà per ogni plesso da monitorare con l'unica eccezione del router 4G /LTE & WiFi, previsto solo ove non è presente altra connessione ad internet.

Ogni ambiente sarà monitorato da una o più centraline. Ogni centralina è composta da:

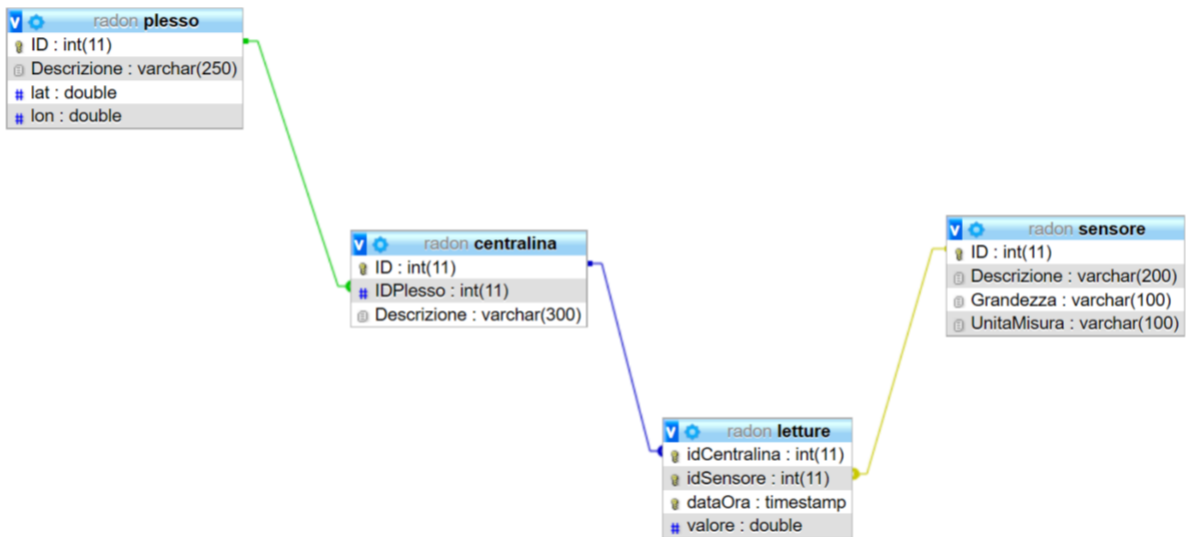
- 1 SBC (Single Board Computer) composto da un dispositivo di tipo Arduino MKR 1000 con modulo wifi
- N sensori capaci di rilevare varie grandezze fra cui la concentrazione di gas radon, particolato fine, ecc.
- Attuatori ove previsto

Il sistema così strutturato permetterà la trasmissione dei dati dal plesso attrezzato ad un GIS in grado di erogare i servizi previsti alle classi di utenza già identificate in progetto.

La struttura gerarchica del sistema deve essere assolutamente riportata nel database di sistema che:

- gestirà l'archiviazione dei dati
- Supporterà l'interfaccia web del sistema che fornirà i dati agli utenti in forma grafica e georeferenziata

Nel seguito ne è riportata la struttura.



#### D5-Sensore monitoraggio radon (step 1)

E' anche prevista la realizzazione di un sensore di radioattività, utilizzabile per il gas RADON ed in grado di comunicare informazioni al GIS del D4. Le attività verranno concluse più avanti.

Per tale applicazione si è optato per una soluzione commerciale essendo già disponibili numerosi sensori con diverse caratteristiche.

E' possibile suddividere i sensori in due categorie principali: Attivi e Passivi.

I sensori passivi sono in grado di misurare la concentrazione di Radon in un lasso temporale variabile (pochi giorni fino a mesi) mediante la modifica delle loro caratteristiche chimico-fisiche ad opera dell'interazione con le particelle  $\alpha$  emesse dalla catena di decadimento del Radon. Sono generalmente i dosimetri più utilizzati grazie al loro basso costo, la facilità di installazione e utilizzo (non necessitano di alimentazione elettrica per il funzionamento) e dimensioni ridotte. Tuttavia necessitano, per l'interpretazione dei risultati, dell'analisi da parte di laboratori specializzati. E' bene evidenziare che questa operazione comporta un margine d'errore dato dalla variabilità intrinseca tra un laboratorio e l'altro, per cui sono necessarie operazioni di taratura periodiche. Inoltre l'utilizzo di dosimetri passivi permette di avere una stima della concentrazione media del Radon nell'arco temporale oggetto di analisi senza restituire invece una misurazione puntiforme, molto più utile a causa della variabilità della concentrazione di Radon legata alla variazione di altre grandezze come la ventilazione, la temperatura, l'umidità, la presenza di inquinanti etc. Per esprimere il concetto in parole più semplici non è possibile verificare la concentrazione momento per momento seppur, come è ampiamente noto anche in letteratura, la concentrazione di Radon può variare notevolmente non solo in base al particolare periodo dell'anno in cui si effettua la misurazione ma anche

nell'arco della stessa giornata (es. giorno/notte). Dunque il valore di output che si otterrà sarà solo la media per esempio di due valori anche di ordini di grandezza diversa (es. 40 Bq/m<sup>3</sup> e 400 Bq/m<sup>3</sup>).

Tra i sensori passivi commerciali vi sono:

- Rivelatori a carbone attivo (es. ST-100 Pico-Rad)
- Rivelatori a camera ad elettreti (es. E-Perm Rad Elec)
- Rilevatori a stato solido di tracce nucleari (es. CR39- PPG Industries Inc. e LR115-Kodak)

Di seguito sono discusse le singole caratteristiche.

-Rilevatori a carbone attivo

Essi hanno affinità per diversi gas compreso il Radon. Generalmente sono costituiti da una scatola metallica cilindrica contenente i carboni attivi che adsorbono (ma non rivelano) il radon presente nell'aria e i suoi prodotti di decadimento. Prima dell'installazione generalmente l'apparecchio è riscaldato per eliminare l'eventuale presenza di vapore acqueo e di altri gas. Dopo un tempo di esposizione, dai 2 ai 7 giorni, i rilevatori vengono inviati a laboratori accreditati per l'analisi. L'analisi effettuata sui campioni raccolti consiste in una spettrometria gamma delle emissioni di piombo-214 e bismuto-214, tramite rivelatore a scintillazione, tipicamente a cristalli di ioduro di sodio. Dai risultati dell'analisi spettrale, dalla conoscenza del tempo di esposizione e del fattore di calibrazione si ricava la concentrazione relativa al periodo di esposizione. La tecnica dei carboni attivi è adatta a misure di concentrazioni anche inferiori ai 20 Bq/m<sup>3</sup> e richiede pochi giorni per la sua realizzazione, ma può essere applicata anche per determinare la concentrazione media annuale eseguendo una misura ogni 3 mesi. Il limite principale consiste nella forte dipendenza dalle condizioni ambientali di temperatura e umidità.

-Rivelatori a camera ad elettreti

Sono formati da una camera a ionizzazione di materiale plastico conduttore e di un elettrete costituito da un disco di teflon carico elettrostaticamente in modo permanente. Per effetto del campo elettrostatico prodotto dall'elettrete all'interno della camera a ionizzazione gli ioni negativi, generati dal decadimento del radon e raccolti dall'elettrete, provocano una diminuzione della carica elettrostatica mentre gli ioni positivi vengono raccolti e neutralizzati dalle pareti della camera. La differenza di carica elettrostatica dell'elettrete, misurata prima e dopo il posizionamento del dosimetro, mediante un voltmetro risulta proporzionale alla concentrazione di radon nell'ambiente di misura e al tempo di esposizione. Misurando con un voltmetro la perdita di potenziale durante un certo intervallo di tempo e utilizzando appropriati fattori di calibrazione si determina la concentrazione media di radon nella camera e quindi nell'ambiente. Le camere di diffusione possono essere di due tipologie (di tipo S o L) in base al volume di aria che possono accogliere. Le camere di tipo S sono utilizzate per misure di breve periodo, con la possibilità di accogliere un volume d'aria di circa 210 mL mentre quelle di tipo L hanno un volume minore di circa 50 mL e sono indicate per misurazioni più lunghe. Anche per gli elettreti è possibile scegliere di utilizzare due tipologie, ST e LT, in base alla minore o maggiore sensibilità rispettivamente. La combinazione tra queste due componenti permette

di scegliere quella più adatta in base al tempo di esposizione necessario, dai 3 ai 7 giorni per la configurazione S+ST, 15-30 gg per L+ST, 30-90 gg per S+LT e 6-12 mesi per L+LT. Diversi sono i limiti dell'elettretre di cui tenere conto, tra i principali si ricorda che il potenziale elettrostatico del disco di Teflon risente dei campi elettromagnetici locali e va considerato un fattore correttivo per l'analisi in base all'altitudine del luogo di misura a causa della differente pressione atmosferica, la discriminazione della radiazione alfa da quella gamma richiede una particolare procedura, la superficie dell'elettretre non va toccata e deve risultare priva di polvere (per questo alcuni dosimetri presentano un filtro per evitarne l'entrata e il deposito all'interno della camera) ed infine bisogna avere ben cura che il voltmetro che misurerà il potenziale dell'elettretre va conservato in ambienti a bassa umidità e normali condizioni di temperatura.

-Rilevatori a stato solido di tracce nucleari

Il sistema può essere di tipo aperto o chiuso a seconda se presenti o meno una camera di diffusione. Generalmente è composto da una camera di diffusione che permette l'ingresso del solo Radon e non dei suoi prodotti di decadimento (sottoforma di particolato), e da un rivelatore di tracce nucleari. Il rivelatore di tracce è costituito da una lastrina (1 cm x 1 cm) di materiale organico speciale, tipicamente nitrato di cellulosa (LR115) o poliallil di-glicol carbonato-PADC (CR39), che interagisce con le emissioni  $\alpha$  del Radon e della sua progenie (formatasi dal decadimento del Radon entrato nella camera di diffusione) che, causando danni ai legami chimici del polimero, formano la cosiddetta "traccia latente". Terminata l'esposizione, il rivelatore viene rimosso dall'apposito contenitore e trattato chimicamente (con soluzioni acide o basiche a seconda del materiale utilizzato) alla temperatura di alcune decine di gradi per evidenziare le tracce lasciate dalle particelle  $\alpha$ , che vengono quindi contate con metodi ottici o elettrici. Dalla conoscenza del numero di tracce, del tempo di esposizione e del fattore di calibrazione del sistema si determina la concentrazione media di Radon durante l'esposizione del rivelatore. La risposta di un rivelatore a tracce è indipendente dalle particolari condizioni ambientali e non richiede, come in altri casi, l'analisi spettrometrica dei discendenti del radon. I tempi di esposizione possono essere da brevi a lunghi, per cui tale tecnica ben si presta alla determinazione di concentrazione media annuale. Ogni rivelatore, fornito già assemblato e pronto all'uso, è identificato univocamente per mezzo di codice alfanumerico impresso sulla parte sensibile e riportato anche all'esterno del dispositivo. Gli svantaggi nell'utilizzo di questa tipologia di rilevatori sono l'impossibilità di usarli per misurazioni di breve periodo (es.giorni), la variabilità di accuratezza tra i laboratori che li analizzano, la loro risposta alla concentrazione di radon è fortemente influenzata da un fattore di equilibrio F che varia in base al polimero utilizzato. Inoltre come altri dosimetri passivi vi è l'impossibilità di visualizzare eventuali variazioni nelle condizioni di campionamento che possono avvenire durante il periodo di misura.

I sensori attivi

I rivelatori attivi sono dispositivi elettronici in grado di fornire in modo quasi immediato il risultato della misura di radon indoor. I risultati da essi forniti, nella quasi totalità dei casi sul posto di misura e in tempo quasi reale, presentano un costo per l'analisi più elevato rispetto ai rivelatori passivi e per questo vengono utilizzati meno frequentemente. Tuttavia sono

estremamente utili ed efficaci in circostanze dove è necessario effettuare valutazioni sull'andamento temporale. Negli ambienti di lavoro o nelle scuole può risultare infatti estremamente utile conoscere l'andamento della concentrazione di radon durante l'arco della giornata o della settimana per valutare l'esposizione durante l'effettiva permanenza rispetto alle ore in cui gli ambienti non sono frequentati. Un altro possibile utilizzo riguarda il caso in cui si presenti la necessità di stimare, in tempi brevi, l'efficacia di un'azione di bonifica in un edificio. La sensibilità di questi sistemi è in genere molto elevata ed indicata per misurare anche concentrazioni di radon di pochi Bq/m<sup>3</sup>. Inoltre è possibile integrarli anche con altri tipi di sensori.

Tra i sensori attivi in commercio vi sono:

- Camera a scintillazione o cella di Lucas(es. AB5-Pylon)
- Camera a ionizzazione (es. CRM510-ZetaLab)
- Metodo dei due filtri
- Rivelatore a raccolta elettrostatica dei prodotti di decadimento (es. RN53-STK-TEVISO)

Di seguito sono discusse le singole caratteristiche.

-Camera a scintillazione

Le celle a scintillazione sono dispositivi di misurazione costituiti da camere metalliche di volume compreso tra 100 e 1500 cm<sup>3</sup> circa, con pareti interne rivestite da uno spessore di 20mg/cm<sup>2</sup> di solfuro di zinco drogato con argento (ZnS-Ag), uno scintillatore inorganico solido particolarmente sensibile alle radiazioni  $\alpha$ . Il contenitore è inoltre dotato di una finestra di quarzo trasparente ai fotoni di luminescenza, prodotti dall'interazione delle particelle  $\alpha$  con lo strato di ZnS-Ag, e viene accoppiato otticamente con un fotomoltiplicatore in grado di contare i fotoni emessi. E' importante calibrare ogni cella con il proprio fotomoltiplicatore. Inoltre per evitare che i prodotti di decadimento si depositino sul quarzo, attirati dalla carica negativa indotta dal fotomoltiplicatore, si riveste la finestra di un sottile strato di ossido di stagno. L'efficienza di rivelazione di questo tipo di celle, cioè il rapporto tra il numero di impulsi elettrici che fuoriescono dal fotomoltiplicatore e il numero di decadimenti all'interno della cella, è tipicamente del 70-80%. Il campionamento può avvenire in due modalità: 1) facendo fluire l'aria nella cella attraverso le valvole di ingresso e di uscita, per un periodo sufficiente per uguagliare la concentrazione di Radon interna alla cella con quella esterna; 2) dopo avere fatto il vuoto nel dispositivo, si aspira l'aria ambiente attraverso l'apertura della valvola di ingresso fino a riempire la cella. Tutta l'aria aspirata deve sempre passare attraverso un filtro per eliminare i prodotti di decadimento presenti in essa. A riempimento avvenuto, occorre aspettare un periodo di tempo sufficiente a portare in equilibrio il Radon con i suoi prodotti di decadimento, prima di eseguire il conteggio dei fotoni, di solito tale tempo corrisponde a circa 3 ore. Le celle di Lucas possono essere utilizzate anche per il campionamento in continuo, tuttavia l'uso di tale dispositivo di misurazione pone problemi di contaminazione della cella da parte dei prodotti di decadimento, che tendono più o meno facilmente a depositarsi sulle pareti (anche in funzione del livello di umidità presente), e quindi ad aumentare il fondo ed i problemi di calibrazione. Occorre infine

mettere in rilievo come questa classe di strumenti fornisca il valore medio della concentrazione del Radon durante il periodo di misura, e quindi non è adatto quando la concentrazione cambia rapidamente.

#### -Camera a ionizzazione

La camera a ionizzazione consiste generalmente in un contenitore cilindrico con pareti metalliche, composto da due elettrodi, uno costituito dalle pareti stesse e l'altro da un filo centrale che funziona come anodo (raramente come catodo). Con un'opportuna differenza di potenziale tra i due elettrodi si ottiene un regime di saturazione che permette la raccolta sull'anodo di tutti gli elettroni prodotti dalla ionizzazione dell'aria campionata da parte delle particelle  $\alpha$  del Radon e dei suoi prodotti di decadimento. La raccolta degli ioni così prodotti fa registrare un passaggio di corrente. Il numero degli impulsi è proporzionale alla concentrazione radon. Per la misura della concentrazione di radon si possono usare camere a ionizzazione sigillate, nelle quali l'aria, una volta campionata, viene mantenuta ermeticamente fino al raggiungimento dell'equilibrio radioattivo, oppure camere a flusso costante d'aria. In queste ultime non si raggiunge mai l'equilibrio poiché il tempo di transito dato dal rapporto del volume con la portata non lo permette. In entrambi i casi l'aria immessa nelle camere a ionizzazione deve essere preliminarmente filtrata per impedire l'ingresso di impurezze (come ossigeno e vapore acqueo che risultano elettronegativi), contaminanti, polveri e soprattutto i prodotti di decadimento presenti esternamente.

#### -Sistema dei due filtri

In questa tipologia di dispositivo l'aria è campionata in modo attivo attraverso due filtri in serie separati da una camera di decadimento. Nel passaggio attraverso il primo filtro vengono rimossi tutti i prodotti di decadimento associati ad aerosol del volume campionato in modo che nella camera di decadimento entri solo il Radon. Durante il tempo di transito all'interno della camera, dato dal rapporto tra il volume della camera e la portata di campionamento, una frazione costante di Radon decade, e i suoi prodotti di decadimento sono raccolti sul secondo filtro, dove sono misurati da un opportuno sistema di misurazione dell'attività alfa accoppiato al secondo filtro. In particolare viene misurata l'attività del  $^{218}\text{Po}$ . L'attività alfa del secondo filtro viene generalmente misurata con uno scintillatore a ZnS-Ag, oppure mediante sistemi di spettrometria alfa, ad esempio semiconduttori (rivelatori di Silicio a barriera superficiale). È necessario per questa tipologia di misurazione calcolare i coefficienti di correzione necessari per tenere conto della perdita del Polonio-218 dal punto di generazione al secondo filtro, tenendo in considerazione la dipendenza del suo coefficiente di diffusione dal grado di umidità.

#### -Rivelatore a raccolta elettrostatica dei prodotti di decadimento

I rivelatori a raccolta elettrostatica si basano sul trasporto degli ioni positivi (es. Polonio-218 e Polonio-214), mediante l'applicazione di un campo elettrico creato tra le pareti della camera, su di un rivelatore al silicio sul quale decadono, che ne permette la misura e la discriminazione dello spettro emesso dai differenti decadimenti.



La peculiarità del sensore di interagire con un sistema esterno ha condizionato la scelta su componenti assemblabili e di certa diffusione.

Come sensore e' stato utilizzato lo startkit RN53-STK della TEVISO.

Nel seguito le specifiche:

---

### **Radon detector RN53\*:**

---

Livello dell'impulso di uscita:	pari alla tensione di alimentazione
---------------------------------	-------------------------------------

---

Durata dell'impulso di uscita:	200 $\mu$ s (BASSO-ALTO-BASSO)
--------------------------------	--------------------------------

---

Range della tensione di alimentazione:	da 2.5 V a 15.0 V
--	-------------------

---

Corrente di alimentazione:	20 $\mu$ A
----------------------------	------------

---

Range operativo di temperatura:	da -20°C a 60°C
---------------------------------	-----------------

---

Sensibilità:	250 cph/1000Bq/m <sup>3</sup>
--------------	-------------------------------

---

Accuratezza:	$\pm$ 10% a 1000Bq/m <sup>3</sup>
--------------	-----------------------------------

---

### **RN53 tester:**

---

Dimensioni esterne:	40 mm (diametro), 15 mm (altezza)
---------------------	-----------------------------------

---

Sorgente di Radon:	Radio dipinto in una capsula sigillata
--------------------	--

---

Schermatura interna:	1 mm di piombo
----------------------	----------------

---

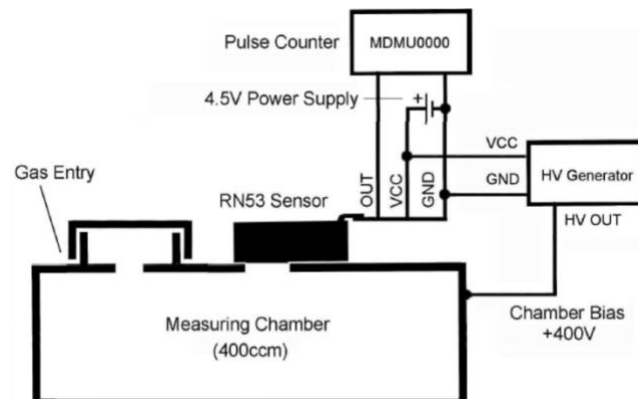
Attività:	<0.05 $\mu$ Ci
-----------	----------------

---

Tempo di dimezzamento:	1500 anni
------------------------	-----------

\*V<sub>cc</sub> = 4.5 V, T<sub>A</sub> = 23°C, umidità relativa RH = 20%, volume della camera di misura: 400 cm<sup>3</sup>, tensione della camera: +400 V

Per realizzare misure di concentrazione del gas Radon è possibile utilizzare il kit RN53 con la configurazione mostrata in figura. L'equilibrio del gas Radon in un contenitore di plastica viene raggiunto dopo tre giorni; il tempo di osservazione dovrebbe essere di almeno un'ora.



Allo scopo di leggere i dati provenienti dal sensore, è stato adottato un Arduino MKR1000 WiFi, che consente anche la trasmissione in remoto dei dati stessi, attraverso l'utilizzo di un protocollo di comunicazione ad hoc.

Lo stesso verrà dotato di sensori ancillari e di attuatori in avanzata via di definizione da parte della Dott.ssa UVA. In via preliminare verranno letti dall' SBC le seguenti grandezze:

- particolato
- umidità relativa
- temperatura
- VOC
- Velocità dell'aria (appare necessario definire un sensore prototipale in mancanza di dispositivi commerciali a basso costo e compatibili con l'applicazione-tale attività, benchè non prevista in progetto, è comunque in via di definizione)
- Tensione di alimentazione sensori
- Stato batteria
- Stato alimentazione
- Stato attuatori

La sezione attuatori sarà messa a punto più avanti. Il mancato coinvolgimento del Comune di Maruggio con la relativa non identificazione dei locali in cui verranno realizzati i test ha portato alla necessità di generalizzare l'apparato identificando, almeno per le attività del Politecnico, diverso sedime.

# NOTTE DEI RICERCATORI

**Materiale divulgativo** di carattere generale, per informare sulle problematiche e permettere azioni partecipative (iscrizione SN, registrazione Focus Group, consultazione sito).

Nello specifico sono stati prodotti:

1. Banner verticale roll-up
2. Brochure informative
3. Segnalibri colorati
4. Cartonati illustrativi
5. Banner identificativi

Politecnico di Bari AeF Lab

Radon

Sistema partecipativo attivo per la sensibilizzazione delle comunità al rischio di esposizione al gas RADON

UNIONE EUROPEA Ministero dello Sviluppo Economico Regione Puglia Dipartimento Regionale Economia, Innovazione e Sviluppo Regionale PUGLIA FESR-FSE 2014/2020 Il futuro alla portata di tutti

PARTNERS: Come S.p.A. - Quindici S.r.l. - ECM S.r.l.

Radon

UNIONE EUROPEA

Politecnico di Bari

PUGLIA FESR-FSE 2014/2020 Il futuro alla portata di tutti

AeF Lab

PARTNERS: Come S.p.A. - Quindici S.r.l. - ECM S.r.l.

Radon

C'è radon dove vivo?

Quali i tumori più diffusi?

Seguici su Facebook!

Scopri di più su Radon

Radon

C'è radon dove vivo?

Quali i tumori più diffusi?

Seguici su Facebook!

Scopri di più su Radon

Radon

C'è radon dove vivo?

Quali i tumori più diffusi?

Seguici su Facebook!

Scopri di più su Radon

Radon

C'è radon dove vivo?

Quali i tumori più diffusi?

Seguici su Facebook!

Scopri di più su Radon

Politecnico di Bari AeF Lab

Progetto guidato da FEDERICA SCARICELLI

FOCUS GROUP RADON

Disegno Co-progettazione della soluzione di sviluppo sperimentale e della sua sperimentazione

Development Discussione e verifica delle soluzioni implementative e dei dati sperimentali prodotti in fase di sviluppo della soluzione tecnologica e della metodologia di progetto

Validation Validazione ed analisi dei dati raccolti nelle fasi di test del sistema/metodologia

Business Validazione delle prospettive di mercato relativa alla soluzione tecnologica implementata

Adoption Adozione

Radon

Sistema partecipativo attivo per la sensibilizzazione delle comunità al rischio di esposizione al gas RADON

C'è radon dove vivo? Quali i tumori più diffusi? Seguici su Facebook! Scopri di più su Radon

UNIONE EUROPEA Ministero dello Sviluppo Economico Regione Puglia Dipartimento Regionale Economia, Innovazione e Sviluppo Regionale PUGLIA FESR-FSE 2014/2020 Il futuro alla portata di tutti

PARTNERS: Come S.p.A. - Quindici S.r.l. - ECM S.r.l.