



Ricerca di Sistema elettrico

## Sviluppo delle metodologie e implementazione preliminare di un modello di Smart Homes Network

G. D'Agosta, C. Novelli, F. Pieroni, S. Pizzuti,  
F. Romanello, S. Romano, A. Zanela

## SVILUPPO DELLE METODOLOGIE E IMPLEMENTAZIONE PRELIMINARE DI UN MODELLO DI SMART HOMES NETWORK

G. D'Agosta, C. Novelli, F. Pieroni, S. Pizzuti, F. Romanello, S. Romano, A. Zanela (ENEA)

Settembre 2016

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2015

Area: Efficienza energetica e risparmio di energia negli usi finali elettrici e interazione con altri vettori energetici

Progetto: Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano

Obiettivo: Smart Home Network

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Gli autori ringraziano Erica Vaccari per la preziosa collaborazione

## Indice

SOMMARIO.....	5
<b>1</b> INTRODUZIONE.....	6
<b>2</b> SVILUPPO DELLE METODOLOGIE.....	8
2.1 DEFINIZIONI DELLE VARIABILI DA MONITORARE.....	8
2.2 METODOLOGIE DI ANALISI E AGGREGAZIONE DEI DATI.....	10
2.3 SVILUPPO DI ALGORITMI DI CONTROLLO E DATA FUSION.....	13
2.3.1 <i>La modellazione della logica di controllo</i> .....	13
2.3.2 <i>Sviluppo di algoritmi di controllo</i> .....	14
2.3.3 <i>Sviluppo di algoritmi di data fusion</i> .....	16
2.4 DEFINIZIONE DELLE TIPOLOGIE DI FEEDBACK.....	17
2.5 DEFINIZIONE DEI BENCHMARK DI RIFERIMENTO.....	19
2.6 TECNICHE DI ENGAGEMENT DEL COMPORTAMENTO DELL'UTENTE IN AMBITO RESIDENZIALE.....	20
<b>3</b> SVILUPPO DI UN SIMULATORE RETE DI EDIFICI RESIDENZIALI.....	22
3.1 MODELLAZIONE DI USE CASE DI APPARTAMENTI RESIDENZIALI.....	22
3.1.1 <i>Sviluppo di un simulatore della domanda di energia elettrica</i> .....	22
3.1.2 <i>Sviluppo di un simulatore della domanda di energia termica per uso riscaldamento/condizionamento</i> ...	24
3.2 SIMULAZIONE DI DIFFERENTI SCENARI DI MONITORAGGIO.....	26
3.3 DEFINIZIONE DEL DATA MODEL DI UNO SMART DISTRICT.....	27
<b>4</b> PROGETTAZIONE DELL'ARCHITETTURA DELLA SMART HOMES NETWORK.....	28
4.1 DEFINIZIONE DEI REQUISITI E DELLE PRESTAZIONI DEL SISTEMA.....	28
4.2 DESCRIZIONE DEI SERVIZI DELLA SMART HOME NETWORK.....	29
4.3 ARCHITETTURA DEL SISTEMA.....	31
4.4 COMPONENTI FUNZIONALI E TECNOLOGICHE DEL SISTEMA SMART HOME NETWORK.....	32
4.4.1 <i>Piattaforma di aggregazione</i> .....	32
4.4.2 <i>Protocolli di comunicazione</i> .....	42
4.4.3 <i>Energy Box</i> .....	44
4.4.4 <i>Sensoristica per la Smart Home</i> .....	52
4.4.5 <i>Definizione dei kit di installazione</i> .....	59
4.4.6 <i>Interfaccia di comunicazione verso l'utente</i> .....	63
<b>5</b> USE CASE.....	73
5.1 CASI D'USO "MONITORAGGIO SMART HOME".....	75
5.1.1 <i>Caso d'Uso "Monitoraggio Consumi Elettrici"</i> .....	76
5.1.2 <i>Caso d'Uso "Monitoraggio Consumi Termici"</i> .....	78
5.1.3 <i>Caso d'Uso "Monitoraggio Comfort Indoor/Presenza"</i> .....	80
5.2 CASI D'USO "CONTROLLO SMART HOME".....	82
5.2.1 <i>Controllo remoto di dispositivi elettrici</i> .....	83
5.2.2 <i>Automazione illuminazione indoor</i> .....	86
5.2.3 <i>Controllo generatore di calore</i> .....	89
5.2.4 <i>Controllo smart valve</i> .....	91
5.3 CASI D'USO "ENERGY BOX - UTENTE".....	93
5.3.1 <i>Configurazione dispositivi smart home</i> .....	94
5.3.2 <i>Visualizzazione real time dei dati monitorati</i> .....	95
5.3.3 <i>Alert per anomalia</i> .....	97
5.4 CASI D'USO "ENERGY BOX - AGGREGATORE".....	99
5.4.1 <i>Invio dati provenienti dall'area domestica</i> .....	99

5.5	CASI D'USO "AGGREGATORE - UTENTE" .....	101
5.5.1	<i>Feedback</i> .....	101
5.5.2	<i>Attuazione guidata</i> .....	104
5.6	CASI D'USO "SICUREZZA" .....	106
5.6.1	<i>Caso d'Uso "Security"</i> .....	106
5.6.2	<i>Caso d'Uso "Environmental Safety"</i> .....	108
5.7	CASI D'USO "ASSISTED LIVING" .....	110
5.7.1	<i>Caso d'Uso "Energy Monitoring for Safety"</i> .....	110
5.7.2	<i>Caso d'Uso "UCFP"</i> .....	112
6	MODELLI DI AGGREGATORE.....	115
6.1	PRINCIPALI TREND DEL SISTEMA ELETTRICO ITALIANO .....	115
6.2	MODELLI DI INTERVENTO PER LA GESTIONE DELLA FLESSIBILITÀ DELLA DOMANDA .....	117
6.3	ANALISI DELLE UTENZE ELETTRICHE E TERMICHE DI TIPO RESIDENZIALE .....	118
6.4	INDIVIDUAZIONE DEI CONSUMI E DEI COSTI DI UN'ABITAZIONE TIPO .....	119
6.5	ANALISI DEI POTENZIALI RISPARMI IN RELAZIONE A UTENZA E TECNOLOGIA IMPIEGATA.....	119
6.6	STIMA DEI RISPARMI POTENZIALI PRESSO L'UTENTE FINALE DA UN MODELLO DI FLESSIBILIZZAZIONE DELLA DOMANDA .....	120
6.7	IPOTESI DI AGGREGATORE .....	122
8	CONCLUSIONI.....	123
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	125
10	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	126

## Sommario

L'obiettivo di questa linea di attività è quello di sviluppare un sistema di "Smart Homes Network" per la gestione dei consumi delle abitazioni connesse ad un Aggregatore centrale che raccoglie i dati dai sensori domestici e dagli smart meters multiservizio, elaborando e fornendo ai cittadini, ai distributori (elettricità, acqua, gas) indicazioni per un uso più ottimizzato dell'energia. Le attività di sviluppo delle metodologie sono state effettuate in collaborazione con il Politecnico di Torino e l'Università Politecnica delle Marche, in particolare in questo rapporto si descrivono le attività sviluppate da ENEA.

Il sistema di Smart Homes Network, a partire dalle informazioni che vengono raccolte da un Energy Box e dai sensori installati, ha l'obiettivo di offrire numerosi servizi agli utenti finali: informazioni sui consumi e analisi di benchmarking, feedback relativo al comportamento dell'utente, diagnostica e allarmi in caso di malfunzionamenti o anomali consumi, suggerimenti per l'ottimizzazione dei consumi (cambiare un set point, spegnere un dispositivo, etc.), confronti tra le residenze grazie all'elaborazione di appositi KPI, certificazione e promozione dell'efficienza energetica. Inoltre, su richiesta degli utenti, i dati disponibili potranno essere disponibili a terze parti per fornire servizi aggiuntivi intesi come Assisted Living.

In questa prima annualità sono state sviluppate le metodologie necessaria alla implementazione di un modello preliminare di Smart Homes Network, in previsione della realizzazione di un dimostrativo sperimentale di una rete di Smart Homes.

## 1 Introduzione

L'attività di "Smart Homes Network" si propone di misurare a bassi costi strumentali e di installazione, una serie di variabili che permettono di monitorare i consumi energetici, il grado di comfort e sicurezza presso gli edifici residenziali e di trasmetterli ad un livello superiore dove vengono analizzati ed aggregati così da fornire un serie di feedback all'utente e alla comunità.

L'obiettivo di questa attività è la riduzione dei consumi finali di energia (elettrica e termica) dei consumatori domestici attraverso un percorso di crescita di consapevolezza energetica e al tempo stesso la fornitura di servizi aggiuntivi di ausilio alla persona (assisted living). I dati disponibili provenienti dai sensori installati presso la singola unità abitativa e dagli smart meters multiservizio (acqua, luce, gas) vengono collezionati da un dispositivo hardware, l'Energy Box (EB), che ha il compito di integrarli e inviarli all'Aggregatore dove sono elaborati per effettuare la diagnostica ed l'individuazione delle proposte di ottimizzazione del sistema. L'output del sistema saranno una serie di feedback sia verso l'utente finale che verso i principali stakeholders coinvolti.

In questa prima annualità sono state realizzate le seguenti attività:

- Sviluppo delle metodologie di aggregazione e benchmarking dei dati energetici di rete di edifici e modelli di feedback;
- Sviluppo di un simulatore di reti di edifici residenziali;
- Progettazione dell'architettura della Smart Homes Network;
- Definizione degli use case;
- Analisi dei modelli di Aggregatore e proposta progettuale.

La prima linea di attività, in collaborazione con il Politecnico di Torino, ha riguardato la definizione delle variabili da monitorare, lo sviluppo delle metodologie di analisi, aggregazione e benchmarking dei dati energetici di rete di edifici residenziali. Successivamente sono state elaborate le logiche alla base di algoritmi di controllo finalizzati ad ottimizzare la prestazione energetica della Smart Home o la qualità dell'ambiente interno attraverso meccanismi di attuazione. Inoltre sono stati elaborati i modelli di feedback e sono state identificate le metodologie di coinvolgimento e interazione con le diverse tipologie di utenza con l'obiettivo di individuare degli "stimoli" per indurre gli utenti ad un comportamento energeticamente più consapevole.

La seconda linea di attività è stata effettuata in collaborazione con l'Università Politecnica delle Marche ed ha riguardato lo sviluppo di una un simulatore di rete di edifici residenziali per la modellazione dei differenti use case e dei differenti scenari di monitoraggio, inoltre è stato definito un data model preliminare di uno smart district.

La terza attività effettuata da Enea è stata la progettazione dell'architettura del sistema della Smart Homes Network in termini di hardware da installare, protocolli e interfacce di comunicazione. In particolare sono stati individuati i requisiti necessari per il sistema: interoperabilità, facilità d'uso e di interazione con l'utente, affidabilità e robustezza.

L'architettura del sistema si basa su tre differenti livelli: Home, Aggregatore, Distretto a ciascuno dei quali sono associati componenti in grado di svolgere differenti funzioni e fornire specifici servizi.

Successivamente, sulla base dei requisiti individuati, sono state definite le soluzioni tecnologiche che prevedono:

- L'impiego di protocolli di comunicazione standard e aperti.
- L'adozione di device wireless, facili da installare ed economici.

In particolare al livello di home sono state individuate una o più soluzioni tecnologiche idonee ed interoperabili per ciascun componente:

- kit di sensori ed attuatori da installare presso l'abitazione per consentire di monitorare i consumi ed il confort e gestire e controllare alcuni dispositivi nella home in grado di garantire economicità, robustezza e bassa intrusività;
- Energy Box, ovvero il gateway di raccolta dei dati e comunicazione tra i differenti livelli: home e Aggregatore;
- Interfacce di comunicazione, dispositivi che consentono all'utente di visualizzare, controllare e gestire gli impianti all'interno della home.

La quarta attività ha interessato la definizione dei differenti casi d'uso ed il flusso di dati che viene scambiato tra i differenti componenti del sistema.

Infine, con il contributo di CITERA (Università Sapienza di Roma), è stato condotto lo studio di un modello di Aggregatore di utenze residenziali, che possa offrire oltre al servizio di Demande Response anche servizi aggiuntivi quali risparmio energetico e Assisted Living.

## 2 Sviluppo delle metodologie

In collaborazione con il Politecnico di Torino a partire dall'analisi delle grandezze da monitorare a livello di reti di edifici sono state sviluppate le metodologie di aggregazione e benchmarking dei dati energetici di rete di edifici e modelli di feedback come ampiamente descritto nel report Rds/2015/021.

### 2.1 Definizioni delle variabili da monitorare

In questa sezione, l'obiettivo è principalmente individuare diversi possibili set di variabili energetiche ed ambientali da monitorare e sistemi di attuazione da implementare all'interno delle abitazioni che costituiranno i casi studio. Per ogni variabile monitorata sono definiti gli strumenti necessari e le informazioni che è possibile ottenere riguardo la prestazione energetica dell'edificio, il grado di comfort ed il comportamento degli occupanti. In particolare, sono definiti tre diversi set di variabili, ognuno dei quali corrisponde a un kit di sperimentazione caratterizzato da un diverso costo iniziale, livello di dettaglio e grado di automazione implementabile. L'obiettivo finale dell'implementazione del sistema di monitoraggio e controllo individuato è ottenere informazioni attraverso cui ottimizzare il risparmio energetico ed al contempo fornire utili feedback e suggerimenti agli utenti. L'analisi condotta, quindi, mira ad elaborare un approccio sistematico volto alla verifica della prestazione energetica del sistema edificio impianto attraverso il monitoraggio delle principali grandezze ambientali ed energetiche che costituiscono informazioni utili ai fini diagnostici. Segue, dunque, la definizione e l'individuazione delle grandezze microclimatiche interne ed esterne e le grandezze energetiche per i fini sopra elencati.

Le grandezze energetiche sono descritte distinguendo tra quelle legate all'energia elettrica, alle fonti energetiche primarie, all'energia termica e all'acqua potabile. Si è pensato ad un ordine gerarchico che, a seconda dello scopo previsto, permetta di massimizzare i vantaggi connessi al monitoraggio e minimizzare i costi. Le variabili monitorate all'interno di questa sperimentazione, identificate in una tabella apposita, sono classificate sulla base del servizio offerto: usi energetici finali, comfort, security ed ageing/assisted living. Inoltre, relativamente al campo "usi energetici finali", si distingue tra il servizio di riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminazione, apparecchiature elettriche ed acqua potabile. Per quanto riguarda il comfort, invece, lo studio distingue le variabili che definiscono il comfort termo-igrometrico, quelle che definiscono il comfort visivo, e infine la qualità dell'aria ed il comfort acustico. Per quanto riguarda il servizio di security, vengono identificate le variabili per il servizio di anti-effrazione e quello di sicurezza ambientale. Per il servizio di assisted living infine, all'interno dei set di variabili si prevede il monitoraggio dell'attività dell'utente.

Lo studio suddivide i kit di sperimentazione secondo tre livelli di dettaglio: "full optional", "medium" e "base". In ogni kit, per ogni servizio, vengono individuate le variabili da monitorare e gli attuatori da installare. Al fine di permettere una lettura più immediata della composizione di ogni kit, sono inoltre riportati degli schemi riassuntivi in cui si distinguono le variabili da monitorare, i sensori e gli attuatori ed il loro dettaglio spaziale. I sensori più idonei per accuratezza e tempi di acquisizione vengono selezionati sulla base delle variabili da esaminare ed al grado di dettaglio diagnostico che si vuole perseguire.

In figura 1 e 2 sono riportati due schemi relativi al kit "medium" con l'evidenza delle variabili da monitorare associate agli usi energetici finali e ai parametri di comfort interno.

## KIT 2\_ Medium

Quali **VARIABILI** monitorare?  
**USI ENERGETICI FINALI**



Figura 1 - Variabili da monitorare per il kit "Medium": usi finali dell'energia

## KIT 2\_ Medium

Quali **VARIABILI** monitorare?  
**PARAMETRI COMFORT, SERVIZIO SECURITY ED ASSISTED LIVING**

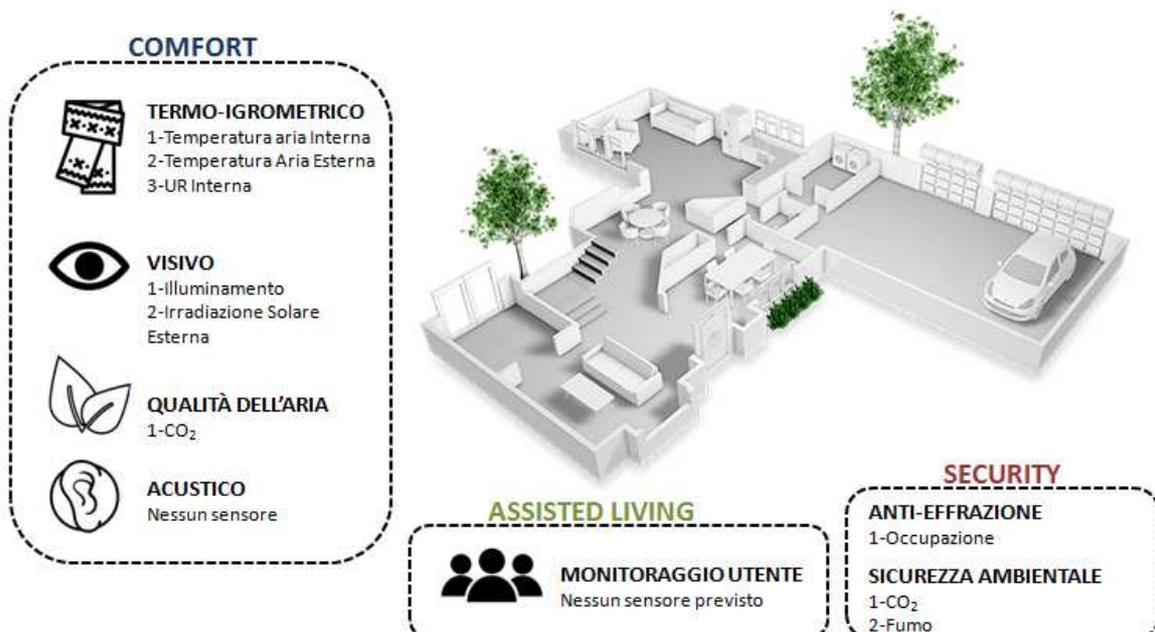


Figura 2 - Variabili da monitorare per il kit "Medium": parametri di comfort, assisted living e sicurezza

## 2.2 Metodologie di analisi e aggregazione dei dati

L'obiettivo di questa attività è caratterizzare la prestazione energetica degli edifici attraverso la determinazione dei consumi energetici, della domanda di energia elettrica e dell'energia autoprodotta. Le variabili monitorate definite nell'attività precedente sono utili a creare una base di dati comune e condivisa che, confrontata con valori di riferimento, può essere utilizzata per verificare il raggiungimento di obiettivi minimi di prestazione. In particolare, lo scopo di questa attività è da un lato la definizione di un approccio metodologico utile a elaborare dati provenienti dal monitoraggio e la stesura di indici sintetici, dall'altro proporre un approccio univoco per collezionare e valutare una quantità consistente di dati. Sono quindi riportati degli indicatori di prestazione energetica degli edifici. Per ognuno di essi inoltre, viene fatta una descrizione circa le funzionalità, il metodo di calcolo e la relative unità di misura. Inoltre, per ogni indicatore, viene identificato il periodo temporale al quale può essere potenzialmente applicato.

Gli indicatori possono essere classificati in quattro diverse categorie: indicatori della prestazione energetica totale dell'edificio, delle prestazioni termiche, elettriche e del consumo di acqua potabile. Inoltre, a partire dalle variabili ambientali monitorate, la qualità microclimatica dell'ambiente interno viene valutata identificando degli indici che sono stati suddivisi in quattro ulteriori categorie: indicatori della qualità termo-igrometrica, indicatori della qualità luminosa, della qualità acustica e della qualità dell'aria.

Per quanto riguarda gli indicatori della prestazione energetica totale dell'edificio, vengono in considerazione l'Energia Primaria, le tonnellate equivalenti di petrolio (TEP) e le emissioni di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>). Vengono analizzati anche gli indicatori legati alle prestazioni elettriche dell'edificio. Tali indicatori possono essere applicati per valutare il comportamento energetico di un edificio dal punto di vista dei consumi energetici elettrici totali, dell'illuminazione, della forza motrice, del condizionamento, degli ausiliari e della produzione di acqua calda. Nella tabella 1 vengono riportati gli indicatori legati alla prestazione energetica dell'edificio e al comfort delle persone.

**Tabella 1 - Indicatori della prestazione energetica e di comfort individuati.**

TIPOLOGIA INDICATORE	INDICATORE	UNITÀ DI MISURA	FORMULA	DESCRIZIONE
<b>Indicatori prestazione energetica totale</b>	Energia Primaria (EP)	$\frac{kWh}{anno}$ ; $\frac{kWh}{m^2 anno}$ ; $\frac{kWh}{m^3 anno}$	$EP = \sum_i Q_i * f_{FPi}$	L'energia primaria è definibile come il potenziale energetico presentato dai vettori e fonti energetiche non rinnovabili nella loro forma naturale.
	Tonnellate Equivalenti Di Petrolio (TEP)	$\frac{Tep}{anno}$ ; $\frac{Tep}{m^2 anno}$ ; $\frac{Tep}{m^3 anno}$	Tabelle per la determinazione di conversione per i principali combustibili e vettori energetici	Le tonnellate equivalenti di petrolio sono una grandezza con una doppia natura: a rigore sono una massa (1 tep = 1000 kg di petrolio), ma possono anche essere visti come energia (1 tep energia sviluppata dalla combustione di 1 tonnellata di petrolio)
	Emissioni Di Biossido Di Carbonio (CO <sub>2</sub> )	$\frac{kg CO_2}{anno}$ ; $\frac{kg CO_2}{m^2 anno}$ ; $\frac{kg CO_2}{m^3 anno}$	$t CO_2 equivalenti di gas "x" = C_{Co} * F_{em} * F_{oss}$  Emissione di CO <sub>2</sub> = $\dot{Q}_{Co} * p_c * F_{em} * F_{oss}$  Tabelle per la determinazione dei coefficienti di conversione in secondo la normativa internazionale	La produzione di un kWh elettrico può essere fatta utilizzando diverse fonti d'energia, ogni fonte può essere caratterizzata da un fattore che indica quanti kg di CO <sub>2</sub> vengono immessi nell'atmosfera per produrre 1 kWh elettrico (questi fattori hanno delle variazioni che dipendono dall'efficienza della singola centrale e da quella della rete di distribuzione).
<b>Indicatori della prestazione</b>	Energia Elettrica (EE)	$kWh_e$	$EE = \sum_{i=0}^n PE (4)$	L'indicatore definisce l'Energia Elettrica, misurata al punto di prelievo dell'elettricità POD, relativa ad un determinato periodo di tempo.

<b>elettrica dell'edificio</b>	Energia Elettrica Specifica (EE <sub>s</sub> )	$\frac{kWh_e}{m^2} ; \frac{kWh_e}{m^3}$	$EE_s = \frac{\sum_{i=0}^n PE}{v}$	L'indicatore definisce l'Energia Elettrica, misurata al POD, relativa ad un determinato periodo di tempo e normalizzata sulla Superficie netta o sul Volume lordo.
	Percentuale D'uso Energia Elettrica "Electric Energy Use Ratio" (EE <sub>UR</sub> )	$\frac{W_e}{W_e} [\%]$	$EE_{UR} = \frac{\overline{PE_U}}{PE_I}$	L'indicatore indica il rapporto tra la potenza elettrica media realmente utilizzata all'interno di un edificio e la potenza nominale installata. Tale indicatore permette di verificare, in termini percentuali, la variazione di utilizzo dei carichi elettrici in diversi periodi dell'anno o tra anni consecutivi.
	Percentuale D'uso Energia Elettrica (EE <sub>OR</sub> )	[%]	$EE_{OR} = \frac{EE_{tot}}{S} * \frac{100}{EE_{tot\ ref}/S}$	E' un indicatore numerico del consumo totale di Energia Elettrica di un edificio. Si basa sul consumo energetico effettivo misurato per un periodo di 12 mesi rispetto alle prestazioni di un edificio tipico dello stesso tipo.
	Energia Elettrica Normalizzata Rispetto Al Numero Di Occupanti (EE <sub>UR</sub> )	$\frac{kWh_e}{m^2\ occ}$	$EE_{D\ occ} = \frac{\overline{EE_s}}{N_{occ}}$	L'indicatore si riferisce all'energia utilizzata dal reale numero di occupanti presenti nella zona/edificio.
<b>Indicatori delle prestazioni termiche dell'edificio</b>	Energia Termica (ET)	$kWh_t$	$ET = \sum_{i=0}^n PT$	L'energia termica, all'interno degli edifici, può riferirsi a riscaldamento, raffrescamento, post riscaldamento e acs (totale) $ETTOT$ - al solo riscaldamento $ET_{rise}$ - al solo raffrescamento $ET_{raffr}$ - al solo post riscaldamento $ET_{p-risc}$ - alla sola produzione di acqua calda sanitaria $ET_{acs}$ . La domanda di energia termica relativa alla climatizzazione di un edificio viene stimata sulla base di un bilancio termico dell'ambiente delimitato dall'involucro edilizio, mentre il consumo può essere misurato attraverso contabilizzatori di calore.
	Energia Termica Normalizzata (ET <sub>N</sub> )	$\frac{kWh_t}{GG}$	$ET_N = \frac{\sum_{i=0}^n PT}{GG} = \frac{ET}{GG}$	L'energia termica per condizionamento può essere normalizzata rispetto ai Gradi Giorno di riscaldamento, in periodo invernale, e di raffrescamento, in periodo estivo.
	Energia Termica Specifica (ET <sub>s</sub> )	$\frac{kWh_t}{m^2} ; \frac{kWh_t}{m^3}$	$ET_s = \frac{ET}{S} = \frac{\sum_{i=0}^n PT}{S}$ $ET_s = \frac{ET}{V} \frac{\sum_{i=0}^n PT}{V} (17)$	L'indicatore definisce l'Energia Termica, relativa ad un determinato periodo di tempo e normalizzata sulla Superficie netta o sul Volume lordo.
	Energia Termica Specifica Normalizzata (ET <sub>sN</sub> )	$\frac{kWh_t}{m^2} ; \frac{kWh_t}{m^3}$	$ET_s = \frac{ET_s}{GG} = \frac{\sum_{i=0}^n PT}{S * GG}$ $ET_s = \frac{ET_s}{GG} \frac{\sum_{i=0}^n PT}{V * GG}$	L'indicatore definisce l'Energia Termica, relativa ad un determinato periodo di tempo e normalizzata sulla Superficie netta o sul Volume lordo e ai Gradi Giorno.
	Percentuale D'uso Energia Termica (ET <sub>OR</sub> )	[%]	$ET_{OR} = \frac{ET}{S} * \frac{100}{ET_{tot\ ref}/S}$	E' un indicatore numerico del consumo totale di Energia Termica (o di Combustibile) di un edificio. Si basa sul consumo energetico effettivo misurato

				per un periodo di 12 mesi rispetto alle prestazioni di un edificio tipico dello stesso tipo. Una costruzione che utilizza esattamente la stessa energia dell'edificio benchmark avrà un ORET = 1.
<b>Indicatori del consumo di acqua potabile</b>	Consumo Di Acqua Potabile (CAP)	$[m^3]$	$CAP = \sum_{i=0}^n CAP_x$	Tale indice rappresenta il consumo di acqua potabile in un determinato periodo.
	Consumo Di Acqua Potabile Specifico (CAP <sub>s</sub> )	$\frac{m^3}{m^2}$	$CAP_s = \frac{\sum_{i=0}^n CAP_x}{S}$	L'indicatore definisce il consumo di acqua potabile relativa ad un determinato periodo di tempo e normalizzata rispetto alla Superficie netta o al Volume lordo dell'edificio, oppure rispetto al numero di occupanti.
		$\frac{m^3}{\frac{m^3}{occ}}$	$CAP_s = \frac{\sum_{i=0}^n CAP_x}{V}$ $CAP_s = \frac{\sum_{i=0}^n CAP_x}{Occ}$	
<b>Indicatori della qualità termoigrometrica</b>	Voto Medio Previsto (PMV)	[-]	$PMV = [0,303 * \exp(-0,036 * M) + 0,028] * I_{cl}$	Tale indicatore combina tutti gli scambi di calore, sensibile e latente, tra corpo umano ed ambiente in un unico indice, che esprime la sensazione termica plausibilmente percepita dall'utente.
	Percentuale Di Persone Insoddisfatte (PPD)	[%]	$PPD = 100 - 95 \exp[-(0,3353 * PMV^4 + 0,2179 * PMV^2)]$	Tale indice mette in relazione PMV ed insoddisfatti. L'equazione relativa all'indice PMV infatti stabilisce le condizioni termiche ambientali al verificarsi delle quali la maggior percentuale possibile di persone risulta essere soddisfatta.
	Temperatura Operativa	[°C]	$T_o = \frac{(h_c * t_a + h_r * t_{rad})}{h_c + h_r}$	Tale indice corrisponde alla media della temperatura media radiante e di quella dell'aria, pesate mediante i corrispondenti coefficienti di scambio termico.
<b>Indicatori della qualità visiva</b>	Illuminamento (E)	Lux	Valore misurato	Il livello di illuminamento viene considerato l'indice del livello di radiazione luminosa sul piano di lavoro. Rappresenta il rapporto tra il flusso luminoso incidente su una superficie elementare e l'area della superficie elementare stessa.
	Fattore Di Luce Diurna	[%]	$FLD_m = \frac{E_{in}}{E_{out}}$	Si tratta di un indice del livello di illuminazione naturale negli ambienti interni. Forniscono un valore adimensionale, costante nel tempo, che caratterizza le condizioni di illuminamento interno rispetto all'esterno.
<b>Indicatori della qualità acustica</b>	Livello di pressione sonora	dB	$L_p = 10 \frac{p^2}{p_o^2} = 20 \frac{p}{p_o}$	Si tratta di un indice del livello di rumore presente in ambiente.
<b>Indicatori Della Qualità Dell'aria</b>	Livello Di Concentrazione Di Inquinante (CO <sub>2</sub> )	ppm	-	Il valore della concentrazione di biossido di carbonio può essere indicato come indicatore indiretto della qualità dell'aria e del tasso di occupazione.

## 2.3 Sviluppo di algoritmi di controllo e data fusion

### 2.3.1 La modellazione della logica di controllo

In questa attività l'obiettivo è quello di individuare una metodologia robusta di attuazione di uno o più elementi di controllo della Smart Home. Tipicamente, i sistemi di Building Automation devono essere in grado di gestire le seguenti funzionalità: illuminazione, termoregolazione, ventilazione e qualità dell'aria, controllo di accessi, controllo presenza, controllo allarmi ed anti-intrusione. Le logiche di funzionamento considerate sono principalmente due: da un lato la possibilità di attivare un'azione di controllo a valle di un confronto tra una grandezza fisica ed un valore di benchmark o baseline. Alternativamente, la logica di controllo deriva da una schedule prestabilita o di programmazione in funzione di un modello di benchmark.

Per quanto riguarda il modello della logica di controllo, i sistemi di Building Automation applicano logiche di ottimizzazione dei processi di controllo procedendo per singole applicazioni: illuminazione, impianto di ventilazione, riscaldamento, raffrescamento. Il sistema potrebbe essere anche settato secondo logiche di ottimizzazione diverse da quella del risparmio energetico, ad esempio per la massimizzazione della qualità dell'aria o del comfort termico. Un'ulteriore applicazione di cruciale importanza riguarda l'azione degli occupanti, che hanno un'influenza significativa sui consumi finali degli edifici. Nell'ottica di un sistema di Building Automation questa applicazione non è controllabile, ma può essere assunta come input o forzante del sistema.

Esistono due configurazioni di massima per la definizione della logica di controllo: il sistema può funzionare totalmente in maniera automatica (senza l'azione dell'utente), oppure prendendo in considerazione l'interazione con l'utente. Il sistema deve inoltre prevedere una serie di condizioni "standard" di riferimento tra cui, ad esempio, la configurazione notturna, la configurazione ad edificio occupato, non occupato eccetera. Per risparmiare in termini energetici e garantire adeguati livelli di comfort degli occupanti, vengono definiti dei "livelli" di riferimento che definiscono grandezze come temperatura, umidità relativa e livello minimo di illuminamento in ambiente. Vengono quindi elaborati gli algoritmi generici di funzionamento del sistema in caso di funzionamento totalmente automatico o in caso di interazione dell'utente con il sistema di controllo. Nella fase della modellazione della logica di controllo, la logica di priorità adottata è la seguente: ventilazione (ossia qualità dell'aria interna IAQ), termoregolazione (comfort termico), umidificazione/deumidificazione ed illuminazione (comfort visivo). Si elaborano poi delle tabelle di sintesi al fine di raggruppare le azioni che il sistema è in grado di compiere e la loro influenza sulle singole applicazioni esaminate, individuando quali siano le azioni maggiormente critiche, poiché influenzanti più applicazioni in parallelo.

### 2.3.2 Sviluppo di algoritmi di controllo

Sulla base della definizione dei Kit esposti in precedenza, vengono categorizzati tre diversi livelli di automatismo. Lo studio procede dunque su due diverse strategie di ricerca. Da un lato l'obiettivo è identificare l'efficacia diagnostica sulla base del numero di variabili monitorate (da cui sono stati elaborati 3 diversi kit di sensori ed attuatori), dall'altro definire l'efficacia della soglia ottimale tra il livello di automazione e l'educazione degli utenti.

Per questo, vengono associati ai tre kit identificati tre diversi livelli di automazione. In particolare, al kit "Full optional" si associa il più alto livello di automazione ("High level automation"), al kit "Medio" viene associato un minor livello di automazione inserendo nel processo il coinvolgimento attivo dell'utente ("Medium level automation"), infine al kit "Base" viene associato un elevato livello di coinvolgimento dell'utente nel processo ("Base level automation").

In questa attività dunque, si riportano tutti gli algoritmi di controllo previsti per i tre diversi livelli di automazione e per i tre campi di comfort stabiliti: Comfort visivo, Qualità dell'aria, Comfort Termico. In particolare, tutti gli algoritmi vedono come requisito fondamentale per il loro avvio il segnale positivo dal sensore di occupazione, ovvero che gli utenti siano effettivamente presenti nella stanza in cui viene riscontrata un'anomalia di comfort. Nel caso in cui gli algoritmi vadano in conflitto inoltre, si segue la logica di priorità precedentemente descritta per la destinazione d'uso residenziale.

Nelle diverse sezioni per High Level Automation, Medium e Base, gli algoritmi di controllo sono divisi per stagione di riscaldamento e raffrescamento. Inoltre, oltre alla rappresentazione grafica dell'algoritmo, viene fornito un commento finalizzato a descriverne i principi di funzionamento. Le situazioni di anomalia prese in considerazione sono quelle riportate in seguito. In base all'adozione di un kit piuttosto che un altro, gli algoritmi di controllo sono configurati diversamente prevedendo controlli automatici o interazioni con gli utenti.

#### 1) Comfort visivo:

- Il sensore di illuminamento riscontra un valore di illuminamento in ambiente superiore al valore limite;
- Il sensore di illuminamento riscontra un valore di illuminamento inferiore al valore limite;

#### 2) Qualità dell'aria:

- Il sensore di CO<sub>2</sub> riscontra un valore di concentrazione di inquinante superiore al valore limite in assenza di impianto di ventilazione meccanica;
- Il sensore di CO<sub>2</sub> riscontra un valore di concentrazione di inquinante inferiore al valore limite in assenza di impianto di ventilazione meccanica;
- Il sensore di CO<sub>2</sub> riscontra un valore di concentrazione di inquinante superiore al valore limite in presenza di impianto di ventilazione meccanica;
- Il sensore di CO<sub>2</sub> riscontra un valore di concentrazione di inquinante inferiore al valore limite in presenza di impianto di ventilazione meccanica;

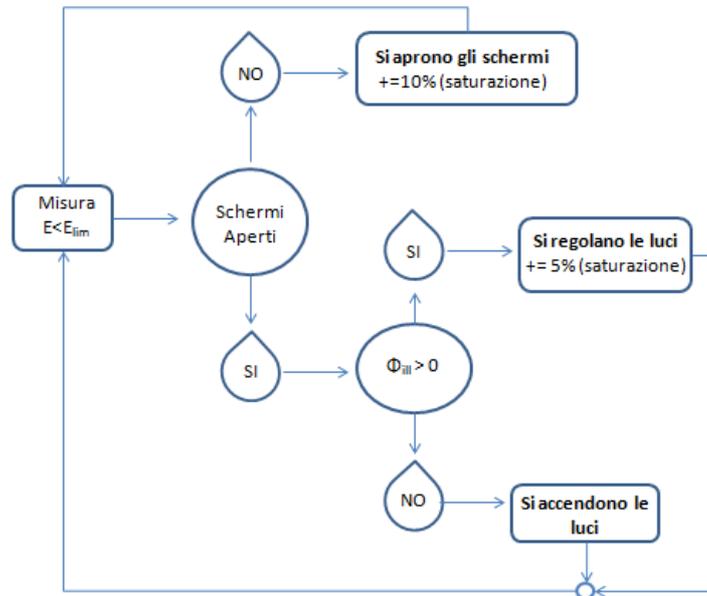
#### 3) Comfort Termico

- Il sensore di temperatura riscontra un valore di temperatura superiore al valore limite;
- Il sensore di temperatura riscontra un valore di temperatura inferiore al valore limite;

In figura 3 è presentato l'algoritmo di funzionamento nel caso di High Level Automation considerando la regola relativa alla situazione "illuminamento inferiore al valore limite in stagione invernale".

In questo caso l'algoritmo verifica che gli schermi solari siano aperti. Qualora non lo fossero totalmente (100%), il sistema comanda la loro apertura. Se invece si rileva che gli schermi sono già totalmente aperti, si

procede con la verifica delle luci artificiali. Se sono già accese, si incrementa l'intensità del flusso luminoso con un passo del 5%, mentre se sono spente si comanda l'accensione.



**Figura 3 - Algoritmo di funzionamento del sistema High Level Automation in caso di illuminamento inferiore al valore limite in stagione invernale.**

In figura 4 è rappresentato il diagramma di flusso relativamente al sistema High Level Automation nel caso in cui la temperatura interna risulta maggiore della temperatura limite nella stagione invernale

In questo caso il sistema di controllo verifica che l'impianto di riscaldamento sia acceso o spento. Qualora fosse acceso, si comanda lo spegnimento, se invece è già spento, si verifica se la temperatura esterna è superiore di almeno 3°C a quella interna. Se la temperatura esterna è inferiore a quella interna allora si eseguono due verifiche in parallelo per massimizzare l'apporto del *free cooling*. Pertanto, si verifica se la finestra è aperta o chiusa e, nel caso in cui fosse chiusa, si consiglia di aprire la finestra. Allo stesso tempo, si verifica anche la posizione dello schermo solare: se è aperto il sistema lo chiude gradualmente fino a chiusura completa. Nel caso contrario (per cui la temperatura esterna sia superiore all' interna), si invia un *warning* all'utente chiedendo di chiudere la finestra.

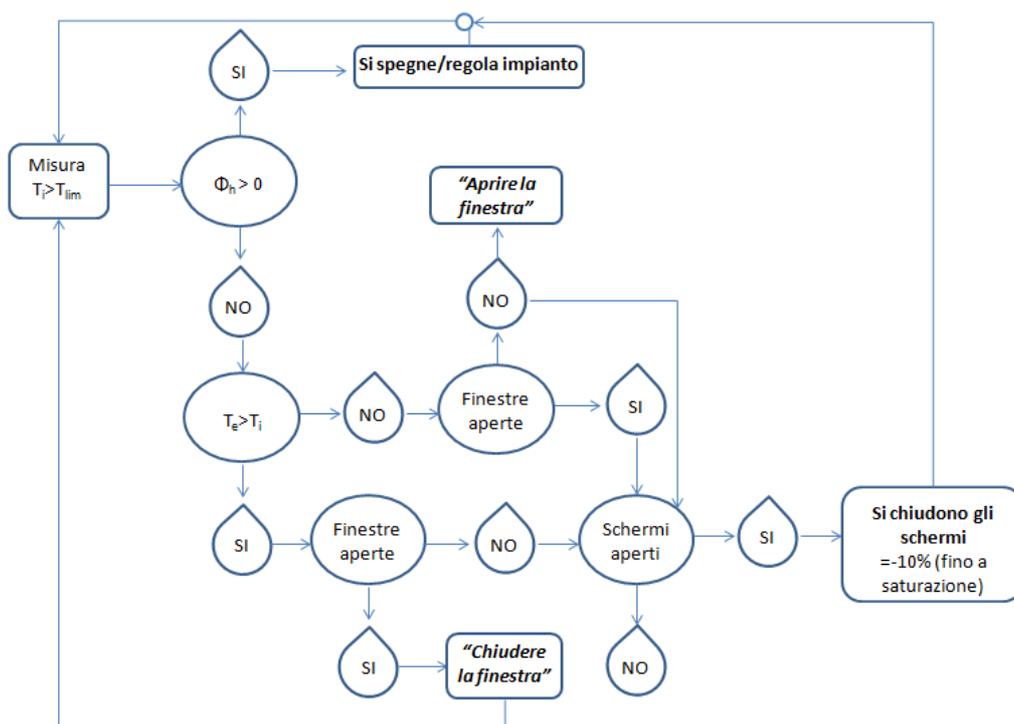


Figura 4 - Algoritmo di funzionamento del sistema High Level Automation in caso di temperatura interna maggiore della temperatura limite in inverno.

Infine, sono elaborati degli algoritmi di controllo legati al consumo per dispositivi elettrici e stand-by. L'obiettivo, in questo caso, è stimare la potenza elettrica utilizzata rispetto ad un valore che viene preso come riferimento, all'inizio della sperimentazione, per un dispositivo collegato ad una singola smart plug o come valore totale derivante da più dispositivi. In questo caso, le situazioni anomale considerate che danno l'input di attivazione all'algoritmo, sono due:

- Il valore della potenza attiva media misurata durante il periodo di occupazione è superiore al valore massimo stimato.
- Il valore della potenza attiva media misurata durante i periodi di non occupazione è superiore al valore massimo previsto dai valori di stand-by stimati.

### 2.3.3 Sviluppo di algoritmi di data fusion

In questa Sezione si descrive l'utilità di definire delle regole di "data fusion" al fine di estrarre e dedurre informazioni relative alle abitudini dell'utenza in termini di modalità d'uso dei sistemi energetici e della dinamica di occupazione dell'edificio e delle sue zone. Tali regole si basano sull'elaborazione delle variabili monitorate dai Kit presentati nella Sezione 2.1.1.

In particolare è stata individuata una regola di *data fusion* per la stima della presenza degli occupanti all'interno di una Smart Home sulla base delle grandezze fornite dal Kit di Monitoraggio 3 (Base). La regola è estendibile ed applicabile anche nei casi in cui la Smart Home sia dotata di uno dei Kit di Monitoraggio più sofisticati (Medio e Alto). L'obiettivo è quello di ottenere una strategia robusta di individuazione della presenza di occupanti in un'abitazione sulla base di più sorgenti informative, al fine di poter definire con un maggiore grado di certezza se in casa ci sia o meno qualcuno. La singola sorgente informativa può infatti in alcuni casi (e.g. malfunzionamenti, errori di acquisizione, limiti tecnologici) non rilevare presenza anche se effettivamente in casa risulta esserci occupazione. Per tali ragioni questo tipo di strumento può risultare molto utile negli ambiti applicativi dell'Assisted Living. Nell'ambito di tale regola, le grandezze monitorate che sono state considerate significative ai fini dell'elaborazione sono:

- Energia Elettrica Generale;
- Consumo di un'apparecchiatura monitorato tramite Smart Plug;
- Consumo della pompa di calore (split per il raffrescamento) monitorato tramite Smart Plug;
- Presenza rilevata dai sensori di occupazione.

Si è ipotizzato che la Smart Plug per una sola apparecchiatura monitori lo stato di un televisore e che le informazioni relative ai diversi sensori di presenza presenti nell'abitazione convogliano in un'unica sorgente informativa, la quale indica presenza se almeno uno dei sensori a sua volta rileva presenza.

Tra gli sviluppi futuri della prossima annualità saranno definite delle regole di data fusion utili all'individuazione del benchmark di consumo di riferimento per specifico uso finale. La definizione si baserà sui profili temporali dei consumi monitorati per usi finali (e.g. split per il raffrescamento, luci), sulle variabili monitorate nell'abitazione e sulle corrispondenti condizioni al contorno (e.g. condizioni meteo, ora e tipo di giorno). Lo step successivo di confronto tra profilo reale di consumo e profilo di benchmark, basato sulla valutazione di opportuni indici, potrà assumere un duplice scopo diagnostico in funzione del livello di coinvolgimento dell'utente:

- Diagnostica del comportamento anomalo dell'occupante in relazione al particolare uso finale;
- Diagnostica di anomalie relative al sistema di controllo del particolare uso finale.

## 2.4 Definizione delle tipologie di feedback

L'obiettivo di questa sezione è l'elaborazione dei feedback che dovranno essere erogati alle diverse figure coinvolte nel processo di valutazione della prestazione energetica del sistema edificio-impianto. I feedback hanno tre principali funzioni: istruire gli utenti (che imparano a conoscere il rapporto che esiste tra la quantità di energia utilizzata ed il loro comportamento), sviluppare un cambiamento nelle loro abitudini o routine ed interiorizzare queste nuove abitudini che diventano, dunque, un bagaglio personale solido. Gli utenti possono essere coinvolti tramite informazioni che possono precedere o seguire l'informazione. Le informazioni precedenti descrivono modi pratici per ridurre il consumo energetico e possono presentarsi anche sotto forma di documenti informativi, mentre le informazioni conseguenti l'azione sono direttamente connesse con il comportamento dell'utente e servono a renderlo consapevole delle conseguenze energetiche del proprio comportamento.

In seguito, vengono identificate sei categorie di feedback di cui sono fornite una descrizione e la definizione della frequenza del loro invio. Le categorie sono le seguenti:

1. Standard Billing;
2. Enhanced billing;
3. Estimated feedback;
4. Daily/Weekly feedback;
5. Real-time feedback;
6. Appliance-level, Real-time feedback.

Per raggiungere l'obiettivo dichiarato, ossia fornire agli utenti uno strumento efficiente per renderli consapevoli del loro comportamento energetico con un sistema persuasivo di monitoraggio in tempo reale e di comunicazione tramite feedback, sono proposti a livello teorico due diversi KPI (Key Performance Indicators), ossia degli indicatori delle prestazioni energetiche con cui ogni individuo può visualizzare alcuni potenziali miglioramenti nell'uso dell'energia e fare progressi tramite obiettivi strategici per il raggiungimento del massimo risparmio ottenibile. In particolare, sono individuati due diversi KPI di riferimento: da un lato dei KPI quantitativi (ossia indicatori rappresentabili tramite numeri) e dall'altro dei KPI qualitativi (che non possono invece essere rappresentati tramite numeri).

In particolare, i KPI quantitativi permettono all'utente di conoscere i consumi energetici su base giornaliera, settimanale, mensile ed annuale. Potendo confrontare tali consumi, l'intero nucleo familiare è stimolato a

migliorare il proprio impiego dell'energia termica ed elettrica. I KPI qualitativi invece, rappresentano gli andamenti orari, giornalieri, settimanali, mensili o annuali dei consumi elettrici e termici. Analizzando tali profili è possibile effettuare una loro classificazione e definizione (ad esempio sarà possibile distinguere tra un utente energivoro o risparmiatore). I valori di riferimento possono derivare, ad esempio, da studi esistenti che forniscono valori medi nazionali, o dai dati passati di monitoraggio dei consumi dell'utente stesso.

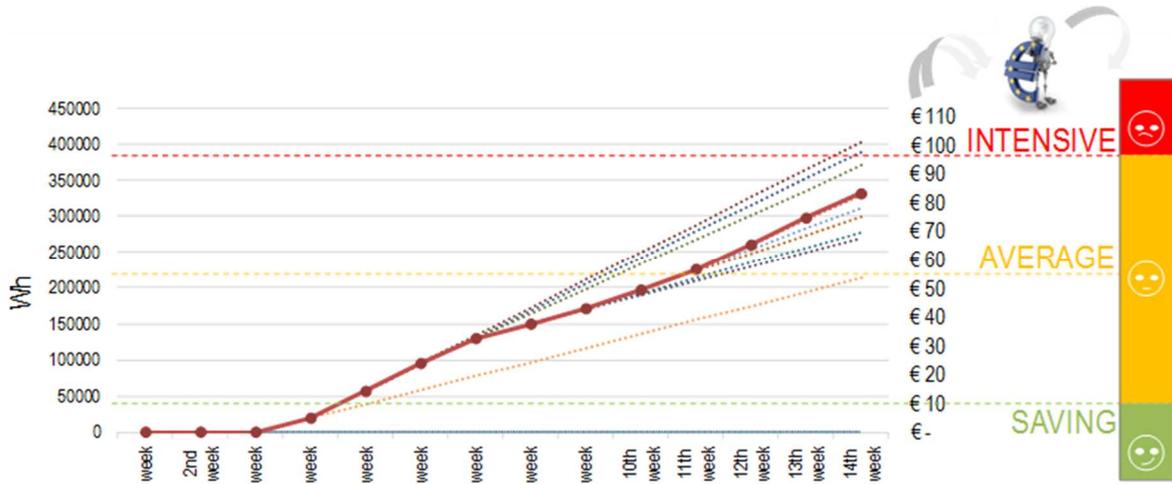


Figura 5 - KPI quantitativo. Esempio di proiezione del consumo di energia e della bolletta energetica.

Buffer Acceptability Ranges (BAR) for typical consumption patterns

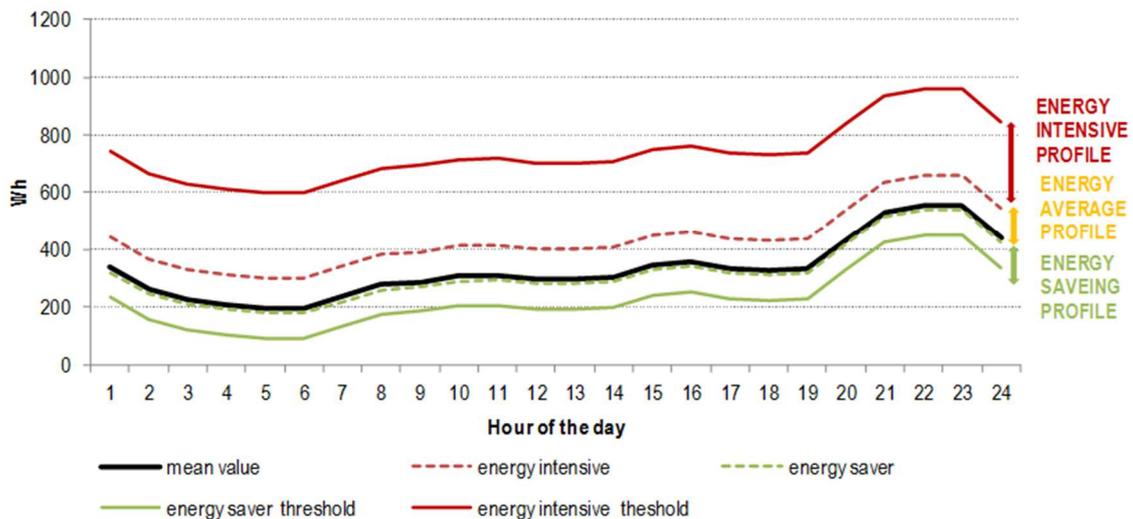


Figura 6 - KPI qualitativo. Esempio di grafico con intervalli di accettabilità per il tipico modello di consumo.

Successivamente si descrivono gli algoritmi che permettono di inviare informazioni agli utenti (sotto forma di KPI). In particolare, sono proposti tre indici teorici: Indice elettrico di stile di vita (IEE), Indice termico di stile di vita (ITe) e Indice energetico di stile di vita (IE<sup>2</sup>). Ogni consumo energetico può essere espresso sia in termini energetici che monetari, inoltre gli indicatori sono riportati sia in termini qualitativi che quantitativi. Infine, ogni indice viene riportato all'utente secondo diverse scansioni temporali (annuale e mensile), contraddistinte da altrettanti obiettivi.

**Tabella 2 - KPI da fornire agli utenti proposti.**

<b>IEE<sub>y</sub></b> [kWh]	$IEE_y = \sum_0^n P_m$ <p>Dove: P<sub>m</sub> = Potenza elettrica media oraria n = 8760 (ore totali in un anno)</p>
<b>IET<sub>y</sub></b> [kWh]	$IET_y = \sum_1^n ET$ <p>Dove: ET = Energia Termica ceduta in ambiente n = numero di mesi di riscaldamento</p>
<b>IE<sup>2</sup><sub>y</sub></b> [%]	$IE^2 = \left\{ 1 - \left[ \left( \frac{IEE_y}{IEE_{yrif}} * 0.17 \right) + \left( \frac{IET_y}{IET_{yrif}} * 0.68 \right) + 0.15 \right] \right\} * 100$ <p>Dove:</p> <p>IEE<sub>y</sub> = Indice elettrico di stile di vita annuale IEE<sub>yrif</sub> = Indice elettrico di stile di vita annuale di riferimento IET<sub>y</sub> = Indice termico di stile di vita annuale IET<sub>yrif</sub> = Indice termico di stile di vita annuale di riferimento</p> <p>0.17 = Quota di energia primaria destinata a consumi di energia elettrica nel residenziale (<i>Fonte ENEA</i>) 0.68 = Quota di energia primaria destinata a consumi di energia termica per riscaldamento nel residenziale 0.15 = Quota di energia primaria destinata a consumi di energia termica per usi cucina e acqua calda sanitaria nel residenziale</p>

## 2.5 Definizione dei benchmark di riferimento

Questa attività è dedicata alla creazione di benchmark di riferimento con cui confrontare i consumi energetici degli utenti coinvolti nella sperimentazione. Tali benchmark vengono definiti sulla base di un'utenza standard e dei consumi reali dei partecipanti al progetto con l'obiettivo di ridurre i consumi.

In primo luogo dunque, questa attività prevede l'analisi dei profili tipici di consumo di utenti residenziali per una gestione automatica dei carichi energetici. In questo senso è necessario definire profili tipici di famiglie categorizzandole per:

- Nucleo familiare,
- Caratteristiche delle abitazioni,
- Potenza installata.

L'analisi è rivolta a identificare i principali scenari di fabbisogno energetico definiti per "famiglia tipo" con le curve di carico dei principali elettrodomestici presenti nell'abitazione o servizi energetici.

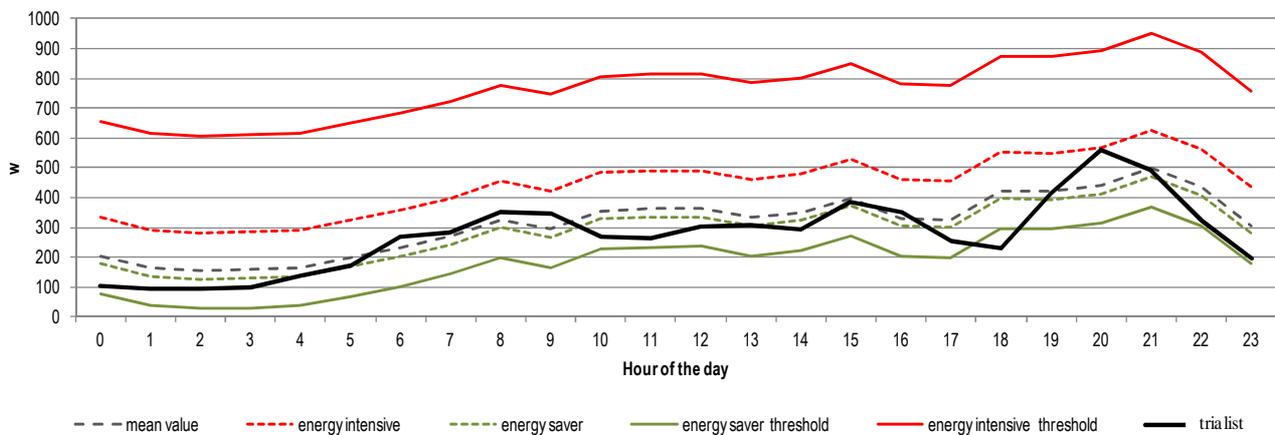
I valori di riferimento (benchmark) presi in considerazione per il confronto dei consumi degli utenti della sperimentazione possono riferirsi a studi svolti precedentemente che forniscono valori medi nazionali (benchmarking verticale), oppure da dati di monitoraggio del passato (benchmarking orizzontale) correlati a specifici profili di utenti (tipologia di famiglia).

La creazione dei benchmark orizzontali per un consumo tipico di energia di un gruppo omogeneo di utenti (ad esempio per tipologia di famiglia) risulta essere un compromesso tra valori di riferimento generali e medi forniti da indagini nazionali e valori molto specifici provenienti da dati reali di monitoraggio. La

conoscenza delle curve di carico degli usi finali elettrici inoltre rappresenta un presupposto indispensabile per una corretta progettazione degli interventi sopra descritti, permettendo di individuare ed intervenire su quegli usi finali il cui contributo ai picchi della rete risulti più elevato.

In seguito, vengono creati dei set di profili di utente tipo sulla base del cluster del nucleo familiare. Per ogni cluster di famiglia tipo, i dati di consumo di energia elettrica dei singoli elettrodomestici e del carico elettrico totale sono analizzati per la creazione di profili di consumo tipici: giorno tipo, mese tipo, anno tipo. Sulla base della deviazione standard rispetto al valore “medio” di consumo dei dati di monitoraggio, sono stati identificati range di accettabilità denominati BAR (Buffer Acceptability Range) per la descrizione di profili di consumo energetico “intenso” o “risparmioso”. Oltre i valori limite definiti per ciascuna delle famiglie tipo, un eccessivo scostamento delle curve di carico dei singoli utenti è indicativo di anomalie nel consumo elettrico, o nel funzionamento degli apparecchi elettrici in ambito domestico.

**Average Daily Electricity Consumption and 2 Households PMC WEEK END**



**Figura 7. Comparazione delle curve di carico tipiche con gli Indici previsionali di consumo PMC (Predicted Mean Consumption)**

## 2.6 Tecniche di engagement del comportamento dell'utente in ambito residenziale

Questa attività dello studio è incentrata sull'aspetto sociale legato all'utenza, con l'obiettivo di individuare quali possono essere i meccanismi per un loro coinvolgimento nel processo di riduzione dei consumi energetici.

Dopo una prima parte di revisione bibliografica degli studi presenti in letteratura sul tema dedicata a chiarire l'importanza dell'attivazione di questi meccanismi di engagement degli utenti, la trattazione si concentra su tre aspetti: l'engagement come fenomeno partecipativo, la tecnologia persuasiva e le strategie della comunicazione persuasiva.

L'engagement come fenomeno partecipativo, esso identifica l'insieme di azioni individuali e collettive volte a definire ed affrontare problematiche energetiche ed ambientali ai fini di un futuro più sostenibile. Alla base del successo di ogni programma di engagement vi è la partecipazione degli utenti che contribuisce al raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità preposti.

L'utilizzo del computer come tecnologia persuasiva invece, è una recente proposta per indurre dei cambiamenti nel comportamento umano attraverso la tecnologia. La “CAPT-ology” mira a modificare le impostazioni della mente, le attitudini ed i comportamenti degli utenti tramite l'interazione tra dispositivi tecnologici ed utenti, la progettazione del programma e la ricerca o analisi di altri mezzi, escludendo la presenza di una qualsiasi coercizione. In materia energetica, diversi studi hanno sviluppato modelli persuasivi di feedback che enfatizzano e migliorano la visualizzazione delle informazioni, l'intensità di interazione con l'utente e la persuasione subconscia degli utenti. In tal modo dunque, gli individui potrebbero anche essere persuasi a praticare comportamenti che ridurrebbero il consumo di energia (se la persuasione è sufficientemente efficace).

Prendendo in considerazione le diverse strategie di comunicazione persuasiva, dalla letteratura riguardante le informazioni di feedback emerge poca chiarezza su come si può al meglio raggiungere il potenziale di risparmio energetico nell'ambito residenziale. Il raggiungimento di obiettivi però, ad esempio legati al benchmark, sembra contribuire in maniera significativa a svolgere una vasta gamma di comportamenti sociali, accademici e cognitivi. Inoltre, se viene mostrato agli utenti quanta energia stanno consumando rispetto agli altri occupanti, proveranno una sensazione di soddisfazione se stanno facendo meglio degli altri consumatori. A tali concetti si uniscono altre considerazioni riguardanti la tipologia e la modalità attraverso cui vengono forniti i feedback agli utenti. Anche la scelta delle informazioni da fornire ha un peso rilevante, perché è necessario influenzare gli utenti secondo modalità adeguate.

**Tabella 3 - Strategie di engagement in ambito residenziale presentate.**

<b>Strategia persuasiva</b>	<b>Metodologia persuasiva ed esperimenti</b>
<b>Strategia ex-ante: Informazione/educazione</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il posizionamento di segnalazioni vicino agli interruttori della luce hanno portato alla riduzione del 60% dell'uso energetico per l'illuminazione artificiale (Dennis et al. 1990)</li> <li>• Dei manifesti (poster) incentrati sulla consapevolezza energetica in un complesso residenziale per studenti hanno portato ad una riduzione del 30% del consumo di energia nella prima settimana e ad una riduzione del 9% nella seconda settimana (Hayes et al. 1977)</li> </ul>
<b>Strategia ex-ante: Dimostrazione</b>	Un programma TV di 20 minuti sul risparmio energetico svolto in un periodo di 9 settimane ha fatto risultare una riduzione del 10% dei consumi energetici (Winnet et al. 1984)
<b>Strategia ex-post: Ricompensa monetario</b>	Il ricompensa viene stabilito in base all'energia risparmiata; lo studio si svolge in una residenza per 80 studenti per 90 giorni. Il risultato è la riduzione del 33% del consumo energetico e una riduzione del 18% rispetto a quei utenti a cui sono stati forniti solamente dei feedback sul consumo energetico (Hayes et al. 1977)
<b>Strategia ex-post: Feedback scritto</b>	Feedback giornaliero sulla percentuale dell'energia elettrica prevista per quel giorno su un riquadro posto all'esterno della finestra della cucina in 29 case per un mese; i risultati mostrano una riduzione del 10,5% del consumo energetico (Seligman et al. 1978)
<b>Strategia ex-post: Encomio sociale/ricompensa</b>	L'encomio sociale per il feedback sul consumo di olio combustibile in 122 abitazioni monitorate per 4 mesi. I risultati mostrano una riduzione significativa del consumo di olio da 0,146 gal/giorno a 0,129 gal/giorno (Seaver et al. 1976)
<b>Strategia ex-post: Feedback sulla bolletta elettrica</b>	La frequenza delle bollette elettriche viene aumentata e queste ultime arrivano insieme a dei grafici che riportano dati storici e consigli per il risparmio energetico in 1386 abitazioni monitorate per 2 anni. I risultati mostrano una riduzione del 10,5% del consumo energetico nel primo anno e una riduzione del 7,5% nel secondo anno (Wilhite et al. 1995)
<b>Strategia ex-post: Feedback elettronico</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La visualizzazione elettronica dei feedback in 25 edifici nuovi per 11 mesi utilizzando il <i>Fitch Energy Monitor</i> nel quale l'energia viene misurata dall'alimentazione della rete. Il consumo di energia risulta ridotto del 12% (McClelland et al. 1980)</li> <li>• Il <i>Residential Electricity Cost Speedometer (RECS)</i> software viene installato sui computer di 25 abitazioni portando alla riduzione del 12,9% del consumo energetico (Dobson et al. 1992)</li> <li>• L'inserimento manuale dei valori del lettore energetico da parte degli utenti sui loro PC in 120 abitazioni per 9 mesi ha portato ad una riduzione del 15% del consumo energetico (Brandon et al. 1997)</li> </ul>

### 3 Sviluppo di un simulatore rete di edifici residenziali

In questa prima annualità in collaborazione con l'Università di Politecnica delle Marche è stato sviluppato un simulatore di una rete di edifici residenziali e implementato un modello preliminare data model di uno smart district come descritto in dettaglio nel Report RdS/2015/020.

Le linee di attività principali sono state:

1. Modellazione di use case di appartamenti residenziali
  - a. Sviluppo di un simulatore della domanda di carichi elettrici
  - b. Sviluppo di un simulatore della domanda di carichi termici
  - c. Aggregazione dei consumi a livello di distretto
2. Simulazione di differenti scenari di monitoraggio
3. Definizione del data model di uno smart district

#### 3.1 Modellazione di use case di appartamenti residenziali

In questa annualità è stato sviluppato un simulatore della domanda elettrica e termica nel settore residenziale. Lo scopo del simulatore è quello di generare profili verosimili di appartamenti in modo tale da aggregarli e di ricostruire la domanda aggregata termica ed elettrica di un distretto energetico di qualsivoglia dimensione. L'obiettivo non è quello di predire il consumo del distretto, quanto piuttosto di costruire un profilo verosimile su cui andare ad implementare scenari di demande response. Inoltre, sarà possibile indagare come differenti soluzioni impattino sulle diverse reti energetiche urbane (elettricità, gas naturale, reti di teleriscaldamento e raffrescamento). Per esempio sarà possibile valutare in futuro l'impatto, sia sulla rete elettrica che su quella del gas, di una conversione degli impianti residenziali da caldaia a gas a pompa di calore. Il simulatore fornirà in output i KPI necessari a confrontare i vari scenari.

##### 3.1.1 Sviluppo di un simulatore della domanda di energia elettrica

I principali modelli presenti in letteratura per la simulazione dei consumi elettrici nel settore residenziale sono:

- Semplice: prevede l'uso delle probabilità di accensione degli elettrodomestici, indipendenti tra di loro;
- Markoviano: prevede l'uso dei processi di Markov. Ogni stato genera un evento con una certa distribuzione di probabilità che dipende solo dallo stato di sistema immediatamente precedente.

Si è scelto di utilizzare la prima tipologia di approccio, poiché è stata ritenuta sufficientemente accurata per lo scopo ed in quanto la seconda avrebbe necessitato di una quantità di dati raccolti eccessivamente elevata. I dati necessari alla definizione degli input del simulatore:

- I dati di penetrazione degli elettrodomestici (Figura 8);
- I dati statistici sulle frequenze settimanali di *utilizzo di ciascun elettrodomestico* (Figura 9);
- I dati statistici sulle frequenze orarie di utilizzo (Figura 11);
- Gli andamenti temporali delle potenze richieste per ciclo di funzionamento e durate dei cicli (Fig. 12);
- I consumi in stand-by (Figura 14);
- I dati sul numero di persone che vanno in vacanza e sulla durata di queste (Figura 15);

La figura 16 presenta il diagramma di flusso che mostra come è stato impostato il simulatore di carichi elettrici. Le figure successive mostrano: i risultati di una settimana di simulazione di un appartamento e di 4 appartamenti (figure 17,18); I risultati di un anno per 4 appartamenti (Figura 19) ed i risultati aggregati per un distretto di 200 appartamenti (Figura 20). E' interessante notare, in Figura 19, la simulazione di una settimana di vacanza per due dei quattro appartamenti (serie gialla ed arancione).

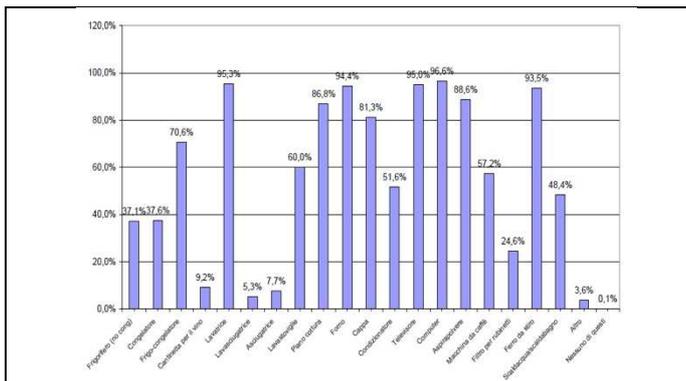


Figura 8 - I dati di penetrazione degli elettrodomestici

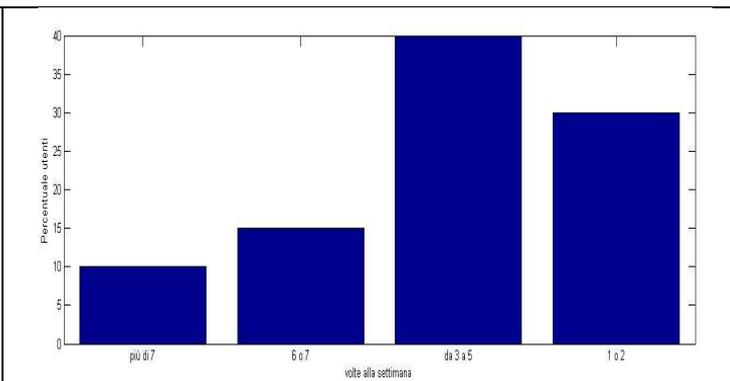


Figura 9 - Esempio di distribuzione delle frequenze settimanali di utilizzo (lavatrice)

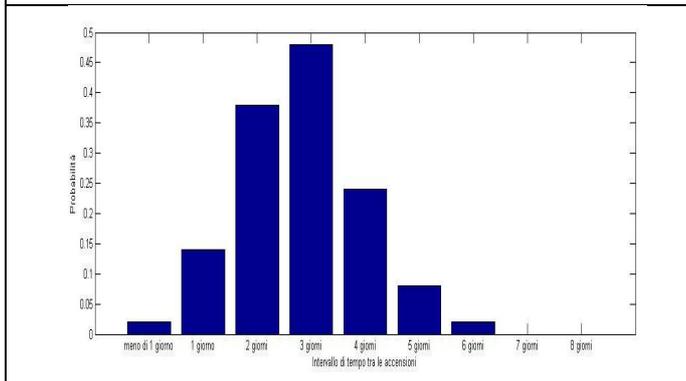


Figura 10 - Esempio di distribuzione di probabilità dell'intervallo di tempo fra le occorrenze settimanali (lavastoviglie)

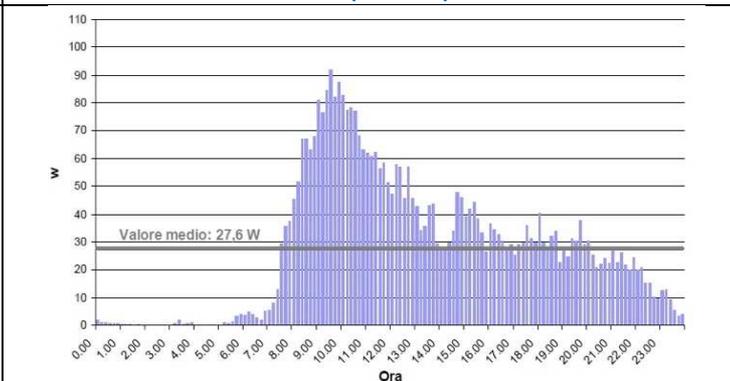


Figura 11 - Esempio di curva di carico giornaliera media per i giorni feriali (lavatrice)

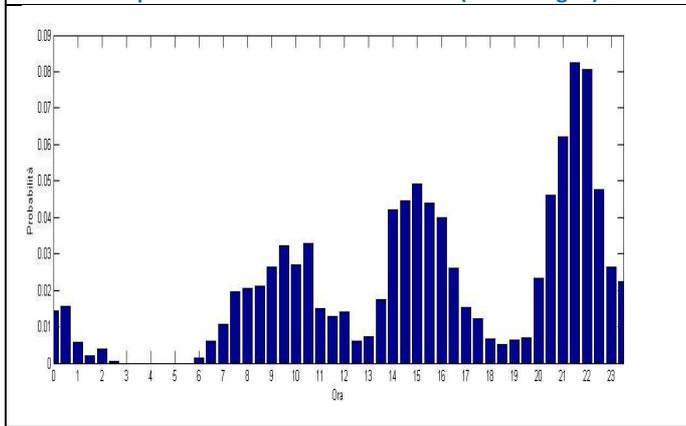


Figura 12 - Esempi di distribuzione di probabilità per i giorni feriali (Lavastoviglie)

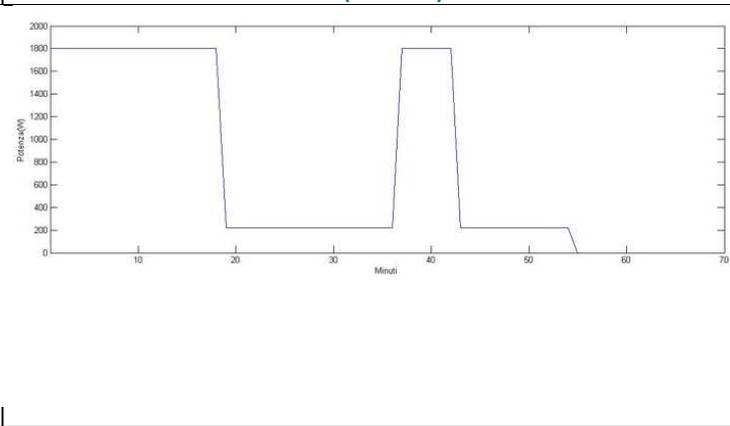


Figura 13 - Esempio di profilo di carico lavatrice

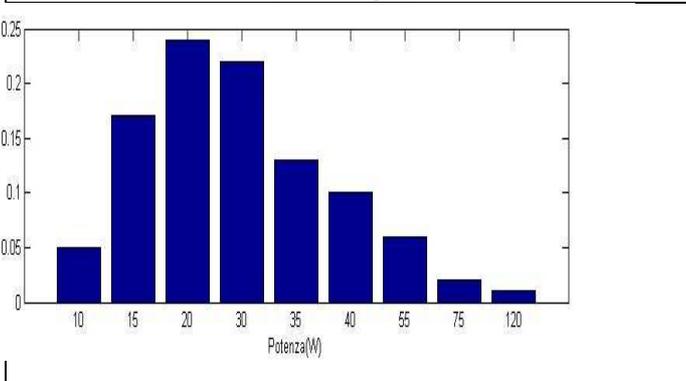


Figura 14 - Distribuzione di probabilità utilizzata per la generazione degli stand-by

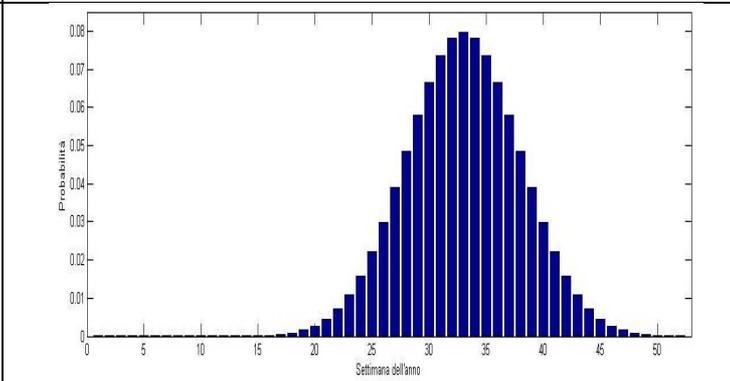


Figura 15 - Distribuzione di probabilità utilizzata per la scelta del periodo di vacanza

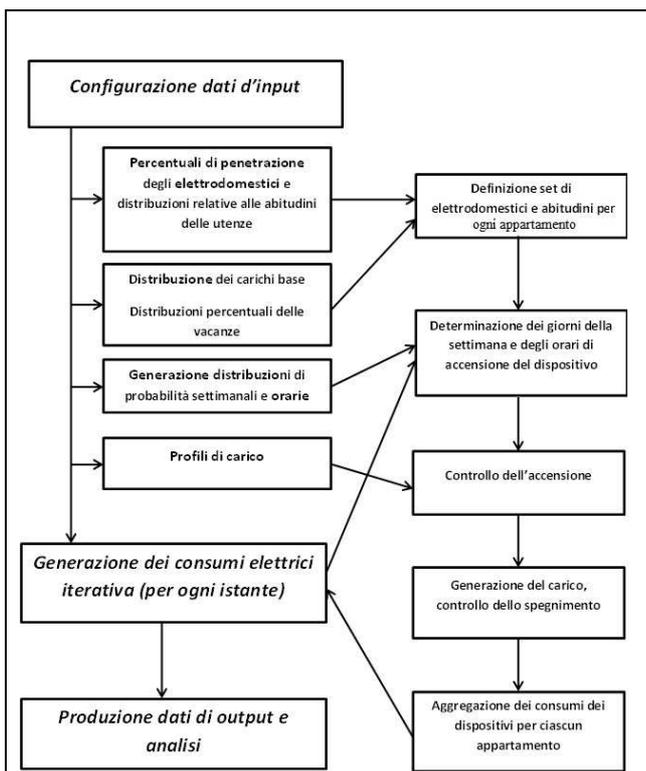


Figura 16 - Diagramma di flusso

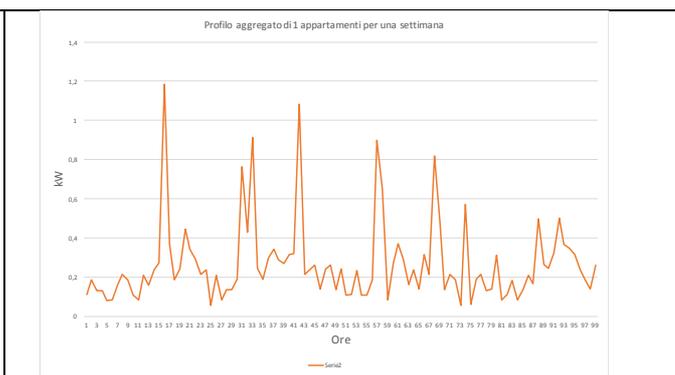


Figura 17 - Profilo settimanale di un appartamento

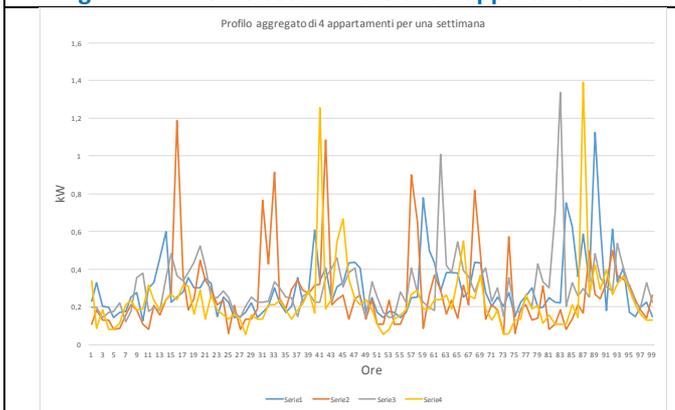


Figura 18 - Profilo settimanale di 4 appartamenti

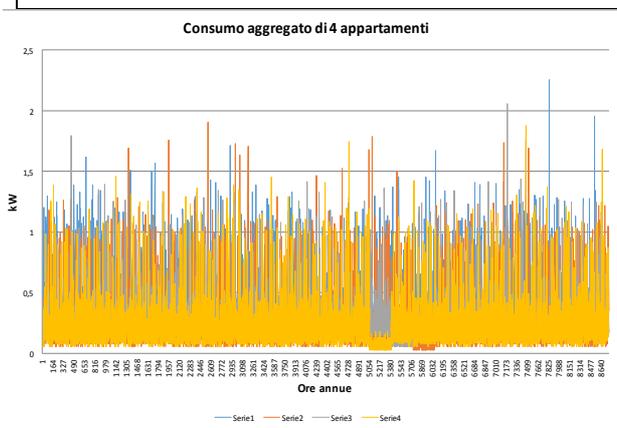


Figura 19 - Profilo annuale di 4 appartamenti

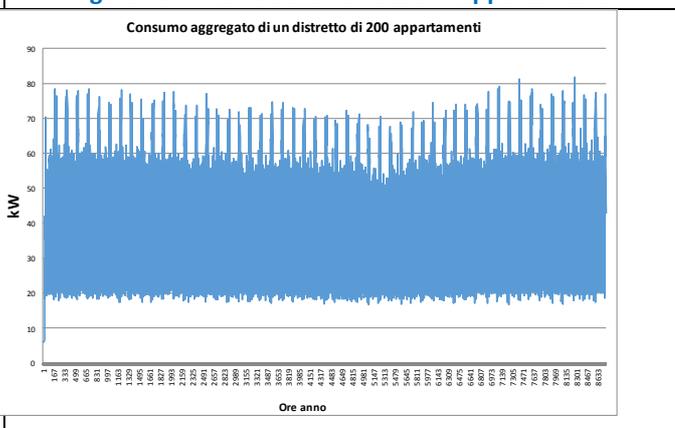


Figura 20 - Consumo aggregato di un distretto di 200 appartamenti

### 3.1.2 Sviluppo di un simulatore della domanda di energia termica per uso riscaldamento/condizionamento

Il simulatore della domanda di energia termica per un distretto residenziale è stato sviluppato a partire dal software Energy Plus (Figura 21) sviluppato dal Dipartimento di Energia statunitense; inoltre è stato utilizzato il software Design Builder (Figura 22) come interfaccia utente per agevolare l’inserimento dei parametri in Energy Plus. Per simulare il fabbisogno di energia termica e frigorifera di un distretto residenziale si è pensato di utilizzare un approccio stocastico nella definizione del distretto residenziale. In particolare, sono stati modellati differenti casi d’uso (use case) residenziale: questi sono stati suddivisi per anno di costruzione (4 tipologie di struttura); metratura degli appartamenti (3 superfici); tipologia di impianto termico (3 tipologie); profilo di presenza (3 tipologie); set-point ambiente (1 combinazione di set-point per l’estate e l’inverno). In totale quindi sono stati modellati 108 casi d’uso. La località simulata è Roma.

I profili generati sono stati modellati con una risoluzione temporale oraria per un intero anno. I dati sono esportabili e possono poi essere utilizzati per definire e calcolare i KPI che saranno ritenuti opportuni. La seguente tabella riporta le specifiche delle varie combinazioni con cui sono stati costruiti i casi d'uso.

	Anno costruzione	Superficie (mq)	Impianto termico	Profilo	Set-point
1	Pre- 1900 (per centri storici)	60	Solo radiatore	Lavoratore pendolare (non torna a pranzo)	<b>Inverno:</b> 20°C in tutte le stanze <b>Estate:</b> 24°C in tutte le stanze
2	1961-1975	80	Radiatore + split	Lavoratore	
3	1976-90	100 con una stanza scaldata in più	Pompa di calore	Casalinga	
4	1991-2005				

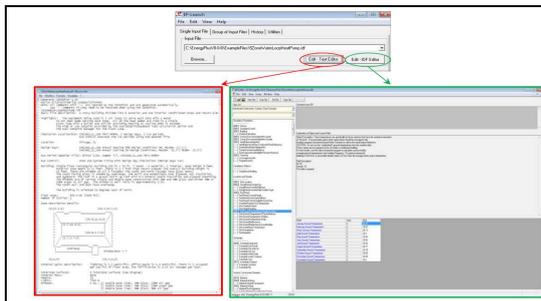


Figura 21 - Energy Plus

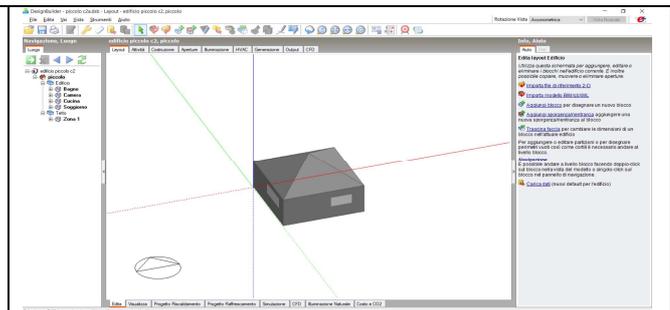


Figura 22 - Design Builder

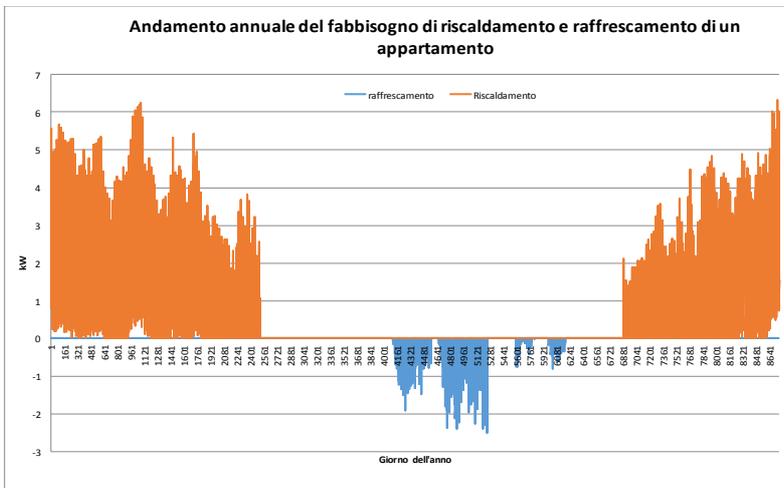


Figura 23 - Andamento fabbisogno di energia termica

La Figura 23, mostra la simulazione dell'andamento del fabbisogno di energia termica sia per il riscaldamento che per il raffreddamento. Essa rappresenta l'effettiva domanda di servizio energetico richiesta dall'appartamento a prescindere dal sistema energetico con cui essa verrà soddisfatta. In pratica, se l'appartamento sarà dotato di una pompa di calore, tutto il fabbisogno termico annuale potrà essere soddisfatto mediante l'utilizzo di elettricità; se al contrario l'appartamento è dotato di radiatori e split il fabbisogno per il

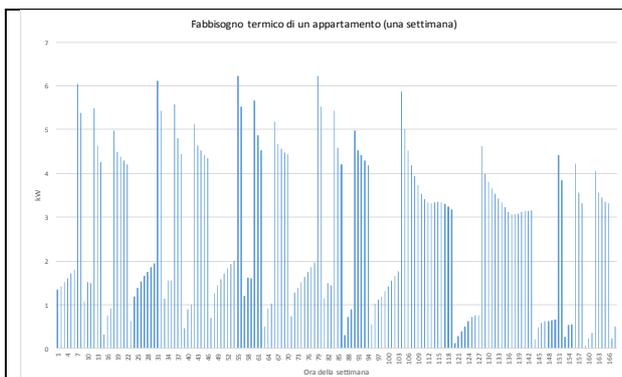


Figura 24 - Simulazione del fabbisogno termico di un appartamento (una settimana invernale)

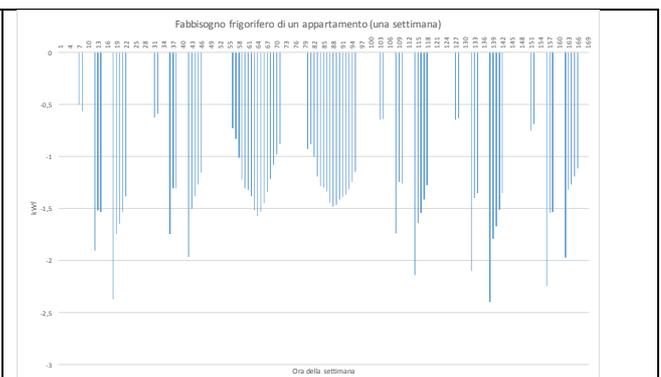


Figura 25 - Simulazione del fabbisogno termico di un appartamento (una settimana invernale)

riscaldamento sarà soddisfatto con il gas naturale (o con il teleriscaldamento) mentre il fabbisogno per il raffrescamento sarà soddisfatto mediante l'utilizzo di energia elettrica. Le figure 17 e 18 mostrano il profilo orario di riscaldamento e di raffrescamento rispettivamente per una giornata invernale ed una estiva.

### 3.2 Simulazione di differenti scenari di monitoraggio

Una volta definiti i casi d'uso, sono stati studiati possibili scenari di monitoraggio e controllo degli appartamenti. Per questo, partendo da un caso base, è stato simulato il cambiamento del fabbisogno energetico di un appartamento in funzione del cambio di set-point di temperatura all'interno delle singole stanze riscaldate. Il caso base che si è scelto di simulare è un appartamento di 80 mq costruito negli anni '80, con impianto a radiatori e caldaia a gas naturale per soddisfare il fabbisogno invernale e split elettrici per soddisfare il fabbisogno estivo; la temperatura di set-point invernale è di 20°C in tutte le stanze, quella di set-point estivo è 24°C in tutte le stanze. Nella tabella sottostante sono riportati i vari set-point testati, sia in estate che in inverno. Il set-point di attenuazione è quello per cui gli impianti partono autonomamente se la temperatura ha raggiunto un livello troppo basso (inverno) o troppo alto (estate).

**Tabella 1-Set-point testati**

	Set-point	
1	<b>Inverno:</b> 22.5°C inverno <b>Estate:</b> 23.0°C estate <b>Attenuazione:</b> NO	<b>Funzione:</b> per simulare l'assenza di termostato
2	<b>Inverno:</b> 20°C in tutte le stanze <b>Estate:</b> 24°C estate	<b>Funzione:</b> Presenza di termostato, profilo di riferimento
3	<b>Inverno:</b> 20°C in 2 stanze 18°C nelle altre due <b>Attenuazione:</b> 16°C <b>Estate:</b> 24°C in 2 stanze 26°C nelle altre due <b>Attenuazione:</b> 28°C	<b>Funzione:</b> per simulare le smart valve in tutte le stanze
4	<b>Inverno:</b> 18°C in tutte le stanze <b>Attenuazione:</b> 16°C <b>Estate:</b> 26°C in tutte le stanze con <b>Attenuazione:</b> 28°C	<b>Funzione:</b> simulare sia le smart valve in tutte le stanze sia l'effetto di set-point meno stringenti

La tabella sottostante riporta i risparmi ottenuti grazie ai diversi scenari di monitoraggio e controllo. Si può notare come lo scenario base, che contempla il termostato, sia migliore, ovviamente, dello scenario senza termostato; inoltre si può notare sia il beneficio dell'installazione delle smart valve nelle varie stanze sia quello di impostare set-point di temperatura meno stringenti. Come prevedibile, il beneficio marginale è sempre più basso man mano che la situazione di partenza migliora: ad esempio il risparmio annuo ottenibile installando le smart valve è di quasi 350 mc di metano se confrontato con il caso "senza termostato", ma scende a 100 mc se confrontato con il caso di riferimento "con termostato"

**Tabella 2- Risparmi stimati**

	Riscaldamento di Zona	Raffrescamento Totale	Consumo metano	Consumo elettricità per condizionamento
	kWh/anno	kWh/anno	mc/anno	kWh/anno
1	8678 (-)	-753 (-)	1038 (-)	301 (-)
2	6644 (-23%)	-463 (-39%)	795 (-23%)	185 (-39%)
3	5802 (-33%)	-257 (-66%)	694 (-33%)	103 (-66%)
4	5132 (-41%)	-108 (-86%)	614 (-41%)	43 (-86%)

### 3.3 Definizione del data model di uno smart district

Nella presente annualità, insieme con l'ENEA, sono stati indagati i possibili data model degli smart agent di primo livello (a livello di appartamento – domotica) e di livello superiore (condominio – quartiere - distretto) a seconda del modello o dei modelli di demand response più diffusi all'estero ed in bibliografia: DR basata su tariffe temporali (tariffe sull'orario di utilizzo, tariffe sul picco di consumi, tariffe a picco variabile, contrattazione in tempo reale e contrattazione con l'Aggregatore); o DR basata sul "controllo diretto dei carichi" da parte dell'Aggregatore o dell'utility, a fronte di incentivi economici sulla bolletta.

Possibili dati gestiti dall'agente di primo livello (energy box d'appartamento)	Possibili dati inviati dall'agenti di primo livello all'agente di secondo livello (Aggregatore)	Possibili dati inviati dall'agente di secondo livello all'agente di primo livello
Set-point di temperatura, dato di presenza, consumo elettrodomestici e scheduling elettrodomestici, produzione da rinnovabile, SOC storage, energia termica consumata da ciascun ambiente, consumo di gas appartamento, stato apertura smart valve, luminosità ambiente, apertura porte e finestre.	Consumo di energia elettrica orario, consumo di energia elettrica previsto nelle due ore successive, profilo orario di impegno di potenza prevista, possibile flessibilità a modificare l'impegno orario di potenza elettrica, consumo di gas naturale, energia oraria autoprodotta da pannelli PV.	Segnali di prezzo dell'energia nelle ore successive; nuovi set-point di temperatura per il termostato; proposta all'utente finale di una nuovo impegno di potenza in funzione dell'impegno di flessibilità dimostrato.

Una descrizione più dettagliata delle attività effettuate in collaborazione con l'Università Politecnica delle Marche è contenuta nel report RdS/2015/020 "Sviluppo di un simulatore rete di edifici residenziali e implementazione preliminare di un modello di smart district".

## 4 Progettazione dell'architettura della Smart Homes Network

### 4.1 Definizione dei requisiti e delle prestazioni del sistema

Negli anni passati, sul mercato sono state presentate di domotica, chiuse e proprietarie, che non consentivano di utilizzare né di colloquiare con dispositivi afferenti a differenti case produttrici, ciò comportava la necessità di dotare l'abitazione di più sistemi, tra loro distinti, per sopperire alle diverse esigenze dell'ambiente domestico. Si è così assistito ad una proliferazione di differenti sistemi costituiti da reti di devices o singoli dispositivi stand alone incapaci di comunicare tra di loro.

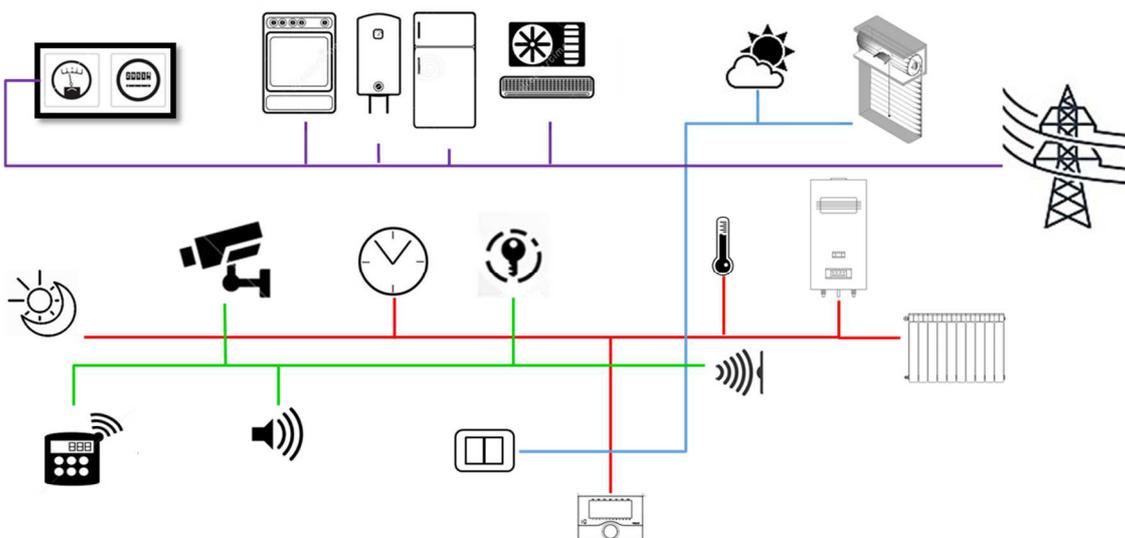


Figura 3-Proliferazione dei sistemi di gestione in ambito domestico

In genere tali sistemi presentavano costi elevati sia per quanto riguarda la strumentazione necessaria sia per quanto riguarda l'installazione. Infatti per l'installazione e configurazione dei sistemi di domotica era necessario l'intervento di tecnici specializzati, mentre l'interazione tra utenti e sistema non era sempre immediata, quindi si basava su impostazioni definite a priori dall'installatore.

Nel progetto del sistema di Smart Home, si è partiti dalla definizione dei requisiti prestazionali [1, 2] al fine di individuare le idonee soluzioni tecnologiche. In particolare sono stati individuati i seguenti requisiti necessari per il sistema:

- Interoperabile e aperto.

L'interoperabilità assicura la possibilità di integrare i device più disparati, superando le limitazioni dovute all'esistenza di differenti protocolli di comunicazione. In effetti negli ultimi anni si sta assistendo ad una diffusione di soluzioni per Smart Home che impiegano i più svariati protocolli di comunicazione: ZigBee, Z-Wave, Wi-Fi solo per citarne alcuni. Il sistema per la Smart Home si propone come un sistema completamente aperto, in grado di assicurare l'integrazione tecnica e semantica tra diversificate sorgenti di informazioni per fornire un insieme di servizi che si aggiungono alla sola gestione energetica della abitazione.

- User friendly.

L'installazione, configurazione ed interazione tra il sistema progettato e l'utente deve essere semplice ed intuitiva grazie allo sviluppo di interfacce semplici, che si basano sull'impiego di web service, App per smart phone o display dedicati.

- Garante della Privacy.

Il tema della tutela della privacy nell'ambito domestico è fondamentale per l'accettabilità, in effetti l'eventuale percezione di perdita o riduzione della privacy dell'utente costituisce un barriera alla diffusione

del sistema di Smart Home. Per questo motivo devono essere fornite delle garanzie e delle sicurezze all'utente, ad esempio regolando l'accesso ai dati del singolo utente solo tramite autenticazione.

- Affidabile e robusto

Al sistema della Smart Home viene affidato il controllo e la gestione il confort dell'ambiente domestico e nei casi più avanzati la sicurezza degli utenti, per tale motivo l'affidabilità del sistema è un requisito inderogabile del sistema. In effetti la mancanza di tale requisito può causare la perdita di fiducia dell'utente con conseguente abbandono del sistema.

#### 4.2 *Descrizione dei servizi della Smart Home Network*

Le funzionalità da implementare nel sistema progettato, sono state individuate in funzione di una serie di servizi da offrire all'utente finale. Infatti, grazie alla possibilità di connettere una serie di dispositivi in una rete domestica e di trasmettere in remoto le informazioni fornite da questi, è possibile implementare una serie di funzionalità nel sistema come descritto di seguito:

- Monitoraggio dei consumi e del livello di confort indoor, con diversi livelli di granularità (ora, giorno, mese, anno) pertanto superiori a quanto attualmente riportato sulle bollette di fatturazione delle principali utenze domestiche. I dati del monitoraggio costruiscono un efficace feedback per l'utente per indurlo a comportamenti energeticamente più consapevoli. Inoltre la disaggregazione dei dati relativi ai consumi energetici, consente di valutare l'impatto del singolo elettrodomestico o apparecchio per meglio indirizzare le scelte dell'utente.
- Integrazione delle informazioni acquisite. La possibilità di integrare localmente i dati provenienti da più sensori, consente di ottenere informazioni qualitativamente e quantitativamente superiori a quelle del singolo sensore, questo comporta una conoscenza più approfondita dell'ambiente in cui il sistema è installato consentendo non solo la riduzione degli sprechi ma anche l'ottimizzazione dei consumi energetici con costi decisamente più contenuti.
- Possibilità di effettuare il controllo dei device della Smart Home da parte dell'utente secondo diverse modalità. Oltre al controllo manuale, i dispositivi di una Smart Home devono consentire la gestione da remoto tramite scheduling, e per sistemi particolarmente evoluti andrà prevista l'automazione di alcune funzioni in grado di assicurare la massima efficacia.
- La presenza di "intelligenza a bordo" del sistema Smart Home dislocato direttamente nella casa dell'utente, consente di avere delle funzioni embedded in grado di analizzare i dati e prendere delle decisioni ad esempio per bilanciare i consumi ed il confort, o per riconoscere dai pattern di consumo la presenza e il comportamento dell'utente, fino ad individuare eventuali situazioni di allarme. Questa funzionalità risulta fondamentale per la fornitura di servizi ulteriori rispetto alla sola gestione energetica o per la gestione attiva della domanda.

In effetti negli ultimi tempi, grazie allo sviluppo di nuove soluzioni tecnologiche, sia nell'ambito della sensoristica ma soprattutto grazie al cloud computing [3,4] è possibile acquisire una grande quantità di dati ed elaborarli per fornire in tempo reale un feedback all'utente. In questo contesto è possibile sviluppare nuove soluzioni che puntano all'integrazione di sistemi di gestione energetica con sistemi di automazione e controllo, potenzialmente in grado di fornire servizi aggiuntivi agli utenti finali. Infine grazie all'impiego di Interfaccia utente semplice, real time tramite App su mobile per consentire all'utente finale di modificare il proprio comportamento in funzione del consumo energetico, impatto ambientale e del costo dell'energia.

La tabella che segue sintetizza i servizi previsti dal modello di Smart Home implementato suddivisi in due macro-aree: servizi energetici e servizi aggiuntivi.

**Tabella 3- Servizi della Smart Homes Network**

Energetici	Servizi aggiuntivi
Monitoraggio	Security
Controllo	Safety
Demand Response	Assisted living

## SERVIZI ENERGETICI

Per quanto riguarda i servizi energetici, questi hanno come primo obiettivo la riduzione del consumo energetico tramite l’incremento della consapevolezza dell’utente sui propri consumi garantendo il controllo remoto e automazione di alcune funzionalità all’interno della casa. Inoltre l’infrastruttura della Smart Home è in grado di abilitare l’utente domestico ai servizi di demand response, in prospettiva gli utenti potranno modificare la loro domanda energetica in risposta a richieste da parte di un Aggregatore ricevendo in cambio una riduzione dei costi dell’energia stessa.

In particolare, nell’ambito dei servizi energetici, sono state individuate tre classi di servizi:

### A. Monitoraggio:

I dati provenienti dal monitoraggio dei consumi forniti dalle smart plug per quanto riguarda gli elettrodomestici e dagli Smart Meters (gas ed elettricità), permettono di rendere consapevole l’utente sul proprio consumo grazie a feedback educativi. Sono previsti differenti livelli di approfondimento a seconda della configurazione hardware disponibile.

### B. Controllo:

Grazie alla strumentazione installata presso la Smart Home, l’utente sarà in grado di gestire da remoto alcune utenze ed ottimizzarne i set point, al fine di minimizzare i consumi energetici senza rinunciare al confort. Il controllo potrà essere effettuato ad un differente livello di dettaglio che coincide con il differente kit di sensori con cui può essere dotata l’abitazione.

### C. Demand Response:

In prospettiva l’utente domestico può aderire ad un programma di Demand Response ed ottenere un vantaggio economico mettendo a disposizione la flessibilità dei propri carichi (elettrici o termici). Infatti grazie alla strumentazione presente nella Smart Home potrà adattare i propri consumi alle richieste che provengono dall’Aggregatore. Tale gestione della flessibilità può avere diversi scenari temporali di pianificazione: a lungo termine, day-ahead ovvero attraverso il mercato del giorno prima, real time per gli scambi di energia attraverso il mercato infra-giornaliero.

## SERVIZI AGGIUNTIVI

Nell’ambito del progetto Smart Home, ci si propone di offrire alcuni servizi di ausilio agli utenti domestici a partire dall’infrastruttura installata per i servizi energetici. Grazie alle elaborazioni effettuate localmente sarà possibile gestire situazioni di potenziale rischio. Di fatto l’integrazione dei dati di natura diversa costituisce un importante supporto alle decisioni con un minore impatto della strumentazione installata, con conseguente riduzione dei costi e maggiore accettabilità da parte dell’utente. I servizi di security e safety non sono rivolti a particolari categorie di utenti, mentre quelli relativi all’Assisted Living descrivono scenari che possono colpire maggiormente un’utenza fragile: anziani e persone con deficit cognitivi lievi. La strumentazione impiegata per certi casi specifici prevede alcune integrazioni per fornire dati e strumenti di sussidio all’utente. Di seguito vengono descritti i servizi aggiuntivi previsti:

#### D. Security:

Il servizio prevede, in caso di assenza degli utenti, la rilevazione dell'intrusione di estranei nell'abitazione o l'effrazione dei sistemi di chiusura. Il sistema è potenzialmente in grado di fornire una notifica di warning all'utente o a terza parte appositamente abilitata.

#### E. Safety:

Grazie all'istallazione di sensori per il monitoraggio di particolari parametri ambientali da integrare ai sensori per l'esclusivo servizio energetico, il sistema è in grado di rilevare particolari situazioni di rischio e di conseguenza prevenire infortuni e calamità.

#### F. Assisted Living:

In genere per Assisted Living si intendono una serie di servizi che hanno come obiettivo aiutare persone fragili a vivere meglio e più a lungo possibile in modo autonomo nelle proprie abitazioni. Nel caso del sistema di Smart Home progettato, a partire dall'infrastruttura installata presso le abitazioni per il monitoraggio energetico, si prevede di implementare un sistema di segnalazione di eventuali situazione critiche per l'utente domestico. In particolare viene preso in esame il caso della prevenzione degli incendi dovuti all'abbandono della cucina con piano di cottura o forno in funzione. In questo caso è prevista sia un'attuazione per risolvere il warning, sia un'interfaccia utente dedicato a persone con fragilità: un robot umanoide.

Nel capitolo 5 sono descritti nel dettaglio i differenti casi d'uso associati ai servizi offerti e implementati nell'ambito della prima annualità del progetto.

### 4.3 Architettura del sistema

Nella prima annualità è stata effettuata la progettazione dell'architettura del sistema della Smart Homes Network in termini di hardware da installare, protocolli e interfacce di comunicazione. L'architettura del sistema prevede differenti livelli come riportato nel grafico seguente: edificio, Aggregatore, distretto. A ciascun livello è associato un componente specifico a cui sono demandate specifiche funzioni e servizi forniti.

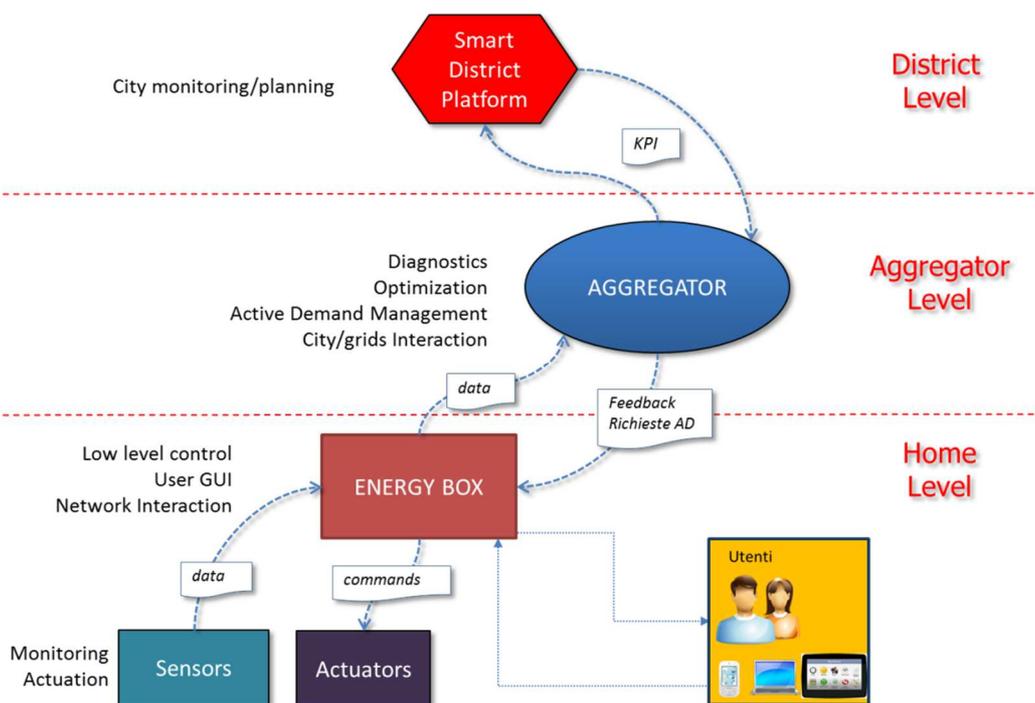


Figura 4-Architettura generale del sistema

- La Smart District Platform è la piattaforma software per la gestione e integrazione delle differenti applicazioni verticali del district al fine di consentire il monitoraggio del distretto e lo scambio dei dati tra i differenti contesti applicativi come descritto in dettaglio nel Report RdS/PAR2015/014 – “Le specifiche della smart platform del distretto”.
- L’Aggregatore è costituito da un’applicazione software in grado di svolgere le funzioni di raccolta, aggregazione e analisi dei dati forniti dal rete di home monitorate, per fornire feedback educativi all’utente, inoltre è in grado di fornire i dati disponibili ad applicazioni esterne per elaborazioni ulteriori. In prospettiva all’Aggregatore competerà anche il compito di acquisire ed elaborare i segnali provenienti dal mercato energetico per la gestione del Demand Response.
- A livello di home si possono individuare i seguenti componenti:
  - Sensori, ovvero dispositivi hardware in grado di reagire ad un impulso esterno che funge da input e fornire in output messaggi inerenti il fenomeno monitorato (presenza, temperatura, potenza elettrica, etc.). Il sensore comunica a livello superiore con l’Energy Box.
  - Attuatori, sono dispositivi hardware in grado di attivare o disattivare, controllare alcune componenti degli impianti presenti nella home. L’attuatore comunica a livello superiore con l’Energy Box.
  - Bus di collegamento. Il mezzo sul quale transitano i dati provenienti da sensori e i comandi diretti agli attuatori. Nel progetto si è scelta sensoristica “wireless”, che pertanto non richiede cablaggio.
  - Energy Box, ovvero il gateway di raccolta dei dati e comunicazione tra i differenti livelli: home e Aggregatore.
  - Interfacce di comunicazione, si tratta di applicazioni software che consentono all’utente di visualizzare, controllare e gestire gli impianti all’interno della home tramite l’impiego di appositi dispositivi (web-service, App su smartphone).

#### 4.4 Componenti funzionali e tecnologiche del sistema Smart Home Network

Nel progetto del sistema di Smart Home, si è partiti dalla definizione dei requisiti prestazionali al fine di individuare le idonee soluzioni tecnologiche. In particolare sono stati individuati i requisiti necessari per il sistema: interoperabilità, affidabilità e robustezza, facilità d’uso e di interazione con l’utente.

Successivamente, sulla base dei requisiti individuati, sono state definite le soluzioni tecnologiche che prevedono:

- L’impiego di protocolli di comunicazione standard e aperti,
- L’adozione di device wireless, facili da installare ed economici.

Di seguito sono descritte le singole componenti sia dal punto di vista funzionale che tecnologico.

##### 4.4.1 Piattaforma di aggregazione

La piattaforma di Aggregazione, il cosiddetto Aggregatore, raccoglie i dati dai sensori domestici e dagli smart meters multiservizio, li elabora per fornire agli utenti indicazioni per un uso più ottimizzato dell’energia.

I dati forniti dalla rete di homes monitorate viene collezionato in un database locale dove vengono calcolati gli indicatori di prestazioni energetiche degli edifici, i KPI (Key Performance Indicators), e dove viene effettuato il Benchmarking dei profili di consumo monitorati, tramite il confronto sia con profili di riferimento che con quelli relativi agli utenti della rete (report RdS/2015/021). Questa elaborazione è fondamentale al fine di creare una base di dati omogenei per il confronto tra le differenti home appartenenti al Network, sia in termini di prestazioni che di obiettivi raggiunti. Dal confronto tra le prestazioni scaturiscono una serie di feedback educativi che possono essere forniti all’utente per

indirizzarlo verso un uso più consapevole dell'energia, anche tramite differenti tecniche di engagement che possono spingersi fino ad una competizione tra utenti appartenenti alla stessa rete.

Nella soluzione implementata nell'ambito del progetto, compito dell'Aggregatore sarà anche quello di organizzare e mettere a disposizione i dati del DB ad un modulo software di diagnostica avanzata e ottimizzazione che sarà implementato nelle prossime annualità. Proprio in base a queste elaborazioni l'Aggregatore sarà in grado di fornire agli utenti dei suggerimenti in termini di diagnostica o ottimizzazione, ad esempio confrontando il consumo degli elettrodomestici degli utenti della rete o suggerendo i set point ottimali per il cronotermostato o per le smart valve all'interno dell'abitazione.

Oltre a questi aspetti strettamente legati a temi di efficienza energetica (EE), come descritto nella figura 5 l'Aggregatore ha il compito di svolgere un ruolo fondamentale di mediazione tra gli obiettivi che si prefiggono gli utenti domestici, la Società e gli attori della smart grid:

- **TSO** (Transmission System Operator) – Gestore della rete a cui appartiene il 95% della rete di trasmissione ad alta tensione ed è responsabile del dispacciamento, in Italia la società TERNA detiene il Monopolio naturale.
- **DSO** (Distribution System Operator) – Gestore del sistema di distribuzione, trasporto e trasformazione dell'energia elettrica su reti di distribuzione a media e bassa tensione, per la consegna agli utenti finali. Distributori in regime di monopolio locale.
- **Venditore.**

In particolare gli attori del mercato energetico sono interessati ad assicurare la stabilità della rete ed un certo margine di profitto, mentre l'utente è interessato ad assicurare il comfort all'interno della propria abitazione e a contenere i costi della propria bolletta energetica, infine più in generale la Società, mira a contenere i consumi energetici complessivi ed il relativo impatto ambientale anche in risposta alle politiche comunitarie. In questo quadro complessivo il compito dell'Aggregatore è quello di mediare tra le differenti parti ed individuare una soluzione di equilibrio.

In generale la gestione della domanda energetica da parte degli utenti finali può essere effettuata secondo due differenti approcci [5]:

1. **Demand side Management (DSM)**, che ha come obiettivo la riduzione del consumo di energia e l'incrementare l'efficienza nell'uso dell'energia elettrica. Si tratta di un approccio "top down" in genere promosso dalle Utilities per ridurre o rimuovere i picchi di carico ed evitare la realizzazione di nuove infrastrutture di distribuzione.
2. **Demand Response (DR)**, implica un approccio "bottom up". Il consumatore diviene parte attiva nella gestione dei propri consumi, per raggiungere l'obiettivo dell'efficienza e al tempo stesso ottenere benefici economici. Il DR può essere definito come "il cambiamento nell'uso dell'energia elettrica da parte degli utenti rispetto al loro normale profilo in risposta al cambiamento del prezzo dell'elettricità in alcuni periodi". Nel DR sono previste tutte le modifiche intenzionali al profilo di consumo elettrico da parte dell'utente.

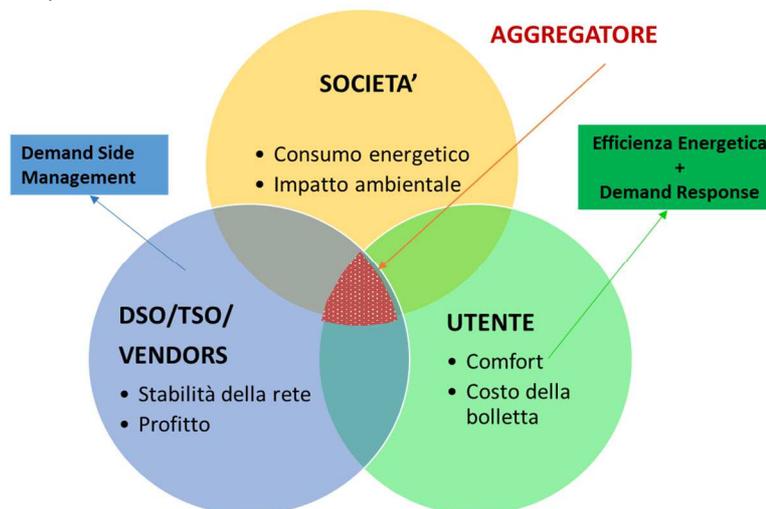


Figura 5- Attività di mediazione dell'Aggregatore

In prospettiva l'Aggregatore acquisendo ed elaborando i segnali provenienti dal mercato energetico in termini di offerta di prezzo o profilo di prelievo, sarà in grado di aggregare la flessibilità degli utenti finali per elaborare scenari di DSM o DR ed interagire con l'utente al fine di attuare tali scenari. La gestione della domanda avverrà a livello della Smart Home tramite invio all'Energy Box del singolo utente delle richieste di modifica del profilo dei consumi.

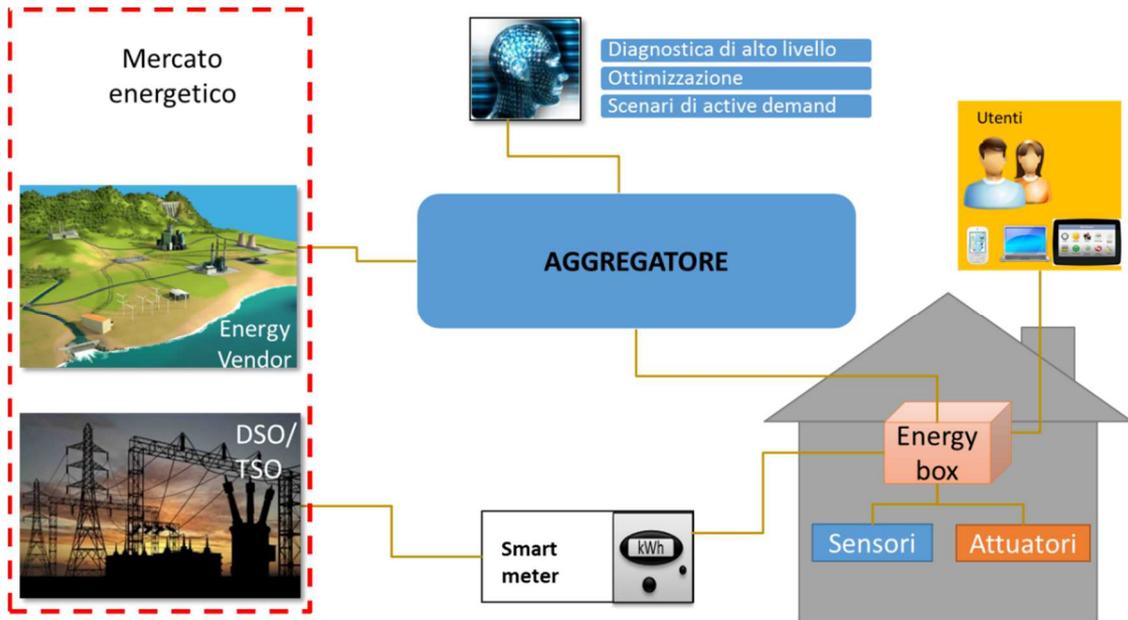


Figura 6 – Architettura funzionale dell'Aggregatore

La soluzione di Aggregatore sviluppata nell'ambito del progetto ha l'obiettivo di rendere interoperabili e interconnessi una rete sensori e attuatori, che pur utilizzando diversi protocolli di comunicazione, consentono di comunicare con una piattaforma di aggregazione che assicura l'integrazione dei dati disponibili e l'accesso da remoto alle informazioni fruibili per gli utenti. La soluzione implementata ha consentito di testare differenti tipologie di EB che utilizzano diversi protocolli di comunicazione: Z-Wave ed EnOcean all'interno dell'abitazione, mentre la comunicazione tra i differenti EB e la piattaforma di Aggregazione avviene tramite protocollo MQTT, così come è schematizzato nella figura che segue.

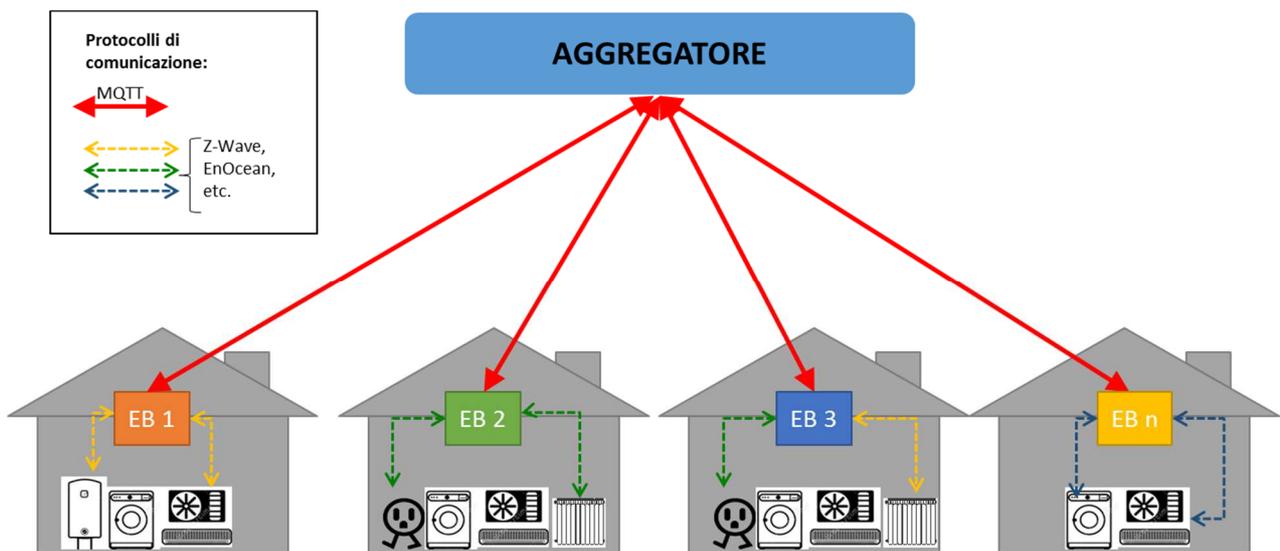


Figura 7-Interoperabilità del sistema

## Soluzione tecnologica

In questa prima annualità è stata sviluppata una prima versione della piattaforma di Aggregazione che utilizza alcuni componenti LITE della piattaforma IoT, dell'azienda Almaviva S.p.A., denominata GloTTO®.

GloTTO® è una piattaforma che mette a disposizione tutti gli strumenti per la realizzazione di applicazioni IoT evolute, integrate, sicure e altamente scalabili: ESB e Message Broker, Real-time Processing e Rules Engine, Big Data, Analytics e Machine Learning, Message Broker, IAM, API Manager, Device Manager.

La piattaforma così configurata è in grado di acquisire ed elaborare i dati generati dai sensori, dai dispositivi connessi alla rete, da sistemi informativi e piattaforme web e social, mettendoli poi a disposizione di utenti finali, di altre piattaforme e device. In particolare la piattaforma GloTTO® è modulare, integrata e flessibile ed è realizzata tramite **componenti Open Source**. Il sistema ha la capacità di integrare con grande semplicità altre piattaforme, sistemi, servizi, ed engine di terze parti, sia in modalità embedded, in cui gli engine di terzi diventano una delle componenti orchestrate da GloTTO®, sia tramite centinaia di connettori e adapter già disponibili, in grado di comunicare con Social tanto quanto con infrastrutture Legacy e Mainframe. GloTTO® acquisisce dati da sensori di differenti produttori e tecnologie ed espone servizi che facilitano lo sviluppo di applicazioni IoT riducendo il Time-To-Market.

La piattaforma GloTTO® nella sua versione integrale comprende:

- un sistema di Identity & Access Management per l'autenticazione e la profilazione degli utenti e dei dispositivi in grado di garantire elevati livelli di sicurezza anche nel caso di accesso da applicazioni esterne
- un canale di comunicazione formato da un Enterprise Service Bus (ESB) e un Message Broker per la gestione delle integrazioni con i dispositivi e dell'accesso ai servizi e alle applicazioni. Lo stesso Enterprise Service Bus permette inoltre la creazione di connettori verso applicazioni SaaS esterne come Twitter, Facebook, SAP, Twilio e molte altre.
- funzionalità di Complex Event Processing (CEP) e Analytics che garantiscono l'automazione per comunicazioni M2M e l'analisi dei dati provenienti da e diretti verso dispositivi e applicazioni anche esterne alla piattaforma. Gli sviluppatori possono definire le regole di elaborazione attraverso un'interfaccia grafica e definire con la massima semplicità la Business Logic delle applicazioni da sviluppare.
- strumenti di Device Management per la creazione degli elenchi di dispositivi e per la loro gestione e configurazione diretta attraverso la piattaforma, anche da remoto.
- external API per l'integrazione con altri provider di servizi e di soluzioni Cloud, come Microsoft, Facebook e molte altre.
- un repository Big Data basato sulle migliori tecnologie open source disponibili sul mercato -come Hadoop e HBase - per archiviare e avere sempre a disposizione tutti i dati provenienti dai dispositivi e dalle applicazioni esterne.
- una console di analisi, sia real-time che batch, che attraverso il framework SPARK permette di ottenere il massimo da tutte le informazioni raccolte dai dispositivi attraverso la visualizzazione delle elaborazioni dei dati su dashboard, oppure il loro riutilizzo come input per applicazioni esterne e ulteriori dispositivi o per API gestite dagli sviluppatori.
- un Market Place attraverso il quale vengono messi a disposizione degli sviluppatori strumenti (Api Manager) applicazioni e API - proprietarie e di terze parti - che permettono di sviluppare prodotti e servizi.

Attualmente in ENEA è stata installata una versione lite della piattaforma GloTTO che utilizza l'applicazione SEM di energy management, già in uso presso l'ENEA, dove viene impiegato per la gestione energetica di una rete di edifici terziari del Centro Ricerche ENEA della Casaccia. In questa annualità, nell'ambito del progetto di Smart Home Network, l'applicazione SEM viene utilizzata per la visualizzazione e archivio dei dati provenienti dagli Energy Box.

In particolare sono stati installati i seguenti componenti:

- Complex Event Processor LITE**  
 La componente CEP opera su eventi in arrivo, nella versione LITE con un limite consigliato di 100 messaggi al secondo, i quali vengono aggregati o splittati per ricavare eventi significativi, ovvero eventi complessi che riassumono logicamente gli eventi di livello inferiore che sono stati processati. In particolare per garantire l'integrazione dei dati in SEM si è provveduto all'implementazione della logica su CEP per trasformare i dati ad evento (secondo un payload concordato tra le parti) in dati cadenzati al quarto d'ora.
- Apache ActiveMQ LITE**  
 Il Message Broker gestisce gli eventi abilitando le applicazioni allo scambio di informazioni asincrone e a pubblicare messaggi verso SEM con un modello publisher/subscriber e in tale versione tramite il protocollo MQTT.

La piattaforma così configurata e denominata SEM@GIOTTO è stata installata presso un server ENEA con le seguenti caratteristiche:

- Sistema Operativo: LINUX UBUNTU SERVER 14.04 a 64 bit
- HW: 4 GB di RAM – 2 VCPU – 50 GB HD

Nello schema seguente è descritta l'architettura della piattaforma SEM@GIOTTO che attualmente consente:

- Visualizzazione dei dati quattorari, orari o giornalieri misurati dai vari sensori;
- Visualizzazione dei dati realtime sulle singole misure;
- Visualizzazione dei dati storici;
- Impostare alert realtime settando valori di soglia;
- Visualizzazione o Schedulazione di Report per assenza di dati, Superamento Soglie, Confronto tra misure.

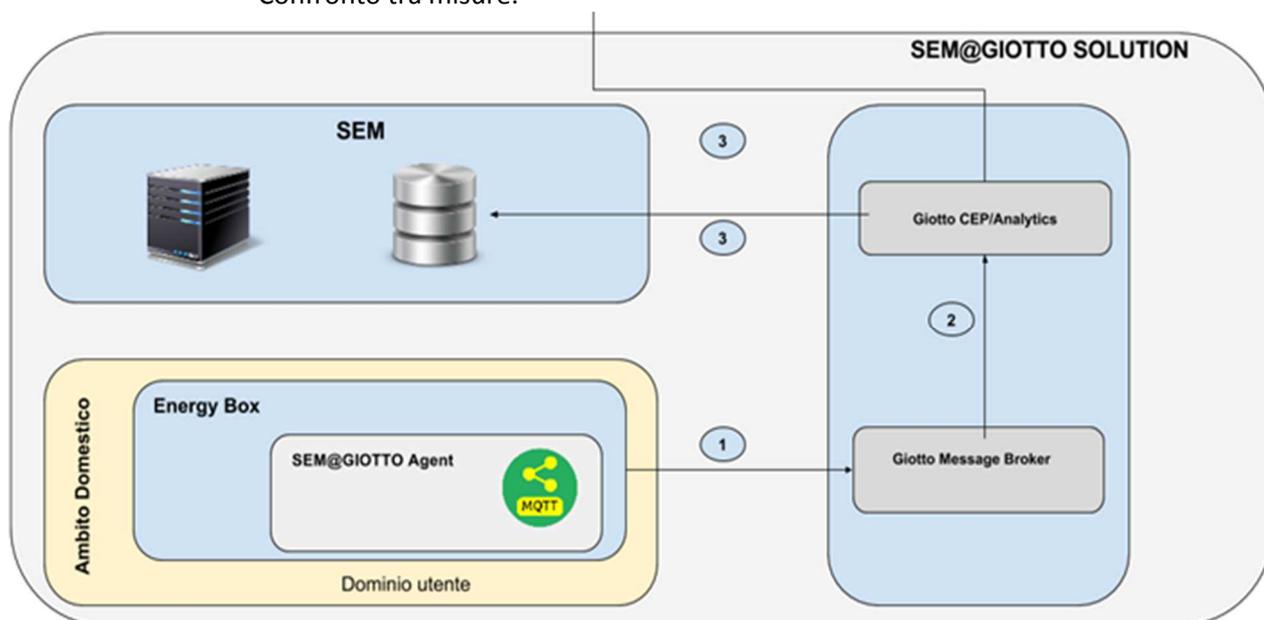


Figura 8-Architettura SEM@GIOTTO LITE

Nell'Energy Box è stato installato un Agent MQTT e un Mosquitto che consentono sia la comunicazione tramite protocollo MQTT con il Message Broker sia la persistenza dei dati in caso di assenza di rete tra Energy Box e Piattaforma SEM@GloTTO.

L'Agent MQTT installato nell'Energy Box consente la comunicazione tramite protocollo MQTT (1) con il Message Broker andando a pubblicare ad uno specifico TOPIC. A questo stesso TOPIC è sottoscritto anche il CEP che recepisce quanto inviato dall'Energy Box (2) e successivamente elabora il messaggio in modo da renderlo compatibile con quanto richiesto dalla piattaforma di Smart Energy Management già presente in ENEA. Dopo aver elaborato il messaggio, il CEP provvede a persistere il dato sulla base dati di SEM e a predisporlo per l'utilizzo da parte di applicazioni terze (3) mediante chiamate REST.

Il broker è installato sul Server messo a disposizione di Enea ed è in ascolto su porta 1883 e porta 8883.

Pertanto è possibile pubblicare su di esso mediante username e password.

Il topic su cui pubblicare è **enea/ricezioneMisure**, mentre il payload del messaggio è il seguente:

```
{
  "UniqueIdentifier": "data1",
  "DeviceValueId": 45,
  "CurrentDateTimeUnix":
  long_in_seconds,
  "Name": "data1",
  "Value": "data3",
  "Unity": "unita",
  "energyBox": "data5"
}
```

Dove:

- **CurrentDateTimeUnix** è un LONG che rappresenta il tempo in secondi (Il periodo di campionamento deve essere di 1 secondo. Un messaggio ogni secondo per ogni strumento collegato).
- **energyBox** è l'id identificativo della singola abitazione.
- **DeviceValueId** è l'id identificativo della singola MISURA
- **UniqueIdentifier** è l'id del singolo sensore.
- **Unity** è l'unità di misura (% , °C, W, etc)

Tale messaggio viene recepito dal **Complex Event Processor** che lo elabora secondo le seguenti regole scritte nel linguaggio *siddhi* e che saranno:

- 1) Regola1: REGOLA PER I CONTATTI (Aprerto/Chiuso) – Salva l'ultimo valore nel minuto non potendone fare una media \*/

```

/* Enter a unique ExecutionPlan */
@Plan:name('EnergyBoxAPIOContactsExecutionPlan')

/* Enter a unique description for ExecutionPlan */
@Plan:description('EnergyBoxAPIOContactsExecutionPlan')

/* define streams/tables and write queries here ... */
@Import('EnergyBoxDeviceEvent:1.0.0')
define stream inStream (uid string, deviceId string, dataOraEvento long, tipoMisurazione string,
valoreMisurazione string, energyBoxId string);

@From(eventtable='rdbms', datasource.name='EtgWebDataSource', table.name='history')
define table history (vcId long, day string, minutes int, value double, status int);

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-d5-
00-01-01']#window.cron('0 0/1 * 1/1 * ? *')

select dataOraEvento, convert(valoreMisurazione, 'double') as value
output snapshot every 1 min
insert into TempStream;

from TempStream
select
  356l as vcId,
  time:dateFormat(max(dataOraEvento), 'yyyy-MM-dd') as day,
  (time:extract(max(dataOraEvento), 'HOUR') * 60) + (time:extract(max(dataOraEvento), 'MINUTE'))
as
  minutes,
  value,
  3 as status
insert into history;

```

- 1) Regola2: REGOLA PER LA MEDIA PESATA NELL'INTERVALLO T (1 Minuto) – Questa regola utilizza una classe chiamata Giotto e scritta in java in cui viene fatta la media pesata.

```

/* Enter a unique ExecutionPlan */
@Plan:name('EnergyBoxAPIOExecutionPlan')

/* Enter a unique description for ExecutionPlan */
@Plan:description('EnergyBoxAPIOExecutionPlan')

/* define streams/tables and write queries here ... */
@Import('EnergyBoxDeviceEvent:1.0.0')
define stream inStream (uid string, deviceId string, dataOraEvento long, tipoMisurazione string,
valoreMisurazione string, energyBoxId string);

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-02-05-01']#window.length(1)
select      giotto:wghAvg(convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'),      'double'),
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'), 352l) as AvgValue
insert into NullStream;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-02-05-02']#window.length(1)
select      giotto:wghAvg(convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'),      'double'),
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'), 353l) as AvgValue
insert into NullStream;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-06-01-01']#window.length(1)
select      giotto:wghAvg(convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'),      'double'),
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'), 354l) as AvgValue
insert into NullStream;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-06-01-02']#window.length(1)
select      giotto:wghAvg(convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'),      'double'),
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'), 355l) as AvgValue
insert into NullStream;

/*
from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-d5-00-01-01']#window.length(1)
select giotto:wghAvg(convert(valoreMisurazione, 'double'), time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'), 356l) as AvgValue
insert into NullStream;
*/

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-DIN2-01']#window.length(1)
select      giotto:wghAvg(convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'),      'double'),
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss'), 357l) as AvgValue

```

1) Regola3: REGOLA PER IL REALTIME DELL'E.B. di base

```

/* Enter a unique ExecutionPlan */
@Plan:name('EnergyBoxAPIORuntimeExecutionPlan')

/* Enter a unique description for ExecutionPlan */
@Plan:description('EnergyBoxAPIORuntimeExecutionPlan')

/* define streams/tables and write queries here ... */

@Import('EnergyBoxDeviceEvent:1.0.0')
define stream inStream (uid string, deviceId string, dataOraEvento long, tipoMisurazione string,
valoreMisurazione string, energyBoxId string);

@From(eventtable='rdbms', datasource.name='EtgWebDataSource', table.name='runtime')
define table runtime (vclId long, dataTime string, lastUpdate string, value double);

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-
02-05-01']
output last every 5 events
insert into Misuraa5020501;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-
02-05-02']
output last every 5 events
insert into Misuraa5020502;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-
06-01-01']
output last every 5 events
insert into Misuraa5060101;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-a5-
06-01-02']
output last every 5 events
insert into Misuraa5060102;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-
d5-00-01-01']
output last every 5 events
insert into Misurad5000101;

from inStream[str:concat(energyBoxId,'-',deviceId) == '94d08d63-bafd-46d3-93f4-3ccc2927b5cc-
DIN2-01']
output last every 5 events
insert into MisuraDIN201;

```

```
from Misuraa5020502
select  time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as dateTime,
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as lastUpdate,
convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'), 'double') as value
update runtime
on runtime.vclId == 353|;

from Misuraa5060101
select  time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as dateTime,
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as lastUpdate,
convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'), 'double') as value
update runtime
on runtime.vclId == 354|;

from Misuraa5060102
select  time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as dateTime,
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as lastUpdate,
convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'), 'double') as value
update runtime
on runtime.vclId == 355|;

from Misurad5000101
select  time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as dateTime,
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as lastUpdate,
convert(valoreMisurazione, 'double') as value
update runtime
on runtime.vclId == 356|;

from MisuraDIN201
select  time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as dateTime,
time:dateFormat(dataOraEvento, 'yyyy-MM-dd HH:mm:ss') as lastUpdate,
convert(str:replaceAll(valoreMisurazione,',','.'), 'double') as value
update runtime
on runtime.vclId == 357|;
```

Con tali regole il CEP, elabora il messaggio, provvede a persistere il dato sulla base dati di SEM e a predisporlo per l'utilizzo da parte di applicazioni terze (3) mediante chiamate REST.

#### 4.4.2 Protocolli di comunicazione

Per quanto riguarda il progetto del sistema di Smart Home, per assicurare l'interoperabilità e l'apertura del sistema sono stati scelti protocolli di comunicazione standard: Z-Wave ed EnOcean a livello di abitazione tra i dispositivi installati e l'Energy Box, mentre la comunicazione con i livelli superiori avviene tramite protocollo MQTT.

##### Protocollo MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) è un protocollo di messaggistica, pubblicazione e sottoscrizione utilizzato nel campo dell' "Internet of Things" e adatto per avere una bassa potenza di calcolo e un'alta connettività.

Non essendo l'internet delle cose una vera e propria rete, questo si occupa delle connessioni tra dispositivi meno sofisticati, spesso embedded, che richiedono risorse energetiche minime, oltre che un risparmio economico e una bassa flessibilità computazionale. MQTT per questo, essendo semplice da implementare e con una banda limitata si presta bene a tali applicazioni.

MQTT viaggia su protocollo di rete TCP/IP, ha bassi overhead di trasporto e prevede tre di tipi di servizi (Quality of Service):

1. At most once (al massimo una volta): i messaggi vengono consegnati in base al miglior effort di rete, si potrebbero infatti avere delle perdite o delle duplicazioni del dato.
2. At least once (almeno una volta): si assicura l'arrivo del messaggio, ma possono comunque verificarsi dei duplicati
3. Exactly once (esattamente una volta): si assicura che i messaggi arrivino solo una volta

Ogni messaggio previsto ha bisogno di un header fissato e di un payload. In particolare il primo è strutturato in due byte come spiegato di seguito:

- Byte 1: Contiene il tipo del messaggio e le varie flag (DUP, QoS, Retain) da settare
- Byte 2: Contiene la lunghezza rimanente.

Al posto del modello client/server di HTTP, il protocollo MQTT adotta un meccanismo di pubblicazione e sottoscrizione per scambiare messaggi tramite un apposito "message broker". Invece di inviare messaggi a un determinato set di destinatari, i mittenti pubblicano i messaggi su un certo argomento (detto topic) sul message broker. Ogni destinatario si iscrive agli argomenti che lo interessano e, ogni volta che un nuovo messaggio viene pubblicato su quel determinato argomento, il message broker lo distribuisce a tutti i destinatari. In questo modo è molto semplice configurare una messaggistica uno-a-molti.

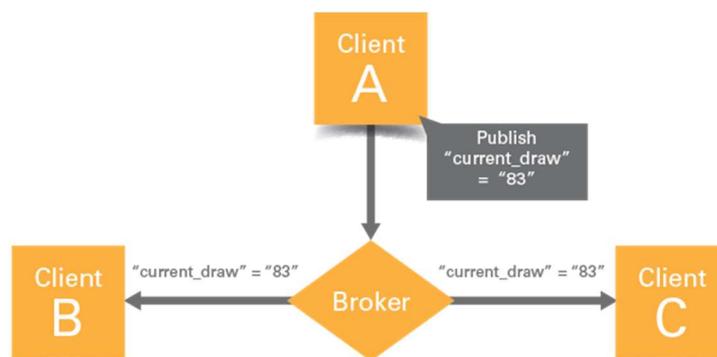


Figura 9- Esempio di funzionamento del protocollo MQTT

## Protocollo Z-Wave

Il protocollo Z-Wave è un protocollo di comunicazione wireless nato e progettato principalmente per la domotica. In Europa la frequenza standard di operatività del protocollo è 868,4 MHz (in America e Asia è circa 900). L'uso di questa banda permette di non avere interferenze con altri sistemi come Wi-Fi e Bluetooth che operano nella banda dei 2,4 GHz (alla quale opera anche il protocollo Zig-Bee).

Lo standard Z-Wave ha maggiore capacità di "attraversare" le pareti degli edifici rispetto al Wi-Fi, e questo rende la trasmissione più sicura ed efficiente. Altri vantaggi sono dati dall'interoperabilità e dalla bassa potenza, infatti il protocollo utilizza un flusso di dati ridotto.

Z-Wave è una tecnologia di rete MESH (senza fili, economica e resistente), nella quale ogni dispositivo è in grado di mandare e ricevere comandi di controllo. La comunicazione è dunque bidirezionale e questo permette a prodotti di diversi brand di funzionare insieme in modo adeguato e trasparente.

Ciascuna rete Z-Wave è identificata da un Network ID che ha una lunghezza di 32 bit e che identifica tutti i nodi appartenenti alla stessa rete. Una singola rete può arrivare fino a 232 nodi.

I nodi di una rete Z-Wave si possono dividere principalmente in due categorie:

- 1) Nodi Controllori: tengono in memoria la configurazione della rete (tabella di instradamento) ed hanno la capacità di trasmettere dei comandi ai vari dispositivi instradando il messaggio
- 2) Nodi Slave: non sono in grado di stabilire il percorso di comunicazione come il controller (non contengono la tabella di instradamento), ma funzionano come semplici unità di ingresso e uscita

Una volta configurato il controller si devono aggiungere i vari dispositivi e per farlo si hanno delle procedure di inclusione definite dalla casa produttrice del sensore. La procedura di inclusione deve essere eseguita solo una volta, dopodiché il dispositivo risulta sempre riconosciuto dal controller e deve essere ovviamente ripetuta per ciascun dispositivo che si desidera includere nella rete. E' poi possibile modificare la rete, ad esempio eliminando dispositivi inutilizzati.

## Protocollo EnOcean

EnOcean è un protocollo di trasmissione innovativo ed efficiente, utilizzato nel campo della domotica, che permette la comunicazione di diversi sensori senza cavi, fili e batterie.

Il protocollo EnOcean sfrutta l'Energy Harvesting ovvero l'energia ambientale creata da movimento, vibrazioni, pressione, luce e minuscole differenze di temperatura e risulta per questo una soluzione ecologica. L'energia necessaria al funzionamento dei sensori viene infatti prodotta dall'energia cinetica, dalla luce (celle fotovoltaiche) o dal calore (termoconvettori); e questo permette l'assenza di interventi di manutenzione e quindi risparmio di tempo e denaro.

Lo standard internazionale di base è ISO/IEC 14543-3-10 e la frequenza di lavoro 868,3 MHz, questo rende il protocollo resistente alle interferenze anche grazie al segnale radio cortissimo di 1 millisecondo.

La comunicazione è flessibile, interoperabile e sicura. Si ha inoltre il minimo rischio di incendi o campi elettromagnetici dannosi. I sensori wireless autoalimentati infatti contribuiscono a rendere gli edifici più sicuri, confortevoli, economici ed efficienti.

I sensori messi a disposizione, come anticipato sono privi di batteria e non necessitano di manutenzione. La loro installazione è semplice, essendo sensori per lo più adesivi, e questo aumenta la praticità e l'utilizzo del protocollo. Non vi sono costi aggiuntivi di cablaggio.

La tecnologia EnOcean è integrata da molti produttori di dispositivi di automazione domestica di vari tipi: sensori, attuatori, termostati, valvola termostatica ecc.

I trasmettitori e i ricevitori EnOcean formano delle reti mesh garantendo la comunicazione punto-punto. I dispositivi comunicano fino ad una distanza di 300 m in campo libero e 30 m in ambienti chiusi, inoltre la distanza tra un sensore e l'altro deve essere maggiore di 50 cm.

Si riporta di seguito una tabella di confronto tra i protocolli di comunicazione esaminati per l'area domestica nell'ambito del progetto:

**Tabella 4 - Confronto tra i protocolli di comunicazione dell'area domestica**

	<b>Z-Wave</b>	<b>EnOcean</b>
<b>Protocollo di comunicazione</b>	Wireless	Wireless
<b>Tecnologia</b>	Rete MESH (senza fili, economica e resistente)	Rete MESH (senza fili, economica e resistente)
<b>Campo di lavoro</b>	Domotica	Domotica
<b>Diffusione</b>	+	++
<b>Frequenza di lavoro</b>	868,4 MHz	868,3 MHz
<b>Standard internazionale</b>	-	ISO/IEC 14543-3-10
<b>Comunicazione</b>	Bidirezionale	Bidirezionale
<b>Distanza di comunicazione</b>	30 m in campo libero	30 m in campo coperto
<b>Sicurezza</b>	Si, nessuna interferenza	Si, nessuna interferenza
<b>Interoperabilità</b>	Si	Si
<b>Alimentazione</b>	A batteria	Autoalimentati (Energy Harvesting)
<b>Manutenzioni dispositivi</b>	Si	No
<b>Installazione dispositivi</b>	Cablaggio e non	Principalmente adesivi
<b>Costo</b>	--	-
<b>Numero di sensori multifunzione</b>	++	+

#### 4.4.3 Energy Box

L'Energy Box è il gateway e fulcro del sistema a livello della singola abitazione, questo ha il compito di raccogliere i dati provenienti dai dispositivi presenti nella home e trasmetterli all'esterno dell'area domestica. Inoltre in esso risiede un componente software embedded che consente la raccolta ed una prima elaborazione dei dati, la comunicazione con i diversi dispositivi in campo (sensori e attuatori) e verso l'esterno con l'Aggregatore. A livello di Energy Box possono essere previste ulteriori funzioni per garantire la gestione della Smart Home e la fornitura di specifici servizi all'utente. In particolare, tramite opportune interfacce di comunicazione, l'EB, è in grado di fornire informazioni all'utente domestico sui propri consumi e garantire la possibilità di gestire da remoto i dispositivi configurati nella rete domestica. Quanto più il sistema è avanzato tanto più le funzioni sono automatiche e facili da effettuare anche da parte di un utente non particolarmente esperto.

Nel progetto sono state sviluppate due soluzioni: base e avanzata, per consentire di verificarne funzionalità e prestazioni, anche in vista di differenti tipologie di servizi offerti. Inoltre, secondo l'approccio Smart City, tutti i dispositivi individuati sono interoperabili, quindi è stata garantita una comprensione comune dei messaggi e dei dati scambiati a tutti i livelli. Nei test condotti sui due EB, per semplicità, sono stati associati sensori con differente protocollo di comunicazione: Z-Wave ed EnOcean come descritto di seguito.

In generale, le componenti dell'EB nell'ambito del progetto sviluppato sono costituite da:

- Un'unità centrale costituita da un pc dedicato.
- Uno o più controller per la configurazione della rete di devices.
- Un software di gestione,
- Un modulo per la connessione ad internet.

Si riportano di seguito le descrizioni dettagliate degli Energy Box sviluppati nell'ambito del progetto.

### Energy Box base

In collaborazione con Almaviva SPA è stato sviluppato un EB base che svolge principalmente la funzioni di gateway, demandando molte delle funzioni logiche a livello superiore, ovvero all'Aggregatore. La soluzione adotta la componenti software open source che sono state opportunamente implementata e customizzate, mentre per quanto riguarda le componenti hardware sono state utilizzate componenti presenti sul mercato, nella tabella che segue sono sinteticamente descritte le componenti della soluzione tecnologica implementata.

### Soluzione tecnologica EB base

**Tabella 5- Schede tecniche componenti Energy Box Base**

Caratteristiche	PC box	Controller
<b>Azienda:</b>	Asus	Aeon Labs
<b>Descrizione e funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Viene utilizzato come Energy Box ed è collegato al controller della rete Z-Wave</li> <li>• Serie: Vivomini UN45H-VM061Z</li> <li>• S.O. Windows 8.1/10</li> <li>• Processore Intel</li> <li>• RAM 2GB</li> <li>• Dimensioni 13,1x13,1x5,2 cm</li> <li>• Peso 699 g</li> <li>• Dimensioni Hard-Disk: 32</li> <li>• Voltaggio 45 watt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comportamento: trasmettitore e ricevitore</li> <li>• OS: Windows XP o maggiori, Linux, Mac OS</li> <li>• Z-Wave Tipo: statico</li> <li>• Portata: fino a 50 m</li> <li>• Display: LED con diverse frequenze di illuminazione</li> <li>• Interfaccia: USB</li> <li>• Operazioni locali: un pulsante per l'inclusione e l'esclusione</li> <li>• Alimentazione: batteria incorporata ricaricabile, attraverso USB</li> </ul>
<b>Frequenza:</b>		868 MHz
<b>Foto:</b>		

## Software embedded

L'EB base è corredato dei seguenti componenti Software:

### 1. SEM@Home

Software Sviluppato in WPF utilizzando le librerie open source di OpenZwave per il collegamento e l'interfacciamento con i sensori Z-Wave.

Tale software utilizza un DB locale per la memorizzazione dei dati in caso di assenza del collegamento internet. La versione del DB è SqlServer Compact Edition.

SEM@Home espone anche una serie di servizi REST per consentire le attuazioni e il reperimento dei dati da parte di applicazioni terze che volessero integrarsi con questo sistema.

Dal punto di vista funzionale l'applicazione SEM@Home garantisce:

- La creazione di una rete domestica;
- La configurazione di sensori;
- La creazione di Scene;
- La creazione di Task;
- La possibilità di effettuare attuazioni in tempo reale o programmate sui sensori configurati nella rete con la funzionalità Triggers;
- La possibilità di associare i singoli sensori a gruppi di sensori in modo da pianificare azioni collettive suddivise sui gruppi.

Tramite SEM@Home è possibile integrare dispositivi Z-Wave al fine di creare una rete domestica capace di soddisfare gli obiettivi di aumento della consapevolezza dei consumi e riduzione degli sprechi

### 2. Agent MQTT

Componente che consente all'Energy Box la comunicazione con qualsiasi piattaforma IoT mediante una comunicazione MQTT.

In particolare in questa circostanza ci consente di comunicare con la piattaforma SEM@Giotto.

Questo componente è sviluppato in Node.js e ha la caratteristica di trasformare in temporizzati i dati generati su evento da parte dei sensori.

### 3. Mosquitto

Componente Open Source installato e configurato sull'Energy Box. È un broker MQTT estremamente leggero, particolarmente adatto alle interazioni M2M.

Altra peculiarità di questo componente è la sua capacità di gestire le code in modo tale da non perdere nessun dato anche in assenza di comunicazione internet tra l'Energy Box e la piattaforma SEM@Giotto.

## Energy Box avanzato

In collaborazione con l'azienda APIO è stato sviluppato un EB avanzato che consente di remotizzare le funzionalità dell'EB installato presso l'abitazione fuori dell'area domestica, sul cloud, senza necessariamente accedere ai servizi forniti dall'Aggregatore. Inoltre l'ambiente di sviluppo degli algoritmi di controllo consente una facile programmazione del sistema.

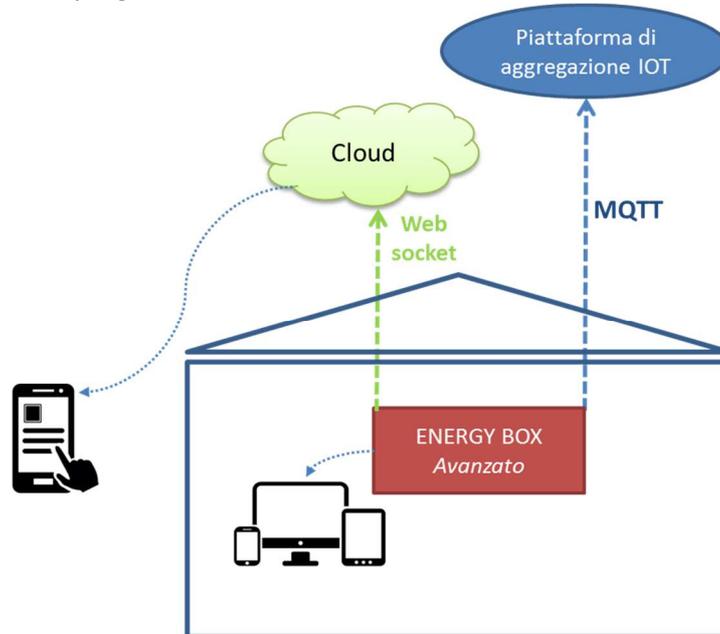


Figura 10- Schema di funzionamento dell'EB avanzato

## Soluzione tecnologica EB avanzato

Tabella 6-Schede tecniche componenti EB Avanzato

Caratteristiche	PC box	Controller
<b>Azienda:</b>	Apio s.r.l.	
<b>Descrizione e funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Processore quad-core 64 bit</li> <li>1.2GHz</li> <li>1GB RAM,</li> <li>Interfacce ethernet,</li> <li>Wireless 802.11n e bluetooth,</li> <li>4 USB per la connessione di dongle per protocolli di comunicazione specifici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dongle EnOcean               <ul style="list-style-type: none"> <li>Frequenza di trasmissione 868.3MHz</li> <li>Range interno 5m – 30m</li> </ul> </li> <li>Dongle Z-Wave               <ul style="list-style-type: none"> <li>Frequenza di trasmissione 868.42 MHz</li> <li>Range interno 30m (senza ostacoli)</li> </ul> </li> </ul>
<b>Foto:</b>		

L' EB avanzato è associato ad una piattaforma software appositamente sviluppata che si basa sul sistema denominato "Apio OS" che può essere installato sia su un dispositivo locale (Energy Box) sia in remoto che sul cloud. Le differenze sono nel numero e nel tipo di servizi che possono essere installati. La parte locale e la parte cloud lavorano in sinergia fornendo da un lato un servizio fruibile da qualunque dispositivo connesso ad internet e dall'altro, in assenza di connessione di rete, un sistema robusto in cui le logiche di controllo e l'acquisizione continuano ad esistere stabilmente in locale fino al ritorno on line. L' Energy Box avanzato nasce per superare il limite imposto dal gran numero di protocolli e poter quindi accentrare dati ed effettuare attuazioni attraverso una comunicazione multiprotocollo.

Nella figura che segue sono descritti i differenti livelli che compongono la soluzione:

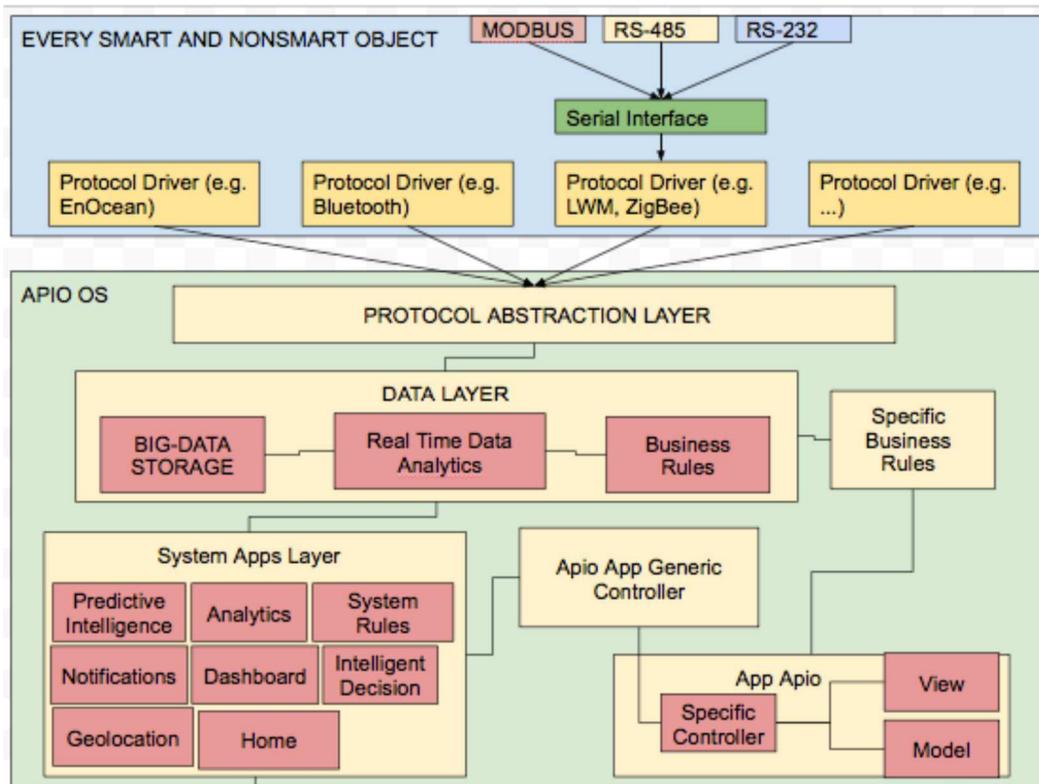


Figura 11- Architettura del sistema "Apio OS"

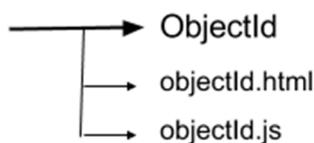
- Protocol Abstraction Layer è quel livello di Apio OS che comunica direttamente con gli oggetti ricevendo un messaggio e decodificandolo o inviando un messaggio ad un oggetto dopo averlo codificato secondo l'opportuno protocollo e utilizzando il giusto canale di comunicazione. Grazie a questo livello, in tutto il sistema Apio si lavora con un modello di astrazione totale del protocollo (per mezzo dei driver Apio). Grazie al Protocol Abstraction Layer è stato possibile integrare tramite tali driver Apio i seguenti canali di comunicazione: EnOcean, LWM (IEEE 802.15.4), ZWave, 6LowPan, WiFi, Bluetooth, SigFox, LoraWan, ModBus RTU. Sono inoltre disponibili driver per MQTT, REST API e WebSocket per far arrivare al Protocol Abstraction Layer dati anche da altri Gateway industriali e piattaforme software. Tra le piattaforme attualmente compatibili c'è Giotto di Almaviva connessa tramite il protocollo MQTT. Quest'ultima permette di implementare funzioni di analisi dati e logiche di controllo su dati aggregati a più alto livello.
- Data Layer. In questo livello arrivano tutti i dati secondo il modello di astrazione: un oggetto (sensore, attuatore o oggetto virtuale) in Apio viene astratto tramite delle proprietà e dei valori (JSON). Grazie a questa astrazione, il data layer è in grado di fare storage di una grande mole di dati tramite il motore di Big Data Storage, dove vengono salvati progressivamente tutti i valori delle proprietà e l'identificativo in un struttura dati più compatta e leggera. Ed inoltre è in grado di applicare e processare delle Business Rules in tempo reale che possono essere scritte dal

programmatore dell'oggetto stesso o aggiunte in qualsiasi altro momento. Le Business Rules possono coinvolgere uno o più oggetti all'interno dello stesso dominio Gateway, e uno o più oggetti all'interno dello stesso dominio utente.

- **Apio App Generic Controller.** Questo livello permette ad ogni App creata di interagire con i diversi Layer dell'architettura posizionati ad un livello inferiore. Questo livello garantisce allo sviluppatore la sicurezza standard e fornisce a quest'ultimo strumenti avanzati e al contempo resi semplici per costruire grandi App. La scelta di un Generic Controller solleva lo sviluppatore dalla responsabilità di agire sul core del sistema Apio, confinandolo in un livello di sviluppo dedicato.
- **App APIO.** E' il livello dell'applicazione finale vera e propria nel sistema Apio. Il Livello è composto da un Modello, una View e un Controller. L'architettura permette ad un app di poter offrire all'utente diversi servizi: controllo dell'oggetto, monitoraggio, notifiche, alert.

### Architettura di una "App APIO"

Una App Apio è in essenza una WebApp scritta completamente in HTML5 e Javascript, una conoscenza base di questi due linguaggi ti permette già di fare app per il controllo e monitoraggio di oggetti. In particolare le App in Apio sono dei pacchetti che dialogano con il *data layer*. La struttura semplificata di un App Apio si può vedere così:



L' App Apio risulta essere un pacchetto completamente isolato dal sistema, il pacchetto costituito da una cartella è poi composto da un file "html" e un file "javascript".

Brevemente:

1. Il file "html" contiene la struttura con la quale viene impaginata la web app (view).
2. Il file "javascript" permette di aggiungere logiche personalizzate alla propria App (Model e Controller).

Esempio Applicazione Basic Apio:

Supponiamo che l'objectId sia "uno" per semplicità esplicativa:

#### 1.html

```

<div id="ApioApplication1" ng-app="ApioApplication1" ng-controller="defaultController">
  <topappapplication></topappapplication>
  <div id="app" style="display: block">
    <trigger
      propertyname="onoff"
      labelon="on"
      labeloff="off"
      valueon="1"
      valueoff="0">
    </trigger>
  </div>
  
```

```
</div>
```

```
<script src="applications/1/1.js"></script>
```

## 2.js

```
var app = angular.module('ApioApplication1', ['apioProperty'])
app.controller('defaultController',['$scope', 'currentObject', function($scope, currentObject){
    $scope.object = currentObject.get();
}]);
setTimeout(function(){
    angular.bootstrap(document.getElementById('ApioApplication1'), ['ApioApplication1']);
},10);
```

Le parti evidenziate in giallo fanno parte del template di Apio, il codice in oggetto viene quindi inserito automaticamente dall'SDK (Software Development Kit) Apio ogni volta che si inizia un nuovo progetto.

Il template che corre il codice di un APP serve per inizializzare correttamente l'applicazione.

La parte evidenziata in celeste invece fa parte del template specifico dell'App Apio, Apio offre di per se *tag speciali* chiamati *property*, queste *property* non sono solo elementi grafici ma sono collegati alla struttura dati, in questo modo ogni interazione a livello visivo, si ripercuote sul *"data layer"* relativo alla specifica App (nell'esempio l'App con ID pari a 1) e da qui anche sul *"protocol abstraction layer"* nel caso in cui l'applicazione sia legata ad un oggetto fisico.

In particolare la *property trigger* inserita va a creare un interruttore con due stati, *stato on* e *stato off*, nel *data layer* questo verrà astratto nel seguente modo:

```
"onoff" : {
  "type" : "trigger",
  "value" : "1",
  "labelon" : "On",
  "labeloff" : "Off",
  "valueon" : "1",
  "valueoff" : "0"
}
```

Come si può vedere all'interno di questo JSON sono contenute tutte le informazioni necessarie, ogni volta che il campo *"value"* viene aggiornato, questo cambiamento viene ripercosso sull'oggetto fisico, oltre che essere comunicato a tutti i livelli dell'architettura prima illustrata.

In particolare nel data layer, alla creazione/modifica di un app verrà creato o aggiornato il *document* dell'oggetto, per questa semplice applicazione nel data layer avremo la seguente struttura:

```
{
  "address" : "1",
  "apioid" : "3e01f648-4196-4731-b7fc-b497e892e8be",
  "connected" : true,
  "created" : "2015-10-24",
  "db" : {},
  "log" : {},
  "marker" : {
    "title" : "Lampadina",
    "lat" : 41.12339175307005,
    "lng" : 16.87324060615151,
    "id" : "3",
  }
}
```

```

"imageUrl" : "applications/3/icon.png",
"mapSizeImageMakerL" : 90,
"mapSizeImageMakerH" : 90,
"planimetryId" : 2,
"floor" : 2
},
"name" : "Lamp"
"notifications" : {},
"objectId" : "1",
"properties" : {
  "onoff" : {
    "type" : "trigger",
    "value" : "1",
    "labelon" : "On",
    "labeloff" : "Off",
    "valueon" : "1",
    "valueoff" : "0"
  }
}
},
"protocol" : "I",
"tag" : "#ufficio #proveDiRete #terrazza ",
"type" : "object"
}

```

Questa applicazione potrebbe rappresentare ad esempio una lampadina, un azionamento o qualsiasi altro oggetto reale o virtuale con un pulsante di accensione/spengimento. A livello di interfaccia grafica ciò che verrà visualizzato per questa applicazione sarà la seguente schermata:

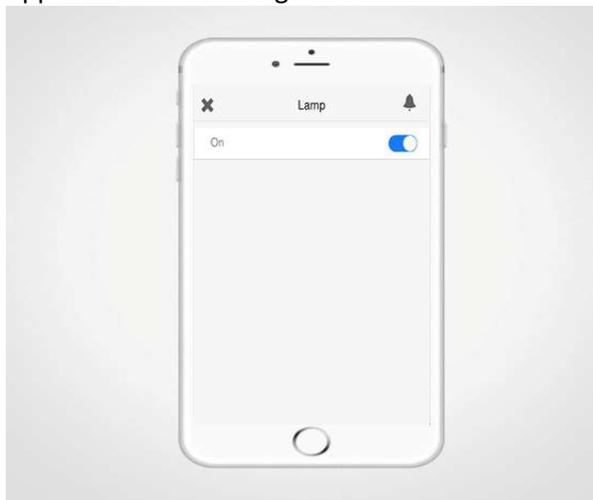


Figura 12- Esempio di interfaccia grafica di una App Apio

## Il Framework per le App

Le App sono quindi un insieme di proprietà. Essenzialmente una *proprietà Apio* è un tag HTML personalizzato con alcuni attributi particolari, alcuni attributi sono riconoscibili in ogni property da noi sviluppata, altri sono personalizzabili. In particolare ogni tipo di property espone l'attributo "*propertyname*", questo attributo identifica la proprietà ed il tipo di azione da effettuare per quell'oggetto reale o virtuale.

Chiunque utilizza questo framework può utilizzare le seguenti property che offrono già un'interfaccia grafica e il link con Data Layer e Protocol Abstraction Layer: Apio Button, AsyncDisplay, DynamicView, Graph, List, Number, Property, Sensor, UnlimitedSensor, Slider, Text, Trigger.

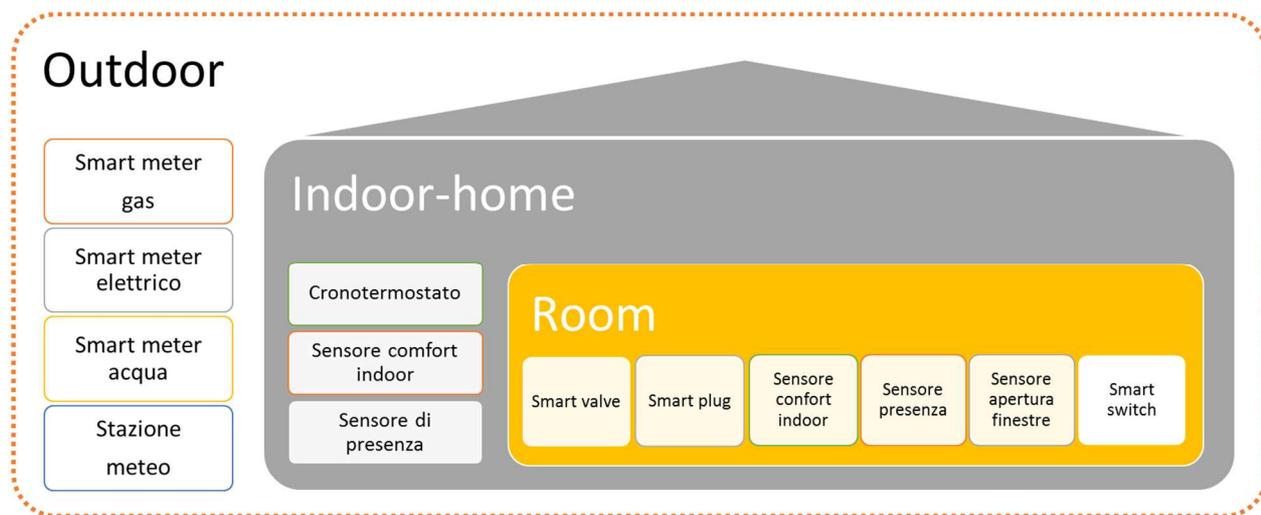
**Tabella 7-Confronto tra gli Energy Box**

	Energy Box base	Energy Box avanzato
<b>Ambiente di sviluppo</b>	Open (Virtual scene)	Proprietario (Apio os)
<b>Configurazione dei device</b>	Manuale	Automatica
<b>Visualizzazione dati monitorati real time per feedback all'utente</b>	Remoto	Remoto/locale
<b>Controllo dei devices configurati nella rete domestica</b>	Tramite interfaccia utente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllo stato on/off;</li> <li>• Creazione di scenari e task</li> </ul>	Tramite interfaccia utente <ul style="list-style-type: none"> <li>• Controllo stato on/off;</li> <li>• Creazione di scenari e task</li> <li>• Customizzazione delle regole di controllo</li> </ul>
<b>Automazione</b>	Basso	Alto
<b>Interfaccia utente</b>	Web based	Web app
<b>Fornitura di servizi</b>	Tutti i servizi cloud	Parte dei servizi sono locali (APP programmabili e diversificate) e parti sono cloud

4.4.4 Sensoristica per la Smart Home

A livello di singola home si possono prevedere diverse configurazioni di sensoristica da installare in grado di fornire differenti servizi agli utenti domestici.

A partire dalla sensoristica legata al monitoraggio e gestione energetica sono stati individuati i devices da installare in ciascuna abitazione che consentono un differente livello di dettaglio come riportato nello schema che segue:



**Figura 13-Livelli di applicazione per la sensoristica in una Smart Home**

Tutti i dispositivi all'interno dell'area domestica, indoor-home, comunicano con l'Energy Box tramite un protocollo di comunicazione standard, Z-Wave o EnOcean, anche se il sistema è predisposto per essere facilmente integrato con ulteriori protocolli di comunicazione. Mentre i dispositivi outdoor, possono essere anch'essi integrati nel sistema, ma le modalità di comunicazione possono variare in funzione delle specifiche condizioni esistenti, pertanto per tali dispositivi il mezzo di trasmissione così come il protocollo di comunicazione verranno definite in fase di realizzazione del dimostrativo sperimentale.

Di seguito sono stati descritti i dispositivi previsti nella home che sono stati classificati in relazione:

- Al livello di applicazione,
- Protocollo di comunicazione.

Infine sono stati individuati differenti kit di installazione con differente livello di dettaglio.

## OUTDOOR

### Smart meters

Attualmente nelle abitazioni sono presenti contatori per le principali utenze domestiche: acqua, luce e gas, in grado di effettuare, in alcuni casi, la tele-lettura dei consumi delle singole utenze. Il dato è collezionato dalle utility in base al quale viene calcolata la bolletta dell'utente.

In effetti la strumentazione di misura ed il servizio ad esso connesso è una prerogativa delle utility che svolgono tale servizio in regime di monopolio, recuperando i costi riconosciuti attraverso corrispettivi tariffari regolati. I dati acquisiti vengono trasferiti con la periodicità e la granularità tipica dei processi di fatturazione, per esempio, per l'energia elettrica, vengono acquisiti e trasferiti tre dati al mese: valori di consumo cumulato per ciascuna fascia oraria, che confrontati con i valori del mese precedente permettono di disporre del consumo mensile per fascia oraria.

Attualmente in mancanza del dato fornito dall'utility è necessario installare apposita strumentazione in grado di monitorare i consumi del singolo vettore energetico per via indiretta o in alternativa acquisire i dati della bolletta del singolo utente. Come riportato nel documento per la consultazione 232/2014/R/COM dell'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico, le soluzioni alternative per l'acquisizione indiretta dei dati relativi ai consumi elettrici sono:

1. Tramite il normale circuito di telelettura: i dati relativi alla fatturazione possono essere messi a disposizione dalle utility su un server internet a cui si può accedere da remoto.
2. Attraverso un dispositivo posto in casa del cliente e collegato al misuratore attraverso la linea elettrica. Questa è la soluzione implementata dall'Enel distribuzione che ha già sviluppato un dispositivo di tipo "proprietario denominato *Smart Info* che sfrutta la comunicazione sulla linea elettrica di bassa tensione (PLC) per fornire informazioni sui consumi dell'utente.
3. Attraverso un dispositivo "accoppiato" al contatore esistente in grado di rilevare il lampeggio led rosso presente sul frontalino del misuratore (ogni lampeggio corrisponde al consumo di un'unità di energia elettrica secondo standard internazionali).
4. Acquisizione tramite pinze amperometriche, toroidi o altri dispositivi di natura elettrotecnica, del segnale di corrente.

La direttiva 2012/27/UE prevede all'articolo 10, comma 2, che "gli Stati membri provvedono affinché i clienti finali abbiano la possibilità di accedere agevolmente a informazioni complementari sui consumi storici che consentano di effettuare controlli autonomi dettagliati", per questo motivo sono state definite le specifiche funzionalità per i misuratori di "seconda generazione" come descritto nel documento per la consultazione 416/2015/R/eel dell'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico.

Anche se attualmente non è ancora chiaro quando saranno disponibili questi smart meter di seconda generazione, in linea di principio tali strumenti prevedono almeno i seguenti requisiti:

- Comunicazione bidirezionale.
- Impiego di protocolli di comunicazione standard e open.
- Sistemi di misura con rilevazione oraria dei consumi.
- Disponibilità dei dati a terze parti.

### Condizioni climatiche

La situazione metereologica è quella che maggiormente influenza la richieste di energia all'interno dell'abitazione e di conseguenza i consumi, la conoscenza di queste variabili è una condizione fondamentale per una corretta gestione energetica. In generale i dati meteo possono essere acquisiti in due modalità:

- Tramite una centralina meteo che acquisisce tutti i parametri necessari.
- Tramite un servizio web in grado di fornire in tempo reale e contemporaneamente le condizioni atmosferiche di una data località real time e al tempo stesso le previsioni a breve e medio termine. Tale soluzione risulta più vantaggiosa in quanto più economico e semplificato, soprattutto in caso di abitazioni che ricadono in aree geograficamente distanti, inoltre informazioni fondamentali per la simulazione della richiesta energetica a breve e medio termine.

### INDOOR-HOME

Per quanto riguarda la sensoristica da installare a livello di abitazione è stata distinta in due livelli:

- Home, in questo caso la sensoristica installata è in grado di assicurare il monitoraggio e controllo centralizzato dell'intera unità abitativa, pertanto un livello minimo di controllo di confort e di saving energetico.
- Room, i devices disposti a livello di singola zona permettono un monitoraggio e controllo più puntuale dell'abitazione, con maggiori margini di risparmio energetico e controllo del confort e al tempo stesso offrono la possibilità di fornire servizi aggiuntivi, in genere con minime integrazione a livello di strumentazione impiegata.

Nelle tabelle che seguono sono riportate le specifiche tecniche dei dispositivi individuati per l'installazione per la Smart Home Network. La sensoristica è stata classificata in funzione del protocollo di comunicazione e del servizio a cui è destinata.

**Tabella 8- Dispositivi per servizi energetici Z-Wave**

Sensore	Cronotermostato	Smart Valve	Smart Switch	Smart Plug
<b>Azienda</b>	Secure	Danfoss	Aeon Labs	Fibaro
<b>Descrizione</b>	Dispositivo per la regolazione e controllo della temperatura indoor secondo un profilo temporale tramite il controllo del generatore di calore	Dispositivo per la regolazione da remoto dell'apertura della valvola termostatica dei termosifoni in funzione della temperatura ambiente	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad un interruttore elettrico	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad una presa elettrica
<b>Funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Relay controllato via wireless in grado di azionare carichi fino a 3A/230V</li> <li>Controlla il boiler per il riscaldamento dell'acqua o per azionare le valvole</li> <li>Led per indicare On/Off</li> <li>Dimensioni: 86x86x36,25</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Facile da installare</li> <li>Provvisto di adattatori per tutte le valvole termostatiche</li> <li>Alimentato a batteria</li> <li>Regolazione fino a 9 setpoint diversa per ogni giorno della settimana</li> <li>Ha la funzione "finestra aperta" che chiude la valvola se la temperatura scende</li> <li>"Funzione assenza/vacanza"</li> <li>Blocco bambini</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Controllo on/off attraverso protocollo o manualmente</li> <li>Connessione a tre fili con neutro nella cassetta dell'interruttore</li> <li>Profondità raccomandata 5cm</li> <li>In caso di perdita di corrente viene mantenuta l'informazione programmata</li> <li>Entrata: 110 V 60 Hz e 230 V 50 Hz</li> <li>Indicatore di stato LED</li> <li>Dimensioni: 52x49x18,5 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plug and play</li> <li>Design innovativo</li> <li>Sicurezza bambini</li> </ul>
<b>Tipo di modulo:</b>	Z-Wave slave	Controllato elettronicamente Z-Wave	Z-Wave	Ricevitore Z-Wave
<b>Alimentazione</b>		2x1.5 V batterie alcaline AA	110 V 60 Hz, 230 V 50 Hz	
<b>Potenza massima:</b>				2500W
<b>Consumo:</b>		3 µW in standby 1.2 W da attiva		
<b>Frequenza:</b>	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz
<b>Distanza di trasmissione:</b>			15m	30 m
<b>Temperatura di funzionamento:</b>		0-40 °C	0-40°C	
<b>Altro:</b>	Classe di protezione: IP 30			
<b>Foto:</b>				

**Tabella 9-Sensori per il monitoraggio del confort indoor Z-Wave**

Sensore	Sensore apertura/chiusura	Sensore temperatura/umidità	Multisensore 4 in 1
<b>Azienda</b>	Fibaro	Everspring	Aeon Labs
<b>Descrizione e funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevatore a pile con sensore magnetico di prossimità</li> <li>• Possiede un ingresso analogico</li> <li>• Rileva livello batteria basso</li> <li>• Semplice da installare e usare</li> <li>• Dimensioni ridotte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevatore di temperatura e umidità</li> <li>• Da tavolo o parete</li> <li>• Memorizza soglie di temperatura massima o minima</li> <li>• Schermo LCD retroilluminato</li> <li>• Beep a 0°C per indicare il punto di congelamento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevatore di movimento: PIR</li> <li>• Rilevamento luminosità</li> <li>• Rilevamento temperatura</li> <li>• Rilevamento umidità</li> <li>• Sensore di temperatura: -20° C a 50° C. Accuratezza: 1° C</li> <li>• Sensore umidità: 20% a 90%. Accuratezza: 5%</li> <li>• Sensore illuminazione: 0-1000 LUX</li> <li>• Dimensioni: 75 x 60 mm</li> </ul>
<b>Tipo di modulo:</b>	Trasmettitore Z-Wave	Rilevatore Z-Wave	Trasmettitore Z-Wave
<b>Alimentazione</b>	Batteria ER14250 (1/2AA) 3,6 V	3 pile da 1,5 V tipo AA	4 batterie AAA o 5VDC
<b>Potenza massima:</b>			
<b>Consumo:</b>			
<b>Frequenza:</b>	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz
<b>Distanza di trasmissione:</b>	50m campo libero 30m interni		30 m
<b>Temperatura di funzionamento:</b>	0-40 °C		
<b>Altro:</b>			Protezione IP: IP43
<b>Foto:</b>			

**Tabella 10- Sensori per servizi energetici EnOcean**

Sensore	Cronotermostato	Smart plug	Smart Valve	Smart Switch
<b>Azienda</b>	Caleffi	NodOn	Caleffi	Eltako
<b>Descrizione</b>	Dispositivo per la regolazione e controllo della temperatura indoor secondo un profilo temporale tramite il controllo del generatore di calore	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad una presa elettrica	Dispositivo per la regolazione da remoto dell'apertura della valvola termostatica dei termosifoni in funzione della temperatura ambiente	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad un interruttore elettrico
<b>Funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semplice e veloce installazione.</li> <li>• La centralina permette la gestione wireless dei dispositivi fino ad 8 zone diverse per un massimo di 32 radiatori.</li> <li>• Rilevazione della temperatura effettiva tramite sensore integrato nel comando o posizionato esternamente in ambiente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rileva l'interruzione di corrente elettrica</li> <li>• Misura potenza istantanea (W) e energia accumulata (Wh)</li> <li>• Un pulsante locale permette di accendere o spegnere la spina</li> <li>• Design sottile</li> <li>• Dimensioni: 104x51x36 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facile da installare (ad aggancio)</li> <li>• Alimentato a batteria</li> <li>• Funzione antigelo</li> <li>• Tre modalità di funzionamento: automatico, manuale, vacanza</li> <li>• Completo di sensore interno di temperatura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trasmettitore wireless a 2 canali.</li> <li>• Con antenna integrata.</li> <li>• Senza dispersione in standby.</li> <li>• Per montaggio in scatola da incasso.</li> <li>• Dimensioni: 45x45x18 mm</li> </ul>
<b>Tipo di modulo:</b>		Radio protocollo EnOcean - bidirezionale	Controllo elettronico ad onde radio	
<b>Alimentazione</b>	24 V (DC)	230V AC	2x1.5 V stilo AA	230V DC
<b>Potenza massima:</b>		3000W carico continuo 3500W carico temporaneo		
<b>Consumo:</b>		Autoconsumo < 1W		
<b>Frequenza:</b>	868,3 MHz	868,3 MHz	868 MHz	868,3 MHz
<b>Distanza di trasmissione:</b>	30 m	30 m		
<b>Temperatura di funzionamento:</b>	Fino a -3 °C	Da 0°C a 40 °C		
<b>Altro:</b>	Standard EEP A5-04-01			
<b>Foto:</b>				

**Tabella 11-Sensori per monitoraggio del confort indoor EnOcean**

Sensore	Sensore movimento e luminosità	Sensore temperatura e umidità	Sensore di apertura/chiusura
<b>Azienda</b>	Eltako	Eltako	NodOn
<b>Descrizione funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rileva movimento e luminosità</li> <li>• Facile da installazione</li> <li>• Sensore di luminosità: 0-2000 lux</li> <li>• Invia ogni 20 minuti un cambiamento di stato</li> <li>• Alimentato a cella solare</li> <li>• Dimensioni: 84x84x39 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rileva temperatura e luminosità</li> <li>• Facile da installazione</li> <li>• Sensore di umidità: 0-100%</li> <li>• Sensore temperatura: -20 a +60 °C</li> <li>• Alimentato a cella solare</li> <li>• La normale luminosità (media di 200 lux giornaliera) è sufficiente ad alimentarlo, se non necessario si ha il cavo di alimentazione a 12V</li> <li>• Dimensioni: 84x84x30 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rileva apertura e chiusura porte e finestre</li> <li>• Senza batteria</li> <li>• Facile da installare (adesivo a parete)</li> <li>• Distanza di rilevamento &gt; 5mm</li> <li>• Dimensioni: 80x26x18 mm</li> </ul>
<b>Tipo di modulo:</b>	Trasmettitore EnOcean	Trasmettitore EnOcean	EnOcean
<b>Alimentazione</b>	Con cella solare con alimentatore 12V DC o con batterie	A cella solare	Pannello solare
<b>Potenza massima:</b>			
<b>Consumo:</b>			
<b>Frequenza:</b>	868 MHz	868 MHz	868,3 MHz
<b>Distanza di trasmissione:</b>			30 m al coperto
<b>Temperatura di funzionamento:</b>			Da 0 a 40 °C
<b>Altro:</b>			• EEP: D5-00-01
<b>Foto:</b>			

#### 4.4.5 Definizione dei kit di installazione

In questa prima annualità sono stati individuati differenti kit di sensori in grado di garantire economicità, robustezza e bassa intrusività. A tale scopo sono state individuate delle configurazioni tipo per la gestione energetica di una abitazione prendendo come riferimento una abitazione di circa 100 mq con 6 vani (si veda figg. 14-15-16) dotata di un impianto di riscaldamento autonomo. Nella tabella seguente sono riassunti i kit di installazione con differente livello di dettaglio: high, medium, light; inoltre la configurazione tipo è stata declinata nei due protocolli di comunicazione Z-Wave ed EnOcean:

**Tabella 12- Kit di installazione**

FUNZIONE	Dispositivo	Kit di installazione			Kit di installazione per tipo di protocollo					
		Generico			Z-WAVE			EnOcean		
		H	M	L	H	M	L	H	M	L
Monitoraggio	METER elettricità	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	METER gas	1	1		1	1		1	1	
	METER acqua	1			1			1		
	Sensore temperatura/umidità	6	6	1	6	6	1	6	6	1
	Sensore luminosità	6						6		
	Sensore presenza/movimento	6								
	Sensore apertura/chiusura porte/finestre	6			6			6		
Controllo	Cronotermostato	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Smart valve	6	6		6	6		6	6	
	Smart plug	6	4	2	6	4	2	6	4	2
	Smart switch	6			6			6		

Il numero di sensori varia tra il protocollo di comunicazione Z-Wave e quello EnOcean solo nel kit high, come riportato nella riportata nella tabella precedente, a causa del fatto che tra i sensori Z-Wave esistono alcuni sensori multifunzione per il monitoraggio del confort indoor che consentono di ridurre il numero dei sensori e di conseguenza anche il costo complessivo.

Nella figure seguenti sono rappresentate graficamente la configurazioni tipo corrispondenti ai differenti livelli d'installazione:

### Configurazione Smart Home-High

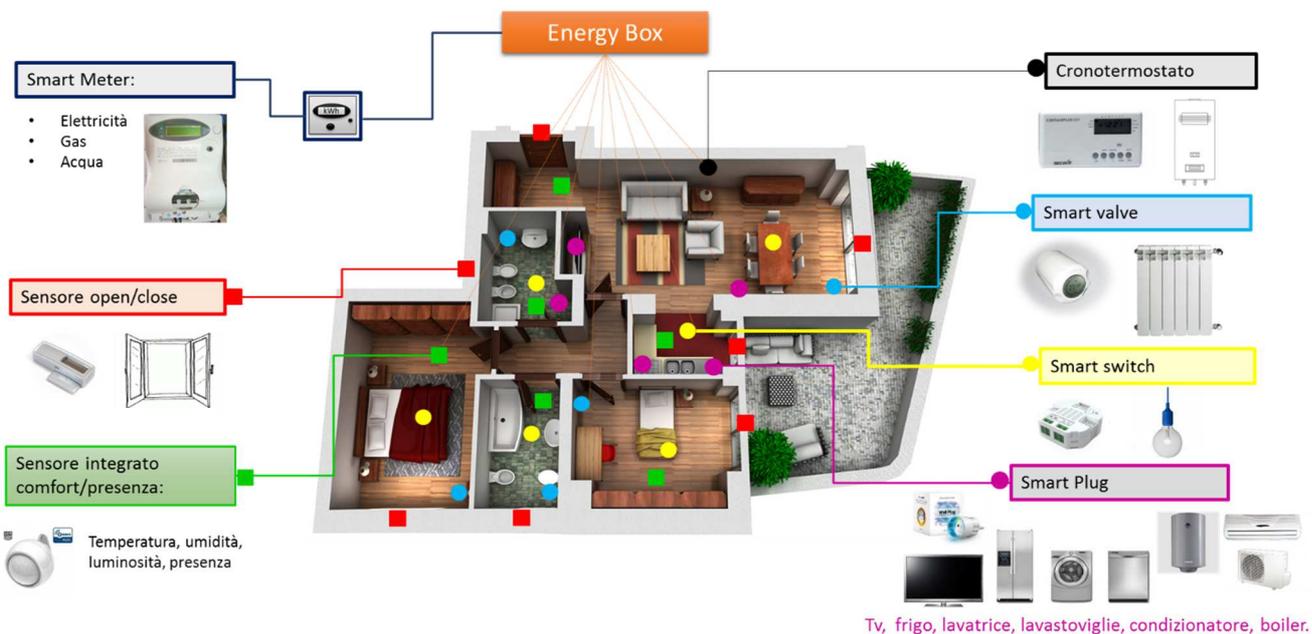


Figura 14-Kit di installazione High

### Configurazione Smart Home-Medium

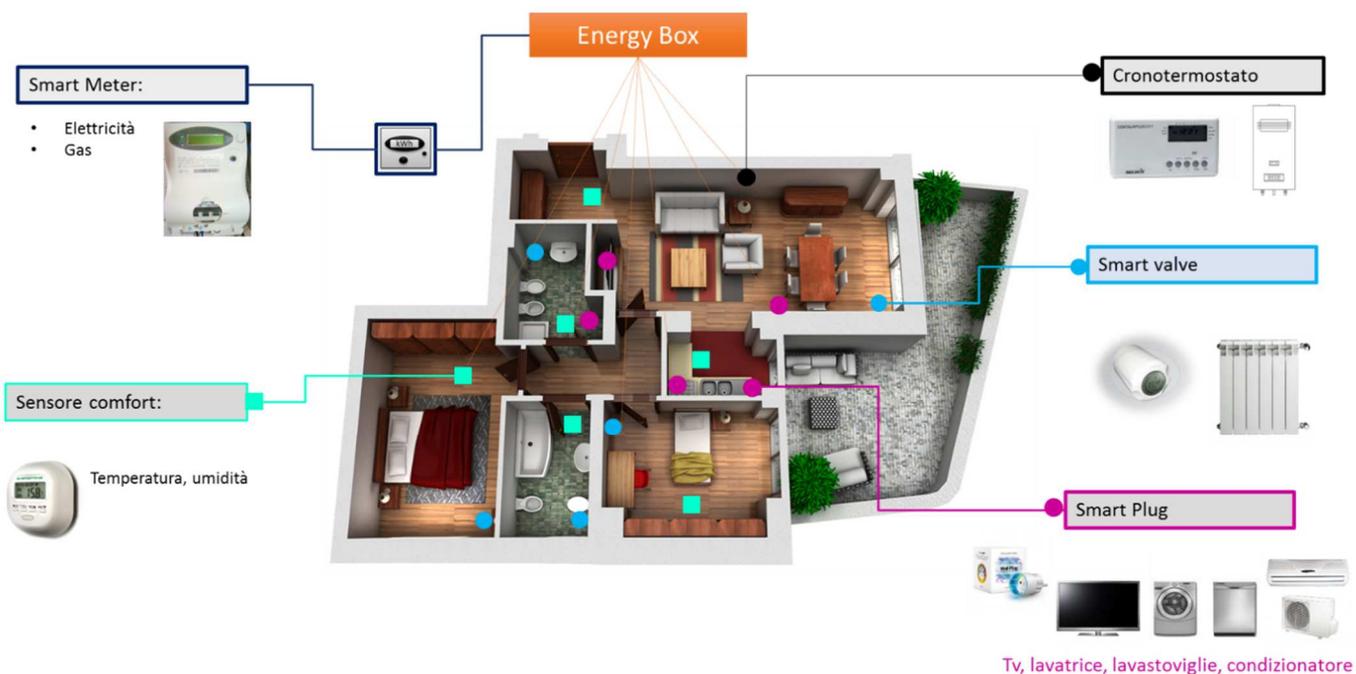
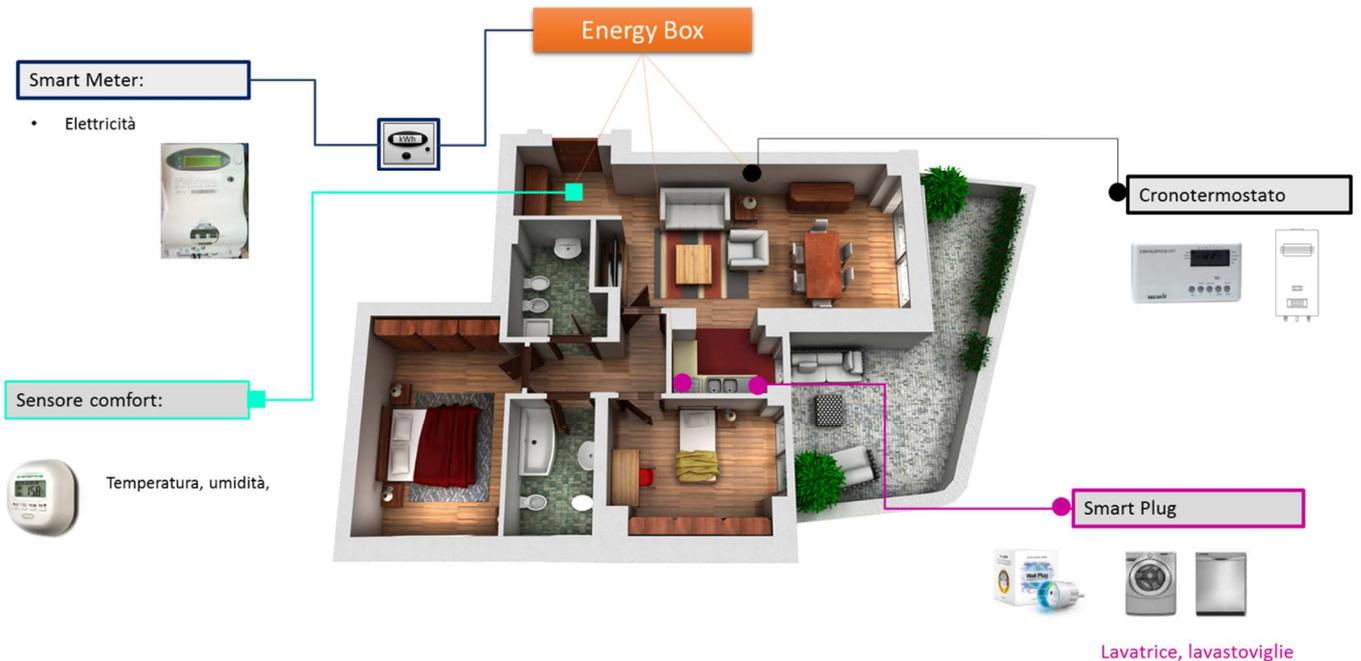


Figura 15- Kit d'installazione medio

## Configurazione Smart Home-Light



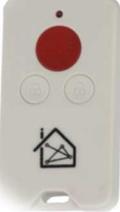
**Figura 16-Kit d'installazione light**

In conclusione il Kit di installazione che verrà adottato in fase sperimentale dipenderà da alcuni fattori da definire nella prossima annualità, alcuni dei quali strettamente connessi alle residenze oggetto della sperimentazione, ovvero:

- Dimensioni delle abitazioni, intese come numero di vani, e tipologia impiantistica (impianto autonomo o centralizzato);
- Accettabilità da parte degli utenti della tipologia del kit di installazione e di controllo delle utenze finali proposto (high, medium, light).

Oltre al kit di sensori per i servizi energetici sono stati individuati una serie di sensori in grado di fornire dei servizi aggiuntivi agli utenti, così come descritto nel capitolo 5. Nelle tabelle seguenti si riportano le specifiche tecniche dei sensori destinati a fornire servizi aggiuntivi distinti per protocollo di comunicazione.

**Tabella 13– Sensori servizi aggiuntivi Z-Wave**

Sensore	Rilevatore di fumo	Rilevatore CO <sub>2</sub>	Flood sensor	Telecomando emergenze
<b>Azienda</b>	Fibaro	Siegenia Aubi	Fibaro	BeNext
<b>Descrizione e funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevatore fumo</li> <li>• Batteria ricaricabile</li> <li>• Semplice installazione</li> <li>• Dimensioni: 65x28mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevatore concentrazione CO<sub>2</sub> e VCO in ppm</li> <li>• Portata fino a 30m</li> <li>• Display: 3 LED</li> <li>• Interazione Locale: un bottone per l’inclusione, attivazione ed esclusione</li> <li>• Range di rilevazione: 350-3000 ppm</li> <li>• Dimensioni: 154x98x39mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flood sensor</li> <li>• Può essere connesso con un sistema di allarme</li> <li>• Semplice installazione</li> <li>• Durata della batteria 2 anni</li> <li>• Dimensioni: 72x28 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tasto rosso per allarme di emergenza più altri due tasti per attivazione o disattivazione di altri dispositivi</li> <li>• Facile da utilizzare</li> <li>• Resistente all’acqua</li> <li>• Rilevamento batteria scarica</li> <li>• Durata della batteria 4 anni</li> <li>• Dimensioni: 68x36x10mm</li> </ul>
<b>Tipo di modulo:</b>	Trasmettitore Z-Wave	Tipo Z-Wave: servo	Trasmettitore Z-Wave	Slave Z-Wave
<b>Alimentazione</b>	Batteria al litio	230 V AC / 24 V DC	Batteria CR123A	CR2032 3V
<b>Potenza massima:</b>			12 to 24 VDC	
<b>Consumo:</b>		1,5 W	0,4 W	
<b>Frequenza:</b>	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz
<b>Distanza di trasmissione:</b>	50m in campo libero 30m indoors	30m	50m in campo libero 30m indoors	Campo libero 100m, 30m coperta
<b>Temperatura di funzionamento:</b>	0-55°C		0-40°C	-5 ° C a + 65 ° C
<b>Altro:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standards: EMC 2004/108 / EC and R &amp; TTE 199/5 / US</li> <li>• Certificazione: EN 14604: 2005</li> </ul>		Standards : EMC 2004/108/EC and R & TTE 199/5/WE	
<b>Foto:</b>				

**Tabella 14 – Sensori servizi aggiuntivi Z-Wave**

Sensore	Pulsante Emergenza	CO <sub>2</sub> Sensor	Water Sensor
<b>Azienda</b>	Eltako	Afriso	Afriso
<b>Descrizione funzionalità:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interruttore</li> <li>• L'energia meccanica creata premendo il tasto viene trasformata con un generatore magneto-resistivo, in energia elettrica necessaria per inviare il comando radio</li> <li>• Dimensioni: 80x80x15 mm</li> <li>• Oltre che per comandare qualsiasi altro dispositivo può essere utilizzato per inviare un allarme in una situazione di pericolo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevamento monossido di carbonio</li> <li>• Range di misura: 0/2,000 ppm</li> <li>• Tre colori per indicare lo stato dell'aria</li> <li>• Massima umidità di lavoro 95%</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rilevazione allagamento</li> <li>• Accuratezza ±1 K</li> <li>• Nessuna installazione, solo configurazione con controller</li> </ul>
<b>Tipo di modulo:</b>	Trasmettitore EnOcean	Modulo wireless EnOcean	Modulo wireless EnOcean
<b>Alimentazione</b>	Magneto-resistivo (senza batteria)		Cella fotovoltaica
<b>Potenza massima:</b>			
<b>Consumo:</b>			
<b>Frequenza:</b>	868,3 MHz	868 MHz	868,3 MHz
<b>Distanza di trasmissione:</b>	30 m al coperto	Da 10 a 30 m	Da 10 a 30 m
<b>Temperatura di funzionamento:</b>	Da 0 a 40 °C	0 – 50 °C	Da 0 a 40 °C
<b>Altro:</b>	• EEP – F&-02-01		
<b>Foto:</b>			

#### 4.4.6 Interfaccia di comunicazione verso l'utente

Le tipologie di interfacce variano in funzione della tipologia di utente e della tipologia di EB.

Nel caso di EB base, che funge principalmente da gateway, è prevista una fase iniziale di configurazione e installazione del sistema che comporta l'impiego di un pc portatile e di un sw (ZVirtualScenes), successivamente l'utente potrà accedere alle informazioni tramite il portale SEM o controllare localmente i dispositivi tramite un pc dedicato.

Nel caso di EB avanzato le informazioni saranno disponibili sia sul portale SEM, sia in real time tramite un servizio di App accessibili tramite smartphone, pc o tablet.

Nella figura 17 che segue sono schematizzate le diverse interfacce individuate in relazione alla tipologia di utente:

- Installatore, ovvero colui che effettua la prima installazione e configurazione della rete dei dispositivi e associa il singolo device ad uno specifico ambiente e ad una grandezza monitorata o controllata, tale attività non è richiesta nel caso di EB avanzato in quanto i dispositivi sono plug and play.
- Utente dell’abitazione, abilitato alla visualizzazione dei dati monitorati in real time della propria abitazione, al controllo delle attuazioni ed lo scheduling dei device presenti all’interno della home.
- Utente del district, in quanto utente che ha accesso ai servizi forniti dall’Aggregatore, in particolare ai servizi di confronto tra i diversi utenti del district tramite l’elaborazione di opportuni KPI, dei rapporti statistici sull’andamento dei propri consumi nel tempo, di diagnostica sui consumi e suggerimenti per l’ottimizzazione del sistema, richiesta di flessibilità nel caso di partecipazione a programmi di Demand Response o Demand Side Management.
- Utente fragile, si considera una particolare tipologia di utenza: anziani o persone con deficit cognitivi anche lievi. In questi casi, per agevolare la comunicazione con l’utente, si propone di interagire in modo naturale e secondo codici che utilizzano i sensi e i normali canali di comunicazione tramite l’impiego di un robot umanoide.

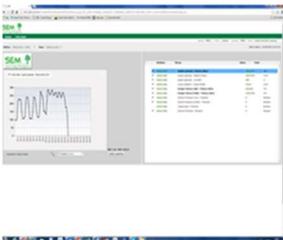
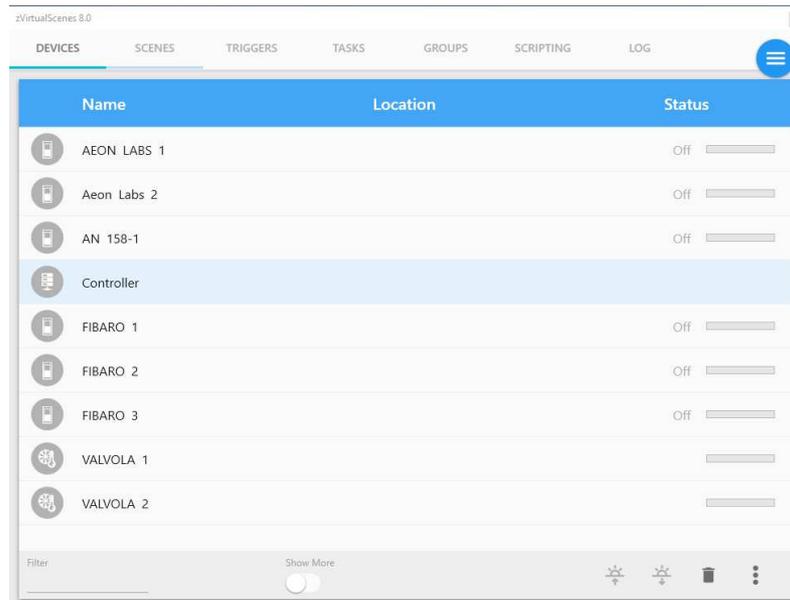
Installatore	Utente abitazione	Utente district	Utente fragile
			
EB Base ZVirtualScenes	EB Avanzato Web APP	SEM-GioTTo Web service	Robot umanoide
			

Figura 17- Tipologie di interfaccia per le diverse tipologie di utente

**EB Base – ZVirtualScenes**

ZVirtualScenes è un software open-source che consente la gestione di una rete di dispositivi Z-Wave grazie all’utilizzo di un controller apposito. Una volta configurato il controller è possibile aggiungere o rimuovere dispositivi come smart plug, valve, switch ecc. in modo semplice e seguendo le procedure di installazione proprie di ogni sensore.



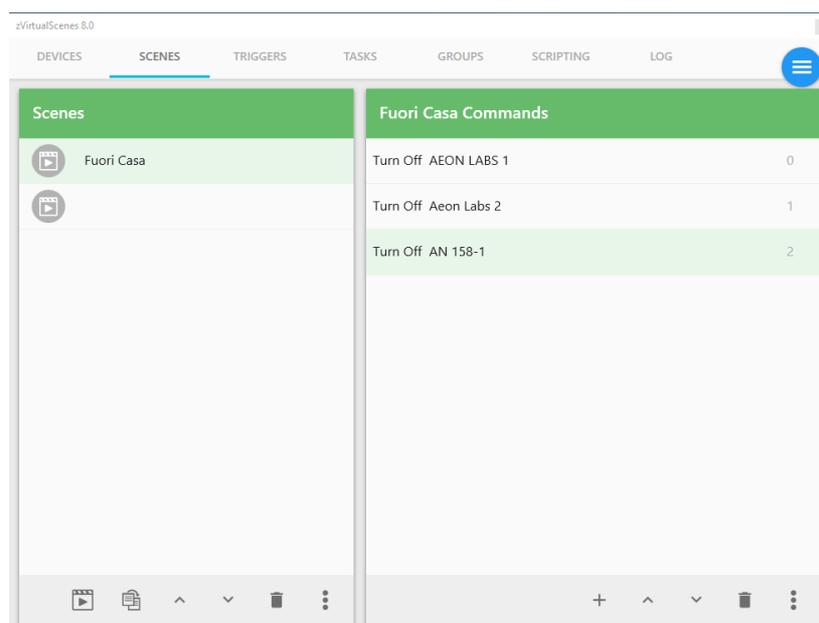
Name	Location	Status
AEON LABS 1		Off <input type="checkbox"/>
Aeon Labs 2		Off <input type="checkbox"/>
AN 158-1		Off <input type="checkbox"/>
Controller		
FIBARO 1		Off <input type="checkbox"/>
FIBARO 2		Off <input type="checkbox"/>
FIBARO 3		Off <input type="checkbox"/>
VALVOLA 1		<input type="checkbox"/>
VALVOLA 2		<input type="checkbox"/>

**Figura 18- Visualizzazione dei dispositivi configurati**

Il controller tiene in memoria la configurazione dei vari sensori ed è in grado di indirizzare i messaggi da inviare agli stessi. Ogni dispositivo sarà caratterizzato da un ID e diventerà nodo della rete mesh, sarà quindi in grado di ricevere comandi dal nodo precedente e conseguentemente trasmetterli al nodo successivo. Il dispositivo invia anche un segnale di ritorno al programma, confermando l'avvenuta ricezione del comando.

I dispositivi possono distare fino a 30m in campo libero, all'interno di una casa bisogna però valutare la presenza di ostacoli (muri, mobili ecc.) e la distanza di trasmissione potrebbe ridursi.

Con l'utilizzo di ZVirtualScenes è possibile raggruppare i vari dispositivi, ad esempio per la stanza di appartenenza, e gestirli con la creazione di scene o task. I task invece riguardano la programmazione giornaliera di un singolo dispositivo, ad esempio si potrebbero spegnere le smart valve dalle 11:00 alle 16:00 per poi riaccenderle fino alle 20:00.



Scenes	Fuori Casa Commands
Fuori Casa	Turn Off AEON LABS 1 0
	Turn Off Aeon Labs 2 1
	Turn Off AN 158-1 2

**Figura 19-Schermata per la creazione delle scene**

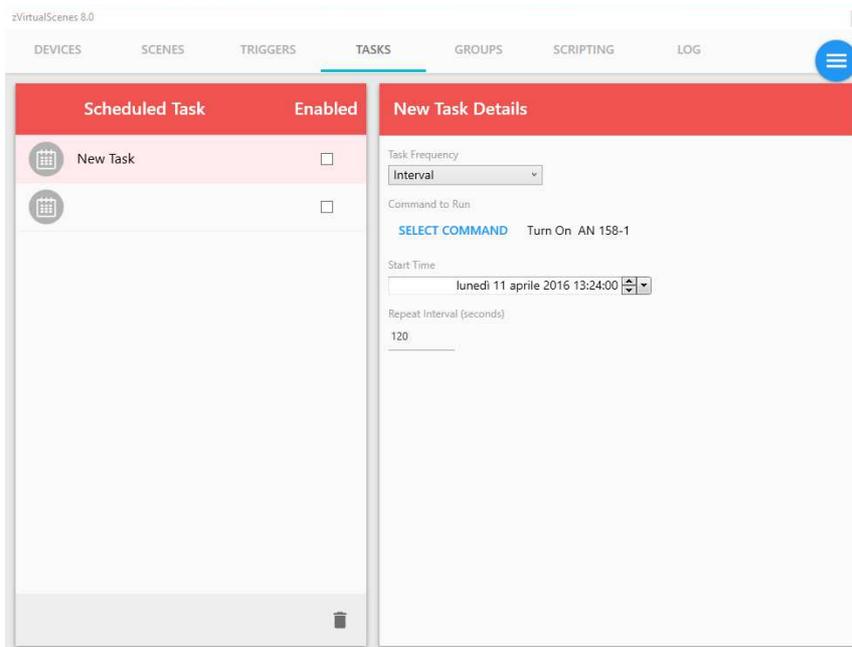


Figura 20- Schermata per la creazione dei task

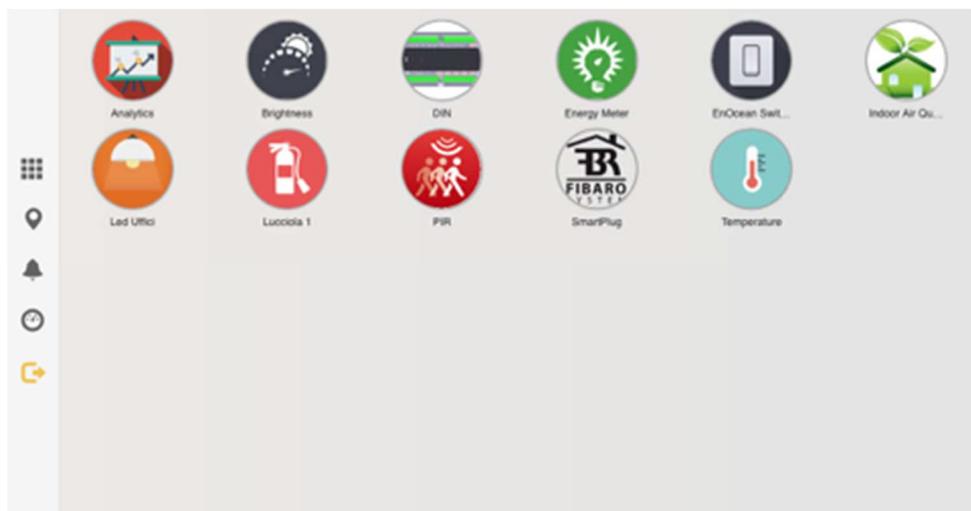
Dal software viene generato un file di log che contiene tutte le azioni svolte e riporta per ogni dispositivo determinati parametri. Ad esempio per una smart plug oltre all’ON/OFF vedremo il consumo in termini di potenza istantanea, oppure per un sensore di temperatura si vedrà il valore della temperatura rilevata nella stanza.

### EB avanzato - Web App

L’EB avanzato è in grado di fornire tramite opportuna interfaccia le seguenti funzionalità:

- Notifiche personalizzate: Consente di monitorare 24 ore su 24 i sensori in campo generando alert via notifiche push, e-mail e sms.
- Geolocalizzazione: Integra Google Maps per localizzare e gestire gli oggetti.
- Analytics: permette di controllare l’andamento di ogni oggetto, i grafici ti permettono di mettere in relazioni oggetti e periodi diversi.
- Rapporti: sono i resoconti di un periodo, sono personalizzabili e possono essere ricevuti, giornalmente, settimanalmente o mensilmente.
- Regole di business: tali regole possono essere gestite sia in locale che da Cloud e il Gateway permette a queste di funzionare sempre, anche in assenza di internet.
- Cruscotto Administrator: Tramite questa applicazione è possibile creare nuovi utenti, cambiarne permessi, gestire le notifiche, gestire le business rule e gli oggetti.
- Sicurezza e privacy. Il sistema è installato su un gateway, proprio per questo i dati non vengono mai condivisi con terzi. Il sistema permette una continuità di esercizio anche offline.

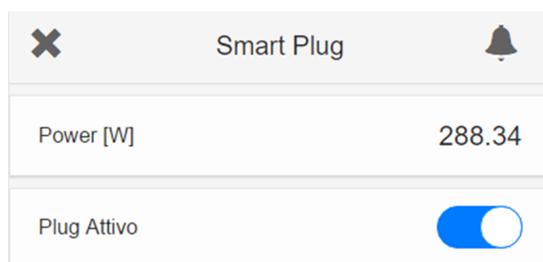
Ogni oggetto/servizio nell’EB avanzato è una Web Application a cui si può accedere dalla Home Page del sistema ApioOS dove viene visualizzata una schermata come nella figura seguente:



**Figura 21- Home Page del sistema Apio OS**

Da questa schermata è possibile accedere a tutte le “App”, basterà cliccare su una delle icone per aprire l’applicazione.

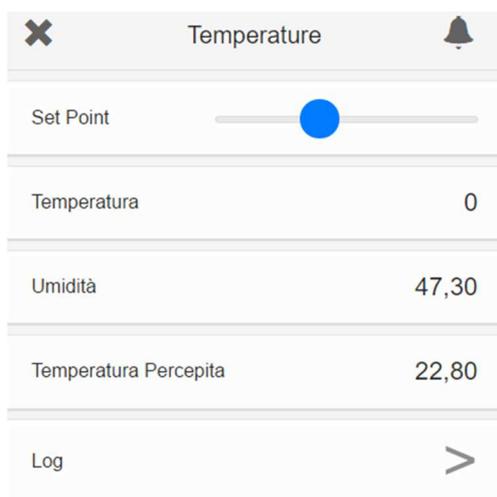
Per esempio aprendo “Smart Plug” troviamo questa schermata:



**Figura 5 – App Smart Plug**

Tramite questa schermata è possibile controllare una presa, ad esempio in questo caso se è attiva o spenta e permette di visualizzare la potenza attiva istantanea.

Cliccando ad esempio su "Temperature" comparirà la seguente schermata sulla destra:



**Figura 6 – App Temperature**

In questo caso è presente una sola proprietà di tipo *slider* chiamata *Set Point* che permette di impostare la temperatura desiderata e di leggere i dati relativi alla temperatura, umidità e temperatura percepita. Inoltre è presente il *Log* che permette di osservare i dati raccolti nel corso del tempo.

In ogni applicazione è presente un menù, in alto a destra questo menù oltre al nome dell'applicazione e ad una "X" per chiudere l'applicazione presenta una campanella, cliccando su questa è possibile creare delle "notifiche personalizzate".

Ad esempio se volessimo ricevere una notifica (PUSH, SMS o Mail) ogni qualvolta la temperatura misurata dal sensore di temperatura raggiunga i 40°C ci basterà cliccare sul campanello e poi cliccare sulla proprietà temperatura e inserire il valore.



Figura 7 – Creazione notifica

Cliccando su "maps" nel menù laterale di ApioOs è possibile andare nella sezione Maps.

Nella sezione Maps sono integrate le mappe e tutte le funzionalità offerte dal servizio Google Maps, in questo modo è possibile modificare la posizione di un oggetto semplicemente trascinando l'icona dell'App corrispondente sulla Mappa ed allo stesso modo, è possibile introdurre planimetrie sulla mappa ed associare la posizione di un oggetto all'interno della planimetria.

Ad esempio in questo caso abbiamo inserito *Il Sensore di Temperatura* all'interno della planimetria predisposta:

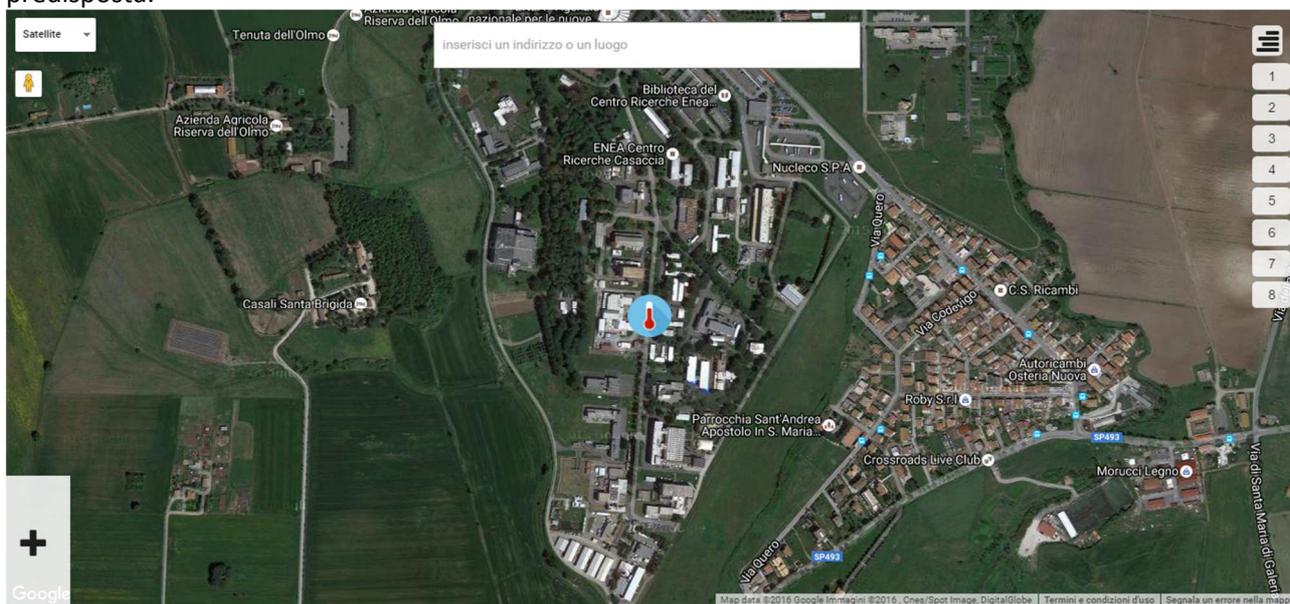
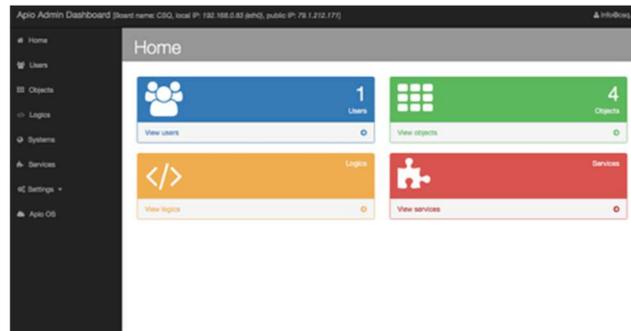


Figura 17 – Oggetto su Planimetria

In ApioOS è inoltre possibile associare uno o più Tag ad ogni App presente nella Home Page, in questo modo si possono organizzare le App con estrema facilità. La visualizzazione delle App relative ad un Tag avviene con il semplice passaggio del mouse sull'icona Home Page nel menù laterale di ApioOS, mentre l'inserimento di un nuovo tag relativo ad un App avviene con un click destro sull'icona della homepage, evento che aprirà una finestra contenente tutti i tag attualmente associati a quell'App e che ne permette l'inserimento di nuovi semplicemente digitando il Tag da tastiera e confermando l'operazione con la pressione del tasto "Invio".

Le Notifiche che arrivano dagli oggetti possono sempre essere visualizzate all'interno del sistema cliccando sull'icona a forma di *campanello* nel menù laterale di Apio OS. Inoltre è possibile decidere quali notifiche continuare a ricevere e con quale mezzo deve essere recapitata la notifica (Mail, SMS, e Push Notification).

Dal menù laterale è possibile accedere alla dashboard (se siamo un account *Administrator* o *superAdmin*):

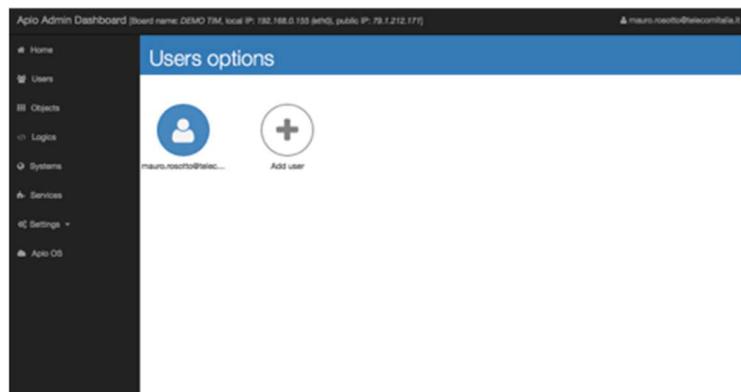


**Figura 8 – Home Page della Dashboard**

Dalla *Dashboard* è possibile gestire gli utenti, gli oggetti e le impostazioni di un gateway oltre che creare e gestire le Business Rule, più propriamente dette ApioRules.

E' possibile creare un nuovo utente e fare in modo che questo visualizzi solo un'applicazione.

Clicchiamo dal pannello laterale della *Dashboard* su *Users* e ci verrà presentata questa schermata:



**Figura 9 – Creazione utente**

Cliccando su Add User possiamo inserire un nuovo utente assegnandogli una mail e una password, in questo modo verrà effettivamente aggiunto l'utente al gateway, l'utente appena creato avrà privilegi di ospite, quindi potrà solamente vedere le applicazioni che gli verranno condivise. Possiamo cambiarne i privilegi cliccando sull'icona dell'utente e selezionando nuovi privilegi.

I privilegi in ApioOS sono:

- *Guest*: L'utente può solo visualizzare e lavorare con le applicazioni che un *Administrator* o un *superAdmin* ha deciso di condividere con lui, non ha accesso alla dashboard.
- *Administrator*: L'utente viene nominato Administrator solo da un *superAdmin* o da un altro *Administrator*, con questi privilegi l'utente visualizza solo le applicazioni che il *superAdmin* o un altro *Administrator* ha condiviso con lui. L'utente *Administrator* a differenza dell'utente *Guest* può entrare nella *dashboard*, può creare nuovi utenti (*Guest* o *Administrator*) e condividere le applicazioni alle quali egli ha accesso, inoltre può creare nuovi oggetti che gli verranno automaticamente assegnati.
- *superAdmin*: L'utente *superAdmin* può creare nuovi utenti, nuovi oggetti e visualizzare tutto ciò che è presente in un *gateway*.

E' possibile cambiare i permessi sempre tramite questa sezione.

Una volta creato un utente possiamo condividergli un’applicazione. Per fare questo clicchiamo sul pannello laterale in Objects per ritrovarci in una schermata che ci mostra tutti gli oggetti.

Da questa schermata è possibile cliccare su ogni singola applicazione al fine di eliminarla, modificarne il codice e quindi l’aspetto, cambiare nome e infine scaricarla per importarla in un altro gateway con installato Apio OS.

Se vogliamo condividere una applicazione con un altro utente, ci basterà cliccare sulla applicazione che vogliamo condividere e selezionare l’utente dal pannello *Add User*.

Una volta selezionato ci basterà cliccare sull’icona *share* per condividergli effettivamente l’oggetto.

All’interno della Dashboard è possibile gestire anche le Apio Rules. Queste sono azioni che coinvolgono gli oggetti del sistema ovvero è possibile determinare cosa deve accadere al verificarsi di diverse condizioni, si tratta di un processo che gira in background sul gateway e che quindi funziona sempre e indifferentemente dalla presenza o meno di internet.

Attraverso le ApioRule è possibile fare un Bind di due Proprietà, fare algoritmi che analizzino il comportamento di un utente in base alle azioni che compie sugli oggetti e ai dati rilevati dai sensori che lo circondano.

Le ApioRule sono semplicemente degli Algoritmi in NodeJS, che possono essere scritti tramite l’Interfaccia presente nella Dashboard. Una volta scritta una ApioRule può essere importata in altri sistemi attraverso il cloud.

Il sistema può essere usato su qualsiasi dispositivo poiché presenta un’interfaccia responsive.

### SEM@GloTTO

La piattaforma SEM@GloTTO per la visualizzazione da remoto dei dati degli EB base ed avanzati ha la seguente interfaccia grafica, in particolare quella di interesse per questo progetto è la sezione SEMLITE:

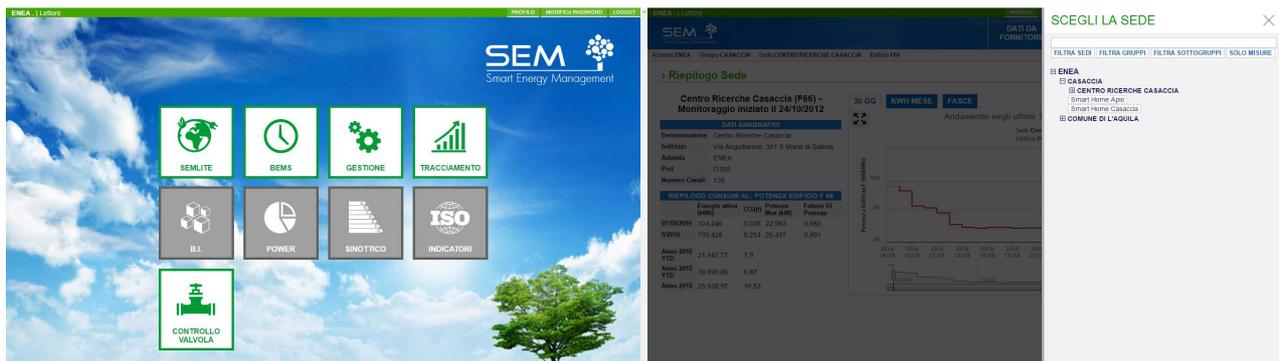


Figura 22- Schermata iniziale di SEM@GloTTO

Nei test effettuati, selezionando la “Casa” Smart Home Casaccia è possibile visualizzare gli EB testati. Di seguito sono illustrate le principali funzioni attualmente disponibili:

- 1) **Visualizza Curve:** In questa sezione sarà possibile vedere i dati monitorati dai vari sensori per i periodi scelti e secondo il campionamento desiderato (15m, 1h, 1d). In tal modo sarà possibile confrontare la temperatura in due stanze differenti o i consumi energetici di due elettrodomestici simili.



Figura 23- Visualizzazione profilo dati monitorati

- 2) **Confronta Periodo:** In questa sezione potremmo confrontare i dati di una stessa linea ma in due periodi differenti:



Figura 24- Confronto tra profili di consumo

**3) RealTime - Cruscotti:** In questa sezione si potrà vedere la situazione istantanea delle singole linee monitorate.

**Studio di un robot umanoide per servizi innovativi di ausilio alla persona**

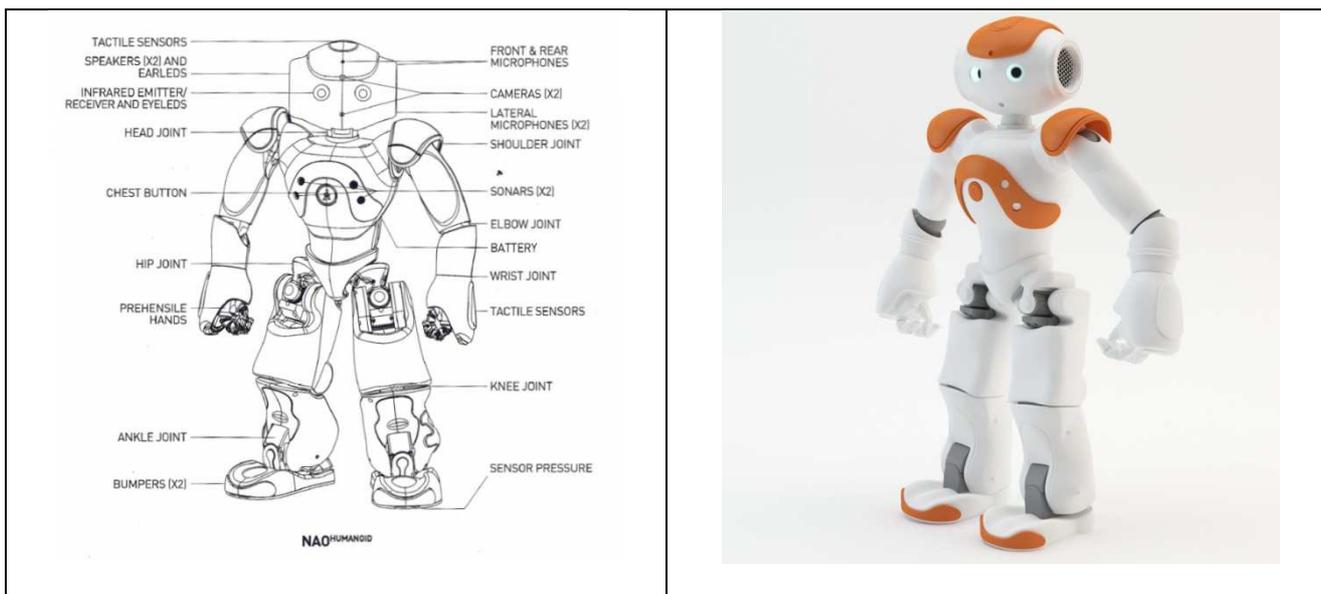
Nel caso di utenti fragili, come interfaccia di comunicazione, in aggiunta alle Human-Machine Interface (HMI) di tipo standard, viene proposto l'uso di un robot umanoide.

Il robot umanoide è in grado di comunicare e comandare le tecnologie della Smart Home e, al tempo stesso, interagire con gli utenti in modo naturale e secondo codici che utilizzano i sensi ed i normali canali di comunicazione che le persone sono solite utilizzare tra di loro.

La piattaforma tecnologica che si vorrebbe utilizzare è il robot antropomorfo NAO prodotto dalla Aldebaran Robotics.

Un robot NAO è già in dotazione al Laboratorio Intelligenza Distribuita e Robotica per l'Ambiente e la Persona dell'ENEA e viene utilizzato per lo sviluppo ed implementazione degli algoritmi e dei comportamenti.

Si tratta di un robot umanoide con 25 gradi di libertà, alto circa 60 cm che pesa circa 5 kg ed è equipaggiato con sensori video, audio, tattili etc.



**Figura 25- Schema e immagine del robot NAO**

Il robot ha un sistema operativo dedicato NAOqi ed è dotato di una sua piattaforma di programmazione per sviluppare nuove applicazioni e comportamenti.

L'impiego di questo tipo di interfaccia viene descritta nel Caso d'Uso "Unattended Cooking Fire Prevention" (UCFP) nel capitolo 5. Nel caso d'uso proposto, il robot andrà a notificare le varie situazioni di warning/allarme interagendo direttamente con l'utente, localizzandolo all'interno dell'abitazione e riportandogli l'informazione necessaria offrendo, eventualmente, suggerimenti utili per risolvere la criticità che si sta verificando all'interno della casa. Inoltre il robot potrà ricevere i comandi direttamente dall'utente per intervenire sulle diverse situazioni che si verificano all'interno dell'abitazione e per operare/comandare le tecnologie della Smart Home.

## 5 Use Case

Nel presente capitolo vengono descritti i Casi d'Uso relativi al contesto della Smart Homes Network (SHN) che rappresenta un applicativo verticale dello Smart District. Questo applicativo, così come descritto nella figura 22, converge ed entra in comunicazione con gli altri applicativi verticali del District tramite la piattaforma ICT di distretto (Smart District Platform) la cui descrizione è riportata nel dettaglio nel Report RdS/PAR2015/014 "Le specifiche della smart platform del distretto".

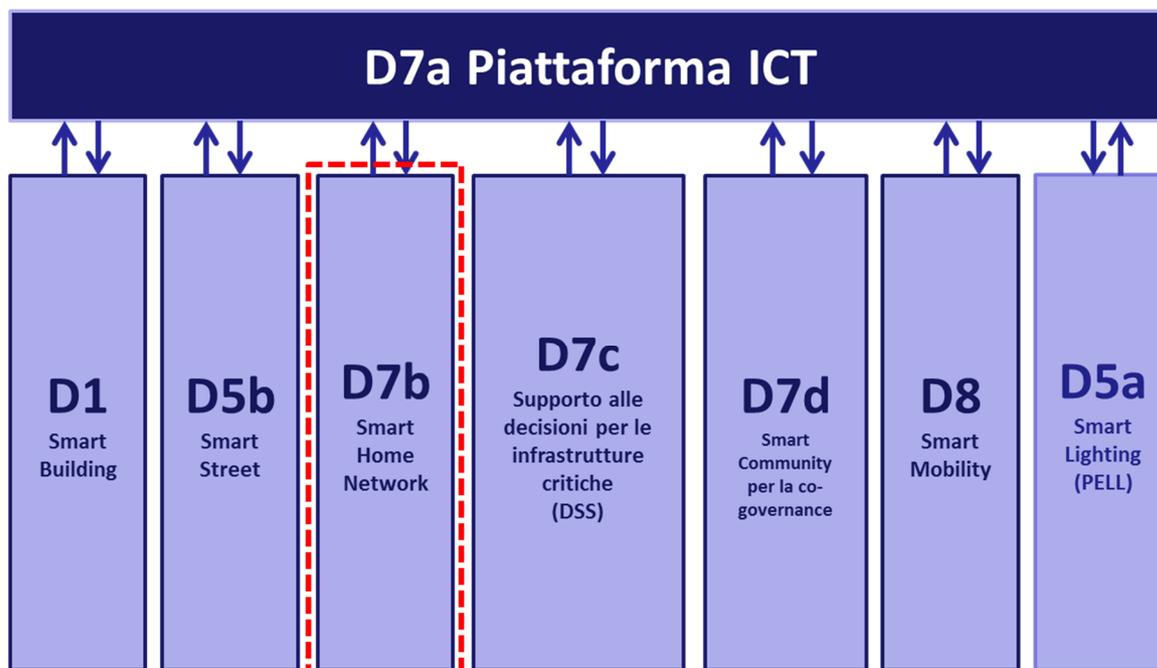


Figura 26 – Architettura generale dello Smart District

L'attività descritta nel presente capitolo riguarda la raccolta delle informazioni relative ai flussi dati relativi ai casi d'uso della SHN, dove per Caso d'Uso si intende una specifica formale, definita tramite diagrammi e descrizioni testuali, che permette di rappresentare un insieme di attività logicamente connesse, che sono una parte del sistema in oggetto. L'insieme dei casi d'uso permette di individuare i requisiti necessari all'implementazione, si veda a tal proposito il report RdS/PAR2015/014 par 1.5.

I casi d'uso seguono una nomenclatura che permette l'individuazione univoca tra tutti quelli definiti nell'ambito del progetto della Ricerca di Sistema e vengono identificati con un codice id come riportato nel già menzionato Report RdS/PAR2015/014 nel paragrafo 1.4. In particolare per quanto riguarda la SHN sono state individuate alcune macro-aree classificate come di seguito che corrispondono a differenti ambiti specifici e tipologie di servizi da fornire agli utenti; inoltre il ciclo di vita dei dati è stato suddiviso in tre Aree di Gestione distinte che riproducono l'architettura del sistema come descritto nella figura 23:

1. **Area Campo:** area che descrive il flusso dati dalla rete applicativa in oggetto fino al database;
2. **Area Piattaforma Locale:** area per l'integrazione dei dati per diagnostica, generazione KPI e servizi per l'utente finale;
3. **Area Smart District Platform:** area che descrive il flusso dati da ogni piattaforma locale verticale alla Smart District Platform.

Livello	ID	Ambito/Servizio	Area di gestione
District Level	D7b.8.	Aggregatore Smart Home	Area Smart District Platform
Aggregator Level	D7b.2	Controllo Smart Home	Area Piattaforma Locale
	D7b.3	Interazione EB- Utente	
	D7b.4	Interazione EB- Aggregatore	
	D7b.5	Interazione Aggregatore - Utente	
Home Level	D7b.1	Monitoraggio SH	Area Campo
	D7b.6	Sicurezza	
	D7b.7	Assisted Living	

Figura 27- Schema dei Casi d’Uso e delle Aree di Gestione

Nella tabella 13 sono riassunti i casi d’uso descritti di seguito e attinenti al verticale SHN:

Tabella 13-Casi d'uso D7b SHN

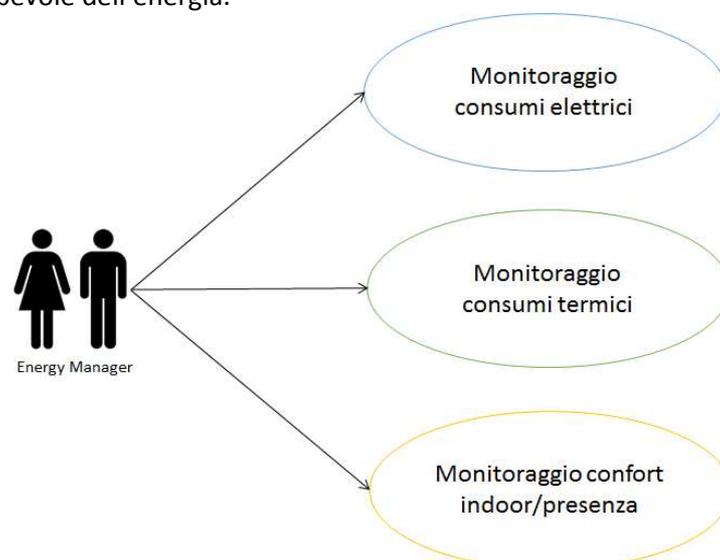
ID	Nome casi d’uso	Ambito specifico	Contesto applicativo	Area di Gestione
D7b.1.1	Monitoraggio consumi elettrici	Monitoraggio SH	Smart Home Network	Area Campo
D7b.1.2	Monitoraggio consumi termini	Monitoraggio SH	Smart Home Network	Area Campo
D7b.1.3	Monitoraggio confort indoor/presenza	Monitoraggio SH	Smart Home Network	Area Campo
D7b.2.1	Controllo remoto di dispositivi elettrici	Controllo Smart Home	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.2.2	Automazione illuminazione indoor	Controllo Smart Home	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.2.3	Controllo generatore di calore	Controllo Smart Home	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.2.4	Controllo smart valve	Controllo Smart Home	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.3.1	Configurazione dispositivi smart home	Interazione Energy Box - Utente	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.3.2	Visualizzazione real time dei dati monitorati	Interazione Energy Box - Utente	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.3.3	Alert per anomalia	Interazione Energy Box - Utente	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.4.1	Energy Box - Aggregatore	Interazione Energy Box - Aggregatore	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale

D7b.5.1	Feedback	Interazione Aggregatore - Utente	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.5.2	Attuazione guidata	Interazione Aggregatore - Utente	Smart Home Network	Area Piattaforma Locale
D7b.6.1	Security	Sicurezza	Smart Home Network	Area Campo
D7b.6.2	Environmental Safety	Sicurezza	Smart Home Network	Area Campo
D7b.7.1	Energy Monitoring for Safety	Assisted Living	Smart Home Network	Area Campo
D7b.7.2	UCFP	Assisted Living	Smart Home Network	Area Campo
D7b.8.1	Pubblicazione Dati per Smart District Platform	Aggregatore Smart Home	Smart Home Network	Smart District Platform
D7b.8.2	Recupero Dati da Smart District Platform	Aggregatore Smart Home	Smart Home Network	Smart District Platform

### 5.1 Casi d'Uso "Monitoraggio Smart Home"

Questo paragrafo descrive i Casi d'Uso relativi al task D7b "Smart Home Network" nell'ambito specifico del "Monitoraggio Smart Home", in cui vengono utilizzati alcuni sensori per recuperare i consumi energetici in ambito domestico utilizzando un gateway denominato "Energy Box" capace di compiere alcune elaborazioni e inoltrare successivamente i dati all'Aggregatore Smart Home.

Il monitoraggio dei consumi elettrici e termici all'interno delle abitazioni consente di mettere a disposizione dell'utente finale informazioni dettagliate sui propri consumi sia generali che relativi al singolo device con differenti granularità temporali. Inoltre, grazie al monitoraggio dei parametri ambientali indoor e outdoor, permette la verifica delle condizioni di comfort indoor ed il confronto con le specifiche condizioni climatiche verificatesi. L'obiettivo principale del monitoraggio è fornire all'utente dei feedback in grado di orientarlo verso un uso più consapevole dell'energia.



### 5.1.1 Caso d'Uso "Monitoraggio Consumi Elettrici"

#### 5.1.1.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.1.1	Monitoraggio consumi elettrici
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
L'obiettivo è quello di monitorare il consumo di energia elettrica dell'abitazione sia complessivo, a livello di contatore elettrico, che disaggregato in corrispondenza del singolo dispositivo elettrico impiegato per le utenze finali (elettrodomestici, lampade, ecc.).	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
Il monitoraggio del consumo elettrico totale dell'abitazione può essere fornito direttamente dallo smart meter elettrico (sistema di telelettura attualmente gestito dal DSO), o indirettamente tramite altro meter device in grado di comunicare con il sistema di acquisizione. Il monitoraggio del consumo elettrico del singolo dispositivo elettrico avviene tramite le smart plug e gli smart switch, che forniscono informazioni relative allo stato on/off dei dispositivi, i valori di potenza istantanea ed energia impegnati.	

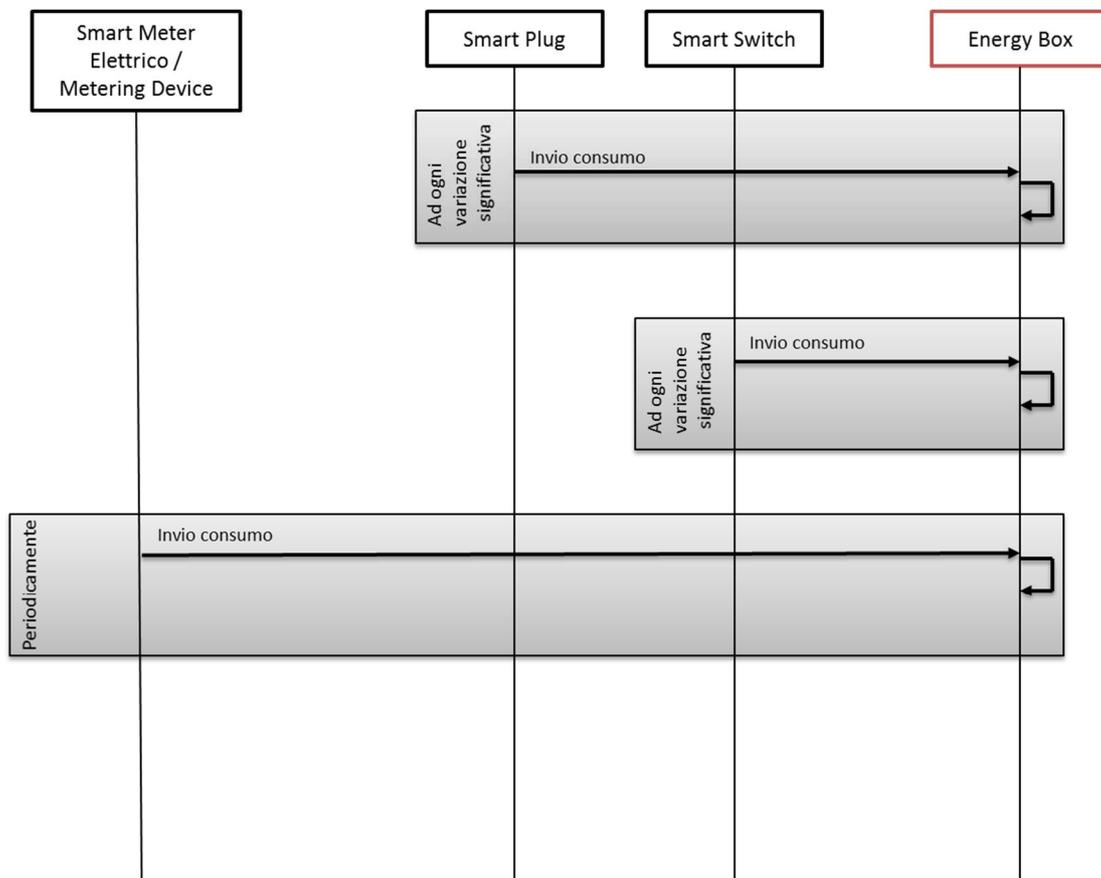
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Smart Plug	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad una presa elettrica		In abitazione
Smart Switch	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad un interruttore elettrico		In abitazione
Smart Meter elettrico	Sistema di misura del consumo elettrico complessivo dell'abitazione gestito o fornito dal DSO.		Sistema di telelettura del contatore elettrico dell'abitazione
Metering Device	Sistema per il monitoraggio indiretto del consumo elettrico complessivo dell'abitazione.		Connesso al contatore elettrico dell'abitazione
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati utilizzo singolo smart plug	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Dati utilizzo singolo smart switch	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Dati utilizzo smart meter	Abitante/ DSO	Abitante	EB	Aggregatore, Distributore, Venditore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente/DSO.

### 5.1.1.2 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	Al cambiamento di stato o potenza della smart plug / Periodicamente	Acquisizione e dati da Smart Plug	Il sensore invia all'E.B. il dato misurato appena questo subisce una variazione, oppure periodicamente (a seconda del protocollo applicativo e del modello di plug)	Smart Plug	EB	Consumo elettrico: ON/OFF e W o kWh	FD: boolean e double PA: Z-Wave / EnOcean
2	Al cambiamento di stato o potenza dello Smart Switch	Acquisizione e dati da Smart Switch	Il sensore invia all'E.B. il dato misurato appena questo subisce una variazione	Smart Switch	EB	Consumo elettrico: ON/OFF e W o kWh	FD: boolean e double PA: Z-Wave / EnOcean
3	Periodicamente (15 minuti)	Acquisizione e dati da Smart Meter	Lo Smart meter/metering device invia i dati all'Energy Box per caratterizzare il profilo di consumo energetico tipico dell'abitazione	Smart Meter	EB	Misura del consumo elettrico in W o kWh	FD: double PA: Z-Wave / EnOcean

### 5.1.1.3 Diagramma UML



### 5.1.2 Caso d'Uso "Monitoraggio Consumi Termici"

Le modalità di monitoraggio dei consumi termici dipendono dalla configurazione dell'impianto, centralizzato o autonomo, e dal vettore energetico utilizzato, pertanto la strumentazione impiegata comprende differenti dispositivi e configurazioni:

- nel caso di impianto autonomo per valutare il consumo della singola abitazione ci si può limitare ai dati provenienti dal contatore del gas,
  - nel caso di impianto centralizzato è opportuno installare un contacalorie a monte dell'impianto di distribuzione per monitorare l'energia termica complessiva e contabilizzatori locali (ripartitore di calore) in corrispondenza di ciascun termosifone per computare il consumo di energia termica del singolo terminale.
- Il caso d'uso che segue descrive il flusso di dati tra i dispositivi di misura in campo e l'Energy Box.

#### 5.1.2.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.1.2	Monitoraggio consumi termici
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
L'obiettivo è quello di monitorare il consumo di energia termica della singola abitazione, in termini di energia termica e/o di fonte energetica impegnata.	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
<p>Il monitoraggio del consumo termico totale dell'abitazione può essere fornito dai seguenti strumenti che vengono individuati in funzione della tipologia di impianto presente nell'abitazione tra i seguenti dispositivi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Smart Meter Gas: la misura del consumo di gas può essere acquisita direttamente dal sistema di telelettura del contatore installato gestito dal distributore o, indirettamente, tramite altro meter device in grado di comunicare con il sistema di acquisizione.</li> <li>• Contacalorie: per la misura di energia termica costituito da un sistema di misura che integra un misuratore di portata, coppia di sensori di temperatura per la misura della temperatura di mandata e ritorno del fluido termovettore e unità di calcolo.</li> <li>• Ripartitore del calore: relativo al singolo terminale per la contabilizzazione del consumo di ciascun radiatore.</li> </ul> <p>I dati raccolti vengono acquisiti ed elaborati localmente per una prima verifica e sincronizzazione, ed inviati al livello superiore dove vengono immagazzinati ed organizzati per effettuare analisi ed elaborazioni successive.</p>	

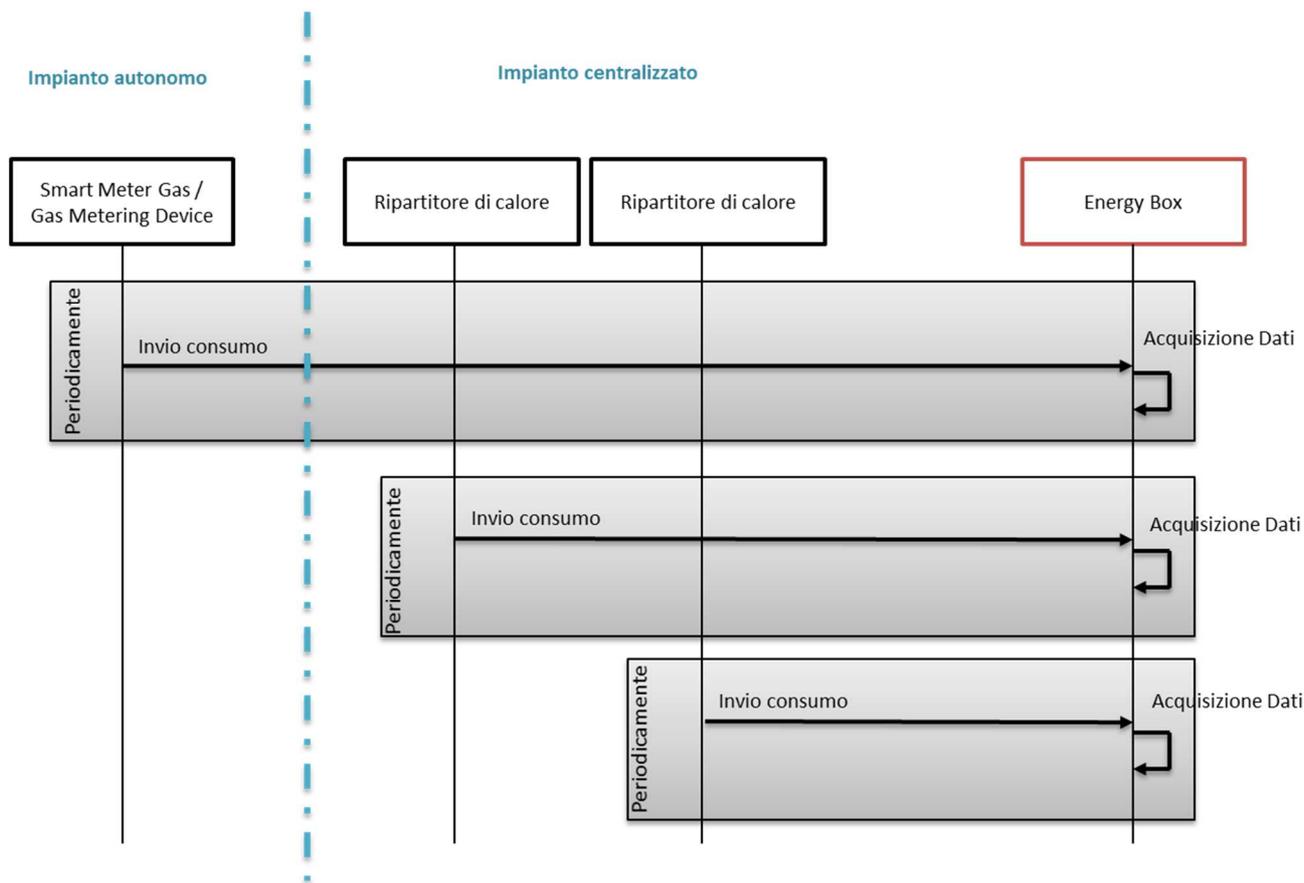
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Smart Meter Gas	Sensore con elettronica integrata a bordo che restituisce la misura della portata del gas.		Fuori dall'abitazione, in prossimità del contatore
Gas Metering Device	Sistema per il monitoraggio indiretto del consumo di gas dell'abitazione		Connesso al contatore del gas dell'abitazione
Contacalorie	Sistema di misura di energia termica costituito da un misuratore di portata, coppia di sensori di temperatura, unità di calcolo, connesso alla rete domestica		A monte dell'impianto di distribuzione dell'abitazione
Ripartitore di calore	Strumento elettronico che permette di contabilizzare indirettamente il consumo di energia termica di ciascun termosifone.		Sul singolo termosifone
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati da Smart Meter Gas	Abitante / DSO	Abitante	EB	Aggregatore, Distributore, Venditore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente/DSO.
Dati da Gas Metering Device	Abitante / DSO	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Dati ripartitore calore	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Dati contacalorie	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

#### 5.1.2.2 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	Periodicamente (15 min)	Acquisizione dati da Smart Meter Gas	Lo Smart Meter gas invia all'EB i dati relativi al consumo di gas dell'abitazione	Smart meter gas	EB	Consumo gas	mc
2	Periodicamente	Acquisizione dati da Gas Metering Device	Il sistema di misura indiretta del consumo di gas dell'abitazione invia il dato all'EB	Gas metering device	EB	Consumo gas	mc
3	Periodicamente	Acquisizione dati da ripartitore di calore	Misura indiretta del consumo del singolo termosifone	Ripartitore di calore	EB	Energia Termica	kWh
4	Periodicamente	Acquisizione dati da contacalorie	Il contacalorie invia dati all'EB relativi all'energia termica consumata	Contacalorie	EB	Energia Termica	kWh

#### 5.1.2.3 Diagramma UML



### 5.1.3 Caso d'Uso "Monitoraggio Comfort Indoor/Presenza"

#### 5.1.3.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.1.3	Monitoraggio Comfort Indoor/Presenza
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di monitorare il comfort interno dell'abitazione e la presenza delle persone nella stessa, tramite l'utilizzo di un insieme di sensori (distinti o integrati in un multi-sensore) per ciascuna grandezza monitorata.	
Descrizione (max 10 righe)	
I sensori consentono di monitorare le condizioni ambientali tramite la misura di temperatura, umidità, luminosità e movimento. Sarà così possibile valutare lo stato di comfort interno all'abitazione, la presenza o meno di individui e fornire servizi aggiuntivi che sfruttano queste informazioni.	
A seconda del livello di monitoraggio implementato nell'abitazione, il numero di sensori può variare, così come la loro dislocazione.	
I dati raccolti vengono acquisiti ed elaborati localmente, per una prima verifica e sincronizzazione, e inviati al livello superiore dove vengono immagazzinati e organizzati per effettuare analisi ed elaborazioni successive.	

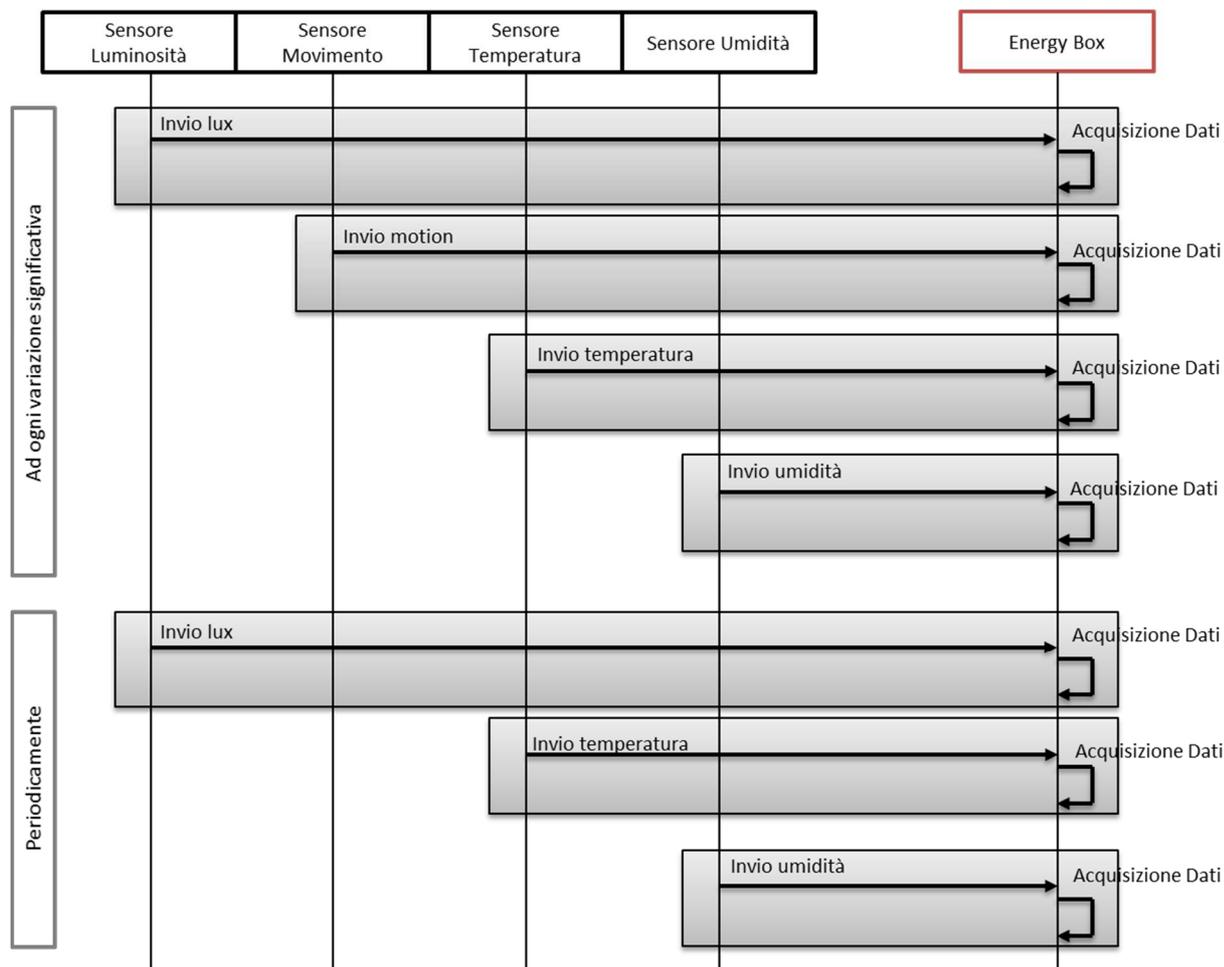
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Multi-sensore/ Sensori	Il rilevatore offre 4 diverse funzioni: Rilevamento di movimento, umidità, temperatura e luminosità.		In abitazione
Energy box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati da Multi-sensore / Sensori	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

### 5.1.3.2 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	Periodicamente	Acquisizione dati da Multi-sensore	Il multisensore invia i dati allo Energy Box	Multi-sensore	EB	Motion, luminosità (lux), temperatura (°C), umidità (%)	FD : boolean, Double, Double, Double PA : Z-Wave / EnOcean
2	Rilevazione Movimento	Acquisizione dati da sensore di movimento	Il sensore invia i dati allo Energy Box	Sensore di movimento	EB	Motion	FD: boolean, PA: Z-Wave / EnOcean
3	Variazione Luminosità	Acquisizione dati da sensore di luminosità	Il sensore invia i dati allo Energy Box	Sensore di luminosità	EB	Luminosità (Lux)	FD: double PA : Z-Wave / EnOcean
4	Variazione Temperatura	Acquisizione dati da sensore di temperatura	Il sensore invia i dati allo Energy Box	Sensore di temperatura	EB	Temperatura (°C)	FD: double PA : Z-Wave / EnOcean
5	Variazione Umidità	Acquisizione dati da sensore di umidità	Il sensore invia i dati allo Energy Box	Sensore di umidità	EB	Umidità (%)	FD: double PA: Z-Wave / EnOcean

### 5.1.3.3 Diagramma UML



## 5.2 Casi d'Uso "Controllo Smart Home"

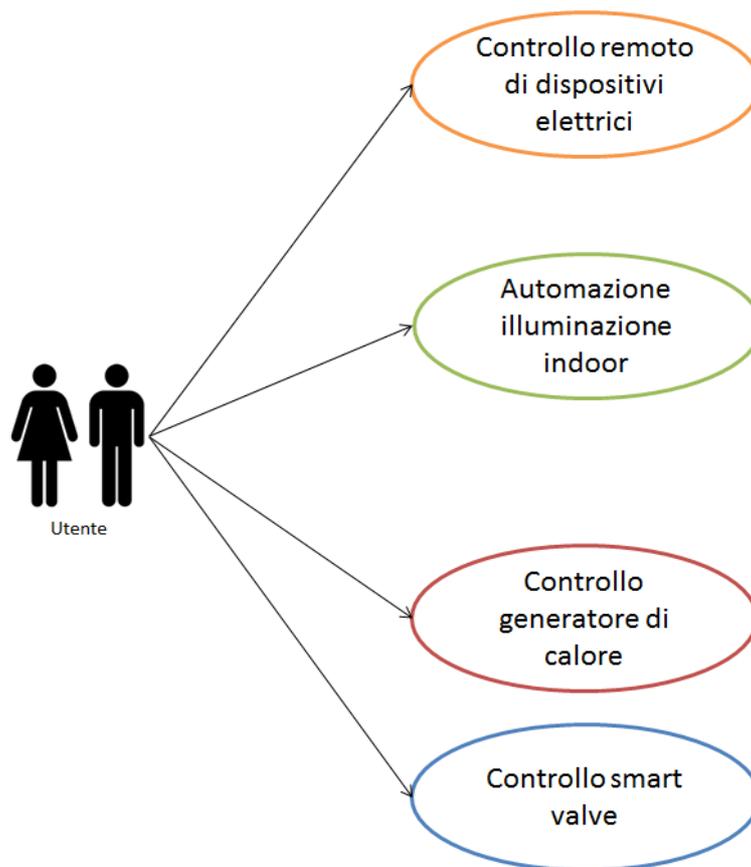
Questo paragrafo descrive i Casi d'Uso relativi al task D7b "Smart Home Network" nell'ambito specifico del "Controllo Smart Home", in cui viene utilizzato la tecnologia "Energy Box" per offrire all'Utente una serie di servizi per la gestione energetica dell'ambiente domestico.

I casi d'uso che seguono descrivono le tipologie di controllo delle utenze finali in una smart home, con differenti livelli di dettaglio, in funzione della strumentazione installata nell'abitazione.

L'obiettivo è consentire all'utente di gestire le proprie utenze autonomamente.

Il controllo dei dispositivi può essere effettuato anche da remoto e comprende differenti modalità:

- on/off di alcuni dispositivi,
- impostazione di set point in real time,
- scheduling delle attuazioni in funzione delle preferenze e abitudini dell'utente,
- automazione di alcune funzioni (es. accensione e spegnimento luci/riscaldamento).



## 5.2.1 Controllo remoto di dispositivi elettrici

### 5.2.1.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.2.1	Controllo remoto di dispositivi elettrici
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di controllare il consumo di energia elettrica e lo stato ON/OFF dei dispositivi alimentati elettricamente e connessi alla rete domestica.	
Descrizione (max 10 righe)	
L'utente può controllare da remoto il consumo, lo stato (on-off) dei dispositivi elettrici grazie all'impiego delle smart plug e degli smart switch. Inoltre è possibile programmare l'accensione degli stessi dispositivi per rispondere ad eventuali richieste o suggerimenti provenienti dall' Aggregatore Smart Home, ad esempio, programmare l'avvio di lavatrici o lavastoviglie. Il controllo sarà accessibile tramite un'interfaccia utente.	

Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Smart Plug	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad una presa elettrica. Può essere azionata da Energy Box, oppure direttamente nel dispositivo.		In abitazione
Smart Switch	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad un interruttore elettrico. Invia un report di log all'EB.		In abitazione all'interno dell'interruttore elettrico
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

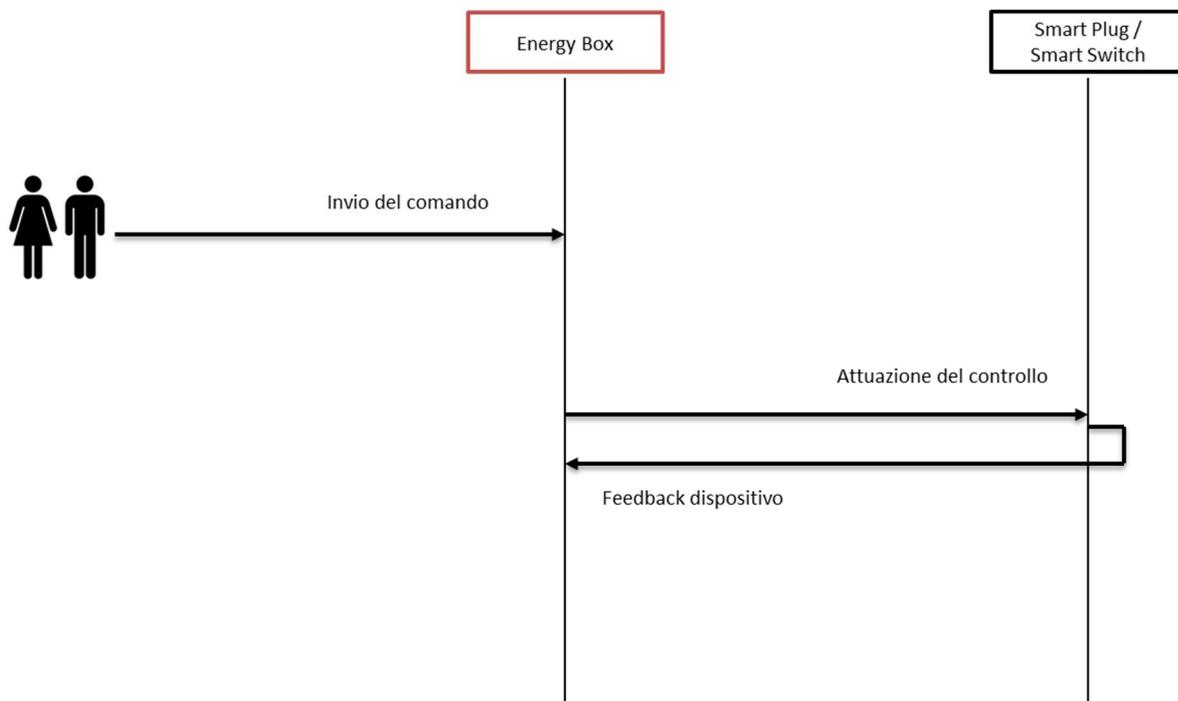
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		
--------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati Smart Plug	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Dati Smart Switch	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

### 5.2.1.2 Scenari

N	Event	Name of Process/Activity	Description of Process/Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	Accensione / Spegnimento smart plug	Controllo Immediato Smart Plug	Tramite un'interfaccia utente, messa a disposizione nell'Energy Box, è possibile attuare l'ON/OFF della Smart Plug.	Risparmio energetico	Utente	Smart Plug	ON/OFF
2	Programmazione	Controllo Differito Smart Plug	Tramite interfaccia utente, messa a disposizione nell'Energy Box, è possibile creare dei programmi di accensione degli elettrodomestici	Risparmio energetico	Utente	Smart plug	ON/OFF
3	Spegnimento luci	Controllo smart switch	Tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente, messa a disposizione nell'Energy Box, è possibile attuare la gestione dei punti luce e spegnere le luci rimaste accese (p.es. quando in casa non c'è nessuno).	Risparmio energetico	Utente	Smart switch	OFF

### 5.2.1.3 Diagramma UML



### 5.2.1.4 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore e info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	On Demand	Invio del comando	L'Utente attua o programma uno spegnimento/accensione del dispositivo elettronico tramite l'interfaccia dell'EB	Utente	Energy Box	ON/OFF Programmazione	
2	On Demand	Attuazione del Controllo	L'EB inoltra l'attuazione o programmazione dell'Utente al dispositivo.	Energy Box	Smart Plug/Switch	ON/OFF Programmazione	
3	On Event (immediato o differito)	Feedback Dispositivo	La Smart Plug/Smart Switch, attuato il controllo inviato o programmato dall'Utente, invia il feedback relativo allo stato energetico.	Smart Plug, Smart Switch	EB	Stato (ON/OFF, Potenza)	

## 5.2.2 Automazione illuminazione indoor

### 5.2.2.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.2.2	Automazione impianto di illuminazione
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di controllare il consumo di energia elettrica per l'illuminazione della home tramite l'utilizzo della Smart Switch.	
Descrizione (max 10 righe)	
Per automatizzare il sistema di illuminazione indoor vengono integrati i dati provenienti dai sensori di movimento e luminosità. A seconda della presenza delle persone nelle stanze e del livello di luminosità rilevato, vengono attuati dei controlli (accensione o spegnimento) sugli smart switch.	

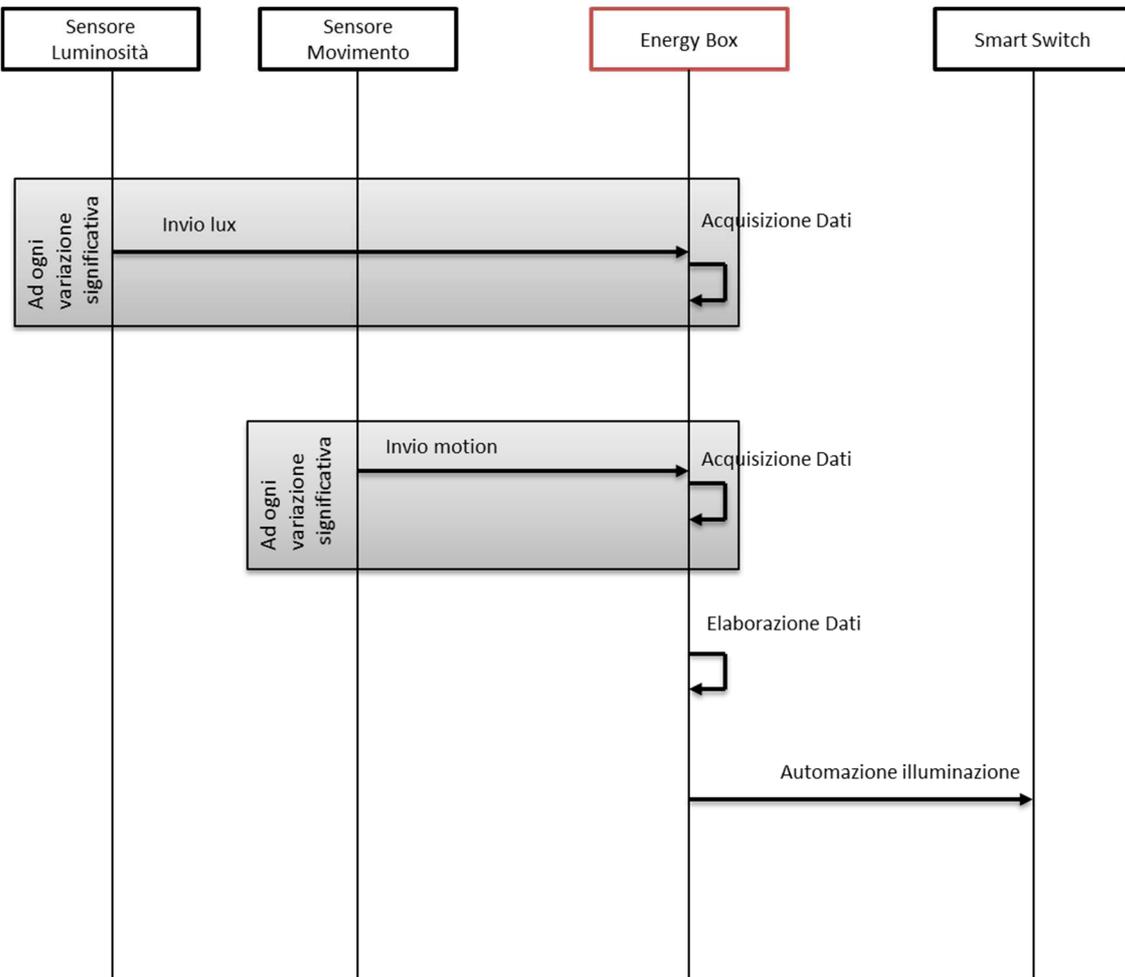
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Smart Switch	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad un interruttore elettrico		In abitazione
Sensore Movimento	Rileva la presenza del movimento all'interno di una stanza.		All'interno della stanza, dipendentemente dalla grandezza, usualmente all'entrata.
Sensore Luminosità	Fornisce una misura, in lux, della luminosità presente nella stanza.		Variabile a seconda della configurazione della stanza, usualmente non vicino alle finestre, deve essere un punto ottimale che dia una misura coerente della luminosità.
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati Smart Switch	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Dati Sensore Luminosità	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Dati Sensore Movimento	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

### 5.2.2.2 Scenari

<i>N</i>	<i>Event</i>	<i>Name of Process/Activity</i>	<i>Description of Process/Activity</i>	<i>Service</i>	<i>Information Producer (Actor)</i>	<i>Information Receiver (Actor)</i>	<i>Information Exchanged</i>
1	High Lux	High Lux	Nel caso viene rilevata l'illuminazione naturale è sufficiente si ha l'automatico lo spegnimento delle luci	Risparmio energetico	Sensors	Smart Switch	OFF
2	Motion & Low Lux	Motion & Low Lux	Nel caso viene rilevata la presenza di una persona (con il sensore di movimento) e l'illuminazione naturale è insufficiente si ha in automatico l'accensione delle luci	Risparmio energetico	Sensors	Smart Switch	ON
3	Alarm Clock	No Motion	In caso di assenza all'interno della stanza (fornita dal sensore di movimento), con un intervallo di ritardo impostato si spegne la luce	Risparmio energetico	Sensors	Smart Switch	OFF

5.2.2.3 Diagramma UML



5.2.2.4 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	Ad ogni variazione Lux	Invio Lux	Ad ogni variazione significa di luce il sensore invia l'informazione all'EB che la acquisisce	Sensore Lux	Energy Box	Dati Lux	
2	Ad ogni variazione Motion	Invio Motion	Ad ogni variazione significa di movimento il sensore invia l'informazione all'EB che la acquisisce.	Sensore Motion	Energy Box	Dati Motion	
3	On Event	Automazione e illuminazione	Dopo l'elaborazione dati l'Energy Box attua il controllo	Energy Box	Smart Switch	ON/OFF	

## 5.2.3 Controllo generatore di calore

### 5.2.3.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.2.3	Controllo generatore di calore
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
L'obiettivo è quello di controllare il consumo di energia termica della home tramite l'utilizzo di un cronotermostato che consente l'attuazione sul generatore di calore.	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
Grazie all'uso del cronotermostato (termostato che consente una programmazione temporale) è possibile programmare l'accensione del generatore di calore (o caldaia) in determinate fasce orarie oppure attuare lo spegnimento nel caso in cui si ritarda il ritorno a casa. Inoltre, definita la temperatura di confort desiderata dall'utente, al superamento di tale valore il termostato è in grado di spegnere la caldaia per assicurare un risparmio energetico. Per attuare il controllo l'Utente utilizzerà un'interfaccia utente presso l'Energy Box.	

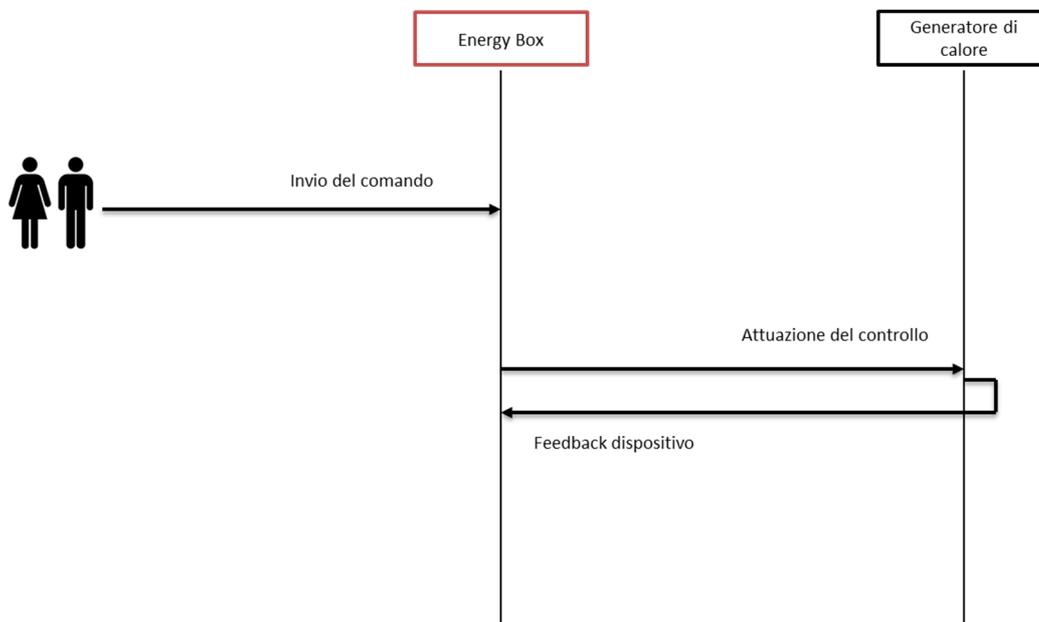
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Cronotermostato	Dispositivo per la regolazione e controllo della temperatura indoor secondo un profilo temporale tramite il controllo del generatore di calore		In abitazione
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati Cronotermostato	Abitante	Utente	Database	EB, Distributore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

### 5.2.3.2 Scenari

N	Event	Name of Process/Activity	Description of Process/Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	On Demand	Controllo remoto cronotermostato	E' possibile spegnere o accendere la caldaia da remoto.	Risparmio energetico	EB	Cronotermostato	ON/OFF
2	On Event (programmato)	Controllo programmato cronotermostato	Stabilire delle fasce orarie per l'accensione della caldaia	Risparmio energetico	EB	Cronotermostato	ON/OFF
3	Controllo della temperatura indoor	Controllo condizionale cronotermostato	Se la T indoor > set point impostato la caldaia viene spenta	Risparmio energetico	EB	Cronotermostato	ON/OFF

5.2.3.3 Diagramma UML



5.2.3.4 Attività

	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	On Demand	Configurazione del Controllo	L'Utente utilizza l'interfaccia dell'EB per attuare subito, programmare o configurare un setpoint nel cronotermostato o per controllare il generatore di calore	Utente	EB	Configurazione Controllo	
2	On Event	Attuazione del Controllo	L'EB attua il Controllo (subito, quando programmato o a seconda di una condizione sul setpoint)	EB	Cronotermostato	Controllo	
3	On Event (immediato o differito)	Feedback Dispositivo	Il generatore di calore, attuato il controllo inviato o programmato dall'Utente, invia il feedback relativo allo stato energetico.	Generatore di calore	EB	Stato (ON/OFF)	

## 5.2.4 Controllo smart valve

### 5.2.4.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.2.4	Controllo smart valve
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di consentire all'utente il controllo del comfort indoor grazie all'impostazione dei set-point delle smart valve limitando il consumo di energia termica.	
Descrizione (max 10 righe)	
La smart valve consente di diversificare i set point nelle diverse stanze dell'abitazione tenendo conto di alcuni parametri come occupazione, destinazione d'uso ed esposizione, apertura/chiusura finestre. Inoltre è possibile impostare degli scenari per programmare la gestione. Per attuare il controllo si deve considerare un'interfaccia utente presso l'Energy Box.	

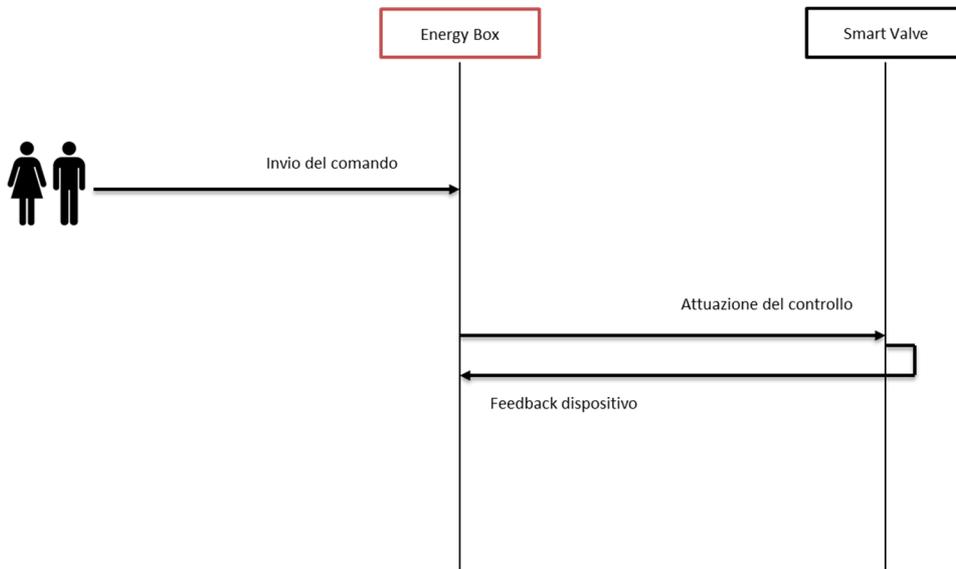
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Smart Valve	Dispositivo per la regolazione da remoto dell'apertura della valvola termostatica dei termosifoni in funzione della temperatura ambiente		In abitazione, sul radiatore
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati utilizzo singola smart valve	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

### 5.2.4.2 Scenari

N	Event	Name of Process/Activity	Description of Process/Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	SetPoint Config	Controllo Smart Valve	Tramite la smart valve direttamente oppure con l'utilizzo di un'interfaccia utente è possibile andare a modificare il set point ON/OFF	Risparmio energetico	Utente	Smart valve, EB	Variazione set point
3	On Open Door/Window Event	Controllo smart valve	Se viene aperta una finestra la valvola si chiude	Risparmio energetico	Sensore porta/finestra	Smart valve, EB	OFF

5.2.4.3 Diagramma UML



5.2.4.4 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	On Demand	Configurazione SetPoint	L'Utente configura un setpoint nella Smart Valve (direttamente o tramite EB)	Utente	EB, Smart Valve	Configurazione SetPoint	
2	On Event	Attuazione del Controllo	A seconda del SetPoint o di un sensore di porta/finestra aperta, avviene l'attuazione del Controllo sulla Smart Valve	EB, Door/Window Sensor	Smart Valve	Controllo	
3	On Event (immediato o differito)	Feedback Dispositivo	La smart valve, attuato il controllo inviato o programmato dall'Utente, invia il feedback relativo allo stato energetico.	Smart Valve	EB	Stato (ON/OFF)	

### 5.3 Casi d'Uso "Energy Box - Utente"

I seguenti casi d'uso illustrano le interazioni tra Energy Box (EB) e utenti nell'ambito domestico.

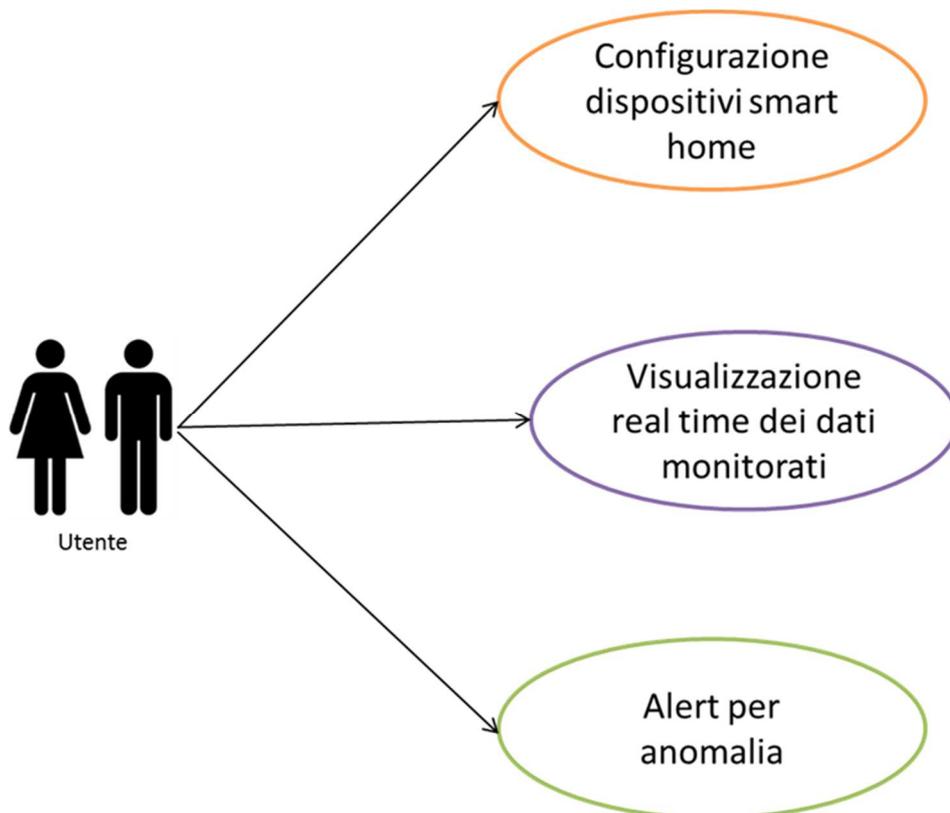
In particolare, questi casi analizzano il funzionamento dell'Energy Box stand-alone, privo cioè del collegamento alla rete internet. L'Energy Box deve, infatti, assicurare localmente lo svolgimento di alcune funzioni, senza l'accesso ai servizi forniti dal cloud, assicurando in tal modo il corretto funzionamento della home anche in caso di mancanza di connessione o assenza dei servizi cloud.

L'interazione con l'utente è pensata tramite un'interfaccia user-friendly, mentre un'applicazione software embedded nell'Energy Box è in grado di assicurare alcune funzionalità, innanzitutto la configurazione e gestione dei dispositivi, sensori e attuatori, installati presso l'abitazione. Successivamente i dati acquisiti dai dispositivi configurati sono resi disponibili e visualizzabili in real time, in tal modo l'utente viene reso consapevole dei propri consumi ed indotto ad un comportamento energeticamente più consapevole e quindi più efficiente.

In caso di mancanza di comunicazione con il cloud, i dati acquisiti dai sensori vengono conservati in un DataBase (DB) locale in attesa che, ristabilita la connessione, possano essere trasferiti al DB che mantiene lo storico dei dati acquisiti.

Sempre tramite l'interfaccia utente, è assicurato il controllo dei diversi attuatori configurati nella Smart Home. All'utente sarà consentito di selezionare le proprie preferenze in base alle quali schedulare l'accensione e spegnimento dei dispositivi in campo, con l'apposita funzione di scheduling.

Infine, tramite l'interfaccia utente, verranno inviati gli alert sullo stato di funzionamento dei device, per poter effettuare una manutenzione periodica puntuale (p.es. lo stato di carica delle batterie).



### 5.3.1 Configurazione dispositivi smart home

#### 5.3.1.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.3.1	Configurazione dispositivi smart home
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
L'obiettivo è quello di configurare, aggiungere, rimuovere i vari dispositivi smart.	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
Al fine di garantire la connessione dei dispositivi nella rete della home è necessario seguire una procedura di identificazione del dispositivo che permette di riconoscerlo ed inserirlo nella rete locale, la procedura deve essere seguita anche in caso di rimozione o sostituzione del singolo dispositivo.	

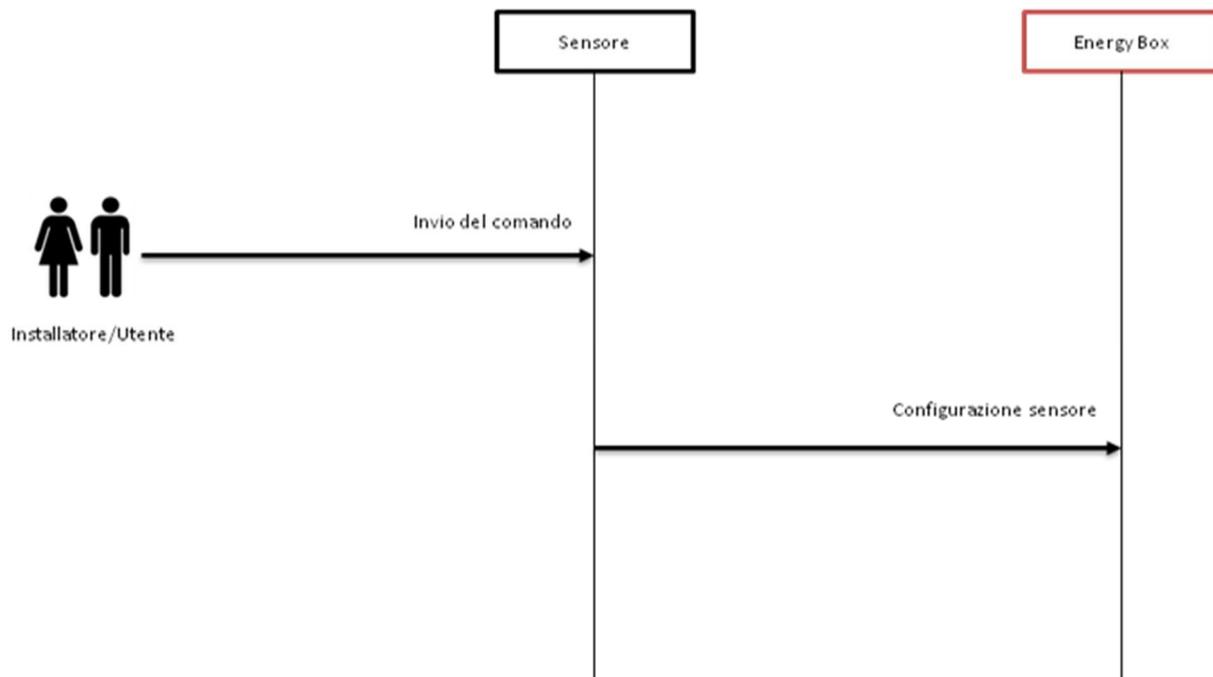
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Installatore/Utente	Installatore dei device nell'abitazione o Utente che aggiunge un device in un secondo tempo, tramite utilizzo dell'Energy Box.		
Energy box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Configurazione Device	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

#### 5.3.1.2 Scenari

N	Event	Name of Process/Activity	Description of Process/Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	Al momento dell'installazione	Configurazione dispositivi	L'installatore configura i vari dispositivi (e li localizza)	?	EB	Add device	
2	Dopo l'installazione se vi è la necessità di aggiungere, rimuovere, sostituire qualche dispositivo	Aggiunta o rimozione dispositivi	L'utente tramite l'interfaccia può aggiungere o rimuovere un dispositivo	?	EB	Add device / delete device	

### 5.3.1.3 Diagramma UML



### 5.3.1.4 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	On event	Invio del comando	L'installatore configura i vari dispositivi (e li localizza) inviando il comando	Installatore /Utente	Sensore, EB	Add device / delete device	
2	On event	Configurazione sensore	Nell'EB viene configurato il sensore	Sensore	EB	Add device / delete device	

## 5.3.2 Visualizzazione real time dei dati monitorati

### 5.3.2.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.3.2	Visualizzazione real time dei dati monitorati
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
L'obiettivo è quello di dare dei feedback all'utente sui dati monitorati (elettrici, termici, confort), in modo da rendere consapevole l'utente	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
I dati raccolti durante il monitoraggio vengono forniti dall'energy box all'utente per mezzo di un'interfaccia.	

Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		
Energy box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati consumi elettrici/termici	Abitante	Abitante	EB (interfaccia utente)	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente
Dati confort	Abitante	Abitante	EB (interfaccia utente)	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

### 5.3.2.2 Scenari

N	Event	Name of Process/ Activity	Description of Process/ Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	Visualizza indici di consumo personali istantanei	Consumi personali	L'utente può visualizzare i propri dati monitorati elettrici/termici/confort e quindi i propri indici di consumo	Feedback	EB	Utente	Indici di consumo
2	Visualizza indici di consumo personali aggregati (per tempo di accensione)	Consumi personali	L'utente può visualizzare i propri dati monitorati elettrici/termici/confort e quindi i propri indici di consumo aggregati per il tempo di accensione ad esempio delle smart plug	Feedback	EB	Utente	Indici di consumo
3	Visualizza confort indoor in base alla presenza	Confort indoor	L'utente può visualizzare le condizioni di confort interne all'abitazione	Feedback	EB	Utente	Indici di confort

### 5.3.2.3 Diagramma UML



### 5.3.3 Alert per anomalia

#### 5.3.3.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.3.3	Alert per anomalia
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di avvisare l'utente in caso di anomalie.	
Descrizione (max 10 righe)	
Con l'utilizzo di un'interfaccia vengono segnalate delle anomalie (ad esempio lo stato della batteria, oppure il malfunzionamento di un device)	

Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		
Energy box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Anomalia	Abitante	Abitante	EB (interfaccia utente)	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

5.3.3.2 Scenari

N	Event	Name of Process/ Activity	Description of Process/ Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	Mostra lo stato della batteria	Stato batteria	L'utente viene aggiornato sullo stato della batteria dei vari dispositivi	Feedback	EB	Utente	Anomalia
2	Mostra all'utente le anomalie individuate	Diagnostica low level	L'utente visualizza un messaggio con le anomalie riscontrate dal sistema, ad esempio il malfunzionamento di un dispositivo (valore = 0 per periodi troppo lunghi). La visualizzazione delle anomalie richiede lo sviluppo di opportuni modelli/logiche.	Feedback	EB	Utente	Anomalia

5.3.3.3 Diagramma UML



## 5.4 Casi d'Uso "Energy Box - Aggregatore"

Il seguente caso d'uso descrive l'interazione tra il gateway domestico, l'Energy Box, ed il livello superiore costituito dalla piattaforma Smart Home (Aggregatore): l'Energy Box invia i dati monitorati all'Aggregatore che provvede a integrarli e a costituire un DB storico. Tali dati vengono messi a disposizione dell'utente tramite apposita interfaccia per la visualizzazione ed il feedback.

### 5.4.1 Invio dati provenienti dall'area domestica

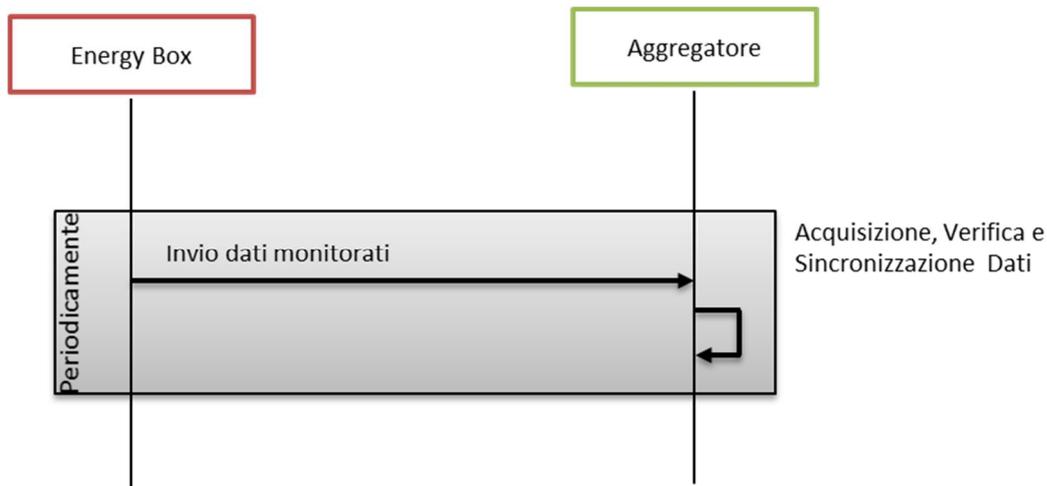
#### 5.4.1.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.4.1	Aggregazione dati provenienti dall'area domestica
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
L'obiettivo del presente caso d'uso ha lo scopo di definire la tipologia di interazione tra Energy Box nell'ambito della residenza con il livello superiore costituito dall'Aggregatore Smart Home.	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
<p>Il caso d'uso descrive le interazioni tra Energy Box e Aggregatore Smart Home. I dati monitorati a livello di abitazione dai sensori presenti vengono trasmessi real time all'Aggregatore Smart Home (piattaforma IoT).</p> <p>A questo livello i dati "grezzi" vengono integrati ed elaborati per ottenere informazioni più astratte di livello superiore. I dati raccolti vengono acquisiti ed elaborati per una prima verifica del dato acquisito in termini di grandezza misurata e frequenza di acquisizione (diagnostica low level) e sincronizzazione (i dati che vengono raccolti in diversi timestamp vengono interpolati prima di essere presentati all'utente), i dati vengono quindi immagazzinati ed organizzati per effettuare analisi ed elaborazioni successive.</p> <p>In particolare si procede alla creazione di un DB storico che consente l'aggregazione e la successiva visualizzazione dei dati con differente intervallo temporale: quarto d'ora, ora, giorno, mese, anno.</p> <p>I dati sono resi disponibili per visualizzazione da parte dell'utente tramite apposita interfaccia (web service, App su smartphone).</p>	

Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Aggregatore	Piattaforma IoT per l'aggregazione dei dati provenienti dalla rete di home	Tutela della privacy dell'utente tramite login utente	Cloud
Energy box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Dati monitorati	Abitante	Aggregatore		Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

5.4.1.2 Diagramma UML



5.4.1.3 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	Real time ad ogni acquisizione di dato dai sensori in campo	Acquisizione dati	Acquisizione dati e creazione DB storico	EB	Aggregatore	Dati presenza/consumi elettrici/consumi termici/ambientali	FD: timestamp, double, Boolean; PA: MQTT;
2	Periodicamente (15 min)	Verifica e sincronizzazione	I dati vengono verificati e sincronizzati ogni 15 minuti	EB	Aggregatore	Dati presenza/consumi elettrici/consumi termici/ambientali	FD: timestamp, double, Boolean; PA: MQTT;
3	Periodicamente (15 min, ora, giorno, mese, anno)	Aggregazione dei dati	L'E.B. invia real time i dati monitorati che vengono automaticamente aggregati	EB	Aggregatore	Dati presenza/consumi elettrici/consumi termici/ambientali	FD: timestamp, double, Boolean; PA: MQTT;

## 5.5 Casi d'Uso "Aggregatore - Utente"

### 5.5.1 Feedback

#### 5.5.1.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.5.1	Feedback
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di dare dei feedback all'utente da parte dell'Aggregatore.	
Descrizione (max 10 righe)	
<p>Il caso d'uso descrive le tipologie di feedback fornite dall'Aggregatore all'utente.</p> <p>I dati provenienti dagli Energy Box della rete di Smart Homes sono immagazzinati nel DB dell'Aggregatore che consente:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborazione di Key Performance Indicator (kWh/mq, kWh/n. utente, etc.);</li> <li>- Benchmarking tra i KPI del singolo utente e KPI di riferimento e quelli degli altri utenti del district, ovvero si prevede di confrontare le prestazioni della singola home con le altre afferenti alla stessa rete;</li> <li>- Elaborazione statistica dei dati monitorati per la definizione di profili con differente intervallo temporale.</li> </ul> <p>A livello teorico l'Aggregatore fornisce anche feedback inerenti al Demand Response (info sul costo dell'energia o sulla flessibilità).</p> <p>Il compito dell'Aggregatore è elaborare i dati provenienti dalla rete di smart home e sviluppare le previsioni relative alla rete di home per calcolarne la richiesta energetica e la flessibilità complessiva. Inoltre l'Aggregatore è predisposto ad elaborare i segnali provenienti dal mercato energetico per la gestione del Demand - Response, mentre la modifica del profilo di consumo rimane una scelta consapevole dell'utente finale.</p> <p>I dati sono resi disponibili per visualizzazione da parte dell'utente tramite apposita interfaccia (web service, App su smartphone).</p>	

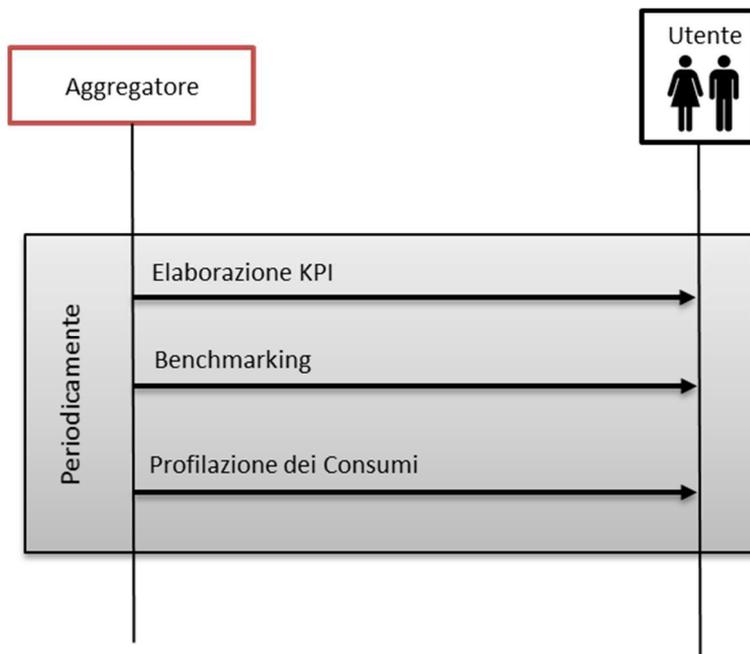
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Aggregatore	Piattaforma IoT per l'aggregazione dei dati provenienti dalla rete di home	Tutela della privacy dell'utente tramite login utente	Cloud
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Aggregazione dati (d/w/m/y), KPI (d/w/m/y), Benchmark, Profili (d/w/m/y)	Abitante	Aggregatore, Utente	Interfaccia utente	Utente	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Costo kWh	Abitante	Aggregatore, Utente	Interfaccia utente	Utente	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.
Richiesta/adesione flessibilità	Abitante	Aggregatore, Utente	Interfaccia utente	Utente	Smart District Platform	

5.5.1.2 Scenari

N	Event	Name of Process/ Activity	Description of Process/ Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	Aggregazione dati (d/w/m/y), KPI (d/w/m/y), Benchmark, Profili (d/w/m/y)	Confronto con il distretto	L'obiettivo è quello di mandare all'utente dei feedback sui consumi, confrontandoli con quelli del distretto	Feedback	Aggregatore	Utente	
2	Costo kWh	Info costo	L'informazione sul costo dell'energia nelle diverse fasce orarie con l'obiettivo di indurre l'utente a spostare alcuni consumi nelle ore non di picco.	Feedback	DSO/ Aggregatore	Utente	
3	Richiesta/ adesione flessibilità	Flessibilità	In via teorica l'Aggregatore elabora la previsione di richiesta di flessibilità e richiede l'adesione da parte degli utenti.	Feedback	Aggregatore	Utente	

5.5.1.3 Diagramma UML



### 5.5.1.3 Attività

N	Quando si svolge l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI Formato Dati (FD) Protocollo Applicativo (PA);
1	Periodicamente (ora, giorno, mese, anno)	Elaborazione KPI	I dati aggregati vengono utilizzati per calcolo dei KPI	Aggregatore	Aggregatore	kWh/mq; kWh/n.utente	FD: timestamp, double,
2	Periodicamente: giorno, settimana, mese, anno	Benchmarking	I KPI provenienti dalla rete di home viene confrontato con valori di riferimento e con altri utenti per effettuare benchmarking	Aggregatore	Aggregatore	W; kWh	FD: timestamp, double,
3	Periodicamente: giorno, settimana, mese, anno	Profilazione dei consumi	I dati monitorati relativi ai consumi elettrici e termici vengono elaborati per fornire profili medi statistici	Aggregatore	Aggregatore	kWh	FD: timestamp, double.

## 5.5.2 Attuazione guidata

### 5.5.2.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.5.2	Attuazione guidata
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di far attuare dei controlli all'utente (vedi casi d'uso "Controllo") seguendo i consigli forniti dall'Aggregatore.	
Descrizione (max 10 righe)	
Sulla base dell'analisi dei DB storico e il benchmarking della rete di edifici l'Aggregatore sarà in grado di fornire agli utenti consigli per un uso più efficiente della propria abitazione. Con l'utilizzo dell'interfaccia utente e grazie alla visualizzazione dei consigli, è possibile attuare dei controlli sui vari dispositivi (ad esempio smart valve, smart plug ecc.).	

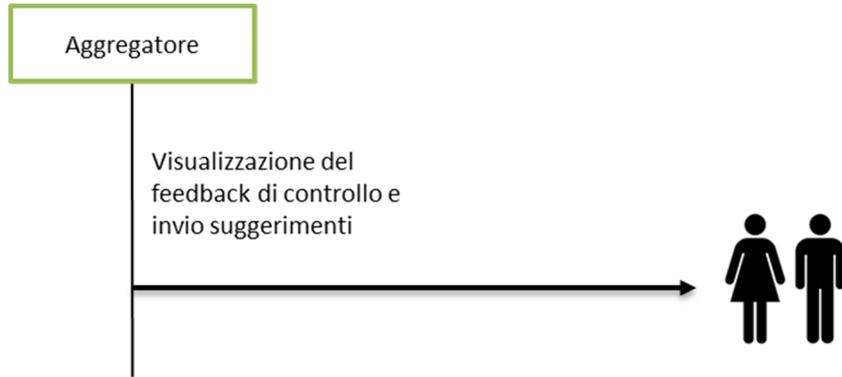
Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Utente	Utente della Smart Home che, tramite l'utilizzo di un'interfaccia utente (fornita con l'Energy Box), accede ai servizi per attuare il controllo.		
Aggregatore	Piattaforma IoT per l'aggregazione dei dati provenienti dalla rete di home	Tutela della privacy dell'utente tramite login utente	Cloud

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione	SENSIBILITA' DEL DATO
Suggerimenti	Abitante	Abitante	EB (interfaccia utente)	Aggregatore	Smart District Platform	Dati sensibili, ceduti a discrezionalità dell'utente.

### 5.5.2.2 Scenari

N	Event	Name of Process/Activity	Description of Process/Activity	Service	Information Producer (Actor)	Information Receiver (Actor)	Information Exchanged
1	Suggerimento set-point room	Controllo radiatori	L'obiettivo è quello di controllare il consumo di energia termica della home tramite l'utilizzo della smart valve.	Feedback e controllo	EB	Utente	Setpoint
2	Suggerimento set-point home	Controllo cronotermostato	L'obiettivo è quello di controllare da remoto il consumo di energia termica e il confort indoor tramite il cronotermostato.	Feedback e controllo	EB	Utente	Setpoint

### 5.5.2.3 Diagramma UML



## 5.6 Casi d'Uso "Sicurezza"

### 5.6.1 Caso d'Uso "Security"

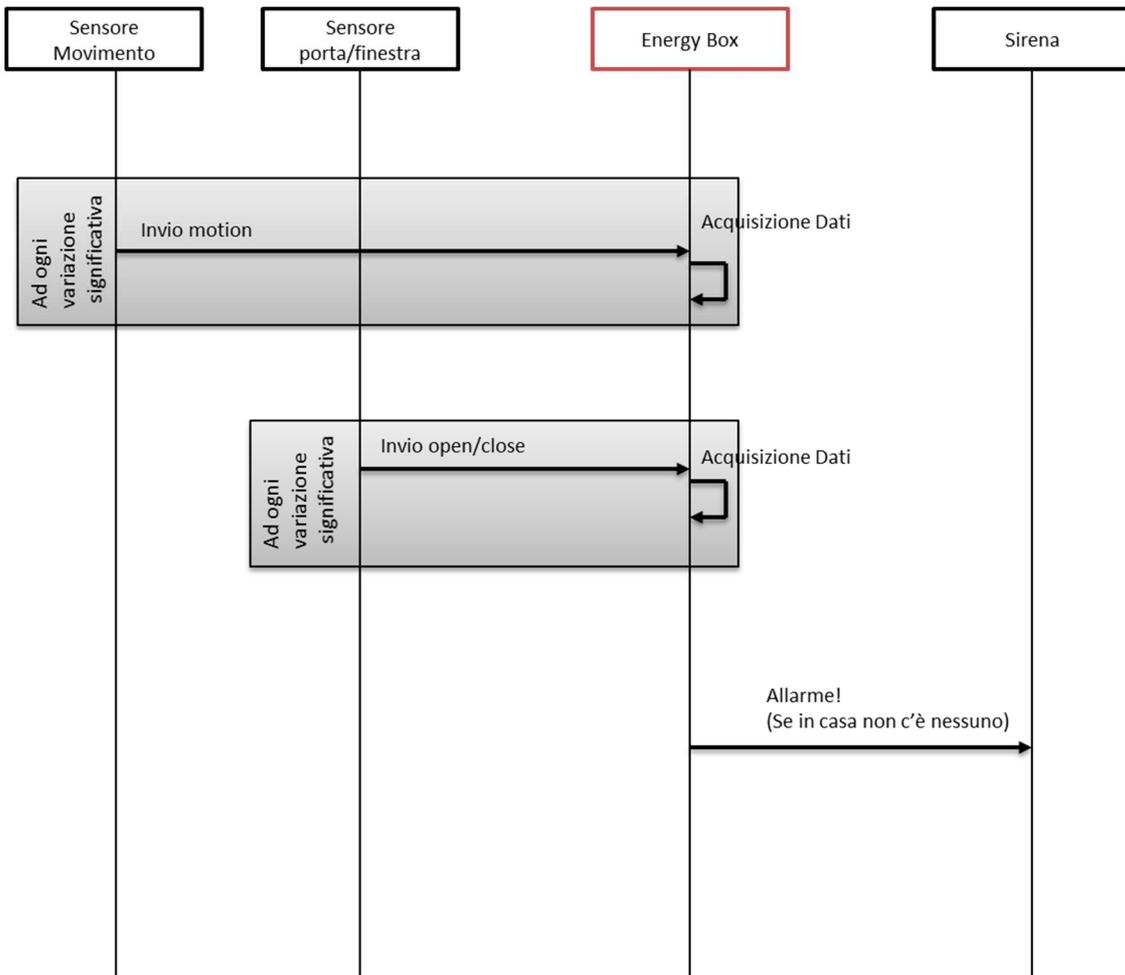
#### 5.6.1.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.6.1	Security
Obiettivo (max 3 righe)	
Monitoraggio di sensori locali per la sicurezza dell'abitazione, in particolare anti-intrusione.	
Descrizione (max 10 righe)	
<p>Il caso d'uso descrive il flusso di dati acquisiti dai sensori di presenza e contatto delle porte e finestre e la successiva elaborazione a livello di Energy Box per rilevare l'intrusione di estranei nell'abitazione o l'effrazione dei sistemi di chiusura e fornire una notifica di warning.</p> <p>L'Energy Box funge da collettore di informazioni sulla sicurezza dell'abitazione. L'obiettivo è quello di aumentare la sicurezza dell'abitazione. Nel caso in cui si verifichi l'apertura di una porta/finestra e il conseguente movimento interno alla casa (quando l'allarme è attivo) si ha il suono della sirena e il conseguente avviso (messaggio/chiamata) tramite interfaccia utente e verso terze parti abilitate.</p>	

Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Sensore Porta/Finestra	Sensore che rileva e regola l'apertura/chiusura di porte o finestre.		In abitazione, su porte e finestre
Sensore Motion	Sensore che rileva il movimento.		In abitazione
Sirena	Sirena di allarme in caso di pericolo.		In abitazione
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione
Dati Sensore Porta/Finestra	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform
Dati Sensore di Movimento	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform

### 5.6.1.2 Diagramma UML



### 5.6.1.3 Attività

N	Quando si attiva l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore Info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI: Formato Dati (FD) Protocollo(Pa) applicativo
1	Cambiamento stato sensori	Acquisizione dati	Il sensore invia informazioni sul valore misurato alla Energy Box che interviene in caso di superamento soglia	Sensori domestici	EB	Open/close Movimento	
2	Emergenza	Invio richiesta di emergenza all'esterno	La Energy Box invia la richiesta di emergenza	EB	Terze parti abilitate	Situazione d'emergenza	

## 5.6.2 Caso d'Uso "Environmental Safety"

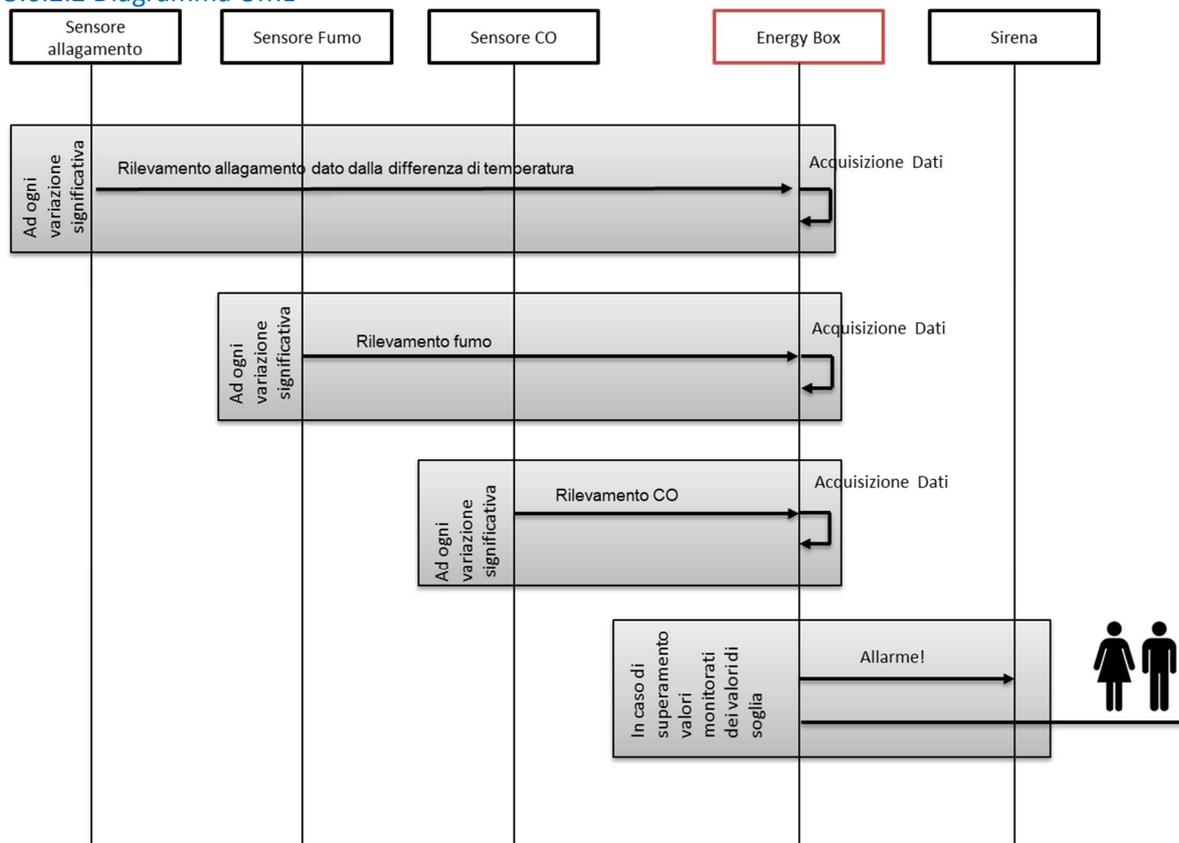
### 5.6.2.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.6.2	Environmental Safety
Obiettivo (max 3 righe)	
L'obiettivo è quello di aumentare la sicurezza ambientale dell'abitazione tramite monitoraggio effettuato con sensori locali per la sicurezza ambientale, ad esempio: incendio, allagamento ecc	
Descrizione (max 10 righe)	
Il caso d'uso descrive il flusso dei dati provenienti dai sensori utilizzati per il monitoraggio di alcuni parametri ambientali integrati ai sensori per l'esclusivo servizio energetico in grado di rilevare particolari situazioni di rischio allo scopo di prevenire infortuni e calamità. I dati vengono elaborati localmente nell'Energy Box e nel caso in cui il valore misurato supera una soglia prefissata è previsto l'invio di un'alert: si ha il suono della sirena e il conseguente avviso (messaggio/chiamata) tramite interfaccia utente e verso terze parti abilitate.	

Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Sensore CO	Rileva il monossido di carbonio presente nell'aria e giunti ad una densità impostata lancia l'allarme al controller.		In abitazione
Sensore Fumo	E' un rilevatore di fumo che usa un fotosensore non radioattivo.		In abitazione
Sensore Allagamento / Antigelo	E' un sensore di allagamento o abbassamento rapido della temperature (antigelo).		In abitazione
Sirena	Sirena di allarme in caso di pericolo.		In abitazione
Energy box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione
Dato Sensore "Safety"	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform

### 5.6.2.2 Diagramma UML



### 5.6.2.3 Attività

N	Quando si attiva l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore Info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI: Formato Dati (FD) Protocollo(Pa) applicativo
1	Ad ogni variazione significativa	Acquisizione dati Sensore CO	Il Sensore CO invia il monossido di carbonio rilevato presente nell'aria	Sensore CO	EB	Valore CO	FD: double PA: EnOcean, Z-Wave
2	Ad ogni variazione	Acquisizione dati Sensore Fumo	Il Sensore Fumo invia il rilevamento di fumo presente nell'aria	Sensore Fumo	EB	Stato (Fumo Si/No)	FD: boolean PA: EnOcean, Z-Wave
3	Ad ogni variazione	Acquisizione dati Sensore Allagamento / Antigelo	Il Sensore Allagamento / Antigelo invia il rilevamento relativo	Sensore Allagamento / Antigelo	EB	Valore Allagamento / Antigelo	FD: boolean, PA: EnOcean, Z-Wave
4	In caso di superamento valori monitorati dei valori di soglia	Invio allarme	La Energy Box elabora i dati dai sensori di monitoraggio e rileva l'eventuale superamento dei valori di soglia, di conseguenza invia allarme tramite sirena o avviso su interfaccia prescelto dall'utente.	EB	Terze parti abilitate	Allarme	

## 5.7 Casi d'Uso "Assisted Living"

I casi d'uso che seguono descrivono alcuni servizi ad ausilio alle persone fragili a partire dall'infrastruttura installata presso le abitazioni per il monitoraggio energetico. In questi casi è previsto un sistema di segnalazione della situazione critica e nei casi di prevenzione degli incendi anche un'attuazione per risolvere i segnali di warning.

### 5.7.1 Caso d'Uso "Energy Monitoring for Safety"

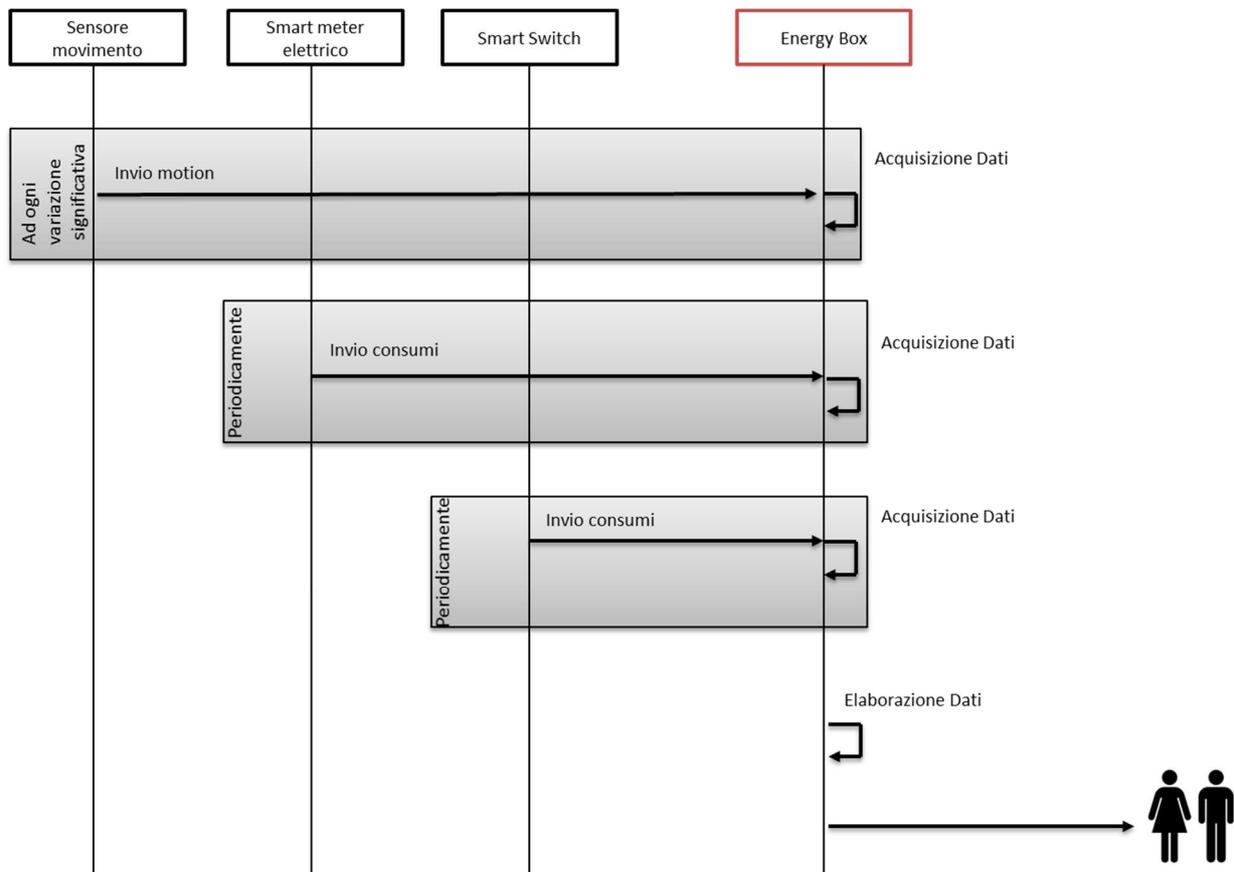
#### 5.7.1.1 Descrizione

ID	Nome Caso d'Uso
D7b.7.1	Energy Monitoring for Safety
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
Integrando i dati relativi ai consumi elettrici e al sensore di movimento è possibile valutare condizioni di ipotetico pericolo per persone fragili.	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
Monitorando l'utilizzo di energia elettrica dei vari dispositivi (lampade, elettrodomestici) e integrando tali dati con quelli forniti dal sensore di movimento, è possibile identificare pattern critici per la persona o situazioni di diretto pericolo (p.es. nel caso in cui una persona anziana cada a terra e non riesca a rialzarsi da sola).	

Attore	Descrizione	VINCOLI	LOCAZIONE
Sensore di Movimento	Sensore che rileva la presenza di movimento.		In abitazione
Smart Meter Elettrico / Metering Device	Sensore con elettronica integrata a bordo che restituisce la misura di consumo energetico complessivo.		Nel pannello elettrico dell'abitazione
Smart Switch	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad un interruttore elettrico		In abitazione
Energy box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente	In abitazione

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione
Dati Sensore di Movimento	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform
Dati consumi elettrici	Abitante	Abitante	EB	Aggregatore	Smart District Platform

### 5.7.1.2 Diagramma UML



### 5.7.1.3 Attività

N	Quando si attiva l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore Info	Ricevitore info	Info scambiata	VINCOLI: Formato Dati (FD) Protocollo(Pa) applicativo
1	Ad ogni variazione di movimento	Invio Dati Sensore di Movimento	Il sensore invia i dati all'EB	Sensore di Movimento	EB	Motion	FD: boolean, PA: Z-Wave / EnOcean
2	Periodicamente	Invio Dati Smart Meter elettrico	Il sensore invia i dati all'EB	Smart Meter elettrico	EB	kWh	FD: double, PA: Z-Wave / EnOcean
3	Periodicamente	Invio Dati Smart Switch	Il sensore invia i dati all'EB	Smart Switch	EB	kW, kWh	FD: double, PA: Z-Wave / EnOcean
4	Dopo elaborazione dati	Invio richiesta di emergenza all'esterno	La Energy Box elabora i dati ricevuti dai sensori: se viene rilevata una situazione anomala invia Alarme ai familiari o chi abilitato	EB	Familiari (o chi abilitato)	Situazione di Emergenza	

## 5.7.2 Caso d’Uso “UCFP”

### 5.7.2.1. Descrizione

Lo scenario "Unattended Cooking Fire Prevention (UCFP) " descrive il flusso dei dati relativo a:

- Il monitoraggio del presidio della zona piano-cottura/forno (quando l'utente sta cucinando) per l'identificazione di situazioni che potrebbero portare ad un incendio;
- L’attuazione di una logica attiva che permetta di identificare e correggere comportamenti pericolosi per l’utente.

L'obiettivo è quello di prevenire lo sviluppo di incendi nelle case dovuti alla disattenzione di chi, mentre sta cucinando, abbandona la cucina e non presidia, per troppo tempo, la cottura dei cibi.

Il seguente Caso d'Uso è la descrizione del flusso dei dati che vengono trasmessi, nel caso in cui sia stato messo in funzione il piano cottura/forno elettrico e contemporaneamente si abbandoni la cucina per troppo tempo, dal sensore di movimento alla SHT-HUB e quindi:

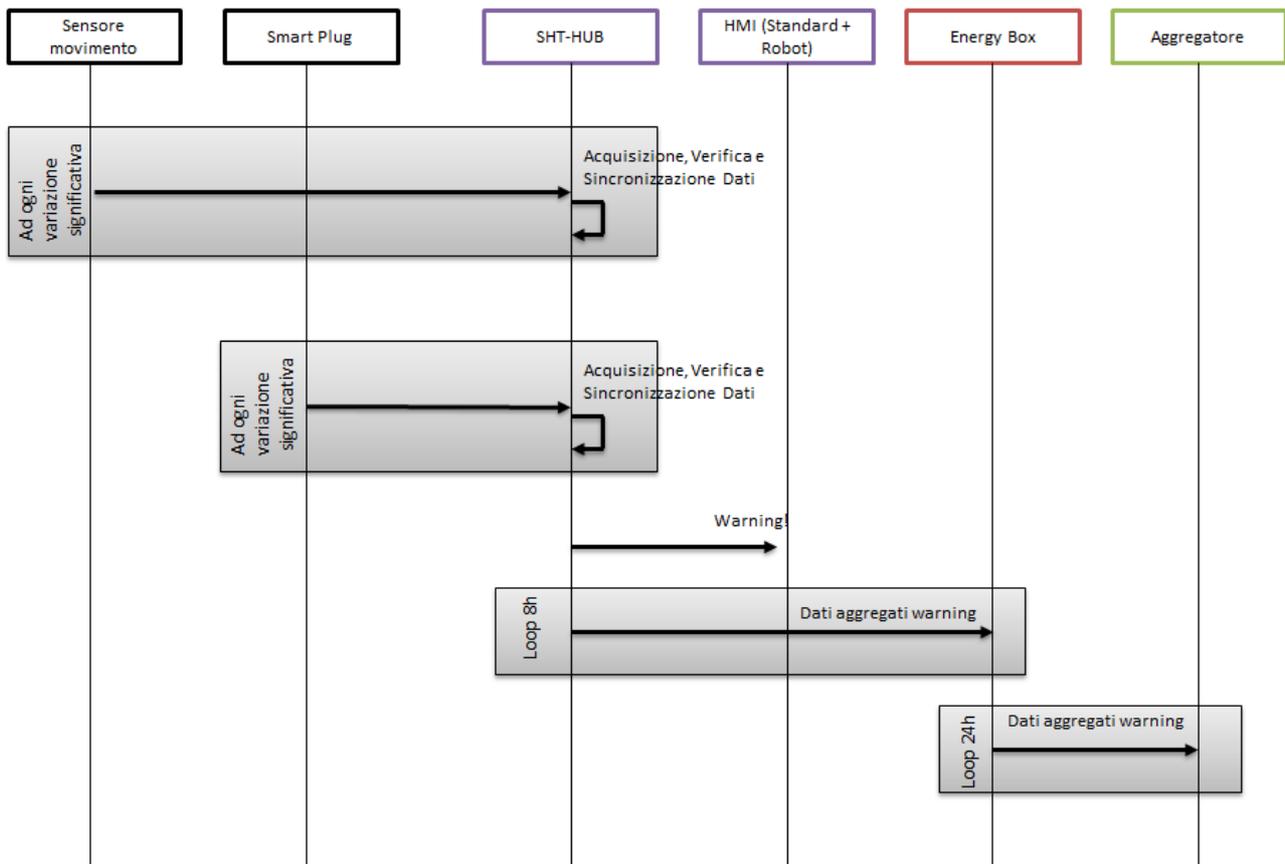
- Alle diverse HMI di tipo standard per la notifica alla persona della situazione di Warning
- All’attuatore che procede a risolvere il Warning (Standard o Robot umanoide)
- Attraverso la Energy Box alla piattaforma di aggregazione per l'analisi degli eventi Warning

ID	Nome Caso d’Uso
D7b.7.2	UCFP
<b>Obiettivo (max 3 righe)</b>	
L'obiettivo è quello di prevenire lo sviluppo di incendi nelle case dovuti alla disattenzione di chi, mentre sta cucinando, abbandona la cucina e non presidia, per troppo tempo, la cottura dei cibi.	
<b>Descrizione (max 10 righe)</b>	
Le statistiche ci dicono che più della metà degli incendi nelle case si sviluppano a partire dalla cucina e che per le famiglie che usano fornelli/forno elettrici c'è un maggiore rischio di incendio rispetto a chi usa apparecchi a gas. La principale causa di questi incendi è cucinare senza poi presidiare la zona cottura. Ci sono molteplici condizioni che portano ad una situazione di questo tipo: la più comune è la distrazione. Le distrazioni più frequenti sono: il doversi improvvisamente prendere cura dei bambini, rispondere al telefono/citofono, andare ad aprire la porta di casa. Molte persone abbandonano i fornelli accesi semplicemente perché si mettono a guardare la televisione o si addormentano. L'uso di un sensore di movimento associato ad una Smart Plug cui collegare il piano cottura/forno può risolvere questo problema. I dati raccolti vengono inviati ed elaborati dalla SHT-HUB che in caso di eccessivo tempo di allontanamento dalla zona fornelli [Condizione di Warning] provvederà, in un primo momento, ad inviare delle notifiche all'utente, ed in un secondo tempo, se l'utente non ha risolto, la SHT-HUB invierà un comando di spegnimento alla Smart Plug. I dati relativi agli eventi Warning vengono poi inviati alla piattaforma di aggregazione per una analisi successiva.	

Attore	Descrizione	VINCOLI
Smart Plug	Dispositivo per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad una presa elettrica	
Sensore di Movimento	Tecnologia impiegata per raccogliere e inviare periodicamente (se sono stati attivati piano cottura/forno) i dati di presenza/assenza nella cucina allo SHT-HUB	
SHT-HUB	Sistema di raccolta ed elaborazione dati e attuazione	
HMI	Tecnologia impiegata per notificare la situazione di warning all'utente. Esistono due tipi di HMI: - HMI di tipo standard: allarme acustico/visuale, messaggio registrato, etc. - HMI innovativo: robot umanoide	
Energy Box	Gateway per la comunicazione verso l'esterno con l'Aggregatore; funge da centralina per la raccolta dei dati provenienti dalla rete di sensori e l'attuazione dei comandi.	Integrato con un controller (USB/Stick), alimentato elettricamente
Aggregatore	Piattaforma IoT per l'aggregazione dei dati provenienti dalla rete di home	Tutela della privacy dell'utente tramite login utente

Informazione	Owner	Utilizzatore	Sistemi destinatari	Utilizzatore(i) fuori dalla specifica area di gestione	Sistemi destinatari fuori dalla specifica area di gestione
Dati Sensore di Movimento	Utente	Utente	SHT-HUB	/	/
Dati Smart Plug	Utente	Utente	SHT-HUB	/	/
Dati di Attuazione	Utente	Utente	Smart Plug	/	/
Dati di Notifica	Utente	Utente	HMI	/	/

### 5.7.2.2 Diagramma UML



5.7.2.3 Attività

N.	Quando si attiva l'attività?	Attività	Descrizione attività	Produttore Informazione	Ricevitore e informazione	Informazione scambiata	Requisiti scambio informazione (#)	VINCOLI: Formato Dati (FD) Protocollo (Pa) applicativo ; Mezzo fisico (Mf)
1	Ad ogni variazione di movimento	Da sensore movimento o a SHT-HUB	Nel caso la Smart Plug indichi che l'appliance è in funzione, il <i> sensore </i> di movimento manda il dato di presenza alla <i>SHT-HUB</i> (che interverrà in caso di assenza prolungata dalla zona piano cottura/forno)	Sensore movimento	SHT-HUB	Motion	Ritardo <1 s	Pa: Z-Wave
2	Ad ogni variazione	Da Smart Plug a SHT-HUB	La Smart Plug invia informazioni sul valore misurato alla <i>SHT-HUB</i>	Smart Plug	Box	Consumo elettrico Smart Plug	Ritardo <5 s	Pa: Z-Wave
3	Evento Warning	Invio notifica ad HMI	La <i>SHT-HUB</i> invia alla HMI la notifica della situazione di Warning	SHT-HUB	HMI Standard. HMI innovativo	Messaggio Warning. Robot Behaviour.	Ritardo <1s	Pa: Z-Wave
4	Evento Disarm Warning	Invio comando attuatore	La <i>SHT-HUB</i> invia alla Smart Plug il comando di spegnimento	SHT-HUB	Smart Plug	Comando	Ritardo <1s	Pa: Z-Wave
5	Evento invio dati	Invio dati evento Warning	La SHT-HUB invia i dati sui Warning alla Energy Box	SHT-HUB	EB	Singolo Warning	-	Pa: Z-Wave
6	Ogni 24 ore	Invio Dati a Smart Platform	L'Energy Box invia alla Piattaforma Smart Home (Aggregatore) le informazioni sui warning avvenuti sotto forma di informazione aggregata	EB	Aggregatore	Warning 24 ore		

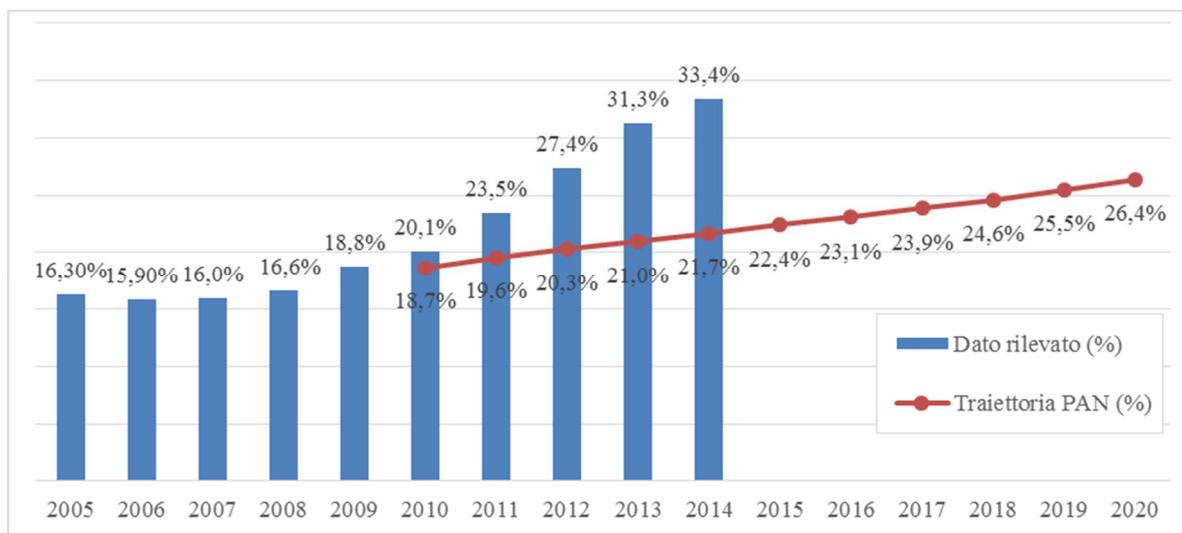
## 6 Modelli di Aggregatore

In collaborazione con il Centro di Ricerca Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente (C.I.T.E.R.A) dell'Università Sapienza di Roma è stato condotto lo studio di diversi modelli di Aggregatore come riportato ampiamente nel report RdS/2015/075. Nel report sono stati esaminati i seguenti sotto-task:

- Analisi dei principali trend del sistema elettrico italiano;
- Modelli di intervento per la gestione della flessibilità della domanda;
- Analisi delle utenze elettriche e termiche di tipo residenziale,
- Individuazione dei consumi e dei costi di un'abitazione tipo;
- Analisi dei potenziali risparmi in relazione a utenza e tecnologia impiegata;
- Stima dei risparmi potenziali presso l'utente finale da un modello di flessibilizzazione della domanda;
- Ipotesi di Aggregatore.

### 6.1 Principali trend del sistema elettrico italiano

Un'analisi del sistema elettrico italiano ha consentito di evidenziare una buona penetrazione delle energie rinnovabili, che negli anni hanno raggiunto a fine 2014 una quota del 41,7% della potenza installata e che hanno consentito di produrre 120.697 GWh, ovvero il 43,1% della produzione lorda totale. I risultati conseguiti sono interessanti ed il confronto con gli obiettivi prefissati ne evidenzia l'importanza: il 33,4% di produzione da FER è di molto superiore all'obiettivo del 21,7% inizialmente prefissato per il 2014 ed è già abbondantemente superiore al target del 2020 fissato al 26,4% per il settore elettricità. Tuttavia, la forte crescita della potenza installata e l'aleatorietà della produzione di alcune delle fonti rinnovabili possono creare problematiche di gestione e di raccolta di integrale della produzione rinnovabile (ad oggi, il sistema elettrico nazionale, tende a registrare eccessi di produzione nei giorni semifestivi e festivi soprattutto nelle stagioni intermedie, quando l'energia non è utilizzata per esigenze di climatizzazione invernale o estiva).



**Figura 28- Quota dei consumi finali lordi di energia nel settore elettrico coperta da FER [7]**

In termini di prezzo, l'analisi ha evidenziato una tendenza di lunga durata alla diminuzione dei costi e alla contrazione dei consumi di energia elettrica; il calo dei prezzi è attribuibile alla compressione dei costi di generazione a gas ed all'offerta delle fonti rinnovabili, il calo dei consumi è una conseguenza della crisi economica e degli interventi di efficientamento effettuati.

Dal punto di vista del profilo orario del PUN, che riflette il rapporto tra domanda e offerta di elettricità nelle diverse ore del giorno, sono state osservate negli anni interessanti evoluzioni; mentre negli anni passati (prima del 2008) i prezzi più alti si formavano nelle ore diurne, in corrispondenza della massima richiesta di

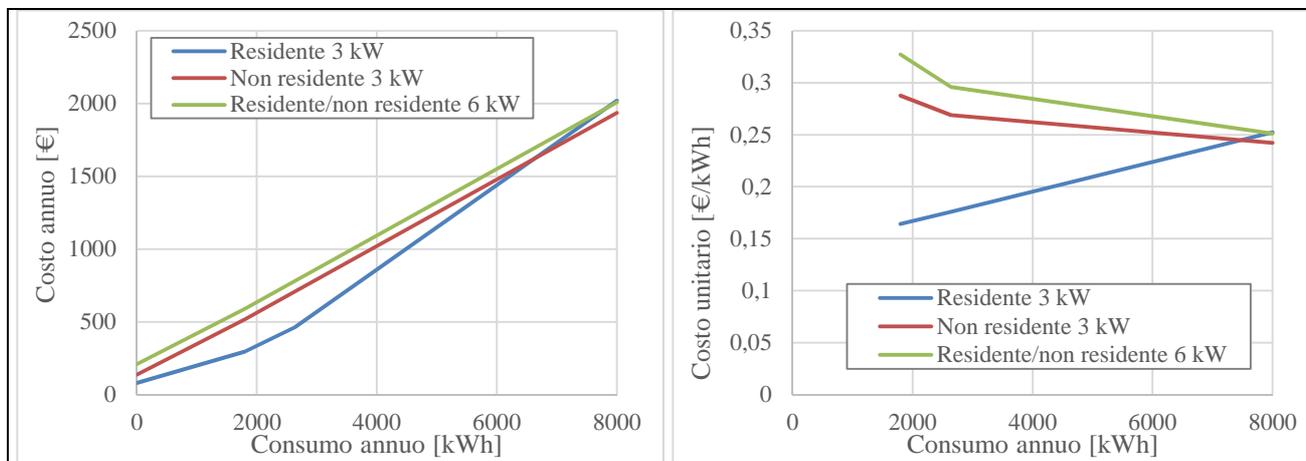
energia elettrica in rete, attualmente i prezzi più alti si formano nelle ore serali, tra le 17 e le 22, con variabilità legata alla stagione, ovvero nelle ore in cui cessa progressivamente la produzione fotovoltaica, rispetto alle ore in cui tale produzione è presente. Altro aspetto interessante è l'appiattimento del profilo orario del PUN avvenuto negli anni 2015 e 2016, con prezzi massimi e minimi che hanno differenze contenute rispetto al valore medio ( $\pm 20\%$ ).

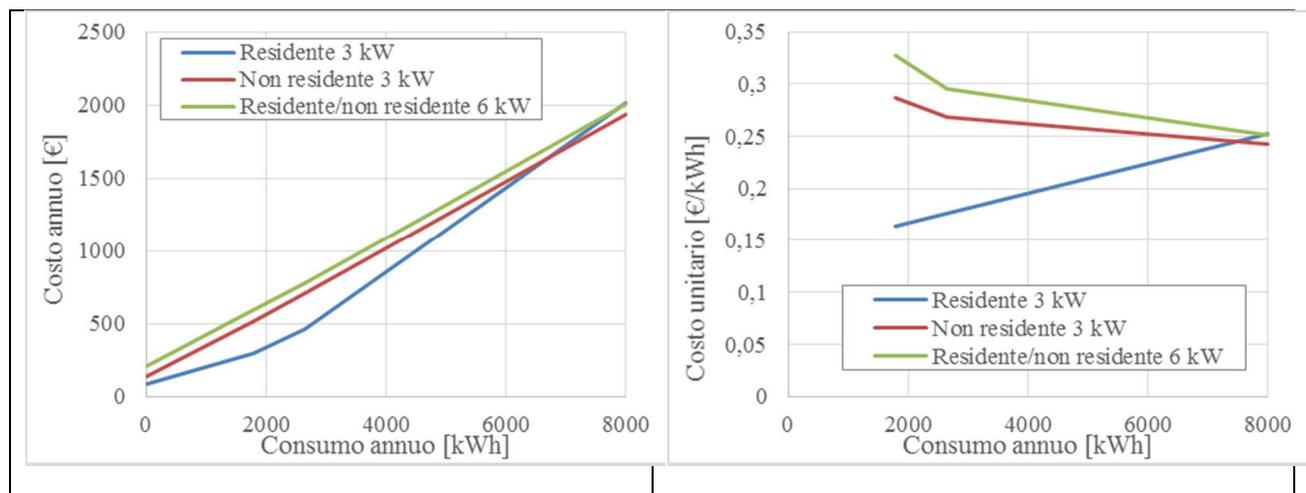
Dal punto di vista del prezzo di acquisto dell'energia da parte dell'utente consumatore è stato, infine, osservato che l'attuale distribuzione delle fasce orarie presenta uno scarso allineamento con il profilo orario del PUN.

Altro aspetto preso in considerazione è la bassa elettrificazione, in Italia, del settore residenziale, nel confronto con altri Paesi, valutata attraverso indicatori specifici, quali il consumo pro-capite, il consumo per famiglia e la ripartizione tra i consumi elettrici per usi elettrici obbligati e i consumi elettrici per usi termici (riscaldamento, cottura, ACS):

- il consumo pro-capite è pari a 1.100 kWh/persona, contro una media europea di 1.566 kWh/persona; negli Stati Uniti e in Finlandia, il consumo risulta superiore a 4.000 kWh/persona;
- il consumo per famiglia è pari a 2.700 kWh/famiglia; negli Stati Uniti e in Finlandia, il consumo risulta superiore a 8.000 kWh/famiglia;
- la percentuale di consumi elettrici per usi termici, in Italia, è pari al 26,1%; negli altri Paesi si rilevano percentuali maggiori, con punte del 64% in Finlandia e del 52,5% in Francia.

La motivazione della scarsa elettrificazione delle utenze residenziali italiane risiede principalmente nel sistema tariffario, caratterizzato da una progressività delle tariffe non presente in altri Paesi e da agevolazioni limitate alle utenze residenti con impegno contrattuale di 3 kW. Ciò ha limitato fortemente la diffusione di tecnologie elettriche per soddisfare i servizi termici (riscaldamento, cottura e ACS), anche a prescindere dall'efficienza energetica di alcune tecnologie (pompe di calore, piani cottura a induzione).





**Figura 29- Costi lordi per diverse tipologie di utenza (A sinistra costi totali; a destra costo unitario del chilowattora).**

## 6.2 Modelli di intervento per la gestione della flessibilità della domanda

Quanto visto per il sistema elettrico italiano avviene in molti altri sistemi elettrici, che, in maniera analoga, stanno evolvendo verso un mix di generazione più decentrata e caratterizzata da una minore prevedibilità e controllabilità, soprattutto a seguito della massiccia integrazione delle fonti energetiche rinnovabili.

Per abilitare l'integrazione su larga scala delle energie rinnovabili, al fine di procedere alla decarbonizzazione dei sistemi elettrici senza mettere in pericolo la sicurezza degli approvvigionamenti, è necessario che sia fornita una maggiore flessibilità dal lato della domanda, attraverso opportuni programmi di Demand Response. Altro aspetto da considerare è che la disponibilità di energia elettrica rinnovabile (e quindi a basso costo) sulla rete può indurre a riconsiderare alcuni usi energetici, soprattutto a partire da una condizione iniziale di bassa elettrificazione come quella italiana.

Il servizio di DR può essere di tipo esplicito o di tipo implicito. Negli schemi di DR di tipo esplicito (incentive-based) il carico aggregato è scambiato nei mercati dell'energia elettrica, unitamente a servizi analoghi sul lato dell'offerta, e riceve gli stessi prezzi. Di solito questo avviene all'interno dei mercati di bilanciamento; i consumatori ricevono pagamenti diretti per cambiare il loro consumo a seguito di una richiesta, che in genere è innescata dall'attivazione di servizi di bilanciamento, di differenze nei prezzi dell'energia elettrica o di un vincolo sulla rete. I consumatori possono guadagnare dalla loro flessibilità nel consumo di energia elettrica singolarmente o contraendo attraverso un Aggregatore.

Negli schemi di DR di tipo implicito (prices-based) i consumatori che hanno scelto di essere esposti a prezzi variabili nel tempo dell'energia elettrica o delle tariffe di rete (o entrambi) reagiscono a queste differenze di prezzo a seconda delle proprie possibilità e dei propri vincoli (senza impegno).

È importante notare che i due schemi di Demand Response non sono l'uno il sostituto dell'altro. I consumatori possono partecipare alla DR esplicita attraverso un intermediario, e, allo stesso tempo, partecipano anche al programma di DR implicita, attraverso tariffe più o meno dinamiche (a tal proposito sono stati esaminati diversi sistemi di tariffazione dinamica, sulla base di schemi già in essere). I requisiti e vantaggi di ciascuno sono diversi e si possono sommare, dal momento che i due schemi hanno scopi diversi all'interno dei mercati e sono valutati in modo diverso. Mentre i consumatori in genere ricevono una bolletta più bassa in un sistema di tariffazione dinamica, ricevono un pagamento diretto per la partecipazione a un programma di DR esplicita.

In linea di principio, gli utenti possono offrire i loro servizi di DR domanda senza l'intervento di un intermediario; tuttavia, i singoli utenti, soprattutto se chiamati ad affrontare direttamente degli investimenti, potrebbero decidere di non partecipare. Questo è il motivo per cui può diventare necessaria la figura di un intermediario, che agevoli i consumatori residenziali a fornire flessibilità sulla propria domanda di energia elettrica. Gli intermediari, indicati anche come "aggregatori" in letteratura, sono soggetti che facilitano l'operazione di DR tra i consumatori, che si adoperano per fornire flessibilità e che usano la flessibilità per ottimizzare le proprie attività.

Sono diversi i soggetti che possono svolgere il ruolo di Aggregatore per la DR e sono diversi gli impatti che soggetti diversi possono avere sui consumatori; in linea generale si possono raggruppare in tre tipologie rappresentative:

- i fornitori, ovvero i soggetti che, oltre ad essere un intermediario per i servizi di DR, forniscono anche servizi di fornitura dell'energia elettrica per il consumatore; in questo doppio ruolo, il servizio di DR offerto dai fornitori potrebbe essere influenzato dalla sua attività di fornitura dell'energia;
- terze parti, ovvero enti con scopo di lucro che svolgano la fornitura del servizio di DR come attività principale (le ESCO sono un potenziale Aggregatore);
- una cooperativa di consumo, che si riferisce ad un ente senza scopo di lucro composta da un'aggregazione di consumatori (Energy Community, condomini); queste entità sono in genere piccole e localizzate, ad esempio organizzate a livello di quartiere o da associazioni di consumatori.

### 6.3 *Analisi delle utenze elettriche e termiche di tipo residenziale*

E' stata effettuata una classificazione delle utenze domestiche in funzione della natura del carico volta a quantificare il potenziale di DR realizzabile, distinguendo cinque tipi di carico:

- carico accumulabile; il consumo di energia può essere disaccoppiato dal servizio reso in virtù di un accumulo che può essere di tipo diverso (accumulo elettrochimico, inerzia termica, ecc.);
- carico differibile; il consumo di energia può essere spostato nel tempo senza influire sul servizio reso; un carico spostabile può comportare anche un processo non interrompibile (come un ciclo di lavanderia) e richiedere quindi una pianificazione;
- carico interrompibile; il consumo di energia non può essere spostato senza influire sul servizio reso, ma il servizio può essere interrotto anche immediatamente;
- carico di base (non interrompibile); quando l'utenza ha bisogno di potenza istantanea e non può essere interrotta o spostata nel tempo;
- autogenerazione; la produzione di energia elettrica effettuata da parte del consumatore, che, in certi casi può essere utilizzata come alimentazione di back-up.

Con riferimento alla classificazione dei carichi si è stimato che:

- il potenziale di accumulo, realizzabile con i sistemi di preparazione dell'acqua calda sanitaria nelle utenze residenziali, è compreso tra 1,1 e 4,5 GW per un periodo di tempo di 3-4 ore, a seconda della tecnologia utilizzata; ipotizzando una totale elettrificazione delle utenze di preparazione dell'acqua calda sanitaria nel comparto residenziale con soli scaldabagni a pompa di calore, il potenziale di accumulo risulterebbe molto più alto e potrebbe raggiungere valori di 7,7 GW per un periodo di circa 4 ore;
- il potenziale di accumulo di apparecchiature elettriche dotate di batteria (accumulo elettrochimico), considerando solo i telefoni cellulari (e che la ricarica di ognuno richiede circa 5W per una durata di 1-2 ore) e i computer portatili (80 W per una durata di 1-2 ore), è di circa 1 GW per una durata di 1-2 ore; tale potenziale cresce, ovviamente, considerando in maniera analoga le altre apparecchiature domestiche dotate di batteria;
- il potenziale di accumulo potenzialmente realizzabile con sistemi di riscaldamento elettrici delle abitazioni (pompe di calore) è altissimo e può raggiungere 65-100 GW per un periodo di circa 8 ore giorno, limitate alla stagione invernale; essendo gli impianti, allo stato attuale, in larga parte a combustione, il potenziale dipende dalla quantità di impianti che vengono trasformati;
- il potenziale di accumulo potenzialmente realizzabile con sistemi di raffrescamento elettrici delle abitazioni (pompe di calore) è altissimo e può raggiungere 80-120 GW per un periodo di circa 8 ore

giorno, limitate alla stagione estiva; essendo gli edifici, allo stato attuale, in larga parte sprovvisti di tali impianti, il potenziale dipende dalla quantità di impianti che vengono realizzati;

- il potenziale di regolazione potenzialmente realizzabile differendo nel tempo l'accensione di lavatrici, asciugatrici e lavastoviglie è superiore a 31 GW, principalmente dovuto alle lavatrici (21,6 GW per circa mezz'ora) ed alle lavastoviglie (9,0 GW per circa tre quarti d'ora);
- il potenziale di regolazione realizzabile grazie all'autogenerazione presso le utenze domestiche è mediamente di circa 1,86 GW per 3,3 ore al giorno, con le ovvie ampie oscillazioni dipendenti dalla stagione, dalle condizioni climatiche e dalla particolare installazione.

#### 6.4 Individuazione dei consumi e dei costi di un'abitazione tipo

Al fine di valutare i consumi energetici e i costi di un'abitazione tipo, in una configurazione impiantistica tradizionale e priva di sistemi di automazione, rappresentativa di larga parte delle abitazioni italiane, sono stati esaminati tre casi studio. E' anche stata effettuata una suddivisione dei consumi delle singole utenze elettriche, evidenziando i consumi accumulabili e i consumi differibili.

**Tabella 14 - Caratteristiche dei Casi Studio e relativi fabbisogni energetici**

		Riscaldamento	Raffrescamento	ACS	Cottura cibi	Altri usi elettrici
		[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]
Caso Studio A	Nucleo familiare di 1 persona Monolocale di 50 m <sup>2</sup> in condominio di 12 appartamenti	5750	627	694	200	1500
Caso Studio B	Nucleo familiare di 2 persone Villetta 100 m <sup>2</sup>	18500	1254	1049	450	2200
Caso Studio C	Nucleo familiare di 4 persone Appartamento di 80 m <sup>2</sup> in condominio di 12 appartamenti	9200	1003	1700	600	2700

**Tabella 15 Caratteristiche dei Casi Studio e relativi fabbisogni energetici.**

	Consumo gas	Consumo energia elettrica	Consumo energia primaria	Costo gas	Costo energia elettrica	Carichi non differibili	Carichi differibili	Carichi accumulabili
	[Nm <sup>3</sup> /anno]	[kWh/anno]	[kWh/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[%]	[%]	[%]
Caso Studio A	845	1.751	12.254	289,41	1.020,30 (residenti) 1.238,07 (non residenti)	73	13	14
Caso Studio B	2.536	2.702	31.785	2.108,89	483,59 (residenti) 724,01 (non residenti)	68	13	19
Caso Studio C	1.478	3.101	21.499	1.240,76	605,89 (residenti) 815,36 (non residenti)	69	18	13

#### 6.5 Analisi dei potenziali risparmi in relazione a utenza e tecnologia impiegata

A partire dai Casi Studio caratterizzati da un'impiantistica di tipo tradizionale e da assenza di automazione, sono stati analizzati i potenziali risparmi energetici ed economici di un'abitazione tipo nelle sue possibili evoluzioni verso una totale elettrificazione dei servizi e verso una totale automazione delle utenze. Dei tre Casi Studio sono state analizzate quattro varianti, sia con riferimento a diverse dotazioni impiantistiche, sia con riferimento a diverse opzioni tariffarie.

**Tabella 16 - Varianti delle dotazione impiantistiche.**

Soluzione Base	<ul style="list-style-type: none"> <li>- generatore di calore a gas metano di tipo tradizionale, per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria con rendimento medio stagionale pari a 0,8;</li> <li>- condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5;</li> <li>- piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.</li> </ul>
Variante 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- generatore di calore a gas metano a condensazione, per riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria con rendimento medio stagionale pari a 0,95 in riscaldamento e pari a 0,8 in produzione di acqua calda sanitaria;</li> <li>- condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5;</li> <li>- piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.</li> </ul>
Variante 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- generatore di calore a gas metano a condensazione, per riscaldamento con rendimento medio stagionale pari a 0,95;</li> <li>- pompa di calore per produzione di acqua calda sanitaria con rendimento pari a 2,5;</li> <li>- condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5;</li> <li>- piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.</li> </ul>
Variante 3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pompa di calore per riscaldamento con rendimento medio stagionale pari a 3;</li> <li>- produzione di acqua calda sanitaria con generatore a gas e rendimento pari a 0,8;</li> <li>- condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5;</li> <li>- piano di cottura a gas con rendimento pari a 0,55.</li> </ul>
Variante 4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- pompa di calore per riscaldamento con rendimento medio stagionale pari a 3;</li> <li>- pompa di calore per produzione di acqua calda sanitaria con rendimento pari a 2,5;</li> <li>- condizionatore per raffrescamento ad alimentazione elettrica del tipo aria/aria con rendimento medio stagionale pari a 2,5;</li> <li>- piano di cottura a induzione con rendimento pari a 0,90.</li> </ul>

Per valutare i risparmi energetici connessi all'impiego di sistemi di automazione e controllo degli edifici si è fatto riferimento alla norma UNI EN15232.

A seguito di una variazione della dotazione impiantistica:

- i risparmi risultano crescenti a partire dalla Variante 1, per arrivare alla Variante 4;
- l'entità dei risparmi energetici, in tutti i Casi Studio, per la Variante 4 supera il 30%;
- non c'è una diretta correlazione tra i risparmi energetici e i risparmi economici, che risultano sensibilmente inferiori;
- per le Varianti più elettrificate cresce decisamente la percentuale di carichi regolabili (differibili e accumulabili).

A seguito dell'introduzione di sistemi di automazione:

- i risparmi risultano crescenti a partire dalla Classe C, per arrivare alla Variante A;
- l'entità dei risparmi energetici, in tutti i Casi Studio, per la Classe A è prossima al 20%;
- c'è una buona correlazione tra i risparmi energetici e i risparmi economici, non essendo prevista una variazione dei vettori energetici;
- per sistemi di regolazione più efficienti, diminuisce il peso dei carichi regolabili.

## **6.6 Stima dei risparmi potenziali presso l'utente finale da un modello di flessibilizzazione della domanda**

E' stata dapprima valutata l'incidenza del costo della componente energia sul costo complessivo sostenuto per l'acquisto di energia elettrica. Tale incidenza è più alta per la tariffa D2 (25,8% per la media dei tre Casi Studio) e più bassa per la tariffa D3 (16,9% per la media dei tre Casi Studio).

Successivamente è stata sviluppata un'analisi statistica sui valori orari del PUN degli anni 2013, 2014, 2015 e dei primi 7 mesi del 2016, volta a confrontare il generico valore orario del PUN con il valore orario minimo, in un intorno di  $\pm 144$  ore ( $\pm 6$  giorni)

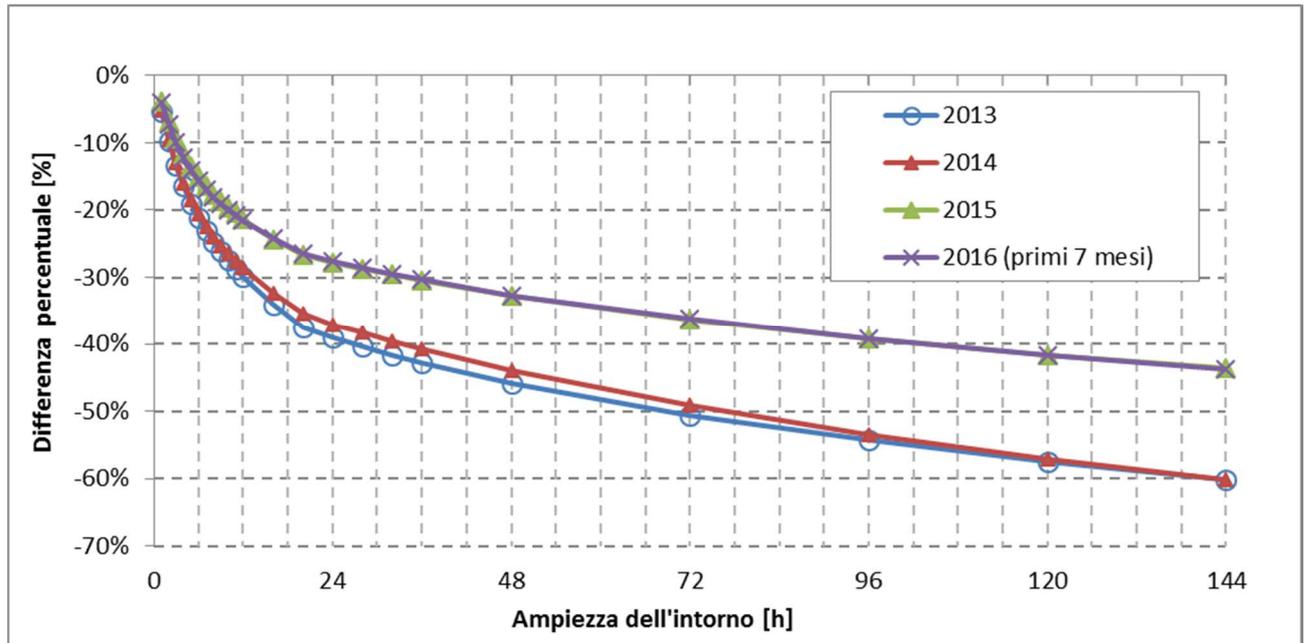


Figura 30 - Differenza percentuale tra il generico valore orario del PUN e il valore minimo in funzione dell'ampiezza oraria dell'intorno considerato

Si è rilevato che:

- considerando un anticipo/posticipo di 3 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 9% (rif. anno 2015) e il 13% (rif. anno 2013);
- considerando un anticipo/posticipo di 6 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 15% (rif. anno 2015) e il 21% (rif. anno 2013);
- considerando un anticipo/posticipo di 12 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 21% (rif. anno 2015) e il 30% (rif. anno 2013);
- considerando un anticipo/posticipo di 24 ore il prezzo medio di acquisto dell'energia può abbassarsi di una percentuale compresa tra il 28% (rif. anno 2015) e il 39% (rif. anno 2013).

In uno scenario con tariffe orarie dell'energia elettrica note all'utente finale con un giorno di anticipo, il consumatore finale di energia elettrica avrebbe la possibilità di anticipare/posticipare l'attivazione di alcune utenze ottenendo un risparmio in termini economici.

Sulla base dei risultati dell'indagine è stato valutato:

- il risparmio economico in relazione ad un modello di flessibilizzazione della domanda;
- il risparmio economico in relazione ad un modello di flessibilizzazione della domanda con introduzione di sistemi di automazione;
- il risparmio economico in relazione ad un modello di flessibilizzazione della domanda con una maggiore elettrificazione e con introduzione di sistemi di automazione.

Si è visto che:

- la sola flessibilizzazione della domanda offre margini di risparmio economico bassi, non superiori a qualche punto percentuale;
- la flessibilizzazione della domanda unita all'introduzione di sistemi di automazione può consentire risparmi intorno al 20%;
- la flessibilizzazione della domanda unita all'introduzione di sistemi di automazione ed alla elettrificazione delle utenze può consentire risparmi anche superiori al 40%.

### 6.7 Ipotesi di Aggregatore

Le caratteristiche dell'Aggregatore, la sua dimensione e le sue possibilità di intervento dipendono fortemente dalle risorse di cui l'Aggregatore può disporre e che possono non essere rappresentate solamente dalle risorse derivanti dalla fornitura del servizio di flessibilità della domanda.

E' quindi necessario che l'Aggregatore offra altri servizi, a partire da quelli connessi all'utilizzo dell'energia (risparmio energetico, ammodernamento degli impianti tecnologici) ma non escludendo funzioni diverse connesse all'utilizzo generale delle infrastrutture a rete (automazione, sicurezza, videosorveglianza, e-commerce).

L'Aggregatore può essere un soggetto senza una perimetrazione fisica definita, costituito da tante utenze "flessibili" selezionate sul territorio, alle quali può offrire la sostituzione incentivata delle utenze flessibili (e quindi il servizio di risparmio energetico) o altri servizi di tipo diverso.

Nel caso in cui tra le utenze "flessibili" ci sia anche il riscaldamento o il raffrescamento degli edifici, l'Aggregatore potrebbe acquisire una dimensione fisica definita (quella del condominio riscaldato o raffrescato), e diventare una piccola comunità dell'energia.

La funzione dell'Aggregatore, di indubbia utilità per il sistema elettrico, acquisisce un significato solo al raggiungimento di una quota significativa di domanda flessibile sull'intera domanda di energia elettrica. Appare quindi necessaria una sperimentazione preliminare su piccoli gruppi di utenza, per testare non solo l'efficacia della funzione ma anche la risposta degli utenti in termini di partecipazione e di soddisfazione.

Una prima sperimentazione potrebbe riguardare un gruppo di utenti con utenze flessibili diverse dal riscaldamento e dal raffrescamento e senza una perimetrazione fisica; presso tali utenze dovranno essere installati solo i dispositivi per il controllo remoto delle utenze.

Una seconda, più importante, sperimentazione potrebbe riguardare un gruppo di utenti, inseriti in un edificio di tipo tradizionale poco elettrificato, dotato di impianto di riscaldamento (meglio se condominiale) con caldaia a gas e senza sistemi di accumulo, rappresentativo della Soluzione Base o della Variante 1 esaminate in precedenza.

Una terza sperimentazione potrebbe riguardare un gruppo di utenti, inseriti in un edificio molto elettrificato, dotato di impianti condominiali di riscaldamento e raffrescamento a pompa di calore con sistemi di accumulo termico già presenti ed, eventualmente, con un impianto di autoproduzione dell'energia, rappresentativo delle Varianti 3 o 4 esaminate.

## 8 Conclusioni

L'obiettivo di questa linea di attività è quello di sviluppare un modello replicabile di Smart Home in grado di assicurare il risparmio ambientale ed energetico in ambito residenziale, anche grazie al coinvolgimento degli utenti tramite un percorso di crescita di consapevolezza energetica.

Il punto di partenza è dotare ciascuna abitazione di un Energy Box per monitorare i consumi energetici e il grado di comfort presso gli edifici residenziali e trasmetterli ad un livello superiore dove vengono analizzati ed aggregati così da fornire un serie di feedback all'utente e alla comunità. La disponibilità in campo di questa infrastruttura consente inoltre, con costi contenuti e basso impatto, la fornitura di una serie di servizi aggiuntivi come sicurezza, assisted living.

In questa prima annualità sono state svolte le seguenti attività propedeutiche alla sperimentazione in campo da effettuare nelle prossime annualità.

La prima attività effettuata in collaborazione con il Politecnico di Torino si è occupata principalmente dello sviluppo delle metodologie, a partire da una analisi critica sullo stato dell'arte della smart home, sono state definite le variabili da monitorare, le metodologie di analisi e aggregazione dei dati e benchmarking dei dati energetici di rete di edifici. Sono state definite le regole di controllo per il confort indoor e quelle innovative di "data fusion" al fine di estrarre informazioni relative alle abitudini dell'utenza in termini di modalità d'uso dei sistemi energetici e della dinamica di occupazione dell'edificio e delle sue zone. Infine sono state individuate le differenti tipologia di feedback e sono state identificate le metodologie di coinvolgimento e interazione con l'utenza con l'obiettivo di individuare degli "stimoli" per indurre gli utenti ad un comportamento energeticamente più consapevole.

La seconda attività, in collaborazione con l'Università Politecnica delle Marche, ha portato all'implementazione di un simulatore di una rete di edifici residenziali per la modellazione dei differenti use case e dei differenti scenari di monitoraggio. Questo strumento consente di simulare il profilo verosimile di un distretto su cui implementare scenari di domande response e indagare come differenti soluzioni impattino sulle diverse reti energetiche urbane (elettricità, gas naturale, reti di teleriscaldamento e raffrescamento). Obiettivo del simulatore è quello di consentire la simulazione di differenti scenari fornendo in output i KPI necessari a loro confronto e valutazione.

La terza attività ha riguardato la progettazione dell'architettura del sistema della Smart Home Network, a partire dai requisiti necessari per il sistema: interoperabilità, affidabilità, robustezza, facilità d'uso e di interazione con l'utente. Successivamente, sulla base dei requisiti individuati, sono state definite le soluzioni tecnologiche che prevedono l'impiego di protocolli di comunicazione standard e aperti e l'adozione di device wireless, facili da installare ed economici. Sono stati quindi individuate le varie soluzioni tecnologiche da adottare per ciascun componente del sistema: kit di sensori, Energy Box, piattaforma di aggregazione. Nel caso dei sensori e degli Energy Box sono state individuate e testate più soluzioni proprio a garanzia dell'interoperabilità del sistema che si andava delineando. Inoltre le soluzioni testate offrono differenti funzionalità e caratteristiche in grado di soddisfare differenti tipologie di utenza e di Aggregatore. Anche per quanto riguarda l'interfaccia utente sono state proposte più soluzioni distinguendo le differenti funzionalità da mettere a disposizione a seconda della tipologia di utente, si ritiene infatti che le modalità di interazione con l'utente siano di primaria importanza per assicurare un'efficace comunicazione con esso ed un conseguente raggiungimento degli obiettivi che il progetto si pone.

La quarta attività ha interessato la definizione degli Use Case ovvero è stato descritto il flusso dei dati che viene scambiato tra i differenti componenti del sistema.

L'ultima attività ha interessato lo studio di un modello di Aggregatore ed è stata condotta in collaborazione con CITERA, a partire da un'analisi del sistema elettrico italiano nella quale si evidenziano l'elevato contributo delle fonti energetiche rinnovabili, le problematiche di raccolta integrale di tali produzioni e la scarsa elettrificazione delle utenze residenziali italiane.

E' stata, quindi, effettuata una caratterizzazione dei carichi delle utenze residenziali, al fine di valutare il potenziale di flessibilità attuabile, in termini di carichi accumulabili e di carichi differibili.

Sono diversi i soggetti che possono svolgere il ruolo di Aggregatore e sono diversi gli impatti che soggetti diversi possono avere sui consumatori; in linea generale si possono raggruppare in tre tipologie rappresentative: Fornitori di energia, terze parti (es. ESCO), cooperative di consumo (Energy Community, condomini).

Le caratteristiche dell'Aggregatore, la sua dimensione e le sue possibilità di intervento dipendono fortemente dalle risorse di cui può disporre e che possono non essere rappresentate solamente dalle risorse derivanti dalla fornitura del servizio di flessibilità della domanda. E' quindi necessario che l'aggregatore offra altri servizi, a partire da quelli connessi all'utilizzo dell'energia (risparmio energetico, ammodernamento degli impianti tecnologici) ma non escludendo funzioni diverse connesse all'utilizzo generale delle infrastrutture a rete (automazione, sicurezza, videosorveglianza, e-commerce).

Gli sviluppi futuri delle attività svolte in questa annualità prevedono lo sviluppo di algoritmi di analisi dati sia a livello di EB che di Aggregatore per la fornitura di servizi innovativi agli utenti sia in termini di diagnostica che di ottimizzazione energetica, mentre il servizio di Demand Response verrà implementato su di un simulatore. Nella prossima annualità è inoltre prevista la sperimentazione delle soluzioni tecnologiche relative agli EB e piattaforma di Aggregazione sviluppate nella presente annualità e progettazione di un dimostrativo sperimentale in un contesto urbano.

## 9 Riferimenti bibliografici

- [1] S. Aman, Y. Simmhan, V. K. Prasanna, University of Southern California, “Energy Management Systems: State of the Art and Emerging Trends”, rivista IEEE Communications Magazine – (s.l.) IEEE, January 2013 -1: vol 51, pp: 114-119
- [2] L.Liu, Y. liu, L. Wang, A.Zomaya, S.Hu, “Economical and Balanced Energy Usage in the Smart Home Infrastructure: A Tutorial and New Results”, IEEE Transactions on Emerging Topics in Computing (Volume:3, Issue: 4 ) pp: 556 – 570.
- [3] A framework for Cloud-based Smart Home, rivista Computer Science and Network Technology (ICCSNT), 2011 International Conference on (Volume:2 ) Date of Conference: 24-26 Dec. 2011,pp: 894 - 897
- [4] [www.rse-web.it](http://www.rse-web.it). D. Moneta, G. Mauri, L. Ferrarini, S. Radaelli “Analisi e progettazione di un sistema integrato di gestione dell’energia per applicazioni domotiche”.
- [5] IEC 62746-2 TR : Systems interface between customer energy management system and the power management system –Part 2: Use cases and requirements
- [6] [www.energy-home.it](http://www.energy-home.it)- Energy@home Use Cases-v3.
- [7] [www.gse.it](http://www.gse.it) – Rapporto statistico – Energia da fonti rinnovabili – Anno 2014;  
Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25/10/2012 sull’efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE.
- [8] D. Lgs. 4/7/2014, n. 102 - Attuazione della direttiva 2012/27/UE sull’efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE
- [9] Autorità per l’energia elettrica, il gas e il sistema idrico – Documento per la consultazione 416/2015/R/eel;
- [10] X. He, N. Keyaerts, I. Azevedo, L. Meeus, L. Hancher, J. Glachant - How to engage consumers in demand response: a contract perspective - European University Institute (2013). ISSN 1028-3625
- [11] UNI EN 15232:2012 - Prestazione energetica degli edifici - Incidenza dell’automazione, della regolazione e della gestione tecnica degli edifici

## 10 Abbreviazioni ed acronimi

- EB : Energy Box
- EE: Efficienza Energetica
- DR: Demand Response
- DSM: Demand side Management
- DSO: Distribution System Operator
- HMI: Human-Machine Interface
- SHN: Smart Homes Network
- TSO: Trasmission System Operator – Gestore della rete