



Ricerca di Sistema elettrico

Smart Homes Network: sviluppo dei servizi di aggregazione e progettazione di un dimostrativo pilota.

S. Fumagalli, S. Pizzuti, S. Romano

SMART HOMES NETWORK: SVILUPPO DEI SERVIZI DI AGGREGAZIONE
E PROGETTAZIONE DI UN DIMOSTRATIVO PILOTA

S. Fumagalli, S. Pizzuti, S. Romano (ENEA)

Settembre 2017

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2016

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

Progetto: D.6 Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano

Obiettivo: b. Sistemi e servizi smart per edifici

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Gli autori ringraziano Martina Botticelli e Maria Michaela Pani per la preziosa collaborazione

SOMMARIO.....	5
1 INTRODUZIONE	6
2 IMPLEMENTAZIONE E TEST DEL MODELLO DI UNA SMART HOMES NETWORK SU CASI PILOTA.....	8
2.1 VERIFICA E IMPLEMENTAZIONE DELL'ARCHITETTURA DEL SISTEMA	8
2.1.1 <i>Energy Box</i>	9
2.1.2 <i>Sensoristica</i>	10
2.2 SPERIMENTAZIONE SU CASI REALI.....	11
2.2.1 <i>Scelta dei casi pilota</i>	11
2.2.2 <i>Energy Box per i casi pilota</i>	13
2.2.3 <i>Sensoristica dei casi pilota</i>	15
2.2.3.1.1 Monitoraggio elettrico	16
2.2.3.1.2 Monitoraggio gas	17
2.2.3.1.3 Sensori per il monitoraggio indoor EnOcean	19
2.2.3.1.4 Sensori per il monitoraggio indoor Z-Wave	21
2.2.4 <i>Piano di monitoraggio</i>	23
2.2.5 <i>Sincronizzazione dei dati dei casi pilota</i>	25
2.2.6 <i>Problematiche riscontrate</i>	26
3 PROGETTAZIONE DEI SERVIZI DI AGGREGAZIONE.	28
3.1 DESCRIZIONE DB APIO CLOUD.....	29
3.1.1 <i>Descrizione struttura generale DB</i>	29
3.1.2 <i>Descrizione singola tabella DB</i>	30
3.1.3 <i>Diagrammi ER degli appartamenti monitorati</i>	31
3.2 SVILUPPO DI ALGORITMI PER DIAGNOSTICA AVANZATA, BENCHMARKING E FEEDBACK ALL'UTENTE.....	32
3.2.1 <i>Analisi dei dati monitorati negli edifici pilota</i>	32
3.2.2 <i>Tendenze e distribuzioni</i>	32
3.2.3 <i>Identificazione della tipologia di utente</i>	34
3.2.4 <i>Caratterizzazione dei profili di carico</i>	35
3.2.5 <i>Individuazione di profili di carico di riferimento per condurre analisi diagnostiche</i>	38
3.3 ANALISI DEI PROFILI DI UTILIZZO DEGLI ELETTRODOMESTICI NEGLI USE CASE PILOTA	39
3.3.1 <i>Periodical appliances: lavatrici e lavastoviglie</i>	40
3.3.2 <i>Continuous appliances: frigoriferi, frigocongelatori, congelatori</i>	46
3.3.3 <i>Behavioural appliances: forni elettrici</i>	49
3.4 PROGETTAZIONE DELLA COMUNICAZIONE AGLI UTENTI	51
5 IMPLEMENTAZIONE DEL SIMULATORE PER SCENARI DI DEMAND RESPONSE	54
5.1 AMPLIAMENTO DEL SIMULATORE DEI CONSUMI ELETTRICI E TERMICI RESIDENZIALI CON LA MODELLAZIONE DELLA PRODUZIONE DI ENERGIA DA IMPIANTI FOTOVOLTAICI	54
5.2 AMPLIAMENTO DELLE FUNZIONALITÀ DEL SIMULATORE DEI CONSUMI ELETTRICI E TERMICI PER SIMULARE SCENARI DI DR IN OTTICA DI FUTURE INDAGINI SUL RUOLO DEGLI AGGREGATORI IN AMBITO CIVILE	55
5.3 CREAZIONE DI UNA METODOLOGIA/STRUTTURA DATI PER SIMULARE DIFFERENTI TIPOLOGIA DI AGGREGAZIONE.	57
6 PROGETTAZIONE DI UN DIMOSTRATIVO SPERIMENTALE.....	59
6.1 ARCHITETTURA DEL SISTEMA DEL DIMOSTRATIVO	59
6.2 DEFINIZIONE DEL TARGET DEI PARTECIPANTI.....	61
6.3 RECLUTAMENTO DEI PARTECIPANTI	61
6.4 INQUADRAMENTO URBANISTICO DELL'ABITAZIONI OGGETTO DELLA SPERIMENTAZIONE.....	64
6.5 ROADMAP DELLA SPERIMENTAZIONE	67
7 PROCEDURA SEMPLIFICATA PER LA VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI AGGREGABILITÀ DI UTENZE RESIDENZIALI.	69
7.1 IL PROCEDIMENTO PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLA TIPOLOGIA DI UTENZA	70
7.2 COSTI LEGATI AI CONSUMI ENERGETICI.....	70
7.3 IL MODULO DI RACCOLTA DATI	70

7.3.1	<i>Risultati delle simulazioni</i>	71
7.4	CASI STUDIO.....	74
8	CONCLUSIONI.....	75
9	APPENDICE 1 - SCHEDE TECNICHE DEI SENSORI	76
9.1	SENSORI PER IL MONITORAGGIO E CONTROLLO INDOOR Z-WAVE	76
9.2	MONITORAGGIO E CONTROLLO INDOOR– ENOCEAN	78
10	APPENDICE 2 - SCHEDE DESCRITTIVE DEI CASI PILOTA.....	79
10.1	CASO PILOTA 1- UTENTE 3	79
10.2	CASO PILOTA 2- UTENTE 4.....	82
10.3	CASO PILOTA 3-UTENTE 7.....	85
10.4	CASO PILOTA 4-5 - UTENTI 8-9	88
10.4.1	<i>Caso pilota 4- Utente 8</i>	90
10.4.2	<i>Caso pilota 5 -Utente 9</i>	93
11	APPENDICE 3 – TABELLE ENTITÀ-RELAZIONE (DIAGRAMMA ER) DEI CASI PILOTA	96
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	99
13	ABBREVIAZIONI ED ACRONIMI.....	100

Sommario

L'obiettivo di questa linea di attività è lo sviluppo di 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, li elabora al fine di fornire ai cittadini indicazioni per un uso più ottimizzato dell'energia. Le attività sono state effettuate in collaborazione con il Politecnico di Torino, l'Università Politecnica delle Marche e l'Università La Sapienza di Roma; in particolare in questo rapporto si descrivono le attività sviluppate da ENEA.

In questa annualità sono state implementate le metodologie e gli studi intrapresi nella scorsa annualità allo scopo di individuare servizi innovativi di aggregazione da offrire agli utenti del distretto. A tal fine è stata condotta attività di monitoraggio e diagnostica su alcuni casi reali per consentire lo sviluppo di algoritmi da implementare a livello di piattaforma di Aggregazione in grado di effettuare diagnostica high level, per individuare eventuali comportamenti scorretti degli occupanti o scarse prestazioni delle dotazioni impiantistiche e degli elettrodomestici, effettuare benchmarking tra le residenze appartenenti alla rete, fornire indicazioni per un uso più efficiente dell'abitazione. Mentre gli scenari di Demand Response e flessibilità del Distretto sono stati simulati, grazie all'implementazione del Simulatore sviluppato.

Infine è stata effettuata la progettazione di un dimostrativo sperimentale in un contesto urbano a partire dalla definizione di una procedura semplificata per la valutazione del potenziale di aggregabilità di utenze residenziali. A tale scopo è stato predisposto uno strumento di calcolo da impiegare per la raccolta delle informazioni e per la caratterizzazione della tipologia di utenza, il benchmarking, l'analisi tecnico economica della soluzione tecnologica proposta.

1 Introduzione

In questa annualità è stata proseguita l'attività intrapresa la scorsa annualità (report RdS/2015/015) relativa alla definizione di un modello replicabile di Smart Homes Network (SHN) in grado 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.

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. I dati disponibili provenienti dai sensori installati presso la singola unità abitativa vengono collezionati da un dispositivo hardware, l'Energy Box (EB), che ha il compito di integrarli e inviarli ad un livello superiore, all'Aggregatore, dove sono elaborati per effettuare la diagnostica ed l'individuazione delle proposte di ottimizzazione del sistema. L'output del sistema sono una serie di feedback sia verso l'utente finale che verso i principali stakeholders coinvolti.

Le attività svolte in questa annualità sono state le seguenti:

1. Implementazione e test del modello di Smart Home;
2. Progettazione dei servizi di aggregazione;
3. Implementazione del Simulatore per scenari Demand Response(DR);
4. Progettazione di un dimostrativo pilota;
5. Procedura semplificata per la valutazione dell'aggregabilità di utenze residenziali

La prima attività ha riguardato la verifica e implementazione dell'architettura di sistema della Smart Home elaborato nella scorsa annualità e la successiva sperimentazione su alcuni casi pilota per verificarne il funzionamento in condizioni reali. Nella sperimentazione condotta è stato testato sia l'EB che differenti tipologie di sensori con diverso protocollo di comunicazione al fine di individuare la soluzione più idonea da adottare per la sperimentazione del dimostrativo pilota da effettuare in un contesto urbano.

La disponibilità dei dati provenienti da una sperimentazione in campo ha consentito di disporre di un set di dati su cui progettare e sviluppare i servizi da offrire agli utenti, questi si riferiscono in particolare alle funzionalità da implementare a livello di Aggregatore, a partire dalla definizione del set di dati e le modalità di sincronizzazione e aggregazione dei dati provenienti dalla rete di homes. A questa seconda attività ha collaborato anche il Politecnico di Torino il cui lavoro ha riguardato l'analisi dei dati di monitoraggio provenienti dai diversi casi pilota presi in considerazione nella sperimentazione, le modalità di analisi dei dati energetici e la progettazione di un sistema di comunicazione per informare dei risultati gli utenti al fine di orientare il loro comportamento verso comportamenti più sostenibili.

In collaborazione con l'Università di Politecnica delle Marche, è stato implementato il Simulatore per scenari di DR, il cui sviluppo è stato intrapreso nella scorsa annualità (report RdS/2015/020). L'obiettivo è stato ampliare il simulatore dei consumi elettrici e termici residenziali con la modellazione della produzione di energia da impianti fotovoltaici ed implementare una nuova funzionalità in grado simulare scenari di Demand Response (DR) in ottica di future indagini sul ruolo degli Aggregatori in ambito civile. Infine si è puntato a creare una metodologia/struttura dati per simulare differenti tipologia di aggregazione (report RdS/2016/007).

Le attività di implementazione e di test sono state propedeutiche all'attività di progettazione di un dimostrativo sperimentale, infatti a partire dall'esperienza effettuata nei test realizzati sui casi pilota, si è definita l'architettura complessiva del dimostrativo, sia relativamente alla soluzione tecnologica della sensoristica e dell'Energy Box a livello di singola abitazione che di piattaforma di aggregazione a livello superiore. Inoltre è stata individuato un quartiere di Roma in cui realizzare il progetto e si è proceduto al reclutamento dei partecipanti e all'approvvigionamento del materiale.

Infine, con il contributo dell'Università "Sapienza" di Roma, è stato predisposto uno strumento per la valutazione del potenziale di aggregabilità di utenze residenziali(report RdS/2016/009) L'obiettivo è acquisire, tramite una procedura accessibile anche all'utente non esperto, le informazioni necessarie per la caratterizzazione della tipologia di utenza dal punto di vista elettrico e termico e quelle necessarie a valutare il potenziale di aggregazione, rappresentato dall'incidenza assoluta e percentuale dei carichi elettrici accumulabili e differibili.

2 Implementazione e test del modello di una Smart Homes Network su casi pilota

In questa annualità è stata proseguita l'attività intrapresa la scorsa annualità relativa alla definizione di un modello replicabile di Smart Homes Network in grado 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.

A tal fine si proceduto nelle seguenti attività:

- Verifica e implementazione dell'architettura di sistema;
- Sperimentazione su casi pilota.

2.1 Verifica e implementazione dell'architettura del sistema

Come descritto nel Report RdS/2015/015 nella prima annualità è stata effettuata la progettazione dell'architettura del sistema della Smart Homes Network (SHN) che prevedere differenti livelli di applicazione: edificio, Aggregatore, distretto. Inoltre sono stati individuati i requisiti necessari per il sistema: interoperabilità, affidabilità, robustezza, facilità d'uso e di interazione con l'utente. A ciascun livello è stato associato un componente proprio a cui sono state demandate specifiche funzioni e servizi forniti, così come rappresentato nel grafico seguente. Nel presente report vengono riportate e descritte le funzionalità dei singoli componenti per agevolare la comprensione del documento.

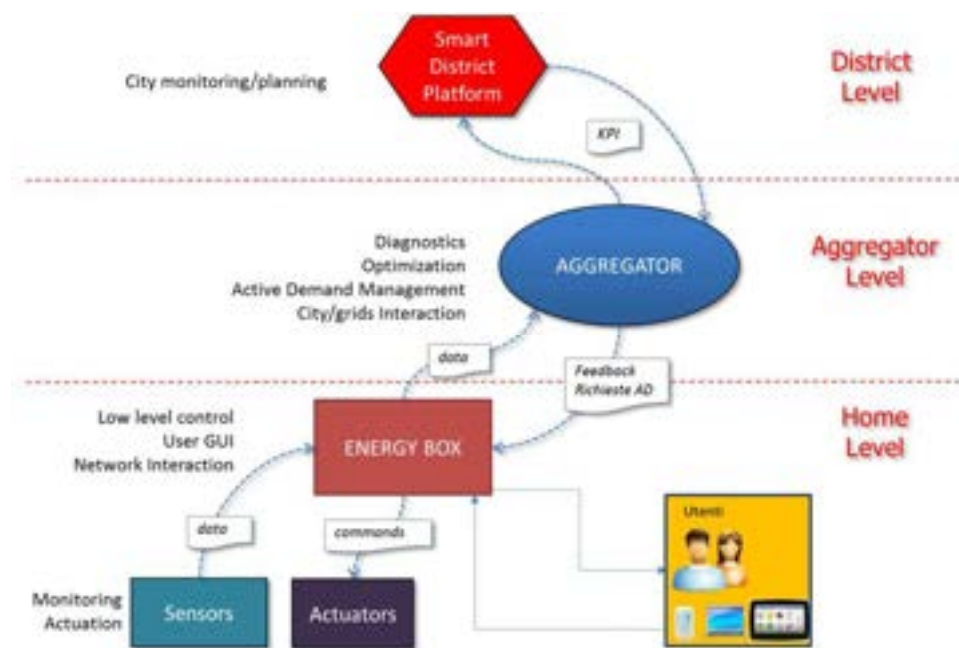


Figura 1-Architettura generale del sistema

- A livello di singola abitazione è prevista la presenza di un **Energy Box** (EB) che colleziona i dati dalla rete di sensori installati nell'abitazione, consente il controllo di alcuni dispositivi, smart plug e smart valve, e funge da gateway di raccolta dei dati e comunicazione tra i differenti livelli: Home e Aggregatore. In questa annualità è stata scelta la soluzione per condurre la sperimentazione in contesti reali.
- L' Aggregatore è costituito da una **piattaforma ICT** con il compito 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. Anche a questo livello, in seguito ad alcuni test effettuati, si è deciso di trasferire la piattaforma IoT, dell'azienda Almaviva S.p.A., denominata GloTTO® selezionata la scorsa annualità, al livello superiore di distretto. Mentre, come piattaforma di aggregazione di una rete di Smart Home, si è preferito di adottare la Piattaforma Cloud APIO OS, in quanto più semplice per la gestione dei dati provenienti dagli EB delle abitazioni.

- A livello di Distretto, è stata prevista la **Smart District Platform** il cui compito è 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. A questo livello è stata trasferita la piattaforma IoT GloTTO® come descritto in dettaglio nel Report RdS/PAR2016/001, "Piattaforma ICT per la gestione dello Smart District".

2.1.1 Energy Box

Nella scorsa annualità [1] sono state individuate due tipologie di EB: base e avanzato. In questa annualità si è scelto di adottare l'EB più avanzato per condurre la sperimentazione, prima su alcuni casi pilota e successivamente sul dimostrativo urbano. Dai primi test condotti in laboratorio, l'EB selezionato consente di sviluppare alcune strategie di controllo già a livello di abitazione senza ricorrere alla piattaforma di aggregazione ed è quindi in grado di assicurare migliori prestazioni agli utenti domestici, in effetti alcune logiche sono state già implementate nell'EB prescelto, per la cui descrizione si rimanda al Report RdS/PAR2016/003.

L'EB avanzato adottato per la sperimentazione è stato realizzato in collaborazione con l'azienda Apio e offre dei servizi supplementari rispetto a quello base. E' possibile infatti integrare sensori con differenti protocolli di comunicazione, implementare rules per la gestione della home, graficare gli andamenti di ogni dispositivo, creare delle App e quindi dei servizi aggiuntivi da offrire agli utenti finali.

Inoltre consente di sfruttare il cloud come Aggregatore. In tal modo l'utente finale ha la possibilità di monitorare e controllare la sua home da remoto con la stessa interfaccia del locale, rendendo il sistema complessivamente più user friendly.

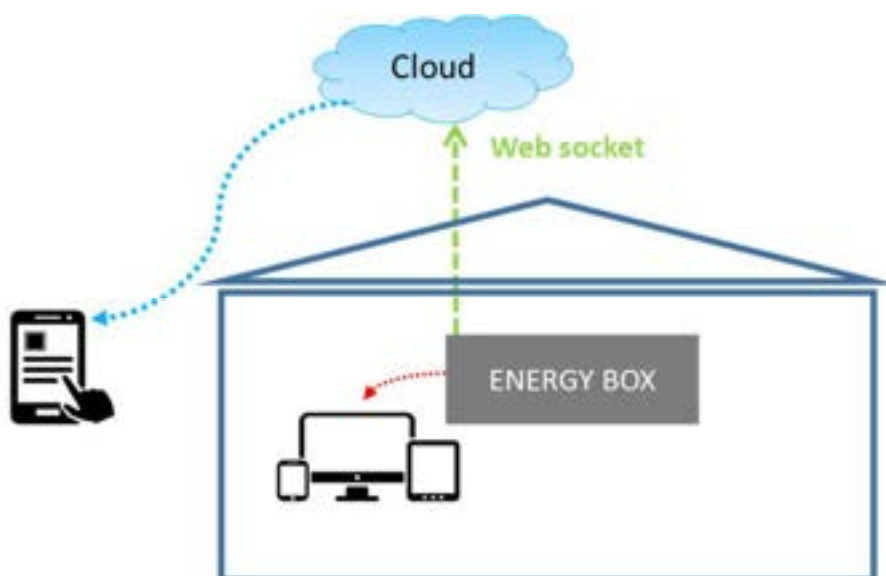


Figura 2-Schema di connessione delle interfaccia utente con l'EB

2.1.2 Sensoristica

In questa annualità è stata proseguita l'attività relativa alla selezione della sensoristica per la Smart Home. Per individuare il kit di sensori ottimale da adottare nella sperimentazione del dimostrativo sono stati effettuati dei test sia in laboratorio che in contesti reali.

I test eseguiti in laboratorio, descritti nel Report RdS/PAR2016/003, sono stati utili per verificare:

- Possibilità di integrare i sensori nella rete di sensori da installare nella home
- Le grandezze misurate ed i dati inviati in termini di frequenza di acquisizione e correttezza del dato.
- La configurazione ed integrazione nell'EB.

Successivamente sono stati selezionati i sensori più adatti per effettuare dei test su casi reali pilota al fine di individuare il Kit di sensori in grado di assicurare la facilità di installazione ed impiego, robustezza nell'invio dei dati ed economicità sia in fase di installazione che di manutenzione nel tempo.

2.2 Sperimentazione su casi reali

E' stata condotta una sperimentazione su alcune abitazioni campione con differente livello di strumentazione allo scopo di:

- Testare in condizioni reali il funzionamento dei sensori e dell'EB;
- Testare differenti tipologie di sensori con differente protocollo di comunicazione;
- Individuare la soluzione più idonea da adottare per la sperimentazione in un dimostrativo pilota da effettuare in un contesto urbano;
- Creare un set di dati su cui avviare analisi dati sia a livello locale che aggregato e progettare i servizi di aggregazione da offrire agli utenti del distretto.

2.2.1 Scelta dei casi pilota

Le abitazioni oggetto della sperimentazione afferiscono ad utenti appartenenti al team di ricerca, in quanto in questo primo anno di sperimentazione si è preferito effettuare dei test prima di procedere alla sperimentazione in contesti urbani più ampi.

Per selezionare i partecipanti alla sperimentazione sono stati coinvolti i componenti del team di ricerca a cui è stato richiesto di fornire alcune informazioni sulle proprie abitazioni e sui loro consumi rilevati dalle bollette energetiche, inoltre è stato richiesto se erano disponibili ad effettuare dei test di funzionamento nelle loro abitazioni.

Sono state raccolte informazioni su 10 abitazioni, mentre 5 utenti si sono dichiarati disponibili ad essere oggetto di sperimentazione. Nella tabella che segue sono riportati i risultati delle indagini preliminari effettuate.

Tabella 1- Sintesi dell'indagine preliminare per l'individuazione dei casi pilota

N. di riferimento	Tipologia di abitazione	Ubicazione	N. utenti presenti	Superficie <i>m²</i>	Energia elettrica		Riscaldamento		Disponibile per sperimentazione	Presenza di impianto FV
					Consumo annuo	Costo annuo	Consumo annuo	Costo annuo		
					<i>kWh</i>	€	<i>kWh</i>	€		
1	villa	Anguillara	4	140	5302	1537	8478	2641	no	no
2	appartamento in condominio	Bologna	3	145	2920	570	545	959	no	no
3	appartamento in condominio	Roma	3	65	1949	423	4566	1063	si	no
4	appartamento in condominio	Roma	4	133	2453	417	6327	913	no	no
5	villa a schiera	Bologna	3	150	3649	767	12311	2096	no	no
6	villa	Aranova Fiumicino	3	188	3663	843	10053	2059	no	no
7	appartamento in condominio	Roma	2	86	1436	256	5883	992	si	si
8+9	villa	Mentana	5	240	3819	970	7258	1994	si	si
10	appartamento in condominio	Roma	3	65	2907	613	906	778	no	no

Le abitazioni individuate sono state 5 situate a Roma e nella sua provincia e sono caratterizzate da differente tipologia di edificio e di utenza, nell'Allegato 2 sono riportate le schede descrittive delle abitazioni selezionate.

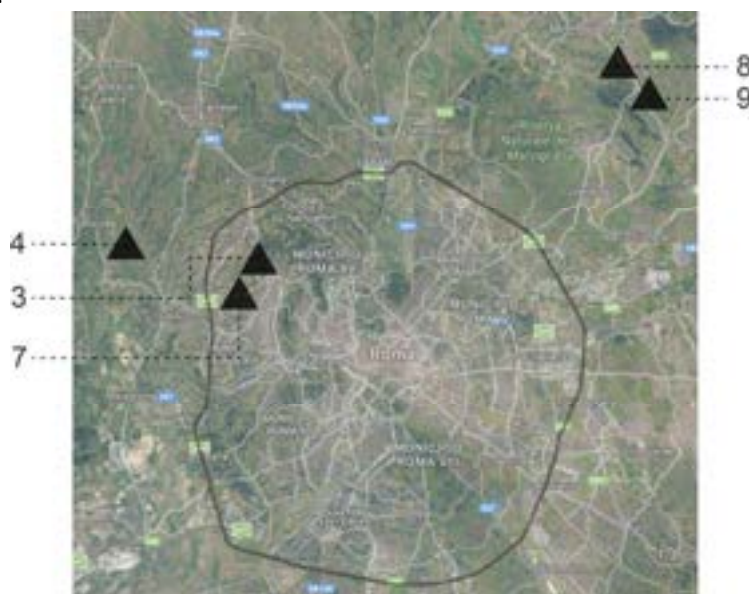


Figura 3-Inquadramento delle abitazioni pilota

Nella tabella che segue sono riportate le caratteristiche principali delle abitazioni su cui sono stati effettuati i test. Ciascuna abitazione viene individuata, per convenzione, con un numero che associa l'utente all'EB in essa installato, mentre i casi pilota sono stati rinominati con un numero progressivo da 1 a 5.

Tabella 2- Caratteristiche delle abitazioni pilota

					
Utente	3	4	7	8	9
Caso d'uso	1	2	3	4	5
Tipologia di edificio	Appartamento in edificio plurifamiliare	Appartamento in edificio plurifamiliare	Appartamento in edificio plurifamiliare	Appartamento in casa isolata bifamiliare	Appartamento in casa isolata bifamiliare
Contesto	Centro città	Periferia	Periferia	Isolato-campagna	Isolato-campagna
Numero utenti	3	4	1	2	3
Tipologia di utenza	Famiglia con bambino in età scolare	Famiglia con figli adulti	Pensionato	Pensionati	Famiglia con bambino in età scolare
Impianto di riscaldamento	Caldaia a gas autonoma tradizionale	Caldaia a gas autonoma tradizionale	Caldaia a gas autonoma tradizionale	Caldaia a gas autonoma tradizionale	Caldaia a gas autonoma a condensazione
				Impianto ausiliario con camino a legna	Impianto ausiliario con camino a pellet
Impianto fotovoltaico	Assente	Assente	Impianto FV da 1800 Wp.	Impianto FV da 3900 Wp.	

2.2.2 Energy Box per i casi pilota

Come già detto in precedenza l'EB è in grado di comunicare wireless con i dispositivi installati nella home, inoltre funge da gateway per trasferire le informazioni acquisite a livello domestico verso il cloud esterno.

Gli EB impiegati nella sperimentazione sono stati configurati per consentire l'installazione plug and play dei sensori selezionati ed il controllo dei device configurati tramite APP già sviluppate ed integrate negli EB forniti agli utenti.

I requisiti per il funzionamento dell'EB sono:

- Alimentazione elettrica 5V;
- Connessione con rete (Lan o Wifi).

Al fine di testare su casi reali l'interoperabilità e l'apertura del sistema prescelto, nella sperimentazione sono stati impiegati sensori con differente protocollo di comunicazione sia standard: Z-Wave ed EnOcean che proprietario: Apio. Per questo motivo sono stati associati agli EB differenti dongle/controller che si collegano a una porta USB dell'EB e consentono di comunicare con la rete multiprotocollo dei sensori, includere o escludere i dispositivi nella rete stessa.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche dei dongle impiegati nella sperimentazione

Tabella 3-Schede tecniche dei dongle associati all'EB

Caratteristiche	Dongle EnOcean	Dongle Z-Wave	Dongle Apio
Azienda:	Vitec	Aeotec	Apio s.r.l.
Modello	USB Dongle EnOcean USB300	Z-Stick Gen5	Apio Dongle
Descrizione e funzionalità:	• Alimentazione: USB tipo A • Potenza di trasmissione: 10 mW max • Temperatura di esercizio: 0 ° C a +40 ° C • Umidità di funzionamento: da 0% a 80% RH (senza condensa) • Dimensioni: 6,6 x 2,3 x 9 cm • Frequenza di trasmissione 868.3MHz • Range interno 5m – 30m	• Tipo di modulo: Controller Z-Wave • Interfaccia: USB • Alimentazione: USB 4,75 5,25 VDC ricaricabile al litio 3,7 V, 100 mAh • Attuale Max Standby: 30uA • Display a LED • Dimensioni: 1,4 x 2,8 x 6,9 cm • Frequenza di trasmissione 868.42 MHz • Range interno 30m (senza ostacoli)	• Controllore: AT mega256RFR2 • Cpu clock: 162MHz • Flash: 256K • SRAM: 32K • EEPROM:8 K • Firmware: preinstallato • Aggiornamento firmware: ApioSDK/manuale • Dimensioni: 5,6x2,5 cm • Radio: 2.4GHz IEEE 802.15.4 • Potenza RF: 3dBm
Foto:			



Figura 4- Foto EB installati nelle abitazioni

Per l'accesso agli EB configurati per la sperimentazione sono stati forniti due indirizzi per consentire l'accesso sia all'interno dell'abitazione (locale) che da remoto (cloud):

- Locale: <http://192.168.2.1:8086/app#/home>
- Cloud: <http://www.apio.cloud/app#/home>



Figura 5- Schermata di accesso ai servizi forniti dall'EB

In generale i privilegi di accesso alla piattaforma Apio sono di differente livello: Guest, Administrator, Super Administrator. Nella fase di sperimentazione agli utenti facenti parte del Team di ricerca è stato concesso il privilegio da Super Administrator, per consentirgli di creare nuovi utenti, cambiarne permessi, gestire le notifiche e gli oggetti, implementare business rule al fine di customizzare i servizi e l'interfaccia.

Per quanto riguarda il mezzo con cui interfacciarsi al sistema, gli utenti hanno utilizzato sia pc che smartphone a loro disposizione, per accedere ai servizi esposti come APP come riportato nelle figure a seguire.

In particolare le APP disponibili in questa fase sono state:

- App per l'installazione e configurazione nella rete domestica dei sensori Z-Wave.
- App relativa ad ogni sensore installato che consente di visualizzare real time tutte le grandezze misurate dal sensore ed esportare su file xls i dati acquisiti.

- Analytics: permette di controllare l'andamento di ogni oggetto, inoltre i grafici permettono di mettere in relazioni oggetti e periodi diversi.



Figura 6- Interfaccia grafica dell'EB con le APP dei sensori configurati.



Figura 7- Schermata relativa alla funzione Analytics

Infine per consentire l'analisi dei dati provenienti dal monitoraggio delle Smart Home pilota, anche in modalità off line, è stato sviluppato un Web Service di tipo Restful sulla piattaforma ApioOS richiamabili da applicativi ENEA in modalità automatica machine-to-machine, come descritto nel Report RdS/PAR2016/004.

2.2.3 Sensoristica dei casi pilota

Nella sperimentazione condotta, è stata testata l'interoperabilità e l'apertura del sistema prescelto, tramite l'integrazione di sensori che comunicano con l'EB attraverso tre differenti protocolli di comunicazione: Z-Wave, EnOcean ed un protocollo proprietario Apio.

I sensori impiegati sono tutti sensori commerciali e disponibili sul mercato, inoltre sono wireless pertanto non hanno richiesto nessuna cablatura in fase di installazione. Questi sono stati installati nelle abitazioni pilota dagli stessi utenti, proprio per verificarne la semplicità di installazione e configurazione.

Di seguito sono descritti sensori impiegati, suddivisi in funzione del protocollo di comunicazione e tipologia di impiego, mentre le schede tecniche dei singoli sensori impiegati sono riportate nell'Appendice 1.

2.2.3.1.1 Monitoraggio elettrico

Per il monitoraggio dei consumi elettrici generali di edificio è stato adottato il sensore denominato **Home Energy meter** (1 clamp) fornito dalla Aeotec. Il dispositivo è stato installato in corrispondenza dei quadri elettrici di ciascuna abitazione monitorata, infatti essendo dotato di una pinza amperometrica, consente la misura dell'energia elettrica consumata in tempo reale. Installato nel quadro elettrico, il misuratore di energia è in grado di rilevare il consumo totale dell'energia elettrica consumata in tempo reale. Questo Meter è alimentato direttamente nel quadro elettrico, senza bisogno di alcun alimentatore.



Figura 8- Meter installato in corrispondenza del Q.E. di due abitazioni

Lo stesso sensore è stato impiegato per monitorare la produzione di energia degli impianti fotovoltaici presenti nell'abitazione 3 e nelle abitazioni 4 e 5.

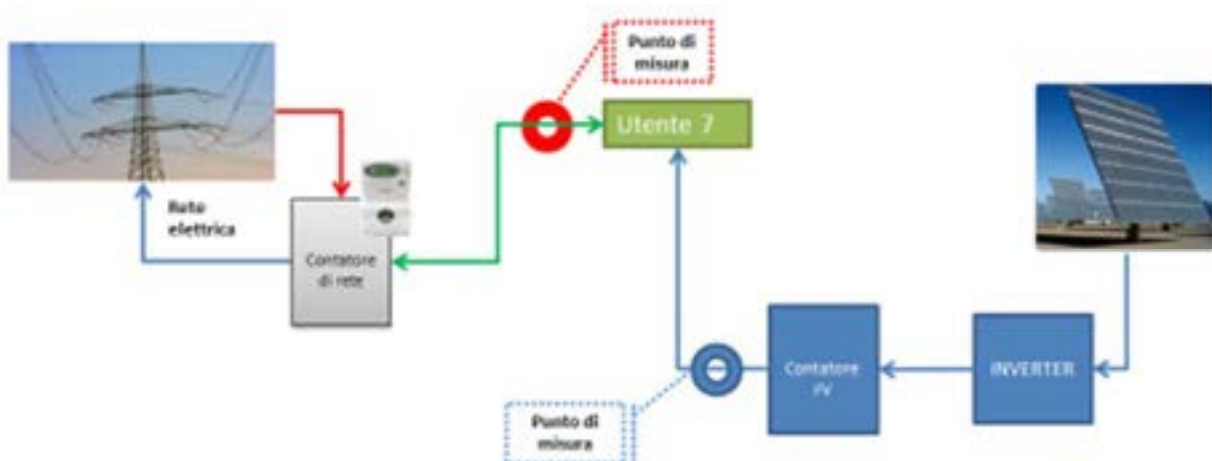


Figura 9- Punti di misura con pinza amperometrica presso l'abitazione 3

In particolare le abitazioni 4 e 5 condividono un unico impianto fotovoltaico, di seguito è riportato lo schema (fig.10) che illustra la posizione dei punti di misura, sia in corrispondenza del quadro elettrico delle due utenze che della produzione da rinnovabile.



Figura 10- a) Foto inverter contatore fotovoltaico; b) foto del Meter elettrico a monte del contatore di rete

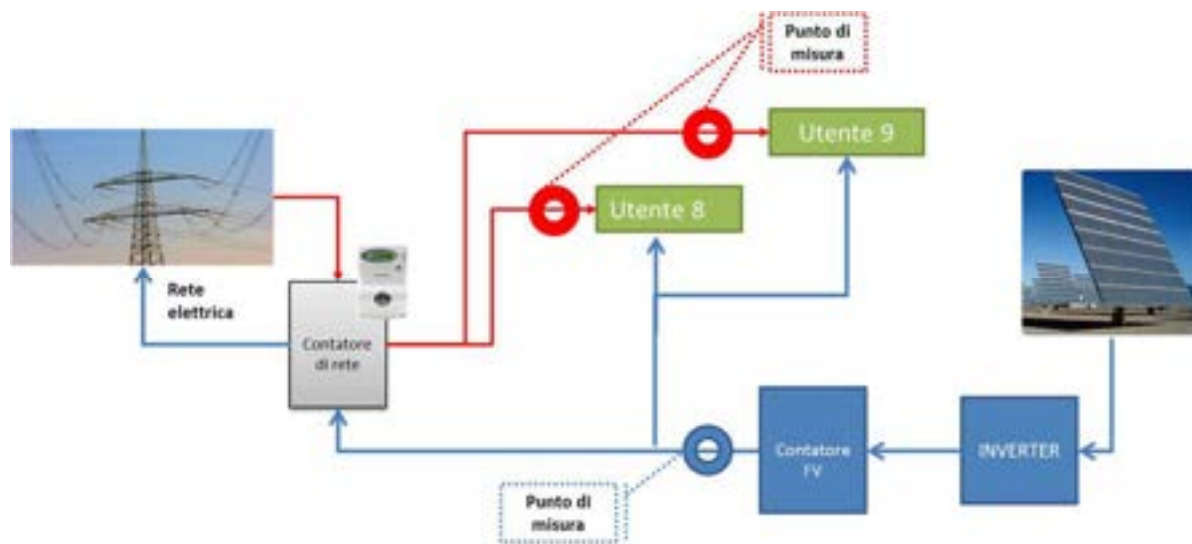


Figura 11- Punti di misura con pinza amperometrica presso le abitazioni 8 e 9
schema di installazione

2.2.3.1.2 Monitoraggio gas

Per il monitoraggio del gas sono stati selezionati due differenti dispositivi:

1. Indicatore consumo di gas a Apio:

L'indicatore di consumo di gas a livello di contatore con display Apio è un kit formato da 4 componenti:

- ApioDIN2
- Conta-Impulsi: Seneca Z-D-IN
- Sensore Magnetico
- Alimentatore 12V



Figura 12- Componenti del kit per la misura del gas APIO e sua installazione nell'abitazione 4

Il dispositivo è in grado di misurare il consumo di gas tramite lettura magnetica del contatore generale. Il posizionamento può variare da contatore a contatore ma il principio di funzionamento rimane invariato. Il sensore è infatti in grado di leggere ogni rotazione dell'indicatore interna al contatore, generando un impulso per ogni rotazione. L'impulso viene così trasmesso al conta-impulsi (SENECA Z-D-IN) e quindi viene registrato. La trasmissione Wireless del dato avviene grazie al dispositivo ApioDIN2 che interroga attraverso il protocollo MODBUS il Conta-impulsi e quindi invia il dato all'EB che ne permette la visualizzazione attraverso le sue App. Il dispositivo è stato installato presso il contatore del gas dell'utente 4 come in figura, purtroppo anche se correttamente configurato nella rete wireless non è risultato compatibile con il contatore presente nell'abitazione.

2. NorthQ Gas Reader (NQ-9021)

Tale dispositivo deve essere collegato al contatore del gas esistente tramite un spot magnetico o silver, a seconda del tipo di contatore presente nell'abitazione da monitorare:

- I contatori magnetici hanno un magnete su una delle loro cifre, di solito sull'ultima. Su un contatore magnetico, il fattore di impulso è scritto sulla parte anteriore, e rappresenta il numero di impulsi per m³ (ex 1 imp = 0,01 m³). La testa del sensore va montata nella scanalatura speciale del misuratore come riportato nella figura.



Figura 13- esempio di monitoraggio del gas su contatore magnetico

- I contatori ottici hanno un silver spot su una delle loro cifre, in genere sull'ultima. La testa del sensore va collocata in corrispondenza di questo numero. Dopo l'installazione parte dei numeri del contatore vengono oscurati.

Nella fase di sperimentazione è stato installato un North Q presso il contatore del gas dell'abitazione 5 e 1, non riuscendo ad individuare la posizione su cui installare lo spot magnetico è stato utilizzato un silver spot. Purtroppo il sensore non è risultato compatibile con i contatori esistenti e non si è riusciti ad ottenere la misura dei consumi del gas. In effetti si trattava, in entrambi i casi, di contatori di vecchia generazione in fase di sostituzione con contatori di nuova generazione. Nella fase di test sulle abitazioni si è quindi deciso di non acquisire la misura del consumo di gas, ma di rimandarla a quando la sostituzione dei contatori sarà completata.



Figura 14- Installazione del North Q Gas reader presso l'abitazione 5

2.2.3.1.3 Sensori per il monitoraggio indoor EnOcean.

Per il monitoraggio del confort indoor, in questa prima fase di sperimentazione, sono stati adottati sensori che impiegano protocollo EnOcean. Tali sensori sono integrati con celle solari, che ne assicurano l'alimentazione in condizioni ambientali normali, in media giornaliera di 200 lux, mentre la riserva di carica memorizzata nei condensatori fornisce l'alimentazione necessaria per la notte. Prima dell'uso questi sensori richiedono una prima carica, che può essere effettuata tramite esposizione alla luce del giorno prolungata: 5 ore per il sensore di temperatura e umidità e diversi giorni per quello di movimento e luminosità. In alternativa si può alimentare tramite il cavo presente sui sensori con alimentazione a 12 V cc, mentre è stata scartata a priori la cablatura del sensore in quanto non condivisa dagli utenti.

1. Sensore di temperatura e umidità Indoor (FIFT65S-wg)

Il sensore di umidità / temperatura indoor wireless fornito con un modulo solare misura costantemente l'umidità relativa tra 0 e 100% ($\pm 5\%$) e la temperatura tra -20 e $+60$ °C ($\pm 0,5$ °C). Un messaggio wireless viene inviato alla rete wireless in caso di cambiamento di umidità 2% e cambio di temperatura di $0,6$ °C. Un segnale di controllo segue ogni 100-3000 secondi a valori stabili a seconda dello stato di carica del sensore. Il sensori sono stati installati ad un'altezza compresa tra i 150 -160 cm da terra.



Figura 15-Esempi di posizionamento dei sensori di temperatura e umidità

2. Sensore di movimento / luminosità wireless (FBH65S-wg)

Il sensore misura la luminosità ambientale da 0 a 2000lux e trasmette un messaggio alla rete wireless ogni 100 secondi se la luminosità cambia di minimo 10 lux. Se il sensore rileva il movimento, esso invia un segnale immediatamente due volte.



Figura 16-Esempio di posizionamento del sensore movimento/luminosità associato a quello di temperatura/umidità

3. Sensore di apertura e chiusura porte e finestre (FTKB-rw)

Il sensore di contatto rileva l'apertura o chiusura della porta/finestra ed invia un segnale alla rete wireless, lo stato attuale viene comunque inviato ogni 20 minuti. Per l'alimentazione del sensore è necessaria una luminosità pari a 100 Lux, in alternativa può essere alimentato da una batteria interna CR2032 sufficiente per diversi anni. Il sensore è dotato di adesivi che ne consentono una semplice installazione, è comunque necessario che i due componenti del sensore (il contatto ed il magnete) siano allineati rispetto ad un punto fisso indicato su uno dei lati, inoltre non possono essere distanti di più di 5 mm. La funzione di questo sensore è quella di consentire la disattivazione dell'impianto di riscaldamento/raffrescamento presente nella abitazione quando viene rilevata l'apertura della finestra. Inoltre l'informazione relativa alla mancata chiusura di porte o finestra può essere utilizzata per abilitare strategia di controllo antieffrazione, o più in generale di sicurezza.



Figura 17- Sensore FTKB- rw installato su una finestra

2.2.3.1.4 Sensori per il monitoraggio indoor Z-Wave

1. Slim multisensor Z-Wave 4 in 1

Si tratta di un sistema multisensoriale che integra quattro diverse funzioni: rilevamento del movimento, di apertura di porta/finestra, sensore di temperatura e sensore di luce (luminanza).

Questo sensore è stato selezionato per essere posizionato sulla porta di ingresso dell'abitazione, soprattutto nel caso in cui non sia prevista l'installazione di ulteriori sensori per il monitoraggio indoor in quanto si presenta la soluzione più economica, questo può essere impiegato sia per la sicurezza, rilevazione di eventuali intrusi, che per l'automazione e gestione energetica. Il sensore è alimentato da batteria CR123 A 3V.



Figura 18- Sensore Slim multisensor installato sulla porta d'ingresso dell'abitazione 8

2. Smart plug

Le smart plug sono impiegate per la misura e controllo di un carico elettrico collegato ad una presa elettrica.

Il monitoraggio dei consumi di alcuni dispositivi tramite le smart plug è utile anche per la disaggregazione dei consumi elettrici a partire dal consumo aggregato fornito dal Meter a livello di quadro elettrico generale dell'appartamento.

Per quanto riguarda i carichi da monitorare nella sperimentazione si è scelto di monitorare preferibilmente i carichi controllabili, ovvero lavatrice, lavastoviglie, asciugatrice e scaldabagno, in vista di un loro possibile controllo in ottica DR. Inoltre sono stati monitorati carichi non interrompibili come frigorifero, forno ed altri

sempre per agevolare la disaggregazione dei dati e per ricostruire le modalità di comportamento degli utenti. L'installazione delle smart plug ha però presentato delle difficoltà soprattutto per gli elettrodomestici delle cucine componibili che sono difficilmente raggiungibili, in alcuni casi si è dovuto rinunciare in quanto il posizionamento del dispositivo avrebbe richiesto un parziale smontaggio dei pensili della cucina.



Figura 19- Smart plug associata ad un termoventilatore ed un microonde

Tabella 4- Associazione smart plug e carico controllato per ogni caso pilota

Caso d'uso	Forno	Microonde	Frigo	Lavatrice	Lavastoviglie	Termo ventilatore	TV	Lampada alogena	Scaldabagno
1		x	x	x				x	
2	x						x		
3			x	x			3x		
4			x	x	X	2x			
5	x	x	x		X		x		x

3. Smart switch

Il dispositivo consente la misura ed il controllo di un carico elettrico collegato ad un interruttore elettrico, tale dispositivo si presta ad essere impiegato per il monitoraggio e controllo degli split utilizzati nelle abitazioni in particolare per il raffrescamento estivo. Nella sperimentazione condotta, non avendo split presso le abitazioni testate, è stata testata la smart switch prodotta dall'azienda Aeon labs associata ad un interruttore che alimenta una lampada.



Figura 20- Smart switch collegato ad una lampada

4. Smart valve

Le smart valve, installate sulle valvole di ogni radiatore, hanno il compito di regolare la temperatura ambiente a seconda del livello di comfort scelto dall'utente. A differenza delle valvole tradizionali che possono mantenere nei singoli locali temperature costanti. Questa funzione garantisce un importante incremento dei vantaggi ottenibili con le valvole termostatiche tradizionali perché consente di utilizzare il riscaldamento solo dove e quando serve. Inoltre grazie alla funzione di scheduling implementata a livello di EB è possibile variare tali temperature in relazione all'ora e al giorno della settimana per ciascun ambiente. Nella sperimentazione condotta, sono state utilizzate tipologie di smart valve di due produttori diversi: Danfoss e Caleffi, con differente protocollo di comunicazione Z-Wave ed EnOcean. Per la loro installazione nelle case, in cui non erano già presenti valvole termostatiche è stato necessario sostituire la testina termostatica e successivamente installare la smart valve. Entrambe le soluzioni sono predisposte per essere controllate da remoto, mentre la Danfoss consente di impostare il set-point anche manualmente e di visualizzare tramite apposito display la temperatura di set-point prescelta.



Figura 21- Smart Valve: a sinistra Danfoss , a destra Caleffi

2.2.4 Piano di monitoraggio

Si è partiti dalla definizione di un kit di sensori, che è stato poi adattato alla reale possibilità di installazione che si sono presentate nelle abitazioni. In effetti solo alcuni dei sensori testati in laboratorio sono stati installati nelle abitazioni, mentre si è scelto di installare per alcuni sensori considerati particolarmente critici, come ad esempio le smart valve ed i sensori di monitoraggio ambientale indoor, differenti tipologie di sensori per verificarne il funzionamento.

I kit prevedevano un differente livello di dettaglio, l'obiettivo della sperimentazione era infatti quello di individuare un kit da riproporre nella sperimentazione del dimostrativo.

Tabella 5-Kit di installazione tipo

FUNZIONE	DEVICE	DESCRIZIONE	TIPOLOGIA		
			LIGHT	MEDIUM	FULL
Monitoraggio	METER elettricità	Power meter (1 Clamp 60A), v. G2	1	1	1
	METER gas	Registratore di consumo Gas per contatori NorthQ - 9121		1	1
	Multisensori	Slim multisensor Z-Wave 4in1	1 sulla porta d'ingresso	1 sulla porta d'ingresso	1 sulla porta d'ingresso
	Sensore temperatura/umidità	Eltako - FIFT65S-wg	-	1 per ogni stanza	1 per ogni stanza
	Sensore luminosità/movimento	Eltako - FBH65S-wg	-	-	1 per ogni stanza

	Sensore apertura/chiusura porte/finestre	Eltako - FTKB-rw	-	-	1 per ogni finestra apribile
Controllo	Smart valve	Radiator Thermostat Danfoss LC13		1 per ogni termosifone	1 per ogni termosifone
		Caleffi 210 WICAL Thermostat			
	Smart plug	Fibaro	2	4	6
	Smart switch	Interruttore On/Off occulto AeonLabs (G2) with metering			1 per ogni stanza
Energy Box	Gateway	Gateway Apio	1	1	1
	Dongle EnOcean	USB 300 EnOcean USB gateway per Radio 868mhz	1	1	1
	Dongle Z-Wave	Adattatore USB con batteria AeonLabs		1	1
	Dongle Apio				1

Per confrontare i costi delle diversi kit sono state individuate le configurazioni tipo per la gestione energetica di una abitazione prendendo come riferimento una abitazione di circa 100 mq con 6 vani dotata di un impianto di riscaldamento autonomo. Nella tabella seguente sono riassunti i kit di installazione con differente livello di dettaglio: high, medium, light ed i relativi costi. I costi dei singoli componenti sono quelli sostenuti da Enea per l'acquisto della sensoristica sul Mercato elettronico della Pubblica Amministrazione (MePA).

Tabella 6-Costo del Kit tipo

FUNZIONE	DEVICE	DESCRIZIONE	Costo unitario (€)	Numero di device per tipologia			Costo per tipologia		
				LIGHT	MEDIUM	FULL	LIGHT	MEDIUM	FULL
Monitoraggio	METER elettricità	Power meter (1 Clamp 60A), v. G2	98	1	1	1	98	98	98
	METER gas	Registratore di consumo Gas per contatori NorthQ - 9121	91		1	1	0	91	91
	Multisensori	Slim multisensor Z-Wave 4in1	59	1	1	1	59	59	59
	Sensore temperatura/umidità	Eltako - FIFT65S-wg	105		6	6	0	630	630
	Sensore luminosità/movimento	Eltako - FBH65S-wg	121			6	0	0	726
	Sensore apertura/chiusura porte/finestre	Eltako - FTKB-rw	80			6	0	0	480
Controllo	Smart valve	Radiator Thermostat Danfoss LC13	66		6	6	0	396	396
	Smart plug	Fibaro	60	2	4	6	120	240	360
	Smart switch	Interruttore On/Off occulto AeonLabs (G2) with metering	65			6	0	0	390
Energy Box	Gateway	Gateway Apio	289,00	1	1	1	289	289	289
	Dongle EnOcean	USB 300 EnOcean USB gateway per Radio 868mhz	42,03	1	1	1	42,03	42,03	42,03
	Dongle Z-Wave	Adattatore USB con batteria AeonLabs	69		1	1	0	69	69
Totali				6 device	22 device	43 device	608 €	1914 €	3630 €

Nella fase di installazione i kit ipotizzati nella tabella 5 sono stati adattati alle reali caratteristiche delle abitazioni. Nella tabella seguente sono indicati i sensori installati in ciascuna abitazione pilota, mentre la campitura evidenzia la tipologia di installazione: giallo-light, verde-medium, ciano-full per una descrizione dettagliata dell'installazione in ciascuna abitazione si rimanda all'Appendice 1.

Tabella 7- Elenco sensori installati nelle case pilota

FUNZIONE	DEVICE	DESCRIZIONE	Utente 3	Utente 4	Utente 7	Utente 8	Utente 9
Monitoraggio	METER elettricità	Power meter (1 Clamp 60A), v. G2	1	1	2		1+1
	METER gas	Registratore di consumo Gas per contatori NorthQ – 9121	1				1
		Indicatore consumo di gas Apio				1	
	Multisensori	Slim multisensor Z-Wave 4in1	1	1	1	1	
	Sensore temperatura/umidità	Eltako - FIFT65S-wg				6	7
	Sensore luminosità/movimento	Eltako - FBH65S-wg					7
	Sensore apertura/chiusura porte/finestre	Eltako - FTKB-rw					7
Controllo	Smart valve	Radiator Thermostat Danfoss LC13			3	4	7
		Caleffi 210 WiCAL Thermostat				3	
	Smart plug	Fibaro	4	2	4	5	6
	Smart switch	Interruttore On/Off occulto AeonLabs (G2) with metering	1			1	0
Energy Box	Gateway	Gateway Apio	1	1	1		1
	Dongle EnOcean	USB 300 EnOcean USB gateway per Radio 868mhz	1	1	1	1	1
	Dongle Z-Wave	Adattatore USB con batteria AeonLabs	1	1	1	1	1
	Dongle Apio	USB					1

2.2.5 Sincronizzazione dei dati dei casi pilota

I sensori adottati nella sperimentazione inviano un dato ad ogni variazione del parametro monitorato, da questo consegue che i dati disponibili in real time sono puntuali e con timestamp differenti da sensore a sensore. Tale caratteristica richiede un processo di sincronizzazione dei dati per allinearli a timestamp regolari, ovvero i dati devono essere aggregati al quarto d'ora al fine di creare una base di dati omogenei per le elaborazioni successive.

In questa annualità è stato implementato un meccanismo di sincronizzazione off-line giornaliero.

I dati provenienti dalle abitazioni monitorate, vengono collezionati in un DB locale a bordo di ciascun EB, dove vengono memorizzati temporaneamente, e dei quali viene effettuato giornalmente l'invio periodico al sistema cloud di aggregazione, che li ridireziona su "Server Enea" in formato Excel con struttura di cartelle annidata. Un ulteriore servizio li elabora con degli algoritmi per l'aggregazione e restituisce la stessa struttura annidata con file Excel giornalieri ma aggregati ogni 15 minuti. A questo punto i dati aggregati vengono così storicizzati in modo tale da poter effettuare qualsiasi tipo di selezione sui dati, tramite apposite query selettive, sui quali poter fare analisi ed elaborazioni. Nella figura seguente si schematizza il funzionamento descritto. Nell'annualità successiva verrà implementato il meccanismo di sincronizzazione on-line su EB.

Questa attività è stata condotta in collaborazione con l'Università di Politecnica delle Marche come descritto più in dettaglio nel report RdS/PAR2016/007.

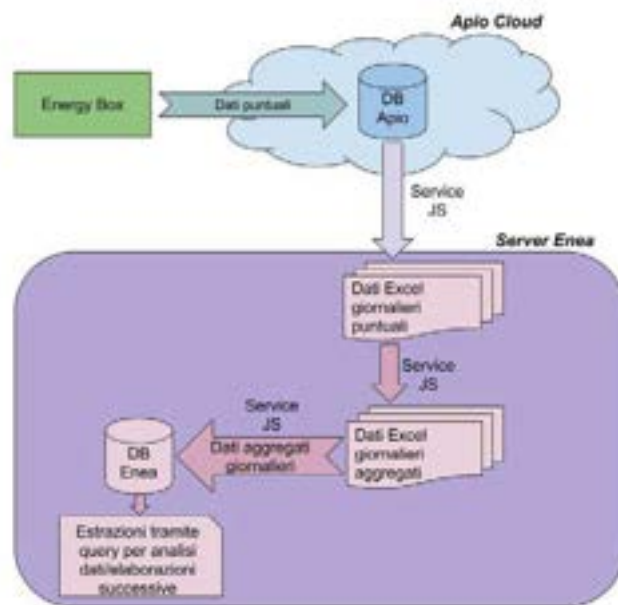


Figura 22 Flusso dei dati da EB a piattaforma aggregazione

2.2.6 Problematiche riscontrate

I dati acquisiti dai sensori installati nelle case pilota sono stati analizzati e sono accuratamente descritti nel Report RdS/PAR2016/008 – “Attività di monitoraggio energetico e ambientale, diagnostica ed energy engagement degli utenti degli use case”, tuttavia è possibile anticipare che durante la sperimentazione sono state riscontrate delle problematiche sui sensori installati.

Il monitoraggio del consumo generale di gas non è stato possibile in quanto i sensori testati, pur essendo funzionanti in laboratorio e correttamente integrati nell’EB, non sono risultati compatibili con i contatori presenti nelle case monitorate.

I sensori EnOcean, pur presentando l’indubbio vantaggio di poter funzionare in adversting, in fase di sperimentazione non hanno assicurato un funzionamento continuo nel tempo, soprattutto in quelle situazioni in cui all’interno dell’abitazione non era assicurato un sufficiente livello di illuminamento per garantire la ricarica del sensore tramite fotocellula. Il sensore che ha presentato maggiori discontinuità di funzionamento è stato il sensore di luminosità e movimento, mentre i sensori per il monitoraggio di apertura/chiusura e temperatura/umidità hanno offerto migliori prestazioni.

Delle due tipologie di smart valve testate, quelle prodotte dalla Danfoss è risultata la più semplice da installare e soprattutto la più agevole da utilizzare, in quanto offre la possibilità di impostare e soprattutto visualizzare il set-point di temperatura sia da remoto che manualmente risultando più gradita anche da parte degli utenti.

Gli smart switch, per essere installati in ogni stanza richiedono l’intervento di un elettricista qualificato inoltre gli utenti non hanno mostrato interesse nel controllo automatico dell’illuminazione indoor, pertanto in fase di sperimentazione ne è stato testato il funzionamento ma non è stata installata per l’automazione dell’illuminazione. Resa comunque l’unico dispositivo in grado di controllare carichi elettrici non dotati di spina, pertanto è risultata la soluzione compatibile al monitoraggio e controllo di eventuali pompe di calore presenti negli ambienti.

Sulla scorta dell’esperienza effettuata nella prima sperimentazione condotta si è deciso di:

- Prescindere dal monitoraggio del consumo generale di acqua e gas e di ricorrere, in alternativa, ai dati forniti dalle bollette.

- Sostituire i sensori per il monitoraggio indoor EnOcean con un unico sensore Z-Wave: Fibaro motion sensor in grado di monitorare temperatura, luminosità e movimento. Questa soluzione comporta la rinuncia al monitoraggio della umidità all'interno degli ambienti, ma d'altro canto consente la riduzione del numero di sensori da installare, ovvero un unico sensore al posto dei due precedentemente previsti fornendo in più l'informazione relativa alla presenza dell'utente nella stanza monitorata.

In sintesi si può concludere che la sperimentazione condotta ha consentito di semplificare il kit di installazione, infatti per il dimostrativo da realizzarsi si è deciso di utilizzare solo sensori con protocollo Z-Wave, eliminando pertanto i dongles di altri protocolli, con il risultato di ridurre il numero complessivo di sensori da installare e di conseguenza anche i costi di installazione.

3 Progettazione dei servizi di aggregazione.

La disponibilità dei dati provenienti dalla sperimentazione in campo ha consentito di disporre di un set di dati su cui progettare e sviluppare i servizi da offrire agli utenti, questi si riferiscono alle funzionalità da implementare a livello di Aggregatore e che sono state delineate nella scorsa annualità nel report RdS/2015/015 relative ai casi d'uso "Energy Box - Aggregatore" e "Aggregatore-Utente".

I dati monitorati a livello di abitazione dai sensori presenti vengono trasmessi real time alla piattaforma cloud di aggregazione, a questo livello i dati "grezzi" vengono integrati ed elaborati per ottenere informazioni più astratte di livello superiore.

In questa annualità è stata implementata la piattaforma di aggregazione per consentire di offrire agli utenti i servizi di diagnostica ed della reportistica sui consumi con scadenza periodica.

I dati raccolti nella sperimentazione di quest'anno sono stati analizzati off-line per consentire una verifica del dato acquisito in termini di grandezza misurata e frequenza di acquisizione, ovvero una prima diagnostica low level, che ha consentito di verificare il funzionamento del sistema nel suo complesso. Grazie a questi dati è stato possibile valutare la robustezza e affidabilità del sistema e convalidare le scelte tecnologiche effettuate, fatti salvi alcuni sensori EnOcean come descritto nel capitolo precedente.

Sono quindi stati sviluppati gli algoritmi di pre-elaborazione dei dati per la loro verifica e sincronizzazione dei dati che vengono acquisiti in diversi timestamp, tale funzionalità verrà implementata direttamente a livello di EB nella prossima annualità. Mentre alcuni algoritmi di diagnostica low level sono già stati implementati a livello di EB come descritto nel report RdS/2016/003. In particolare è stata sviluppata una regola diagnostica in grado di rilevare malfunzionamenti di dispositivi elettrici monitorati tramite smart plug basata sull'individuazione di valori di potenza anomali. Così come è stata realizzata un'apposita App dinamica che rileva tutti i sensori attualmente installati e ne visualizza eventuali anomalie, mandando dei warning all'utente qualora se ne verificano.

A livello di piattaforma di aggregazione i dati acquisiti sono stati immagazzinati in un DB ed organizzati per effettuare analisi ed elaborazioni successive.

I dati collezionati per gli edifici oggetto di studio sono stati successivamente analizzati per ricavare profili di carico elettrico tipologici relativi al consumo totale e di singoli elettrodomestici. La diagnostica a livello di Aggregatore è stata condotta attraverso una consistente e opportuna comparazione con profili di carico derivanti da indagini di letteratura. Questa tipologia di analisi ha anche consentito di individuare opportunità di implementazione di strategie di DR. Infine i dati sono resi disponibili per la visualizzazione da parte dell'utente tramite apposita interfaccia (Web service, App su smartphone) come sintetizzato nella figura seguente.

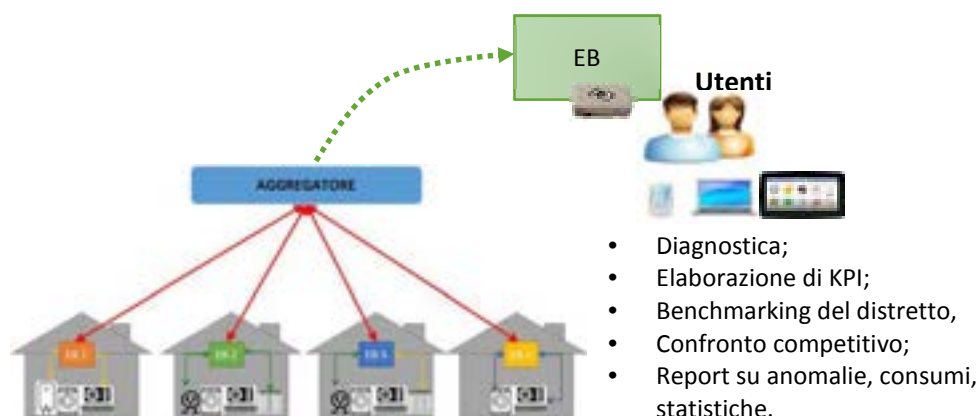


Figura 23- Servizi offerti a livello di Aggregatore

Le attività svolte in questa annualità hanno permesso lo sviluppo prototipale della piattaforma di aggregazione e delle sue funzionalità.

Di seguito sono descritte in dettaglio le attività effettuate.

3.1 Descrizione DB Apio Cloud

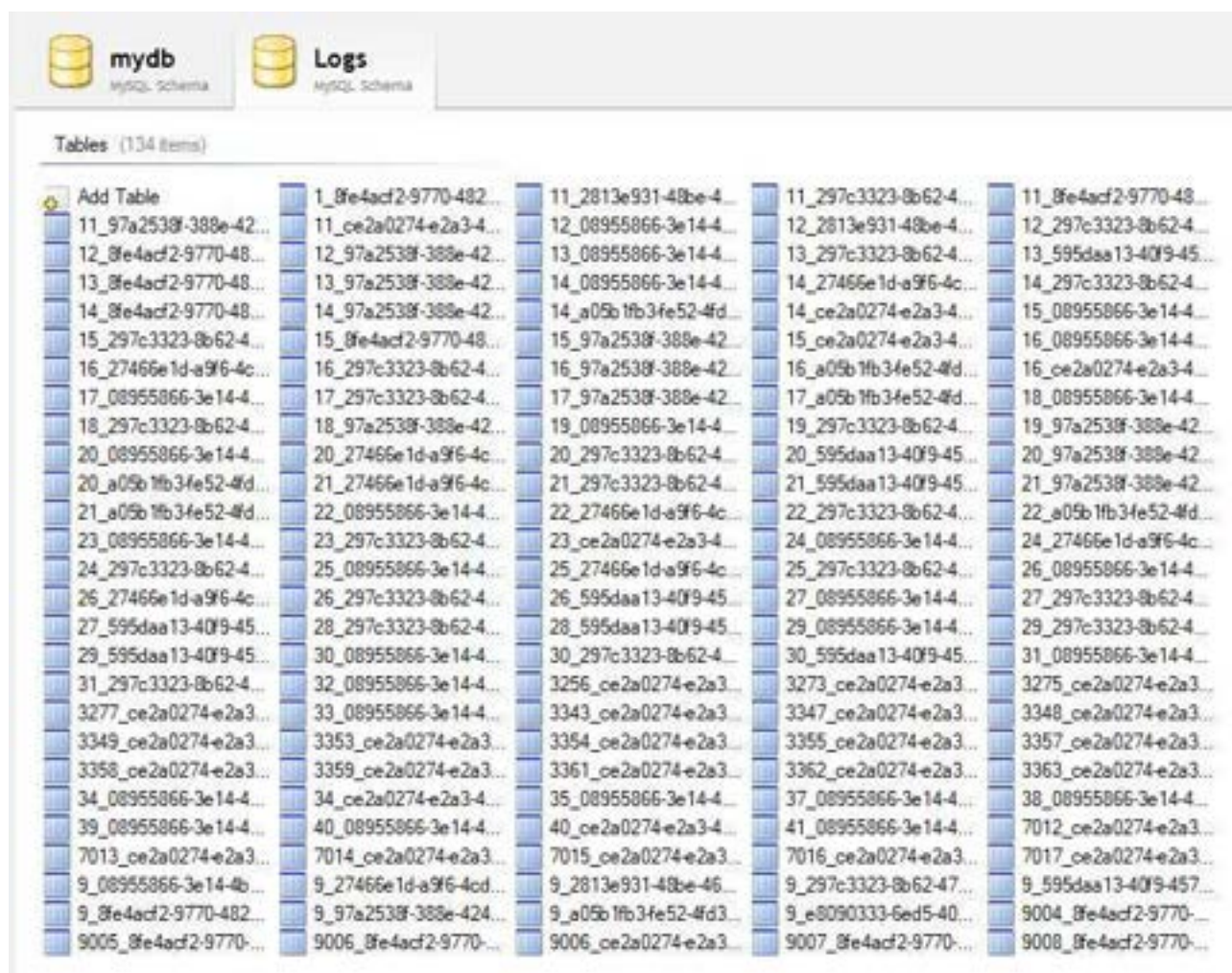
3.1.1 Descrizione struttura generale DB

In questa annualità si è intrapresa la progettazione del DB dell'Aggregatore, che attualmente coincide con il DB Apio Cloud rappresentato nella figura 21 del precedente capitolo.

Il Data Base MySql nel cloud è strutturato in questo modo: presenta uno schema chiamato "Logs" che contiene tutti i dati relativi ai vari sensori installati in ciascuna abitazione monitorata.

La schema "Logs", contiene al suo interno svariate tabelle, ognuna riferita ad un determinato sensore, associato ad uno specifico EB.

Occorre fare alcune premesse sul modello dei dati Apio, ciò è infatti necessario per capire come è identificato ciascun sensore corrispondente ad una tabella in "Logs".



mydb MySQL Schema		Logs MySQL Schema	
Tables (134 items)			
Add Table	1_8fe4acf2-9770-482...	11_2813e931-48be-4...	11_297c3323-8b62-4...
11_97a2538f-388e-42...	11_ce2a0274-e2a3-4...	12_08955866-3e14-4...	12_2813e931-48be-4...
12_8fe4acf2-9770-48...	12_97a2538f-388e-42...	13_08955866-3e14-4...	13_297c3323-8b62-4...
13_8fe4acf2-9770-48...	13_97a2538f-388e-42...	14_08955866-3e14-4...	14_27466e1d-a9f6-4c...
14_8fe4acf2-9770-48...	14_97a2538f-388e-42...	14_a05b1fb3fe52-4fd...	14_ce2a0274-e2a3-4...
15_297c3323-8b62-4...	15_8fe4acf2-9770-48...	15_97a2538f-388e-42...	15_ce2a0274-e2a3-4...
16_27466e1d-a9f6-4c...	16_297c3323-8b62-4...	16_97a2538f-388e-42...	16_a05b1fb3fe52-4fd...
17_08955866-3e14-4...	17_297c3323-8b62-4...	17_97a2538f-388e-42...	17_a05b1fb3fe52-4fd...
18_297c3323-8b62-4...	18_97a2538f-388e-42...	19_08955866-3e14-4...	19_297c3323-8b62-4...
20_08955866-3e14-4...	20_27466e1d-a9f6-4c...	20_297c3323-8b62-4...	20_595daa13-40f9-45...
20_a05b1fb3fe52-4fd...	21_27466e1d-a9f6-4c...	21_297c3323-8b62-4...	21_595daa13-40f9-45...
21_a05b1fb3fe52-4fd...	22_08955866-3e14-4...	22_27466e1d-a9f6-4c...	22_297c3323-8b62-4...
23_08955866-3e14-4...	23_297c3323-8b62-4...	23_ce2a0274-e2a3-4...	24_08955866-3e14-4...
24_297c3323-8b62-4...	25_08955866-3e14-4...	25_27466e1d-a9f6-4c...	25_297c3323-8b62-4...
26_27466e1d-a9f6-4c...	26_297c3323-8b62-4...	26_595daa13-40f9-45...	27_08955866-3e14-4...
27_595daa13-40f9-45...	28_297c3323-8b62-4...	28_595daa13-40f9-45...	29_08955866-3e14-4...
29_595daa13-40f9-45...	30_08955866-3e14-4...	30_297c3323-8b62-4...	30_595daa13-40f9-45...
31_297c3323-8b62-4...	32_08955866-3e14-4...	3256_ce2a0274-e2a3...	3273_ce2a0274-e2a3...
3277_ce2a0274-e2a3...	33_08955866-3e14-4...	3343_ce2a0274-e2a3...	3347_ce2a0274-e2a3...
3349_ce2a0274-e2a3...	3353_ce2a0274-e2a3...	3354_ce2a0274-e2a3...	3355_ce2a0274-e2a3...
3358_ce2a0274-e2a3...	3359_ce2a0274-e2a3...	3361_ce2a0274-e2a3...	3362_ce2a0274-e2a3...
34_08955866-3e14-4...	34_ce2a0274-e2a3-4...	35_08955866-3e14-4...	37_08955866-3e14-4...
39_08955866-3e14-4...	40_08955866-3e14-4...	40_ce2a0274-e2a3-4...	41_08955866-3e14-4...
7013_ce2a0274-e2a3...	7014_ce2a0274-e2a3...	7015_ce2a0274-e2a3...	7016_ce2a0274-e2a3...
9_08955866-3e14-4b...	9_27466e1d-a9f6-4cd...	9_2813e931-48be-46...	9_297c3323-8b62-47...
9_8fe4acf2-9770-482...	9_97a2538f-388e-424...	9_a05b1fb3fe52-4fd3...	9_e8090333-6ed5-40...
9005_8fe4acf2-9770...	9006_8fe4acf2-9770...	9006_ce2a0274-e2a3...	9007_8fe4acf2-9770...
			9008_8fe4acf2-9770...

Figura 24-Schema Logs del DB

Nel modello dati Apio gli oggetti sono formati hanno un UUID (Universally unique identifier), che rappresenta un identificativo univoco universale per ciascun dato.

A sua volta, l' UUID è la composizione di ObjectID e APIOID, seguendo la seguente composizione: ObjectID_APIOID.

Si avrà quindi: UUID: ObjectID_APIOID

L'ObjectID identifica un oggetto all'interno di un sistema, ovvero ciò corrisponde in questo caso all'ID identificativo di uno specifico sensore all'interno di una determinata abitazione.

L'APIOID identifica invece un sistema, quindi nel nostro caso l'EB relativo ad una specifica abitazione, dove il sensore è posizionato.

Ad esempio prendiamo il gateway ENEA3 (facente parte delle abitazioni monitorate per la sperimentazione e appartenete all'utente 3), al suo interno avremo diversi sensori configurati, relativi all'abitazione dell'utente 3, che sono identificati da diversi objectID, mentre il sistema ENEA3 è identificato da un APIOID.

Supponiamo che esista un sensore Energy Meter all'interno dell'abitazione dell'utente 3 e che esso abbia ObjectID: 21.

Supponiamo inoltre che il sistema ENEA3 abbia Apioid: 27466e1d-a9f6-4cde-a043-d25abebda469. Allora l'UUID che mi identifica il sensore Energy Meter all'interno dell'abitazione dell'utente 3 sarà: 21_27466e1d-a9f6-4cde-a043-d25abebda469.

L'UUID è l'identificativo utilizzato per ciascun sensore, ed è quindi il nome che viene attribuito alla relativa tabella all'interno dello schema "Log".

3.1.2 Descrizione singola tabella DB

Come detto in precedenza, le tabelle di cui si compone il DB "Logs" identificano quindi univocamente il singolo sensore e pertanto contengono tutti i dati ad esso associati:

- ID: id auto incrementale che identifica univocamente i record in ogni tabella e ne costituisce la chiave primaria (Primary Key).
- Property: Proprietà associate al sensore o all'app in questione. Dipendono dalla tipologia del sensore o dell'app. Di queste fanno parte anche le grandezze rilevate e misurate dal sensore, ma anche feedback di azioni di controllo (ad esempio on/off).
- Timestamp: identifica la data e l'ora alla quale la property si riferisce.

Per quanto riguarda le proprietà associate a ciascun sensore, che quindi ritroviamo tra le Property nel DB, le elenchiamo brevemente nella seguente tabella:

Tabella 8-Sensori installati e proprietà

TIPO SENSORE	MARCA	PROPRIETA'
Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
Home Energy Meter (Consumo generale)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy
Home Energy Meter (Fotovoltaico)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy
Home Security	Zipato	Access control, Battery, Brightness, Presence, Temperature
Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
Micro Smart Switch (lampada)	Aeon Labs	Power, Switch
Smart Plug (tv)	Fibaro	Power, Switch
Smart Valve	Danfoss	Setpoint, Setpoint attuale, Batteria
Smart Valve	Caleffi	Setpoint, Setpoint attuale, Temperature, Open/Close
Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity

3.1.3 Diagrammi ER degli appartamenti monitorati

Abbiamo detto fin ora, quindi, come i dati vengono storicizzati all'interno del DB Cloud.

Vediamo ora, per ciascun caso studio, nel dettaglio le singole tabelle, relative ad ogni sensore installato in una specifica abitazione. Nella seguente immagine è possibile vedere come i dati vengono rappresentati e raccolti all'interno del DB, attraverso i relativi diagrammi ER, raggruppati per casi studio, come riportato in Appendice3

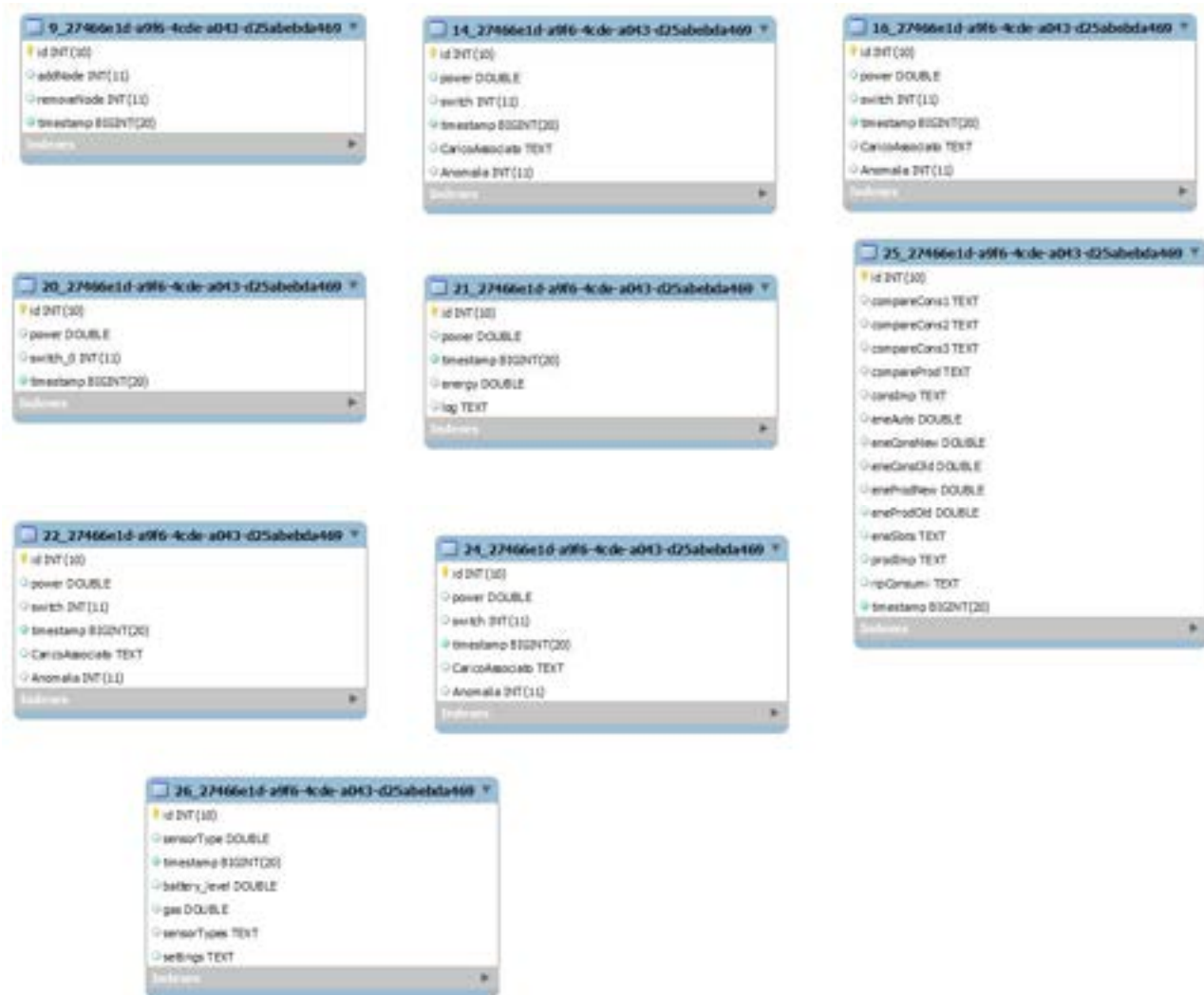


Figura 25- ER Caso studio Utente 1

I dati raccolti nella struttura illustrata sono stati sottoposti ad analisi successive, per le quali si rimanda al capitolo 3.3.

Nella successiva annualità si procederà allo sviluppo ulteriore del cloud Aggregatore il cui DB sarà un estensione del modello dati appena descritto, come rappresentato nella figura che segue.

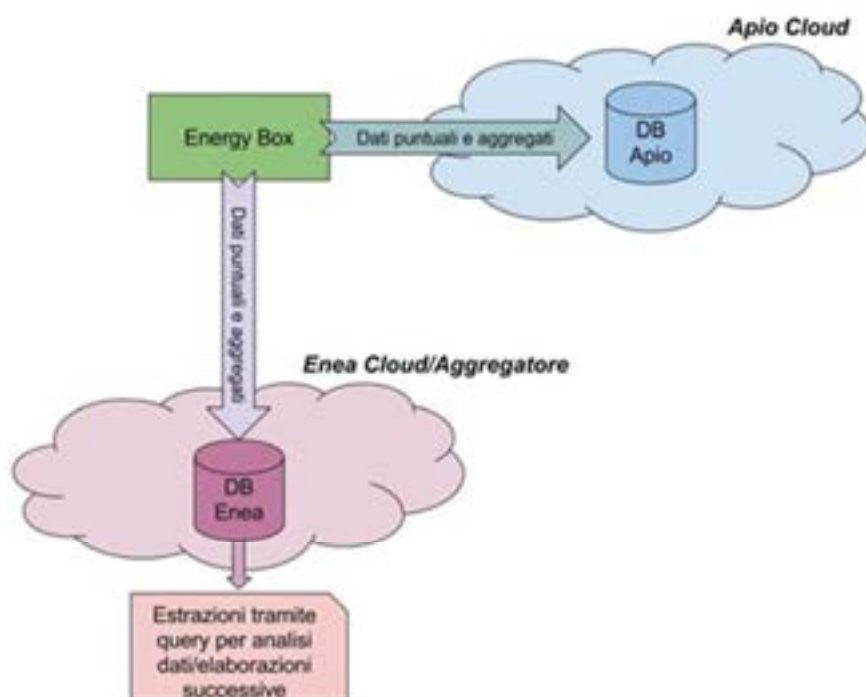


Figura 26- Schema dell'architettura del DB

3.2 Sviluppo di algoritmi per diagnostica avanzata, benchmarking e feedback all'utente

In collaborazione con il Politecnico di Torino sono state condotte le attività relative allo sviluppo di algoritmi per diagnostica avanzata, benchmarking e feedback all'utente, come descritto in dettaglio nel Report RdS/PAR2016/008 – “Attività di monitoraggio energetico e ambientale, diagnostica ed energy engagement degli utenti degli use case”, di seguito se ne sono sintetizzati i risultati utili alla progettazione dei servizi di aggregazione.

3.2.1 Analisi dei dati monitorati negli edifici pilota

L'analisi dei dati collezionati nei diversi edifici pilota ha riguardato in primo luogo la valutazione della qualità dei dati di monitoraggio per evidenziare eventuali criticità di acquisizione e trasmissione dei dati.

I dati collezionati nei diversi casi di studio sono stati estratti dalla piattaforma di acquisizione e successivamente elaborati. In questa fase di analisi, per ogni edificio pilota monitorato sono stati analizzati i dati di potenza e energia elettrica per verificarne il loro possibile impiego nelle successive fasi di elaborazione. Tale analisi ha consentito in corso di sperimentazione di migliorare e in alcuni casi anche correggere gli algoritmi di sincronizzazione e aggregazione dei dati, ed ha validato il sistema prescelto.

3.2.2 Tendenze e distribuzioni

In questa attività sono state condotte analisi descrittive dei dati provenienti dai diversi edifici pilota attraverso elaborazioni di statistica descrittiva quali istogrammi, analisi in frequenza, mappature di consumo giornalieri, al fine di estrarre le principali caratteristiche di consumo dei diversi appartamenti.

A titolo di esempio si riporta di seguito l'analisi effettuata per un caso di studio.

Dall'elaborazione delle misure ottenute attraverso l'attività di monitoraggio è possibile ricavare, oltre ai profili temporali delle potenze medie nel tempo relative ai singoli apparecchi, anche grandezze volte ad una caratterizzazione statistica descrittiva dei consumi energetici totali di ciascun appartamento. In particolare sono stati calcolati:

- i valori massimo, minimo, medio e deviazione standard delle potenze di ciascun apparecchio monitorato per periodi consistenti e significativi;
- i quartili delle distribuzioni di potenza e/o energia totali e per i diversi apparecchi monitorati;
- la frequenza e la frequenza cumulata dei valori misurati, e delle loro variazioni, sul periodo esaminato.

Nell'analisi della caratterizzazione energetica di un appartamento assume particolare rilevanza l'esame delle curve di distribuzione in frequenza e di frequenza cumulata. La frequenza cumulata di una grandezza, riferita allo specifico periodo di rilevazione, associa ad ogni valore della grandezza esaminata la percentuale di occorrenza in cui la grandezza stessa è risultata inferiore al valore considerato.

L'istogramma presentato in fig. 27 mostra l'andamento in frequenza e frequenza cumulata dei consumi dell'appartamento n.1 misurati dal sensore "energy meter" nel periodo 07/05/2017-23/07/17. Il grafico deve essere letto in combinazione con il box plot presentato in figura 28, che rappresenta la distribuzione in termini di percentili della distribuzione statistica dei consumi.



Figura 27 Andamento in frequenza dei consumi dell'edificio pilota n.1

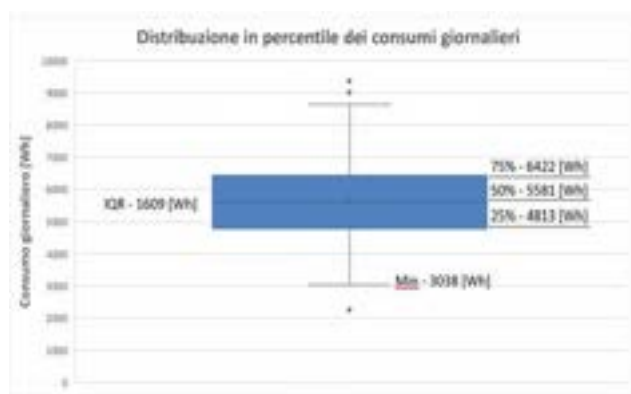


Figura 28 Distribuzione in frequenza attraverso rappresentazione box plot dei consumi dell'edificio pilota n.1

La caratterizzazione di ciascun appartamento è stata poi effettuata tramite l'identificazione del consumo medio giornaliero per una settimana tipica. In Figura 299 viene riportata la mappatura dei consumi medi giornalieri dell'edificio pilota n.1. Come si può vedere dal grafico, l'andamento dei consumi rimane pressoché invariato durante la settimana. A conferma dell'elaborazione condotta e rappresentata nella figura successiva **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, la media dei consumi è di circa 5600 Wh.

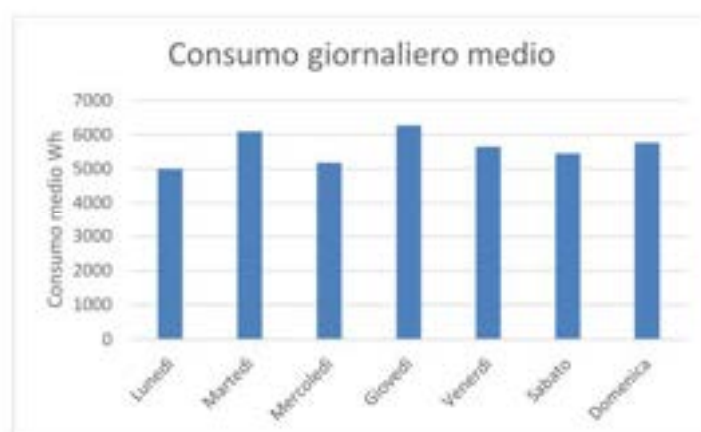


Figura 29 Consumi medi giornalieri di energia elettrica per l'edificio pilota n.1.

3.2.3 Identificazione della tipologia di utente.

L'analisi statistica dei dati provenienti da ciascun edificio pilota è stata propedeutica per la caratterizzazione della tipologia di utente prevalente di ciascun appartamento. Sulla base dell'energia media consumata, gli utenti dei 5 diversi casi di studio sono stati caratterizzati come "Standard", "Sostenibile", "Non sostenibile". Risulta quindi opportuno ricordare che il consumo di energia elettrica risulta dipendere da:

- Il numero di persone che vivono nell'abitazione;
- Il comportamento degli utenti riguardo le abitudini d'uso degli apparecchi elettrici;
- Il numero e la tipologia degli apparecchi elettrici presenti in abitazione;
- Le caratteristiche dell'abitazione.

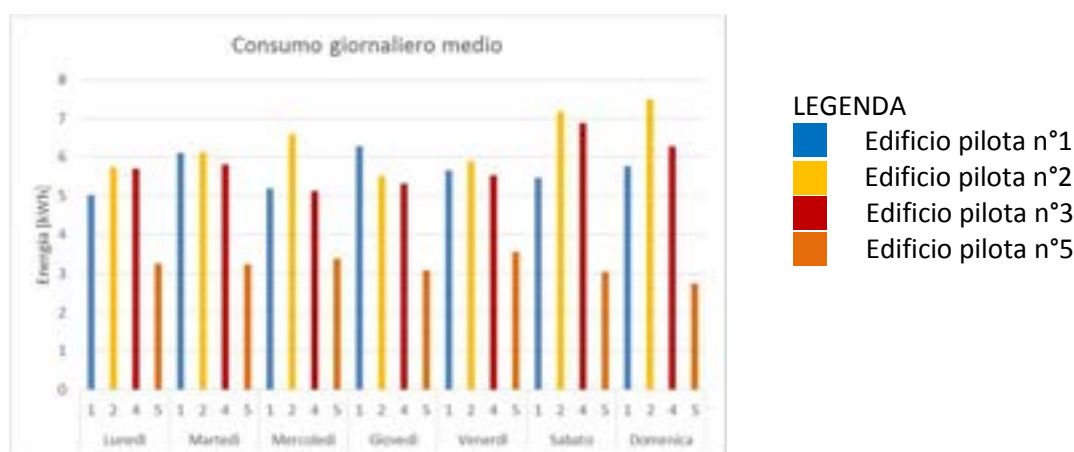


Figura 30 Consumo medio giornaliero in 4 casi pilota.

L'andamento dei consumi medi giornalieri per ciascun appartamento pilota risulta indicativo per la caratterizzazione della tipologia di utenza. Infatti, attraverso un confronto effettuato all'interno del campione, dal grafico in figura 30, si nota come i dati provenienti dall'edificio pilota n.5 delineino un andamento dei consumi inferiore agli altri edifici pilota durante tutta la settimana, mentre l'edificio pilota n. 2 sembra essere quello più energivoro. Inoltre, negli edifici pilota n.2 e n.4 si riscontra un consumo energetico maggiore nel weekend; nell'edificio pilota n.5, invece, nei fine settimana, il consumo diminuisce. A questa caratterizzazione in termini di uso assoluto di energia elettrica, deve essere, quindi, apportata una prima normalizzazione rispetto al numero di utenti presenti in abitazione. Pertanto, il grafico in fig. 31 rappresenta il consumo di energia per persona.

A partire da questa normalizzazione, considerando quindi il numero di persone che vivono i diversi appartamenti pilota, emerge che l'edificio pilota n.2 continua a risultare il più energivoro, mentre l'edificio pilota n.5 risulta avere un consumo pro capite minore rispetto gli altri casi di studio. Tra queste due grandi caratterizzazioni, si possono notare anche altri comportamenti: l'edificio pilota n.1 ha un comportamento pressoché invariato durante tutta la settimana, mentre l'edificio pilota n.4 sembra assumere un comportamento decisamente più energivoro durante il weekend.

Per caratterizzare il comportamento degli utenti in ciascun edificio pilota occorre inoltre effettuare una seconda normalizzazione rispetto alla superficie utile di abitazione. In questo modo eventuali scostamenti dovuti a metrature differenti degli appartamenti vengono presi in considerazione.

Dal grafico in Figura 3232 si evince che, in questo caso, l'appartamento dell'edificio pilota n.1 risulta il più energivoro: la superficie dell'appartamento è circa la metà dei restanti 3 casi di studio ma il numero di apparecchiature installate risulta essere analoga a quella degli appartamenti più grandi. Il caso studio n.5 risulta anche in questo caso essere quello con consumi minori.



Figura 31 - Consumo medio giornaliero pro capite in 4 casi pilota.

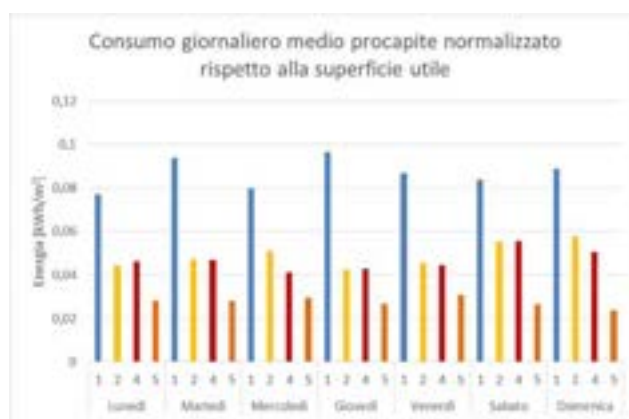


Figura 32- Consumo medio giornaliero per m² di abitazione in 4 casi pilota.

3.2.4 Caratterizzazione dei profili di carico

Ciascun edificio pilota è stato analizzato secondo i profili di consumo elettrico totale nel tempo. Una prima analisi viene fatta per caratterizzare il consumo medio settimanale nel periodo di indagine di ciascun appartamento. Nella figura successiva viene riportato l'andamento della potenza media oraria relativa ai soli giorni feriali (linea rossa), ai soli fine settimana (linea verde) e a tutto il periodo monitorato (linea blu) per l'edificio pilota numero 1. Dal grafico si evince come il profilo orario di potenza elettrica assorbita durante i sabati e domeniche delinea una maggiore attività durante le ore del mattino con uno shift di 2 ore rispetto a quello dei giorni feriali.

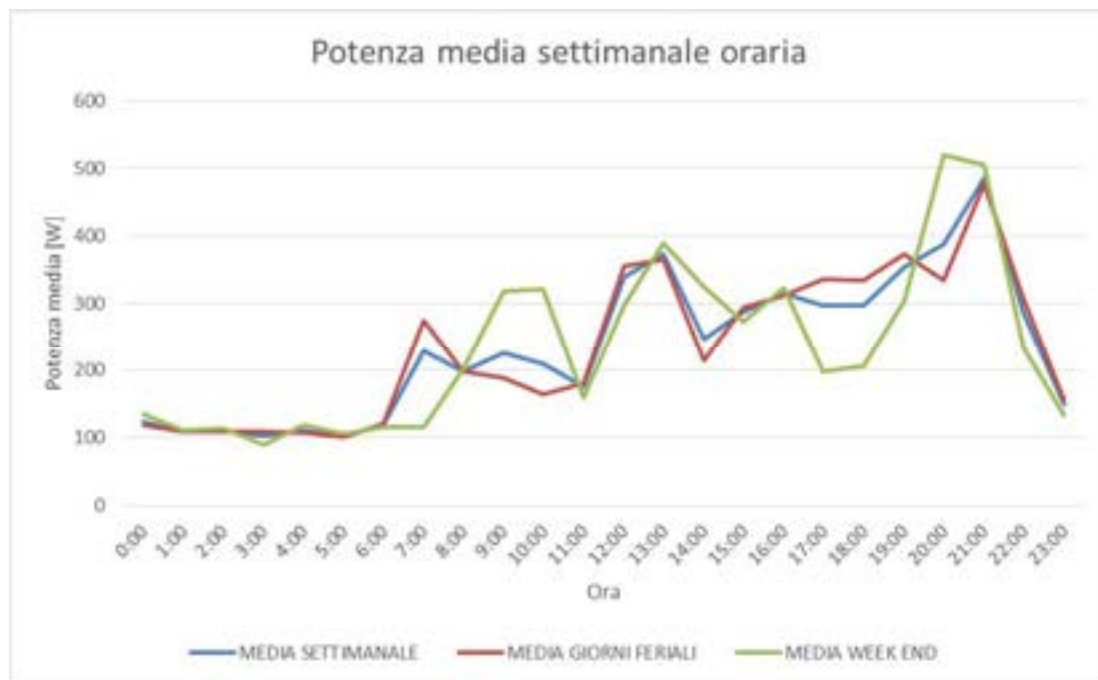


Figura 33 Profilo settimanale di utilizzo dell'energia elettrica

A valle di queste analisi di profilo di carico a livello di singolo appartamento, è stata successivamente condotta anche un'ulteriore indagine volta a confrontare tra di essi i casi studio. Ciò mira ad individuare pattern tipologici che possano caratterizzare in modo distintivo o accumunare determinate utenze.

Per poter condurre un'analisi comparativa la normalizzazione dei profili di carico risulta essere un passaggio fondamentale poiché, per quanto affermato precedentemente, gli appartamenti oggetto di analisi sono soggetti ad eterogeneità dal punto di vista della potenza elettrica installata. Per far sì che le analisi a livello di Aggregatore possano essere condotte è necessario rendere i profili di assorbimento elettrico indipendenti dalla loro stessa dimensionalità. Ciò che risulta essere oggetto di analisi quindi è strettamente legato alla sola variazione nel tempo dei carichi elettrici.

La normalizzazione è stata effettuata calcolando lo share di consumo di energia elettrica oraria rispetto al consumo totale giornaliero. Successivamente i profili giornalieri su base oraria così normalizzati sono stati mediati sia rispetto all'intero periodo di monitoraggio che rispetto ai singoli giorni della settimana.

Nella figura 34 sono mostrati a titolo di esempio i profili rappresentativi per il caso pilota n.2. Come si evince, questo appartamento non risulta essere soggetto a variazioni di profili di carico significative durante la settimana a meno di un picco di potenza media oraria tipica dei weekend attorno alle 10:00 che non si registra nei restanti giorni. Da queste analisi a livello di profilo orario si possono ricavare alcuni pattern di consumo caratteristici estremamente utili ad una successiva caratterizzazione dei profili comportamentali di utenza. Per questo caso studio ad esempio è possibile riscontrare un profilo di utenza che svolge attività prettamente serali con assorbimenti di potenza elettrica che si protraggono durante le prime ore della notte fino al raggiungimento di un valore di consumo medio che rimane costante attorno alle ore 02:00. Durante le ore serali comprese tra le 18:00 e le 21:00 gli utenti consumano mediamente più del 20% del loro fabbisogno di energia elettrica giornaliera.

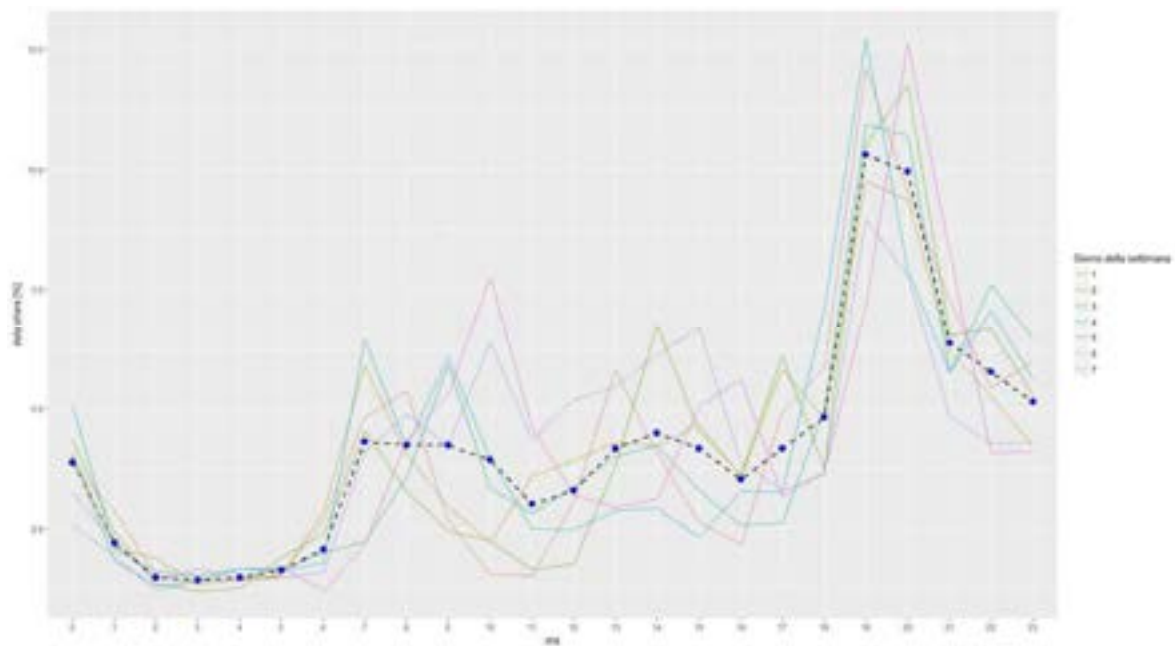


Figura 34 profili di riferimento dell'appartamento pilota n. 2

In Figura 35 invece sono riportati i profili di riferimento dell'appartamento pilota n.4. Per questo appartamento gli utenti tendono ad avere un utilizzo maggiore dei dispositivi elettrici in due periodi della giornata a differenza del caso studio precedentemente discusso. In questo caso infatti si registrano picchi di potenza elettrica in concomitanza delle ore pasto con un raggiungimento di un consumo costante notturno intorno alle 23:00. Infatti mediamente alle 15:00 e alle 21:00 si registra un assorbimento pari a circa i 8-10 % di quello giornaliero ad eccezione della domenica durante la quale il picco diurno corrisponde ad un valore di share giornaliero di circa 15%. In questo caso studio le attività svolte all'interno dell'appartamento non si protraggono durante le ore notturne e sembrano essere soggette ad una certa ripetitività durante i giorni della settimana.

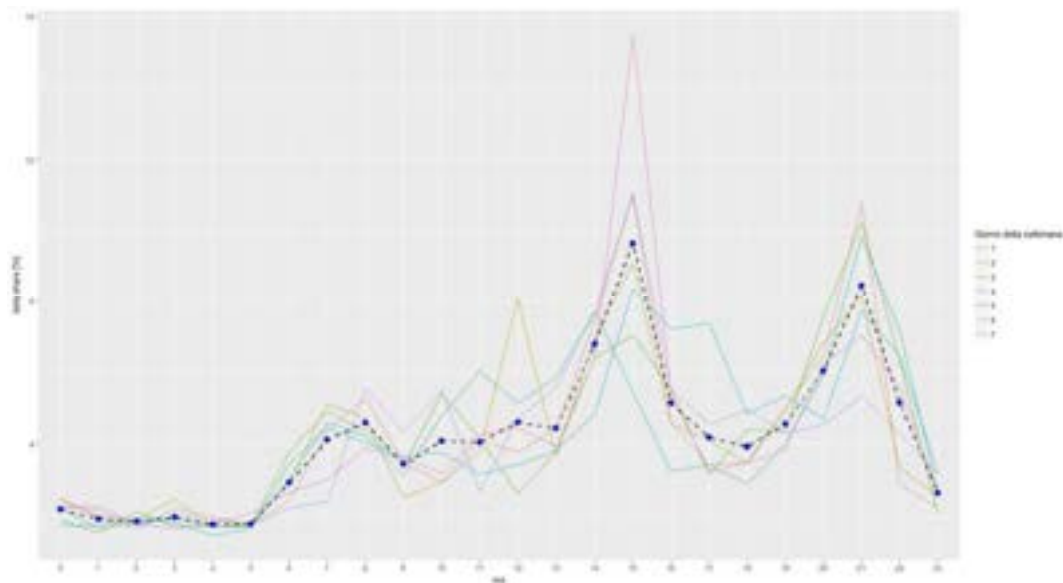


Figura 35 profili di riferimento del caso studio n.4

3.2.5 Individuazione di profili di carico di riferimento per condurre analisi diagnostiche

La definizione di profili di riferimento è utile a operare analisi comparative con i profili medi dei casi pilota analizzati al fine di individuare procedure diagnostiche a livello di Aggregatore basate su similarità e convergenze di tendenza. In Figura 366 sono riportati per 4 casi pilota i profili giornalieri di potenza media oraria, con aggiuntiva specifica del profilo medio relativo ai soli giorni feriali (linea rossa) e ai fine settimana (linea blu).

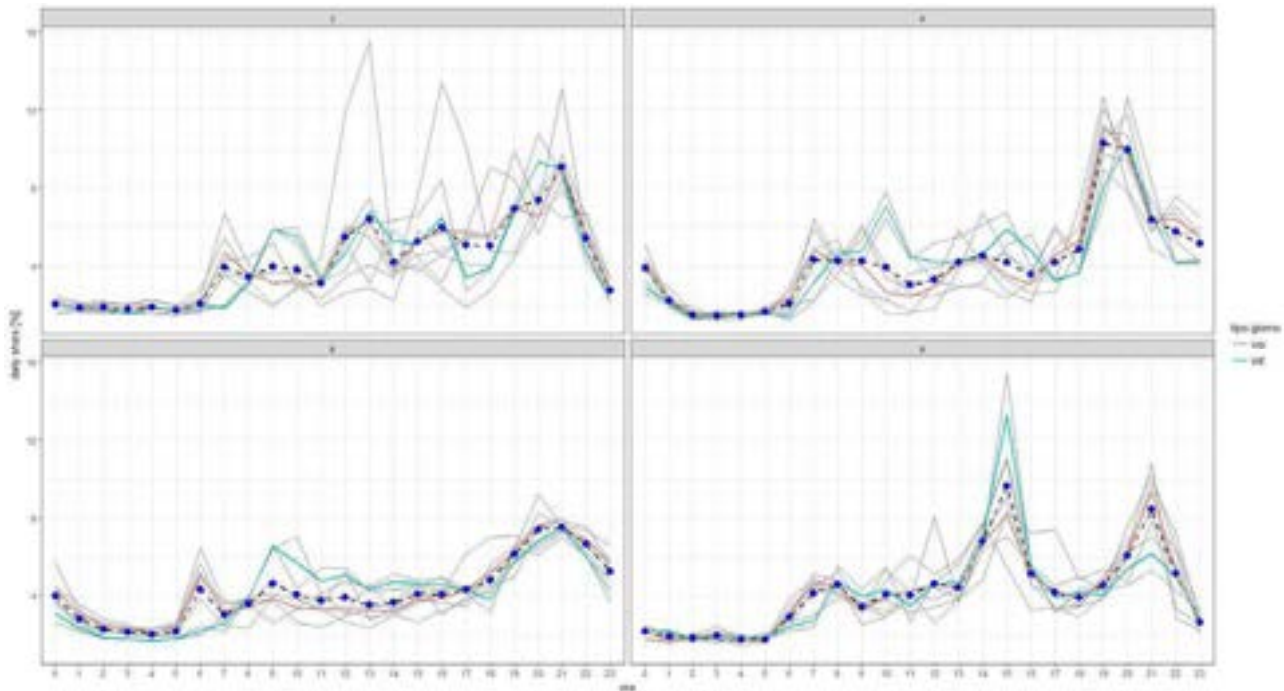


Figura 36 Profili giornalieri di potenza media oraria per quattro ID dell'intero periodo di monitoraggio, relativi ai soli giorni feriali e ai soli fine settimana.

A seguito di queste analisi i profili di carico rappresentativi sia dell'assorbimento totale degli appartamenti che dei singoli dispositivi elettrici sono stati confrontati con profili di benchmark ricavati da letteratura scientifica nazionale ed internazionale [2; 3; 4].

Sulla base dello studio condotto in [2] che ha previsto la simulazione dei consumi elettrici di un parco edilizio residenziale composto da 200 appartamenti si è proceduto ad individuare in prima battuta i profili orari mediati nei giorni lavorativi e festivi per ogni singola utenza. Successivamente attraverso tecniche di clustering con algoritmi gerarchici sono stati individuati gruppi tipologici di profili di carico elettrico in modo da ottenere pattern di riferimento. Anche in questo caso i profili medi sono stati adeguatamente normalizzati per consentire un confronto. In figura 37 Figura 37 sono riportati i tre raggruppamenti tipologici ricavati dalle analisi di clustering con evidenza dei profili centroidi e deviazione standard attorno ad essi. In seconda battuta si è valutata l'appartenenza dei profili di carico degli appartamenti pilota a questi raggruppamenti. In quest'ottica anche per i singoli elettrodomestici sono state ricavate curve di carico rappresentative che sono state successivamente confrontate con profili di benchmark reperiti da letteratura [4]. In Figura 388 è rappresentato a titolo di esempio il processo di classificazione che ha consentito di associare il profilo di carico medio giornaliero relativo ad alcuni dei casi pilota oggetto di analisi ad uno dei cluster di profili precedentemente identificati. Tale approccio che in letteratura è definito come "customer classification" consente all'Aggregatore di definire tipologie di utenti, in termini di "forma" del profilo di carico, e sulla base di queste informazioni strutturare politiche di DR (su profilo di carico totale o dei singoli dispositivi elettrici) ad esse adattate. Inoltre nella prospettiva di avere disponibilità di un parco edilizio monitorato consistente, nel report è stato sviluppato uno strutturato e robusto processo metodologico sul quale si fonda da una parte la classificazione degli utenti appartenenti al network dell'Aggregatore dall'altra la definizione di procedure diagnostiche. Queste ultime hanno l'obiettivo di

individuare variazioni nel comportamento dell'utente rispetto al consumo energetico tipologico della sua classe di appartenenza per la quale è possibile definire indicatori sintetici che caratterizzano sia la forma del profilo che la sua intensità.

L'Aggregatore in questo contesto potrebbe basare le procedure di demand response intervenendo su tutti i carichi shiftabili (e.g., elettrodomestici) di cui conosce la curva di carico al fine di modificare la curva di domanda totale di un utente o di un gruppo di utenti.

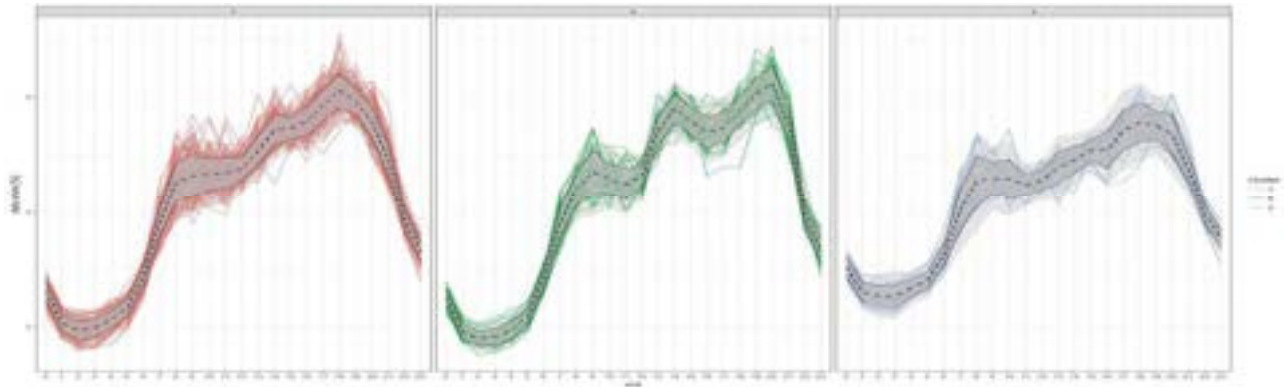


Figura 37 Cluster di profili di carico medio normalizzato con relativi centroidi e deviazione standard attorno agli stessi

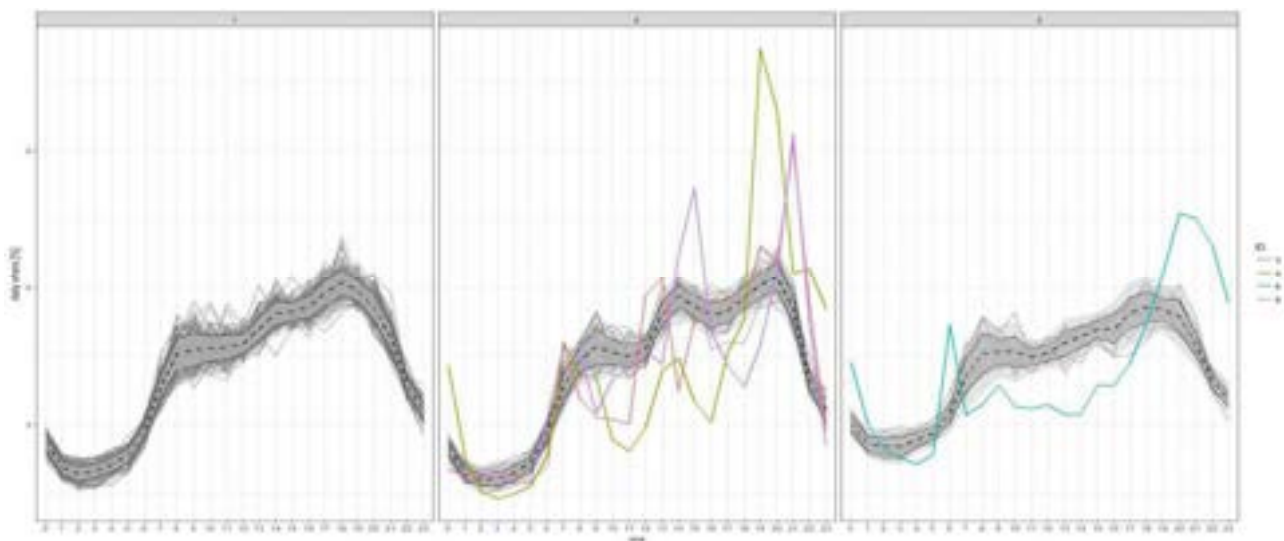


Figura 38 Associazione del profilo di carico medio giornaliero relativo a quattro ID ad uno dei cluster di profili identificati

3.3 Analisi dei profili di utilizzo degli elettrodomestici negli use case pilota

Diversi elettrodomestici sono stati monitorati negli appartamenti pilota, per cui è stata svolta una piccola analisi delle abitudini di utilizzo. Scopo dell'analisi è un confronto con ipotesi fatte a livello della Commissione Europea per l'implementazione della Direttiva Ecodesign sulle "smart appliances": tutte le informazioni sul livello europeo sono quindi provenienti da "Ecodesign Preparatory study on Smart Appliances" [17] e in particolare il task 3: Users.

Gli elettrodomestici, per la presente analisi, sono classificati sulla base del tempo e modo di utilizzo:

- di tipo "periodic", cioè che eseguono cicli di operazioni su input dell'utente, e in cui l'interazione utente-elettrodomestico è essenzialmente solo per l'inizio del ciclo mentre è nulla durante la fase operativa del ciclo. Un elettrodomestico periodico ha la sua caratteristica curva di power demand. Qui sono compresi gli elettrodomestici del lavaggio;

- di tipo “continuous”, che hanno la capacità di immagazzinare energia termica in una forma pronta per essere utilizzata. Dopo il setup iniziale non c’è nessuna interazione con l’utente per il controllo dell’elettrodomestico. Le azioni dell’utente tuttavia possono avere impatto sulle operazioni e sui consumi. Qui sono compresi gli elettrodomestici del freddo;
- di tipo “behavioural”, in cui le operazioni / funzionalità richiedono il coinvolgimento attivo dell’utente. Qui sono compresi gli elettrodomestici per la cottura.

Per l’analisi dei casi pilota, sono a disposizione le potenze medie istantanee e i consumi elettrici al quarto d’ora.

Poiché un ciclo di utilizzo di lavatrice, forno e lavastoviglie è normalmente più lungo di 15 minuti, da queste informazioni si può avere una indicazione sull’ora di utilizzo dell’elettrodomestico, anche se in modo approssimativo. In questa analisi si può anche osservare se c’è qualche particolare comportamento del frigorifero.

Questa analisi non entra nel dettaglio dell’analisi dei singoli cicli di funzionamento degli elettrodomestici.

Per ogni elettrodomestico monitorato è stata quindi mediata la potenza media istantanea e il consumo al quarto d’ora su tutto il periodo di monitoraggio¹: questo comporta di fatto l’impossibilità di evidenziare le potenze o consumi che ci aspetterebbe da un ciclo di funzionamento di un elettrodomestico, poiché l’inizio del ciclo e il tipo stesso di ciclo non restano costanti.

Si deve infine notare che alcune abitazioni sono dotate di impianto fotovoltaico e quindi il carico elettrico può essere diversamente (e correttamente) distribuito, ove possibile, nella giornata, in modo da massimizzare lo sfruttamento del solare.

3.3.1 Periodical appliances: lavatrici e lavastoviglie

Per le lavatrici e lavastoviglie, il consumo principale di energia è dovuto ai processi di riscaldamento². Potenza tipica dei dispositivi riscaldanti: 1800-2500W. La temperatura varia secondo il programma. Energia addizionale serve per operare pompe di circolazione (potenza tipica 15-30W), motori (potenza tipica 100W, ma durante la centrifuga in una lavatrice si possono avere picchi di 950W), display / interfacce utente.

E’ stata svolta in questo ambito una indagine on line in 10 paesi europei (2500 partecipanti³) sulle abitudini di utilizzo degli elettrodomestici del lavaggio, i cui risultati sono utilizzati qui.

Lavatrice

Ipotesi a livello europeo

In Europa c’è da tempo la tendenza ad aumentare la capacità di carico: 4.8 kg nel 1997, 6.0 kg nel 2008. Il numero medio di cicli settimanali è (dato 2011) 3.8, quindi 198 cicli/anno. Un’altra fonte autorevole riporta (sempre per il 2011) 3.2 cicli/settimana, quindi 166 cicli/anno.

C’è una notevole diversificazione di consumi nei vari paesi europei, probabilmente spiegabile con temperature di lavaggio e frequenze differenti. In Italia (Figura 39 “IT”) il consumo è di 127.4 kWh/anno.

¹ nel Report del Politecnico di Torino (RdS/PAR2016/008) si trovano le elaborazioni e i grafici aggregati all’ora.

² Nota ENEA: viene scaldata l’acqua, ma si scaldano anche il carico – ossia ciò che viene lavato – e la struttura stessa dell’elettrodomestico

³ EUP LOT 14: studio preparatorio Ecodesign Elettrodomestici del lavaggio

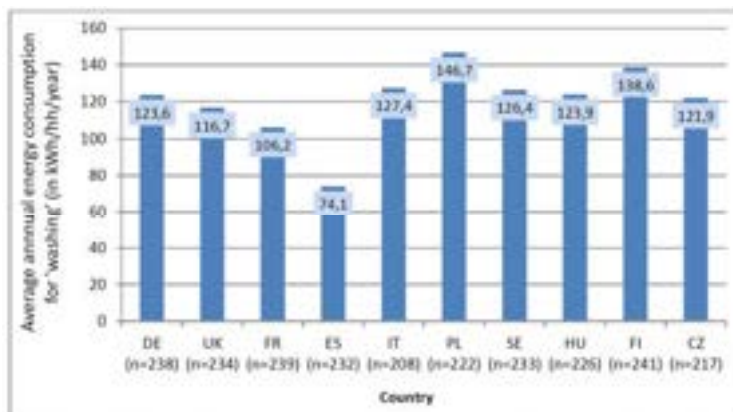


Figura 39 - Consumi medi / anno in Europa per lavatrice (riferimento anno 2011)

Assumendo il programma cotone normale e un consumo di 0.89 kWh/ciclo (la potenza dipende dalla temperatura di lavaggio e anche dalla quantità di acqua, per cui può variare di molto secondo il programma utilizzato e anche secondo la capacità della macchina), la power demand per una lavatrice media è il seguente:

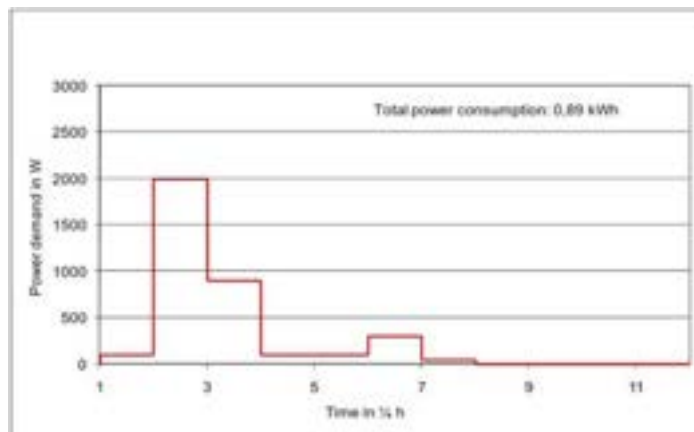


Figura 40 - Power demand lavatrice media ciclo cotone normale

Per l'uso della lavatrice ci sono 2 slot preferiti nella giornata: uno alla mattina e uno al pomeriggio/sera.

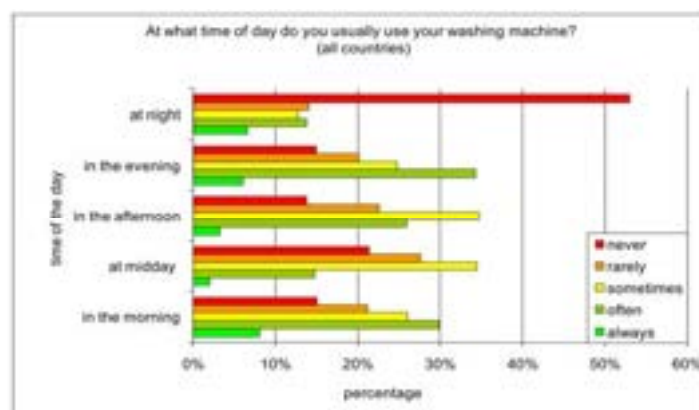


Figura 41 - Frequenza operazione lavatrice durnate il giorno

Disaggregando i dati, sono state ipotizzate le probabilità di accensione nelle diverse nazioni (in Figura 42 l'Italia è rappresentata da "IT" in giallo). Si assume che il profilo di utilizzo della lavatrice abbia variazioni su base giornaliera ma non stagionale, per cui esso è valido in qualunque periodo dell'anno. I 2 periodi preferiti sono uno alla mattina tra le 7 e le 9, l'altro al pomeriggio / sera (tra le 16 e le 20).

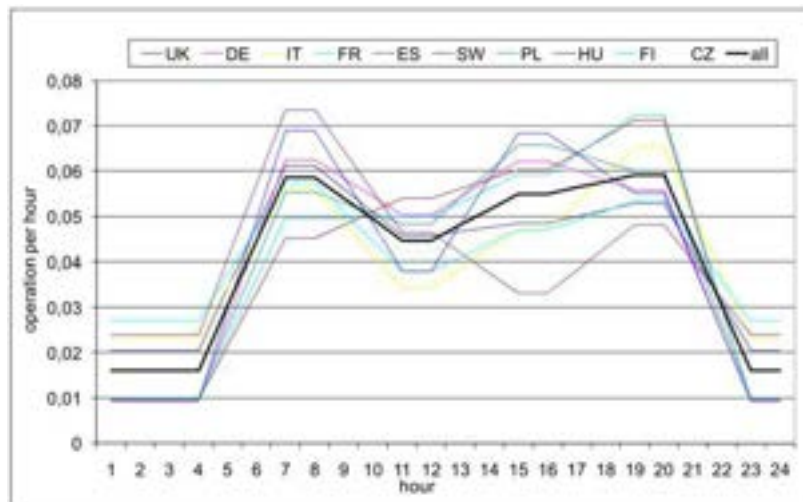


Figura 42 – Probabilità ora accensione lavatrice in diverse nazioni

Analisi casi pilota

La lavatrice è stata monitorata nei casi d'uso:

- (utente 3): Appartamento in edificio plurifamiliare, Centro città, 3 persone, Famiglia con bambino in età scolare. Lavatrice classe energetica B, Capacità di carico 10kg, 5 Lavaggi settimanali (dichiarazione utente)
- 3 (utente 7): Appartamento in edificio plurifamiliare, Contesto Periferia, 1 persona, Pensionato, impianto fotovoltaico. Lavatrice Classe energetica A+, Capacità di carico 10kg, 2.5 Lavaggi settimanali (dichiarazione utente)
- 4 (utente 8): Appartamento in casa isolata bifamiliare, Contesto Isolato-campagna, 2 persone, Pensionati, impianto fotovoltaico. Lavatrice Classe energetica A, Capacità di carico 5kg, 5 lavaggi settimanali (dichiarazione utente)

Nelle seguenti figure, la potenza media istantanea e il consumo medio al quarto d'ora [Wh] su tutto il periodo di monitoraggio⁴. L'utente 3 utilizza la lavatrice in modo più random⁵, mentre gli utenti 7 e 8 hanno un andamento più regolare con i picchi di utilizzo al mattino e al pomeriggio. L'utente 7 fa un uso molto limitato della lavatrice⁶. Rispetto all'ipotesi europea, si osserva il picco di utilizzo alla mattina mentre quello del pomeriggio è un po' anticipato per i casi pilota.

L'utente 8 ha impianto fotovoltaico⁷.

⁴ nel grafico, data la limitata potenza, alcuni picchi apparenti sono da attribuire a standby o a disturbi di fondo

⁵ dall'analisi del Politecnico Torino (RdS/PAR2016/008) risulta che l'utilizzo maggiore è durante il fine settimana, con picchi di potenza concentrati tra le ore 12:00 e le ore 17:00. Durante i giorni feriali l'utilizzo dell'apparecchio si concentra soprattutto nelle ore serali, coerentemente a differenti abitudini legate alla settimana lavorativa.

⁶ dall'analisi del Politecnico di Torino (RdS/PAR2016/008) i picchi di potenza risultano essere in momenti diversi della giornata durante i giorni feriali e nel week end: l'utilizzo è maggiore e soprattutto alla mattina, mentre nei giorni feriali l'utilizzo è alla mattina o nel tardo pomeriggio.

⁷ dall'analisi del Politecnico di Torino (RdS/PAR2016/008) l'utilizzo maggiore è nel fine settimana. Durante i giorni feriali l'utilizzo è prevalentemente nelle ore serali.

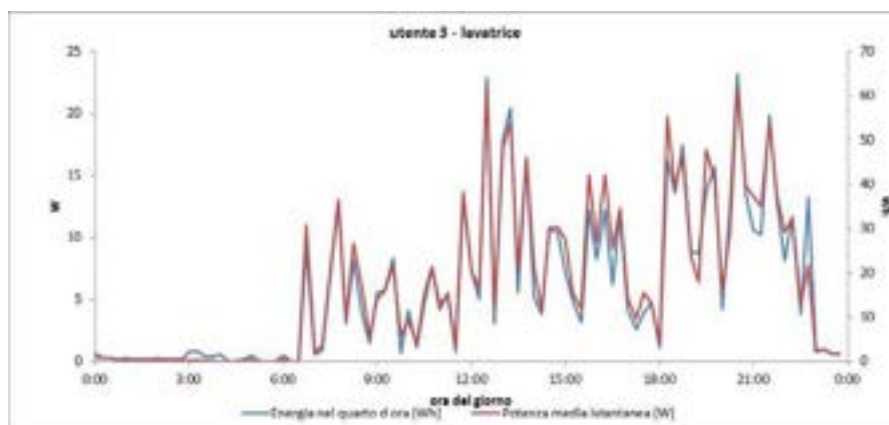


Figura 43 - utilizzo lavatrice caso d'uso 1 - utente 3

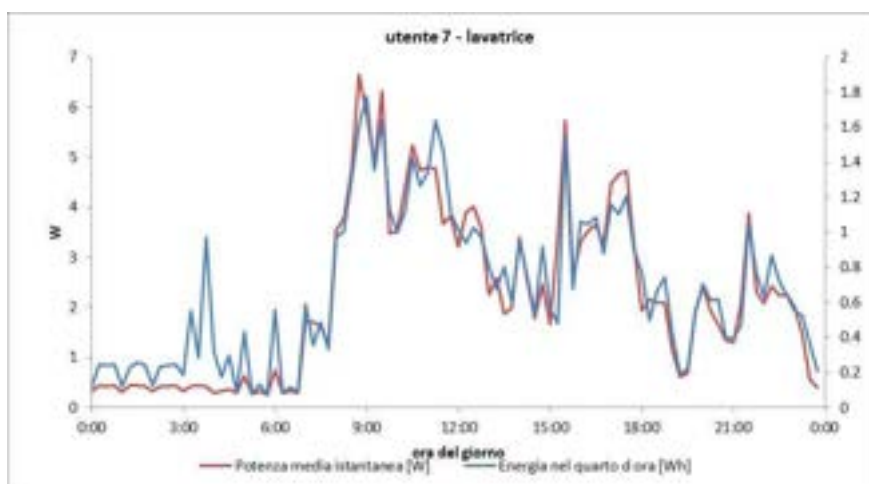


Figura 44 - utilizzo lavatrice caso d'uso 3 - utente 7

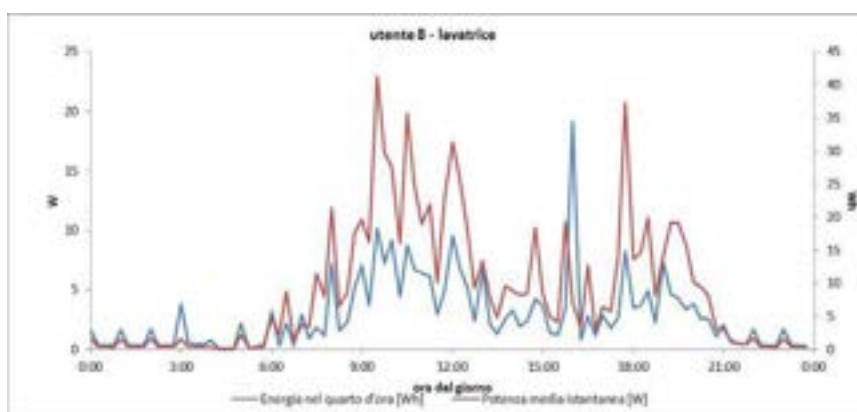


Figura 45 - utilizzo lavatrice caso d'uso 4 - utente 8

Nella seguente figura un piccolo approfondimento sull'utente 3. Per i primi 30 giorni di monitoraggio sono rappresentati i consumi al quarto d'ora per ogni singola giornata. Dai picchi si può notare la distribuzione degli utilizzi durante la giornata.

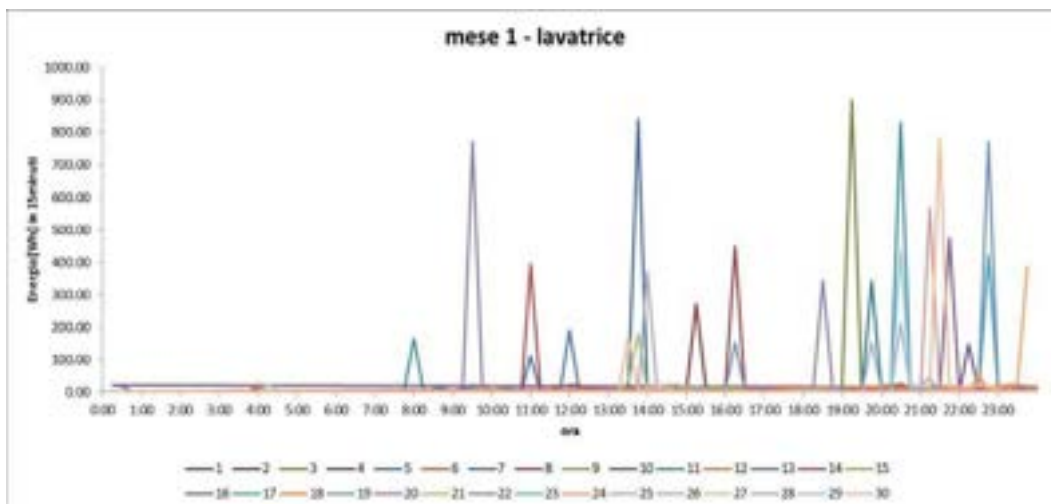


Figura 46 - utilizzo lavatrice caso d'uso 1 - utente 3, a livello giornaliero

Lavastoviglie

Ipotesi a livello europeo

Il numero medio di cicli di lavaggio settimanale è 4.06, cioè 211 cicli/anno. E' stato stimato in 25.3 TWh il consumo totale di elettricità per lavastoviglie nel 2010.

Una lavastoviglie da 13 coperti consuma 194-290 kWh/anno. In letteratura è riferito un consumo tipico di 241 kWh/anno, corrispondenti a 1.19 kWh/ciclo.

Per un ciclo di lavaggio normale, e assumendo un consumo di 1.19 kWh/ciclo, la power demand per la lavastoviglie media è la seguente:

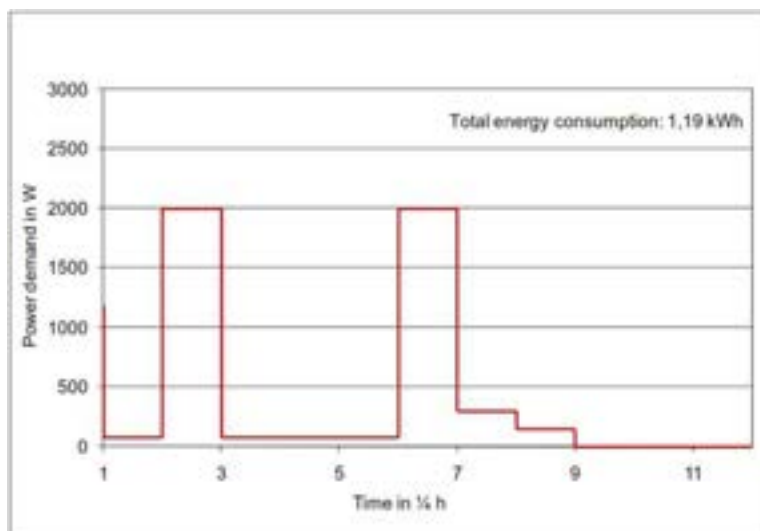


Figura 47 - Power demand lavastoviglie media ciclo lavaggio normale

La lavastoviglie è accesa preferibilmente nel pomeriggio o a sera dopo cena.

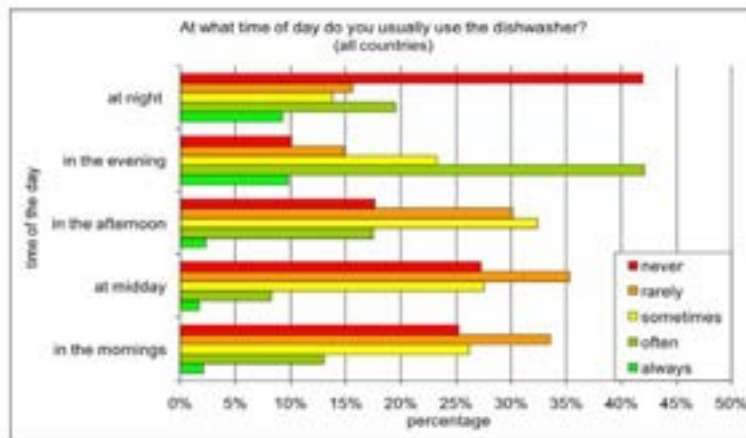


Figura 48 - Frequenza operazione lavastoviglie durante il giorno

Disaggregando i dati, sono state ipotizzate le probabilità di accensione nelle diverse nazioni (in Figura 48 l'Italia è rappresentata da "IT" in giallo). Si assume che il profilo di utilizzo della lavastoviglie abbia variazioni su base giornaliera ma non stagionale, per cui esso è valido in qualunque periodo dell'anno.

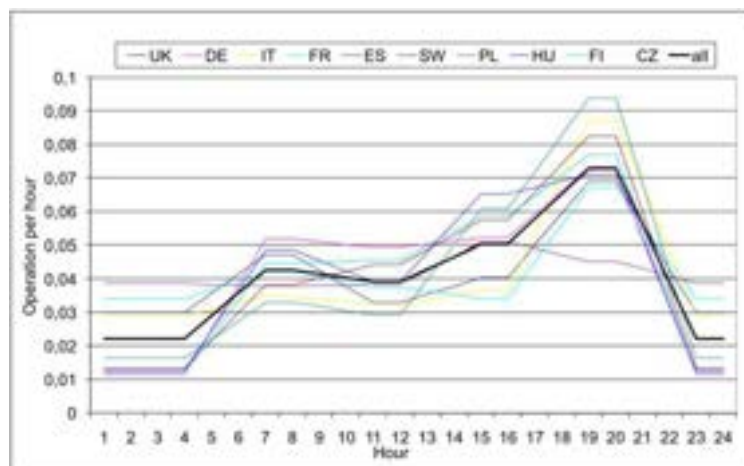


Figura 49 - Probabilità ora accensione lavastoviglie in diversi paesi europei

Analisi casi pilota

La lavastoviglie è stata monitorata nei casi d'uso:

- 4 (utente 8): Appartamento in casa isolata bifamiliare, Contesto Isolato-campagna, 2 persone, Pensionati, impianto fotovoltaico. Lavastoviglie Classe energetica A+, Capacità 12 coperti, 7 lavaggi settimanali (dichiarazione utente)
- 5 (utente 9): Appartamento in casa isolata bifamiliare, Contesto Isolato-campagna 3 persone, Famiglia con bambino in età scolare, impianto fotovoltaico. Lavastoviglie Classe energetica A+, Capacità 12 coperti, 7 lavaggi settimanali (dichiarazione utente)

Nelle seguenti figure, la potenza media istantanea e il consumo medio al quarto d'ora [Wh] su tutto il periodo di monitoraggio. L'utente 8 utilizza la lavastoviglie in modo più random, mentre l'utente 9 ha un andamento regolare. Rispetto all'ipotesi europea, si osserva il picco di utilizzo alla sera (utente 9) e uno nel primo pomeriggio, diversamente dall'ipotesi europea. Gli utenti hanno impianto fotovoltaico per cui possiamo pensare all'ottimizzazione dell'utilizzo del solare.

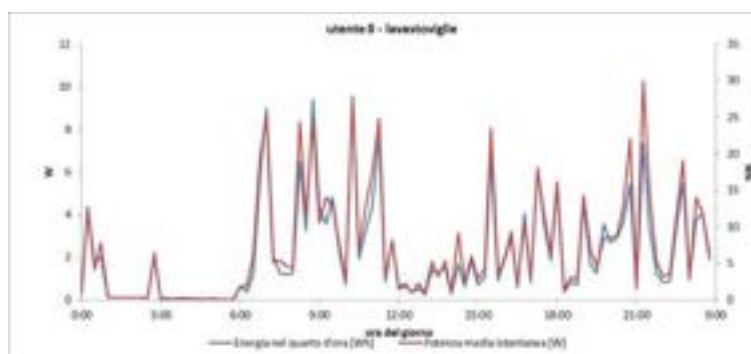


Figura 50 – utilizzo lavastoviglie caso d’uso 4 – utente 8

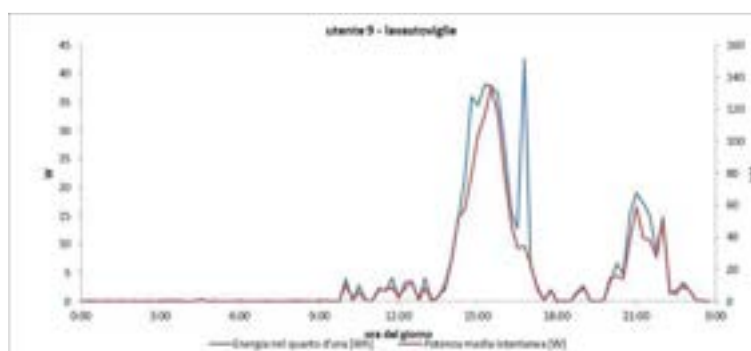


Figura 51 – utilizzo lavastoviglie caso d’uso 5 - utente 9

3.3.2 Continuous appliances: frigoriferi, frigocongelatori, congelatori

I frigoriferi, frigocongelatori e congelatori (altrimenti chiamati elettrodomestici del freddo) per uso domestico sono per la maggior parte a ciclo chiuso di compressione di vapore. I 3 componenti principali sono il compressore, l’evaporatore e il condensatore, a cui si aggiunge la valvola di espansione. La maggior parte del consumo elettrico è quella che fa funzionare il compressore. Consumi addizionali sono per eventuali ventole interne, lampade, display e dispositivi di sbrinamento automatico. Tipica potenza di un frigorifero è 50-300W (nel 2009 138.2 W), anche in funzione della capacità; per un congelatore è di 50-200W (nel 2009 105.5W).

I dati a disposizione sui consumi energetici sono limitati. Nel 2005 sono stati valutati in 82TWh/anno i consumi per frigoriferi / frigocongelatori (190.6 milioni di apparecchi nel 2005) e 40TWh/anno per congelatori (54.3 milioni di apparecchi): questo corrisponde a 430kWh/apparecchio per frigoriferi o frigocongelatori, 737kWh per congelatori. Nel tempo, gli elettrodomestici del freddo sono diventati molto più efficienti: dalle dichiarazioni di etichetta energetica, i frigoriferi venduti nel 2014 hanno un consumo medio di 231kWh/anno.

A parte gli elementi tecnici, i fattori di ambiente e di utilizzo determinano i consumi energetici. Questo comprende:

- per i frigoriferi e frigocongelatori: temperatura ambiente e umidità, esposizione a fonti di calore esterne (luce solare diretta, forni, lavastoviglie, lavatrici...), capacità, impostazione termostato, inserimento di carico caldo, frequenza e durata apertura porte, tipo di installazione (free standing da incasso);
- per i congelatori: temperatura ambiente e umidità, esposizione a fonti di calore esterne (luce solare diretta, forni, lavastoviglie, lavatrici...), capacità, tipo di apparecchio (verticale o orizzontale), inserimento di carico congelato e di carico da congelare, frequenza e durata apertura porte, tipo di installazione (free standing da incasso), attivazione della funzione “superfrost”.

Abitudini di utilizzo e fattori ambientali hanno una grande variabilità in Europa, per cui è molto difficile prevedere i consumi reali.

L'efficienza dei compressori è in crescita ancora oggi, ma si prevede che la power demand rimanga costante nei prossimi anni, perché c'è una tendenza all'aumento della capacità (volume) degli apparecchi.

In un funzionamento normale, il compressore lavora in modo intermittente per circa 1/3 del tempo in cui l'apparecchio è acceso: questo "running time" può arrivare al 100% in condizioni particolari, come a temperatura ambiente molto alta o per l'immissione di grandi quantità di carico caldo (oppure di grandi quantità di carico da congelare per i congelatori).

Frigorifero

Ipotesi a livello europeo

Per il frigorifero, il funzionamento è ciclico: il compressore lavora per abbassare la temperatura interna dell'apparecchio rispetto all'ambiente (quindi per mantenere freddo il cibo da conservare) e va in pausa quando questa temperatura è raggiunta; la temperatura quindi si alza e il compressore rientra in funzione. La tipica power demand è la seguente⁸:

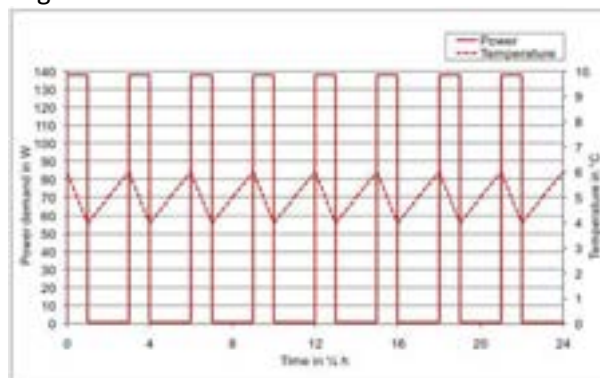


Figura 52 - Power demand tipica frigorifero

Il profilo di utilizzo dei frigoriferi / frigocongelatori ha una variazione marcata su base giornaliera, mentre le variazioni stagionali, dovute alla diversa temperatura ambiente, sono secondarie e possono essere trascurate se il locale rimane a temperatura quasi costante nel corso dell'anno. Si ipotizza l'utilizzo maggiore nel pomeriggio / sera: in Figura 53 la frequenza stimata di apertura delle porte, sintomo di azioni da parte dell'utente.

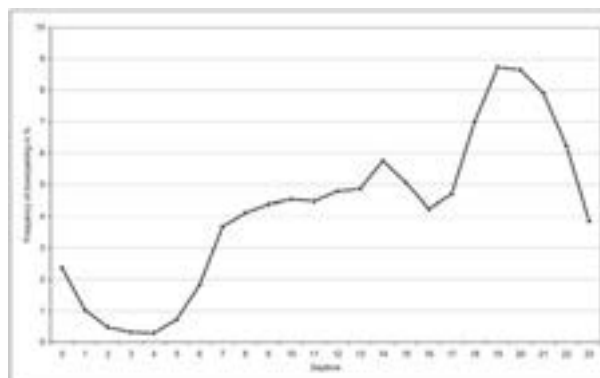


Figura 53 - Frequenza apertura porte frigorifero nella giornata

Si assume che il 25% del consumo di energia del frigorifero sia dovuto all'utilizzo (apertura porte, immissione alimenti caldi). Una curva di carico tipica con queste ipotesi è stata ricavata per l'apparecchio medio in Europa:

⁸ Senza considerare il ciclo di sbrinamento automatico

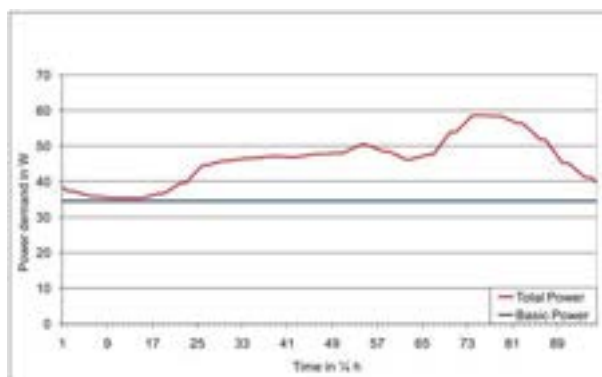


Figura 54 - Curva di carico frigorifero medio

Analisi casi pilota

Il frigorifero è stato monitorato nei casi d'uso:

- 1 (utente 3): Appartamento in edificio plurifamiliare, Centro città, 3 persone, Famiglia con bambino in età scolare. Frigorifero con scomparto a 3 stelle, 280l volume.
- 3 (utente 7): Appartamento in edificio plurifamiliare, Contesto Periferia, 1 persona, Pensionato, impianto fotovoltaico. Frigorifero con scomparto a 3 stelle, Classe energetica A+, 280l Volume.
- 4 (utente 8): Appartamento in casa isolata bifamiliare, Contesto Isolato-campagna, 2 persone, Pensionati, impianto fotovoltaico. Frigorifero con scomparto a 3 stelle, Classe energetica A, 140cm altezza (volume non dichiarato da utente)
- 5 (utente 9): Appartamento in casa isolata bifamiliare, Contesto Isolato-campagna 3 persone, Famiglia con bambino in età scolare, impianto fotovoltaico. . Frigorifero con scomparto a 3 stelle, Classe energetica A, 140cm altezza (volume non dichiarato da utente)

Nelle seguenti figure, la potenza media istantanea e il consumo medio al quarto d'ora [Wh] su tutto il periodo di monitoraggio. L'ipotesi europea coincide abbastanza bene con i casi pilota.

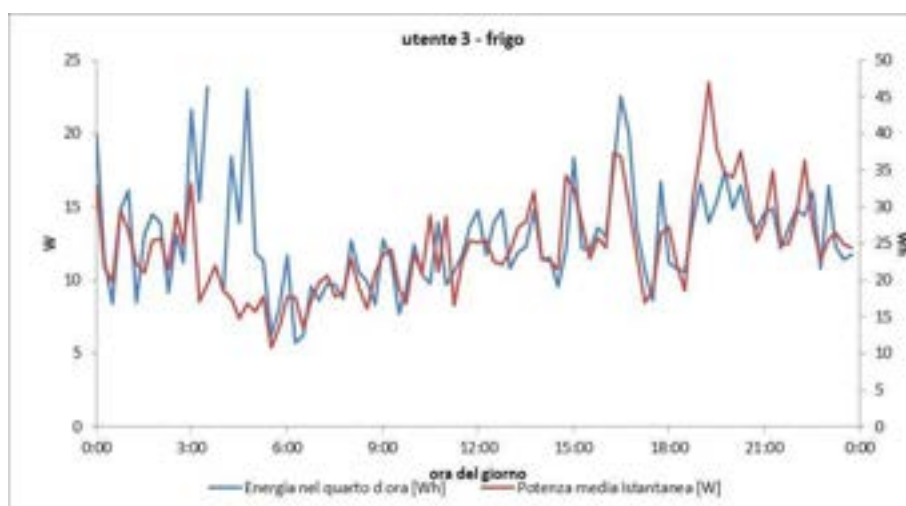


Figura 55 - utilizzo frigo caso d'uso 1 - utente 3

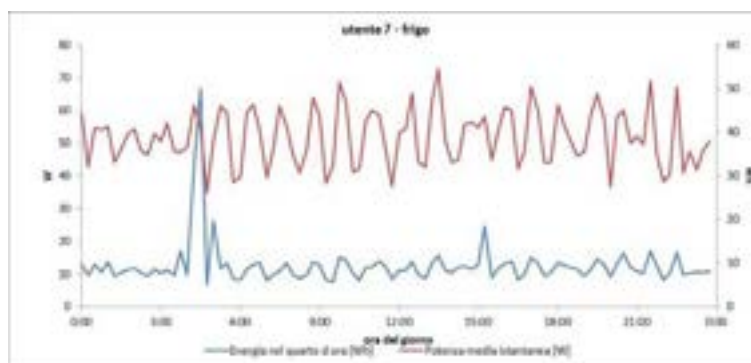


Figura 56 - utilizzo frigo caso d'uso 3 - utente 7

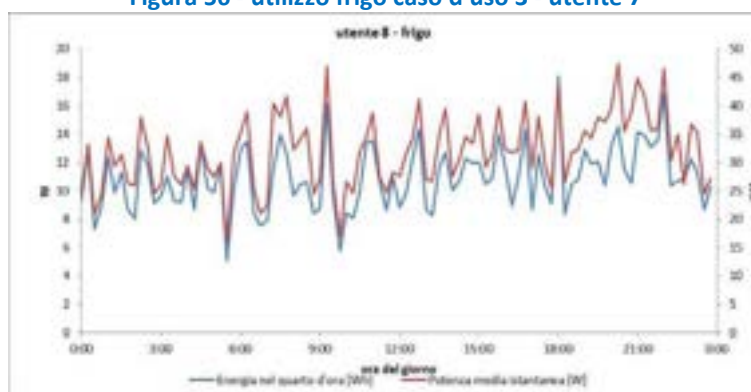


Figura 57 - utilizzo frigo caso d'uso 4 - utente 8

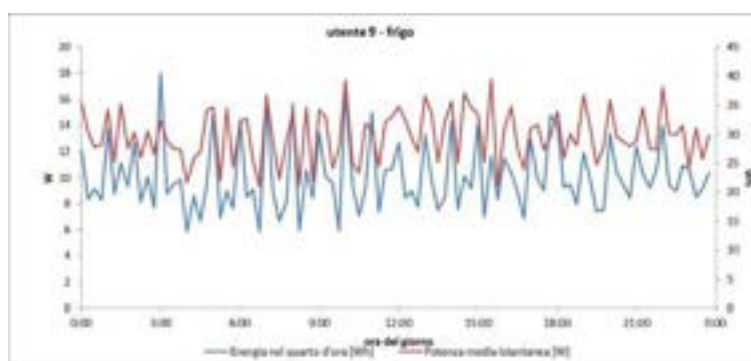


Figura 58 - utilizzo frigo caso d'uso 5 - utente 9

3.3.3 Behavioural appliances: forni elettrici

I dati sui consumi degli elettrodomestici della cottura sono limitatissimi e per poche tipologie di apparecchi. Si riporta un consumo totale di 63.1TWh nel 2009 per piani cottura e forni elettrici⁹ (40.1TWh per piani cottura, 23.1TWh per forni elettrici) nel 2009. Il consumo medio per forno elettrico è stato stimato in 138kWh/anno, con grandi differenze tra i diversi paesi.

Forni elettrici

Ipotesi a livello europeo

Ci sono diversi metodi di cottura e diversi: riscaldamento dall'alto, dal basso, circolazione di aria (forni ventilati), grill e loro combinazioni. Il calore viene trasferito all'alimento da cuocere soprattutto per radiazione e secondariamente per convezione. Le temperature possono essere impostate nel range 50-

⁹ I forni a microonde non sono compresi in questa casistica.

300°C. Il consumo elettrico è dovuto al riscaldamento¹⁰, ma ci sono anche consumi in standby (ad es. per display, orologio...). La potenza tipica di un forno elettrico arriva a 3500W.

A parte gli elementi tecnici, fattori ambientali e abitudini di utilizzo influenzano i consumi: scelta dei recipienti di cottura, uso di coperchi, impostazione temperatura, durata della cottura, frequenza d'uso, frequenza e durata apertura porta, modo di cottura (statico, grill, ventilato...), uso di funzione pirolitica per la pulizia. La frequenza d'uso è molto diversificata in Europa: mediamente si calcola 110 volte all'anno, con i massimi di utilizzo in Scandinavia e in Francia e i minimi in Italia e Olanda. Il ciclo medio di cottura è di 55 minuti.

La power demand di un forno elettrico è la seguente:

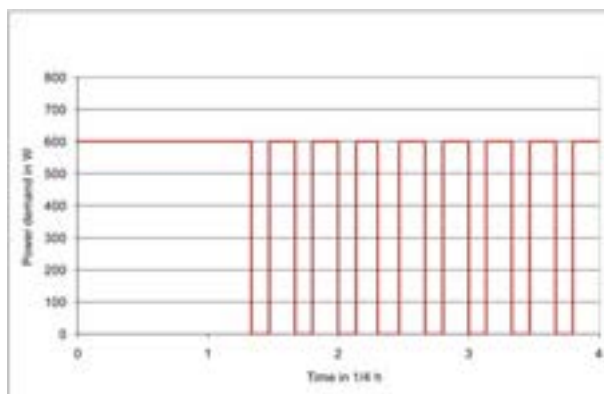


Figura 59 - Power demand forno elettrico

Considerando il comportamento di cottura giornaliero, la curva di carico tipica per un forno elettrico medio in Europa è rappresentata nella seguente figura. Bisogna tuttavia notare che questa curva mal si adatta alla realtà italiana, che ha degli utilizzi molto limitati.

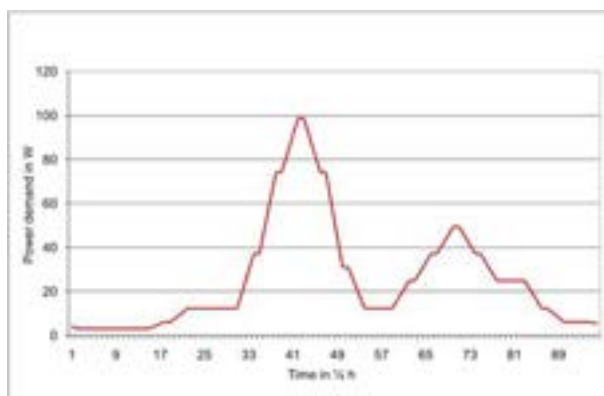


Figura 60 - Curva carico forno in Europa

Analisi casi pilota

Il forno elettrico è stato monitorato per i casi d'uso:

- 2 (utente 4): Appartamento in edificio plurifamiliare, Contesto Periferia, 4 persone, Famiglia con figli adulti. Utilizzo giornaliero 3 minuti (dichiarazione utente).
- 5 (utente 9): Appartamento in casa isolata bifamiliare, Contesto Isolato-campagna 3 persone, Famiglia con bambino in età scolare, impianto fotovoltaico.

¹⁰ Nota ENEA: il calore viene trasferito all'alimento da cuocere, ma anche al contenitore dell'alimento, alla struttura stessa del forno. Oltre a innalzare la temperatura dell'alimento che cuoce, parte del calore viene usata nell'evaporazione dell'acqua contenuta nell'alimento stesso (calore latente).

Nelle seguenti figure, la potenza media istantanea e il consumo medio al quarto d'ora [Wh] su tutto il periodo di monitoraggio. L'utente 4 utilizza il forno prima di cena, l'utente 9 al mattino e al pomeriggio¹¹.

Si noti che entrambi gli utenti hanno dichiarato un utilizzo di "3 minuti", riferendosi probabilmente al tempo in cui materialmente interagiscono con il forno (quindi per immettere e prelevare cibo) oppure intendono il tempo utile per cotture molto veloci: chiaramente il tempo di funzionamento del forno – e quindi potenze ed energie corrispondenti – sono molto diversi, in quanto c'è da considerare che il tempo di riscaldamento (dell'ordine dei 15 minuti) e quello effettivo di cottura. L'utente 9 ha impianto fotovoltaico ma difficilmente questo comporta uno shift del carico durante la giornata, perché il forno si usa "quando serve".

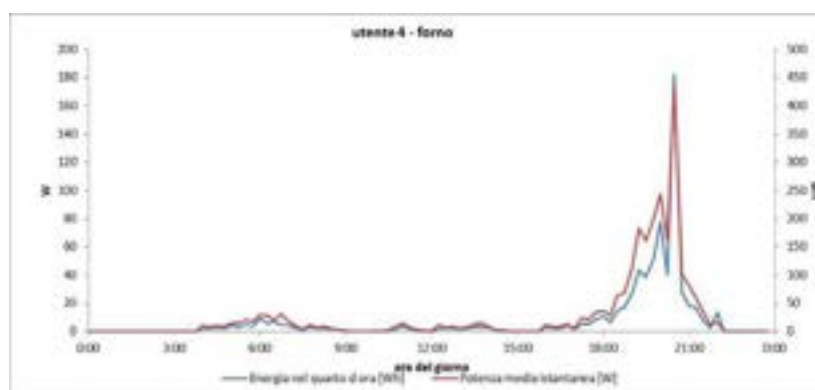


Figura 61 - utilizzo forno elettrico caso d'uso 2 - utente 4

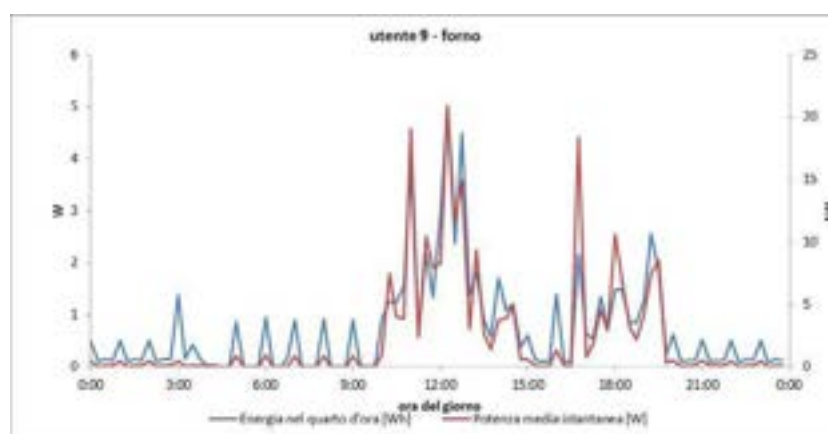


Figura 62 - utilizzo forno elettrico caso d'uso 5 - utente 9

3.4 Progettazione della comunicazione agli utenti

Numerose ricerche hanno evidenziato come il comportamento degli utenti abbia un'importante influenza sia sui consumi energetici sia sulla qualità ambientale indoor. Gli utenti, infatti, stimolati da diversi fattori interni e/o esterni, interagiscono con i molteplici sistemi, di cui l'edificio è composto, al fine di ristabilire le condizioni per loro ottimali [5], [6], [7]. Studi a livello europeo hanno mostrato come azioni comportamentali legate ad un uso consapevole ed ottimale delle tecnologie possono consentire un risparmio energetico tra il 15% e il 20%. Infatti, l'utilizzo di opportune **strategie di comunicazione**, a seguito

¹¹ dall'analisi del Politecnico di Torino (RdS/PAR2016/088) l'utilizzo è diverso nei giorni feriali e nel fine settimana: nel fine settimana l'utilizzo è maggiore e nelle ore centrali della giornata, mentre nei giorni feriali l'utilizzo è nel pomeriggio e alla sera.

di un monitoraggio sia energetico sia ambientale, può incoraggiare le persone ad adottare comportamenti che riducano l'impatto negativo sull'ambiente e, contestualmente, può incrementare il coinvolgimento degli utenti e la corretta interazione di questi con i dispositivi presenti in ambiente [8], [9].

Per poter restituire le informazioni dei dati di monitoraggio in informazioni utili a sensibilizzare gli utenti a una maggiore consapevolezza energetica, questi devono essere opportunamente trasformati ed elaborati. Una possibile restituzione è la comparazione del consumo dei diversi casi di studio con i consumi medi italiani.

I dati di energia elettrica dei casi di studio devono quindi essere comparati con i tipici consumi di energia elettrica disponibili a livello italiano rilasciati dall'Agenzia per l'Energia Elettrica e Gas (AEEG) [10] e dall'Istituto Italiano di Statistica (ISTAT) [11]. In particolare i dati a disposizione sono i seguenti:

- il consumo medio di energia elettrica per una famiglia italiana (4 componenti e potenza installata di 3 kW) è stimato da AEEG in 2700 kWh/anno (AEEG, I trimestre 2017) [10]
- il consumo medio di energia elettrica per una famiglia italiana (2 componenti e potenza installata di 3 kW) è stimato da AEEG in 2200 kWh/anno (AEEG, I trimestre 2017) [10];
- la spesa associata a tale consumo identificato da AEEG consiste in 503 €/anno (AEEG, I trimestre 2017) [10];
- il consumo medio annuale di energia elettrica viene identificato da ISTAT in 1200 kWh/pro capite [11].

Quindi per ogni caso di studio, una proiezione del consumo di energia elettrica annuale, pro-capite e della spesa deve essere stimata e comparata agli indicatori medi forniti da AEEG [8] e ISTAT [9]. I coefficienti di conversione da utilizzare alla data odierna sono:

- 0.19 €/kWhel (AEEG; ottobre 2017) [10];
- 505,4 gCO₂/kWhel per la conversione delle emissioni [12].

Sulla base dei risultati ottenuti in questa elaborazione e comparazione, una prima rappresentazione grafica che può essere restituita all'utente è quella nella figura seguente:

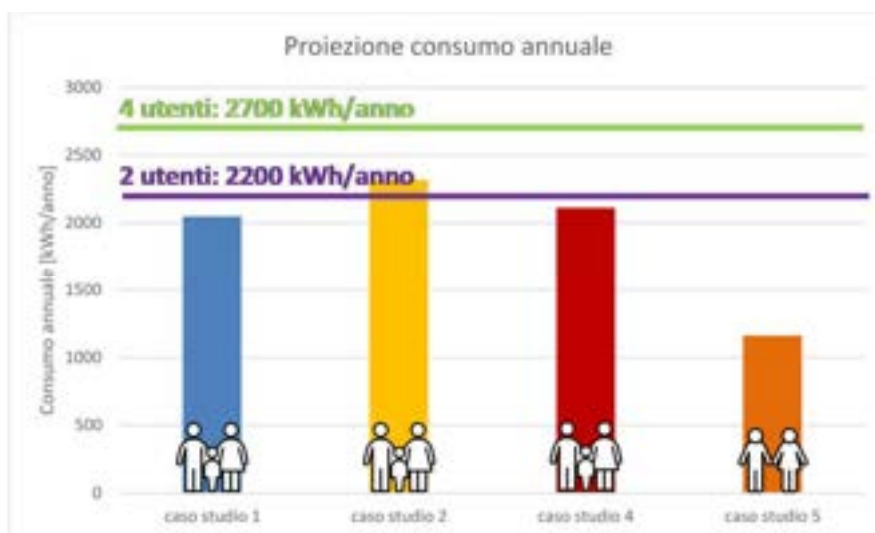


Figura 63 Proiezione annuale del consumo di energia elettrica dei diversi casi di studio

A partire dal consumo monitorato nel periodo di riferimento, è possibile effettuare una proiezione annuale dei diversi consumi dei casi di studio. In particolare, tali proiezioni sono da confrontare per una prima comparazione con il consumo dato dall'Autorità e da Istat per evidenziare eventuali comportamenti anomali.

Dal grafico precedente si evidenzia come la proiezione annuale dei diversi casi di studio, sia da comparare al dato fornito da AEEG per la famiglia di 2 persone (2200 kWh/anno), mentre il caso di studio n.5 risulti al di sotto della media (-47%).

Eventuali abitudini e pattern di comportamento dovranno quindi essere investigate tramite interviste e questionari per poter una maggiore e migliore caratterizzazione delle famiglie e una comunicazione dei risultati e delle possibili azioni di risparmio definite “su misura” rispetto alle tipologie di utenza evidenziate.

A tal fine, in questa annualità, è stato predisposto un modulo di raccolta dati e foglio di calcolo per la caratterizzazione della tipologia di utenza da inserire in un programma di aggregazione di utenze residenziali, come descritto sinteticamente nel paragrafo 6 del presente report ed in dettaglio nel report RdS/PAR2016/009.

5 Implementazione del Simulatore per scenari di Demand Response

In questa seconda annualità in collaborazione con l'Università di Politecnica delle Marche, Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche è stato implementato il Simulatore per scenari di Demand Response (DR), il cui sviluppo è stato intrapreso nella scorsa annualità (Report RDS/2015/020), come descritto in dettaglio nel Report RdS/PAR2016/007.

Le linee di attività principali sono state:

1. Ampliamento del simulatore dei consumi elettrici e termici residenziali con la modellazione della produzione di energia da impianti fotovoltaici
2. Ampliamento delle funzionalità del simulatore dei consumi elettrici e termici per simulare scenari di DR in ottica di future indagini sul ruolo degli Aggregatori in ambito civile
3. Creazione di una metodologia/struttura dati per simulare differenti tipologie di aggregazione.

5.1 Ampliamento del simulatore dei consumi elettrici e termici residenziali con la modellazione della produzione di energia da impianti fotovoltaici

Nell'annualità precedente è stato sviluppato un software per la simulazione dei carichi elettrici e termici di edifici residenziali. In questa annualità, il software è stato ulteriormente migliorato introducendo la modellazione della produzione del fotovoltaico su alcune utenze residenziali così da poter simulare al meglio un distretto o un quartiere.

Il modello di un impianto fotovoltaico è stato realizzato in Matlab partendo dal lavoro svolto nella precedente annualità per il settore terziario. Per poter applicare il modello di impianto fotovoltaico al simulatore di carichi di un distretto residenziale, si è pensato di modellare un impianto PV della potenza di 1 kWp, considerata come una unità di base. In questo modo è possibile poter simulare la produzione fotovoltaica di un qualsiasi distretto una volta inserita la composizione del parco PV del distretto stesso in termini di numero di impianti e loro potenza media installata. Ovviamente questa procedura deve essere ripetuta per ogni località climatica in cui l'impianto fotovoltaico si trova ad operare. Per una maggiore integrazione con il simulatore di carichi elettrici e termici sviluppato nell'annualità precedente, i dati climatici per la simulazione dell'impianto PV, sono presi dalla banca dati climatica del suggerita dal software Energy Plus, utilizzato per la modellazione dei carichi termici. Per quanto riguarda gli altri parametri di input, il modello utilizza dei parametri caratteristici dei pannelli che lo costituiscono e che sono comunemente riportati, per normativa, nei datasheet del costruttore. In particolare, il modello implementato permette di calcolare come output:

P_m [W]: La potenza elettrica direttamente in uscita dai pannelli;

P_o [W]: La potenza elettrica disponibile in uscita a valle dell'inverter (utile);

η_T : L'efficienza totale del sistema;

avendo in ingresso:

T_a [°C]: La temperatura ambiente;

G_T [W/m²]: L'irradianza totale perpendicolare al piano dei pannelli.

e conoscendo l'area totale dei pannelli installati A_p [m²] insieme ad i seguenti parametri delle celle fotovoltaiche impiegate:

NOCT [°C] Nominal operating cell temperature. E' la temperatura raggiunta dalle celle fotovoltaiche in condizioni di funzionamento nominali.

η_{ref} Reference Efficiency (STC): Efficienza delle celle alle condizioni standard di prova;

β_{ref} [°C⁻¹] Temperature coefficient (STC): Coefficiente di temperatura delle celle;

T_{ref} [°C] Reference Cell Temperature (STC): Temperatura celle alle condizioni standard di prova;

η_i Inverter efficiency: Efficienza dell'inverter considerata costante.

Con condizioni nominali si intendono le seguenti condizioni di funzionamento:

Irradianza sulla superficie della cella pari a 800 W/m²;

Temperatura dell'aria di 20°C;

Velocità del vento pari a 1 m/s;

Pannello libero sulla superficie posteriore.

Con condizioni standard di prova (STC) si intendono invece le seguenti condizioni:

Irradianza sulla superficie della celle pari a 1000 W/m²;

Temperatura celle di 25°C;

Distribuzione spettrale AM=1.5.

5.2 Ampliamento delle funzionalità del simulatore dei consumi elettrici e termici per simulare scenari di DR in ottica di future indagini sul ruolo degli Aggregatori in ambito civile

In questa annualità, il software per la simulazione di distretti è stato ulteriormente migliorato introducendo funzionalità che permetteranno, in futuro, di simulare scenari di DR a livello di Aggregatore. In particolare, sono state implementate alcune funzionalità statistiche per simulare:

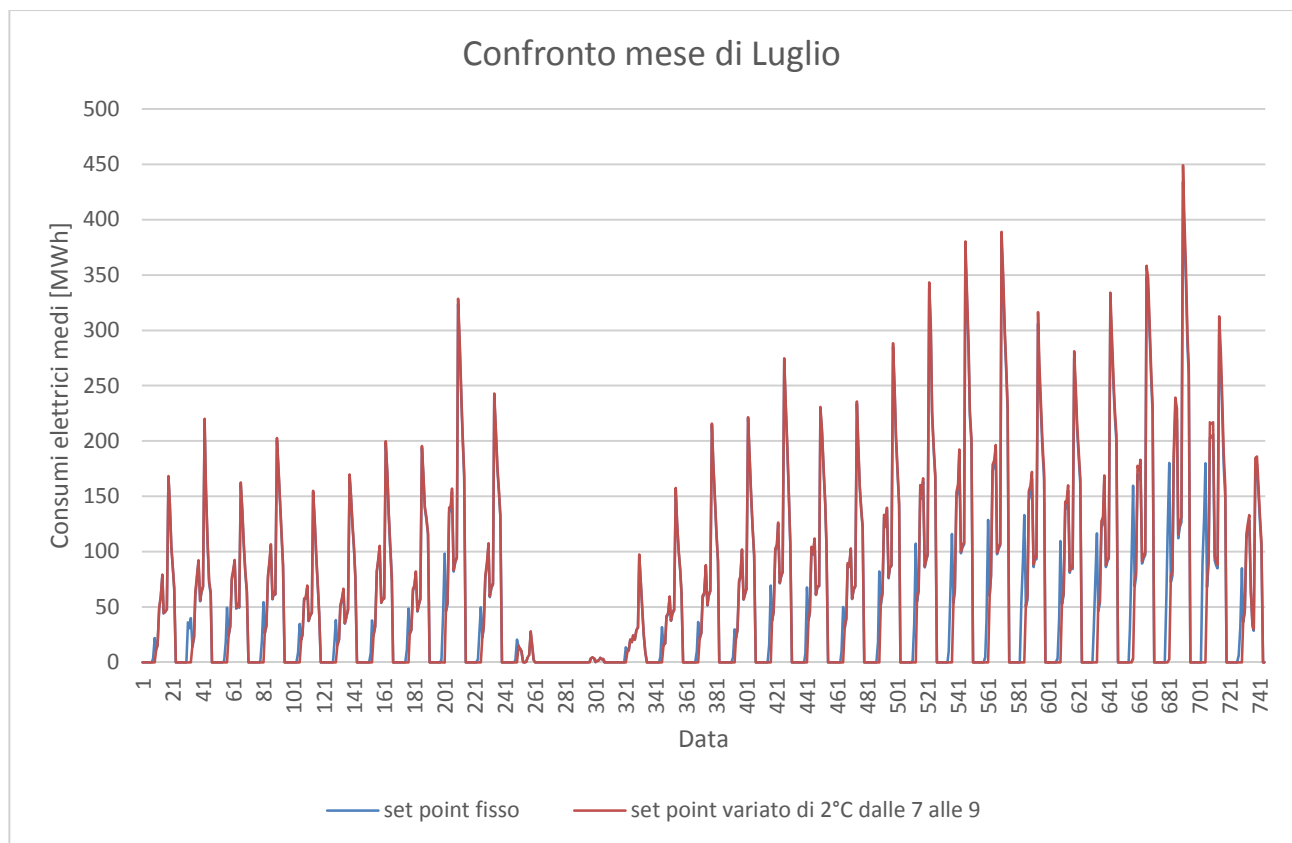
- su tutta la platea delle utenze, quanti utenti intendono partecipare a programmi di demand-response;
- tra le utenze che intendono partecipare al programma di DR, il grado di affidabilità e di risposta al programma dei partecipanti.

Valutare quanti utenti intendono partecipare a programmi di DR, sarà importante per simulare, in futuro, su quale riserva di capacità potrà fare affidamento un eventuale Aggregatore e, soprattutto, cercare di capire quale è il mix migliore (portfolio) di utenti per il raggiungimento di certi obiettivi di offerta di capacità nel mercato della DR. Per una prima analisi, si è fatto riferimento ad una platea di 1000 utenti interessati a partecipare al mercato della DR.

Ad ogni utente viene assegnata una propria affidabilità di base, che, ai fini del software di simulazione del distretto rappresenta una sua caratteristica intrinseca dell'utenza, al pari della superficie dell'appartamento, dell'impianto di riscaldamento/raffrescamento installato, del profilo di utenza e del set-point di temperatura utilizzato. Questa affidabilità di base viene assegnata inizialmente in maniera casuale secondo un punteggio che va da 1 a 3 (dove 1 rappresenta la categoria di utenti maggiormente affidabile, 2 quella mediamente affidabile, 3 quella mediamente inaffidabile).

Ai fini della simulazione di scenari di demand response è necessario che ciascun utente che partecipi al programma fornisca una stima sul quantitativo di capacità (kWh) che sarà in grado di fornire all'Aggregatore ("capacità dichiarata"). E' su questa indicazione che, in base all'affidabilità, viene calcolata la "capacità effettiva" (kWh) che l'utente può mettere realmente a disposizione dell'Aggregatore. La differente affidabilità delle utenze viene calcolata in maniera probabilistica con distribuzione gaussiana. Il risultato è che la "capacità dichiarata" è accompagnato da uno stato di incertezza che rappresenta la deviazione standard della campana avente come valor medio proprio la "capacità dichiarata". La deviazione standard è assegnata, quindi, in funzione dell'affidabilità iniziale (valori da 1-3) imposta dal modellatore. Il risultato sarà quindi il calcolo, ora per ora, della capacità di energia teorica ed effettiva che l'Aggregatore può avere a disposizione. La prima è data dalla somma delle "capacità dichiarate" (kWh) dalle singole utenze; la seconda è data dalla somma delle "capacità effettive" (kWh) messe a disposizione delle singole utenze e calcolate in maniera stocastica.

Sempre nell'ottica di studiare, in futuro, quale sarà quale è il mix (portfolio) ottimale di utenti per il raggiungimento di certi obiettivi di offerta di capacità nel mercato della DR. Il simulatore è anche predisposto per sviluppare analisi di sensitività in funzione delle differenti percentuali di affidabilità assegnate alla platea di utenza.



a)



b)

Figura 1 – Esempio di programma di DR con controllo della temperatura dalle 7.00 alle 9.00, Aggregazione di 1000 utenti: (a) profilo di un mese; (b) profilo di un giorno

5.3 Creazione di una metodologia/struttura dati per simulare differenti tipologia di aggregazione.

Al fine di simulare differenti tipologie di aggregazione, è stata creata una struttura dati che a partire dal simulatore sviluppato nell'annualità precedente, considerasse la flessibilità dei singoli utenti in termini di "potenza, tempo, costo della flessibilità". Il concetto di base è che nel potenziale mercato della DR e dell'Aggregazione, ciascun utente potrà mettere a disposizione dell'Aggregatore una certa quantità di energia elettrica, intesa come una propria flessibilità a modificare i patterns abituali di consumo. Tali patterns di consumo abituali rappresentano il profilo base di ciascun utente e può essere simulato con il software sviluppato nell'annualità precedente. In questa annualità, il simulatore sviluppato nell'annualità precedente è stato ulteriormente migliorato in modo da poter simulare la flessibilità degli utenti finali nel modificare il proprio profilo di consumi. Le opzioni a disposizione dell'utente finale per modificare il proprio profilo di consumo sono: (i) spostare i carichi in altri orari (load shifting); (ii) modificare il set-point di temperatura dell'impianto di climatizzazione estiva (chiller o splitter) e/o invernale (pompa di calore); (iii) autoconsumare energia da produzione rinnovabile (PV) anche utilizzando uno storage elettrico. In questa annualità, il lavoro si è principalmente incentrato sulla simulazione della flessibilità che gli utenti finali possono ottenere, cambiando il set-point del termostato.

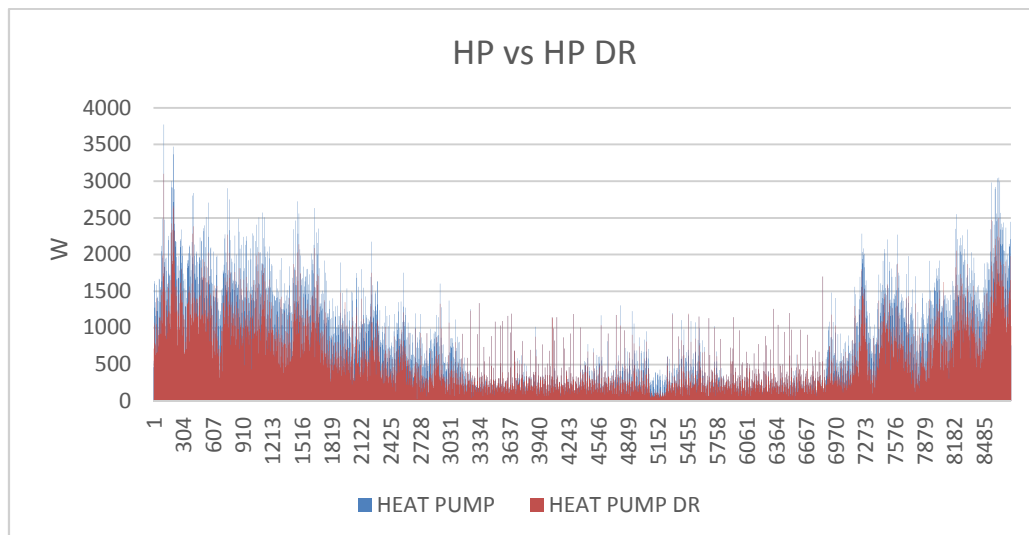
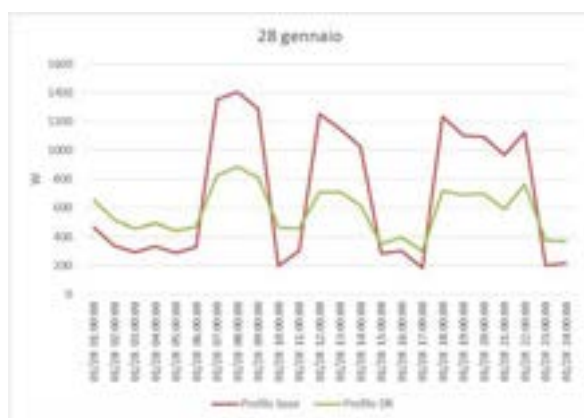


Figura 2 - Esempio di programma di DR su un singolo appartamento (profilo annuale): controllo della temperatura dalle 7.00 alle 9.00, dalle 11.00 alle 14.00, dalle 18.00 alle 22.00



(a)



(b)

Figura 3 - Esempio di programma di DR su un singolo appartamento: controllo della temperatura dalle 7.00 alle 9.00, dalle 11.00 alle 14.00, dalle 18.00 alle 22.00. (a) Profilo invernale; (b) Profilo estivo

Tabella 9- Esempio di matrice di flessibilità di un singolo utente che intende partecipare al programma di DR

Giorno/ora	Profilo base (W)	Profilo DR (W)	Flessibilità dichiarata (W)	Prezzo minimo della flessibilità (€/kWh)
01/28 01:00:00	918	1125	0	n.a.
01/28 02:00:00	841	1038	0	n.a.
01/28 03:00:00	936	1135	0	n.a.
01/28 04:00:00	1013	1207	0	n.a.
01/28 05:00:00	1129	1323	0	n.a.
01/28 06:00:00	1186	1373	0	n.a.
01/28 07:00:00	2472	1776	-697	n.a.
01/28 08:00:00	2707	2025	-682	n.a.
01/28 09:00:00	2240	1646	-594	n.a.
01/28 10:00:00	742	1088	0	n.a.
01/28 11:00:00	704	921	0	n.a.
01/28 12:00:00	1586	1074	-512	n.a.
01/28 13:00:00	1587	1089	-497	n.a.
01/28 14:00:00	1372	912	-461	n.a.
01/28 15:00:00	241	457	0	n.a.
01/28 16:00:00	524	689	0	n.a.
01/28 17:00:00	647	817	0	n.a.
01/28 18:00:00	1600	1126	-475	n.a.
01/28 19:00:00	1704	1235	-469	n.a.
01/28 20:00:00	1584	1144	-440	n.a.
01/28 21:00:00	1558	1137	-420	n.a.
01/28 22:00:00	1709	1304	-405	n.a.
01/28 23:00:00	591	921	0	n.a.
01/28 24:00:00	733	960	0	n.a.

6 Progettazione di un dimostrativo sperimentale

In questa annualità è stato realizzato il progetto di un dimostrativo sperimentale di una rete di Smart Homes in un contesto urbano.

L'attività prevede l'installazione su un numero limitato di abitazione di un kit di sensori e attuatori wireless per il monitoraggio dei consumi e del confort indoor ed il controllo di alcune utenze termiche ed elettriche. La gestione di tutti questi dispositivi wireless, che pertanto non richiedono cablatura, è demandata all'EB, un dispositivo hardware, connesso alla rete internet per la trasmissione dei dati raccolti ad una piattaforma ICT, il cosiddetto Aggregatore.

Il sistema di Smart Homes Network, a partire dalle informazioni che vengono raccolte dall' EB e dai sensori installati, consentirà 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, confronti tra le residenze grazie all'elaborazione di appositi KPI.

A partire dall'esperienza effettuata nei test realizzati sulle abitazioni oggetto della prima fase di sperimentazione come descritto nel capitolo 1, si è proceduto a progettare la sperimentazione dell'architettura complessiva del dimostrativo, sia relativamente alla soluzione tecnologica della sensoristica e dell'EB a livello di singola abitazione che di piattaforma di aggregazione a livello superiore. Inoltre è stata individuato un quartiere di Roma in cui realizzare il progetto. Infine si è proceduto al reclutamento dei partecipanti e all'approvvigionamento del materiale.

6.1 Architettura del sistema del dimostrativo

Con il progredire del progetto è stato possibile definire l'architettura del sistema da adottare nel dimostrativo che ha presentato delle variazioni rispetto a i test effettuati in precedenza soprattutto per quanto riguarda la sensoristica da installare. Infatti si è deciso di prediligere sensori in grado di assicurare la massima affidabilità di funzionamento e costi contenuti. Per questo motivo è stata scelta sensoristica che adottata un unico protocollo di comunicazione, Z-Wave, alimentata da batterie che ne assicurano il funzionamento in continuo. Tale scelta ha comportato l'adozione di un solo dongle e la sostituzione dei sensori di monitoraggio del confort indoor con un unico sensore integrato che monitora temperatura, luminosità, presenza e accelerometro, per la scheda tecnica dei sensori si rimanda all'Appendice 1.



Figura 64-Schema di installazione tipo

Nella tabella che segue è riportata la descrizione dei sensori previsti per ciascuna abitazione del dimostrativo, in grado di garantire economicità, robustezza e bassa intrusività:

Tabella 10- kit di installazione per il dimostrativo

FUNZIONE	TIPO	DESCRIZIONE	QUANTITÀ
Monitoraggio	METER elettricità	Power meter (1 Clamp 60A), v. G2	1 per appartamento
	Sensore integrato confort/presenza	Fibaro motion sensor	1 per stanza
	Apertura e chiusura	Rilevatore di apertura con contatto a secco e sensore analogico Fibaro	1 per finestra+ 1 per la porta
Controllo	Smart valve	Radiator Thermostat Danfoss LC13	1 per termosifone
	Smart plug	Fibaro	4 per appartamento
Energy Box	Gateway	Gateway Apio	1 per appartamento
	Dongle Z-Wave	Adattatore USB con batteria AeonLabs	1 per appartamento



Figura 65- Foto del kit di sensori per il demo

Per definire il costo medio del kit tipo, proposto per la sperimentazione, si è fatto riferimento ad una abitazione di circa 100 mq con 6 vani dotata di un impianto di riscaldamento autonomo e descritto nella tabella seguente, i prezzi sono quelli sostenuti da Enea per l'acquisto della sensoristica sul MePA.

FUNZIONE	TIPO	DESCRIZIONE	PREZZO UNITARIO	QUANTITÀ	COSTO
Monitoraggio	METER elettricità	Power meter (2Clamp 60A), v. G2	€ 98	1	€ 98,00
	Sensore integrato confort/presenza	fibaro motion sensor	€ 48	6	€ 288,00
	Apertura e chiusura	Rilevatore di apertura con contatto a secco e sensore analogico	€ 41	7	€ 287,00

		Fibaro			
Controllo	Smart valve	Radiator Thermostat Danfoss LC13	€ 66	6	€ 396,00
	Smart plug	Fibaro	€ 60	4	€ 240,00
Energy Box	Gateway	Gateway Apio	€ 289	1	€ 289,00
	Dongle Z-Wave	Adattatore USB con batteria AeonLabs	€ 69	1	€ 69,00
		Totali	26	€	1.667,00

Il kit proposto è in grado di assicurare il livello di controllo previsto medio-alto e l'accettazione da parte degli utenti finali come è stato possibile sperimentare nel periodo di test effettuato in questa annualità.

6.2 Definizione del target dei partecipanti

Innanzitutto sono stati definiti i requisiti per partecipare al progetto in termini di dotazione impiantistica e tipologia di utenza.

In particolare ai partecipanti è stato richiesto di avere:

- Impianto autonomo di riscaldamento;
- Connessione internet ADSL flat;
- Disponibilità di pc, tablet o smartphone come interfaccia per l'EB per la visualizzazione dei dati e l'attuazione dei comandi;
- Risiedere nell'area di intervento, ovvero a Centocelle.

Per quanto riguarda la dotazione impiantistica, volendo effettuare una sperimentazione su un campione di utenti rappresentativo della situazione in Italia, si è fatto riferimento all'indagine effettuata dall'ISTAT che ha rilevato nel 2013 le caratteristiche dell'abitazione, le dotazioni di impianti energetici a disposizione delle famiglie italiane, da cui è emerso che per quanto riguarda il riscaldamento in casa la tipologia di impianto più diffuso è quello autonomo alimentato a metano.

Le richieste relative alla dotazione di connessione internet, sono legate al funzionamento dell'EB, soprattutto per consentire la connessione della singola abitazione alla piattaforma di aggregazione, mentre per quanto riguarda l'interfaccia utente è possibile utilizzare qualsiasi dispositivo, pc, tablet o smartphone, in grado di visualizzare la pagina web.

Per quanto riguarda la tipologia di utenza, l'obiettivo era quello di monitorare i consumi domestici di famiglie, pertanto a priori sono state scartate situazioni abitative non corrispondenti alla tipologia di nucleo familiare, come possono essere case per studenti o situazioni di coabitazione.

In fase di definizione dei criteri di partecipazione si era anche richiesta l'appartenenza ad un'area specifica, ovvero il quartiere storico di Centocelle, per cercare di delimitare e circoscrivere l'area di sperimentazione, per agevolare nella fase di installazione e monitoraggio.

Il numero di partecipanti è stato fissato pari a 10.

6.3 Reclutamento dei partecipanti

Nella fase di reclutamento dei partecipanti [13], [14], lo staff ENEA è stato coadiuvato dall'Università LUISS di Roma per il coinvolgimento degli abitanti tramite momenti dedicati da tenersi con gruppi sociali attivi, utilizzo di strumenti multimediali, social web su cui veicolare il progetto di SHN, si veda a tal proposito anche il Report RdS/PAR2016/026 – "La pratica e la prototipazione della co-governance per uno smart district urbano".

Per diffondere e pubblicizzare il progetto sono stati utilizzati vari strumenti:

- Contattati alcuni facilitatori locali che hanno veicolato le informazioni relative al progetto ai loro contatti, tra cui amministratori di condomini ed associazioni di quartiere.
- Fleyer per illustrare il progetto in cui sono stati specificati gli obiettivi del progetto, descritte le attività previste ed i requisiti per partecipare. Tali fleyers sono stati distribuiti nel quartiere ed in occasione delle interviste effettuate durante l'indagine sociale condotta così come riportato nel report e messi a disposizione dei facilitatori locali.



Figura 66- Fleyer del progetto Smart Homes Network

Infine è stato organizzato un evento per presentare il progetto, mostrare le tecnologie e la sensoristica da installare nelle abitazioni e soprattutto per rispondere ad eventuali quesiti dei partecipanti. Durante l'evento è stato fornito un modulo per raccogliere l'adesione alla sperimentazione e la dislocazione nel quartiere, il consenso al trattamento dei dati personali e alcune informazioni sulla tipologia di utenza, in particolare:

- A che titolo si usufruisce dell'abitazione dove risiede (proprietario, affittuario, altro);
- Superficie dell'abitazione ed il numero di vani /stanze;
- Numero di utenti presenti nell'abitazione e tipologia di utente (lavoratore part time, studente scolastico, studente universitario, in attesa di occupazione, pensionato/a, casalingo/a, lavoratore pendolare);
- Disponibilità di una connessione fissa ad Internet (non da cellulare o tablet);
- Le caratteristiche dell'impianto di riscaldamento della abitazione (autonomo, centralizzato).

Si è scelto di predisporre un modulo di adesione semplice e con poche domande al fine di evitare di scoraggiare alla partecipazione, limitandosi a verificare che i requisiti per la partecipazione venissero soddisfatti, rimandando ad una fase successiva le indagini di maggior dettaglio.

L'evento è stato organizzato presso la sede di Fusolab, un'Associazione di Promozione Sociale che persegue finalità di solidarietà sociale e di promozione e diffusione della cultura, tramite un uso innovativo delle nuove tecnologie e dei canali comunicativi. L'evento è stato pubblicizzato sul sito dell'Associazione, inoltre è stato predisposto un evento Facebook e l'invito è stato inviato tramite mail a 48.000 contatti.



Figura 67-Invito all'evento di presentazione del progetto

La partecipazione all'evento è stata discreta e sono state raccolte 6 partecipazioni alla sperimentazione, mentre altre 4 adesioni sono state inviate tramite format predisposto on line. In generale gli intervenuti hanno mostrato molto interesse per il progetto, soprattutto per le nuove tecnologie presentate, apprezzando il fatto che non si tratta di una soluzione chiusa, ma al contrario aperta e pertanto adattabile alle esigenze dell'utente.



Figura 68 - Foto dell'evento di presentazione del progetto

Trattandosi di una sperimentazione e poiché alcune delle funzionalità del sistema sono ancora in una fase di implementazione, gli utenti della sperimentazione saranno coinvolti a contribuire con la loro esperienze al progetto finale, sono infatti previsti incontri per esplorare la fattibilità e qualità dei servizi offerti in fase di sviluppo.

Durante l'incontro le domande da parte dei partecipanti sono state le seguenti:

- Gli utenti hanno richiesto se erano previsti dei costi a loro carico.
 - E' stato chiarito che la fornitura e posa della strumentazione per la sperimentazione è a carico dell'ENEA, mentre la partecipazione è a titolo gratuito.
- E' stato richiesto se la sensoristica che verrà installata nelle abitazioni può comportare rischi per la salute.
 - I sensori che verranno installati nelle abitazioni utilizzano un protocollo di comunicazione wireless nato e progettato principalmente per la domotica, la cui frequenza operativa è di 868,4 MHz. 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.

Comunque la bassa potenza, dovuta anche al flusso di dati ridotto, garantisce che la soluzione non è pericolosa per la salute dei partecipanti.

- Garanzie relative la tutela della privacy.
 - I dati provenienti dalle abitazioni verranno acquisiti in forma anonima e successivamente aggregati per la definizione dei KPI. Nessun utente potrà quindi accedere alle informazioni relative ad un altro utente. Anche il confronto tra utenti avverrà utilizzando dei KPI. Infine i dati verranno analizzati a fini statici e non ceduti a terzi.
- Durata della sperimentazione.
 - La durata della sperimentazione prevista è di un anno, rinnovabile per almeno altri due, compatibilmente con il programma previsto nell'ambito della le attività di ricerca e sviluppo di interesse generale per il sistema elettrico nazionale.

6.4 Inquadramento urbanistico dell'abitazioni oggetto della sperimentazione

Nonostante l'idea iniziale fosse quella di concentrare la sperimentazione della rete Smart Home in un solo quartiere, ovvero il Prenestino-Centocelle, dopo la presentazione del progetto, sono pervenute adesioni da più quartieri che gravitano proprio intorno all'asse della Via Casilina.

Pertanto l'area interessata dal progetto ricopre i quartieri Prenestino-Centocelle, Alessandrino, Prenestino-Labicano e Don Bosco, prendendo come riferimento l'asse costituito dalla via Casilina.

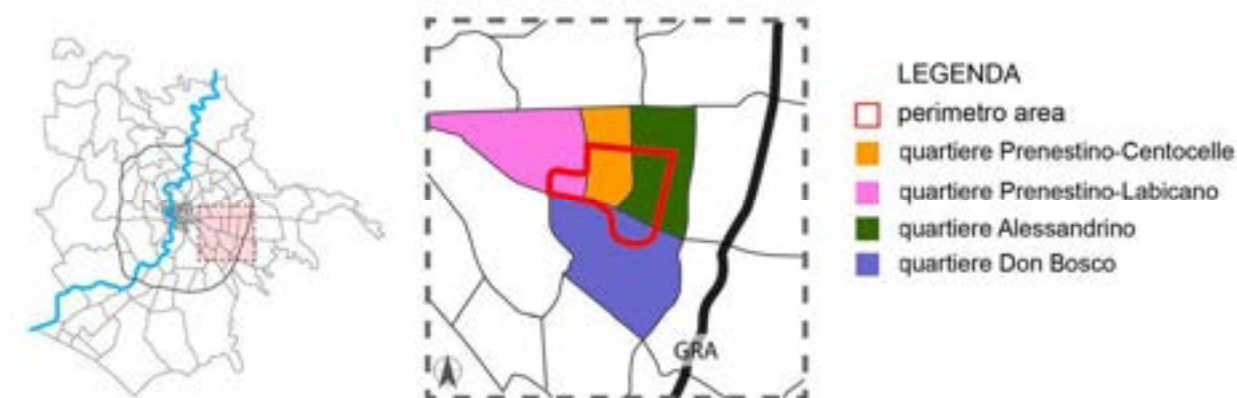


Figura 69-Inquadramento dei quartieri di Roma interessati dalla sperimentazione

Nella figura seguente è evidenziata la dislocazione delle abitazioni oggetto della sperimentazione nel contesto urbano. Nella stessa figura è riportato il sistema della mobilità, in particolare la viabilità principale, costituita dalle vie Prenestina e Casilina, Viale della Primavera-Tor dei Schiavi e Palmiro Togliatti, che delimita i diversi quartieri ma non definisce una barriera.

Il tessuto edilizio [15] si presenta compatto, con una densità abitativa medio-alta. Tutta l'area è di espansione novecentesca, il primo nucleo risalente agli anni '20 si è sviluppato spontaneamente nelle vicinanze dell'aeroporto militare Baracca, con la realizzazione di alcuni villini in prossimità di via Casilina. Negli anni '30 e '40 l'attività urbanistica si è concentrata intorno alla piazza dei Mirti nel quartiere di Centocelle, mentre a partire dagli anni 50 i villini popolari edificati tra le due guerre sono stati affiancati da costruzioni più grandi, fino ad arrivare agli anni '70, in cui si assiste alla realizzazione di edifici più intensivi. Infine negli ultimi anni sono stati costruiti ulteriori edifici moderni, nei lotti liberi, soprattutto vicino a Via Togliatti e nel quartiere Alessandrino.

In generale non sono presenti impianti fotovoltaici, se non in abitazioni di recente realizzazione, in particolare nella sperimentazione nessun utente coinvolto dispone di energia prodotta da fonti rinnovabili. Infine, per meglio inquadrare il contesto sociale in cui la sperimentazione verrà condotta si rimanda ai reports RdS/PAR2016/025 e RdS/PAR2016/026.

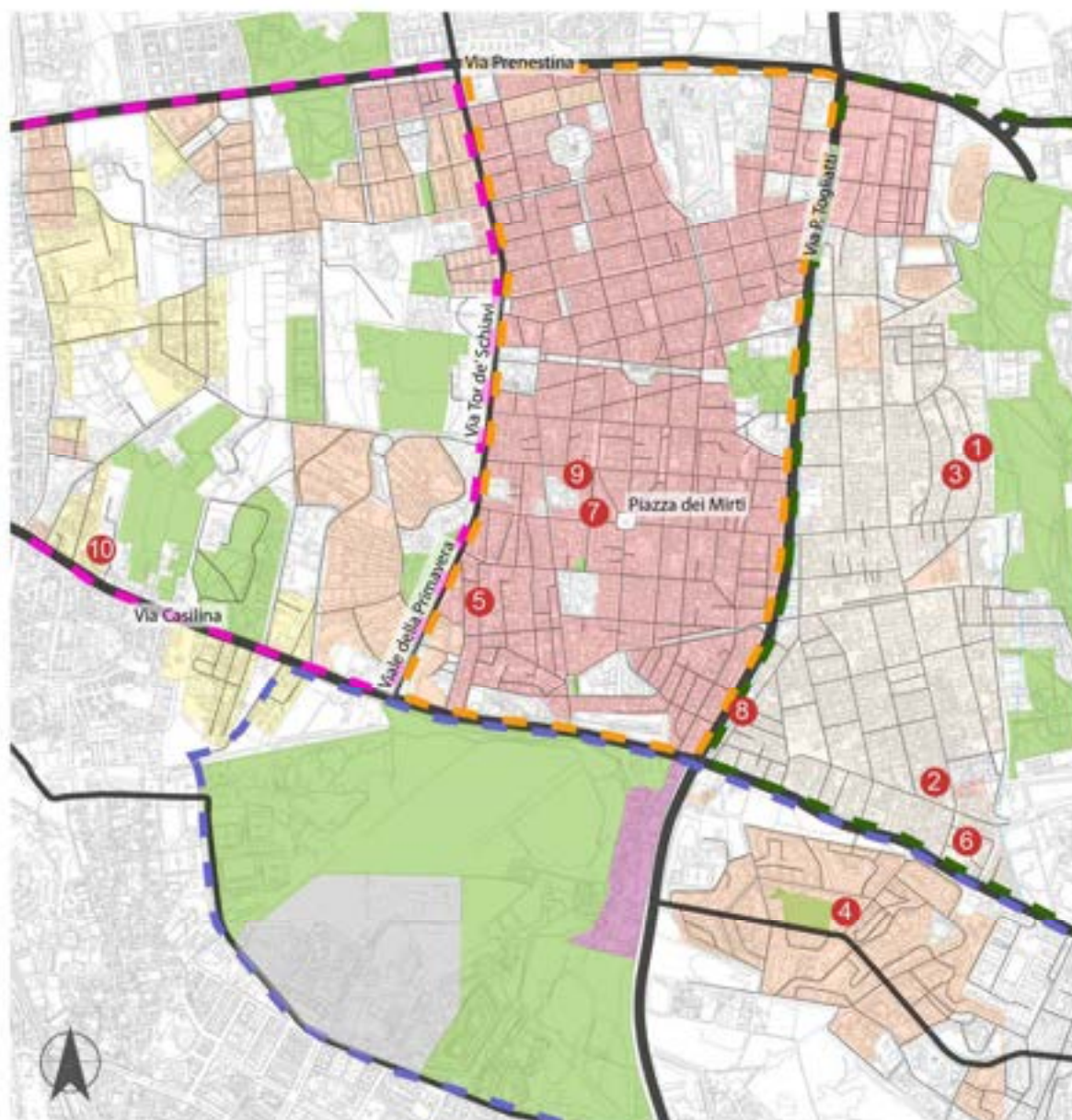
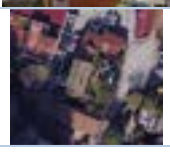


Figura 70-Dislocazione delle abitazioni selezionate nel tessuto urbano

Nella tabella 9 sono sintetizzate le caratteristiche principali delle abitazioni che hanno aderito alla partecipazione, queste differiscono tra loro per tipologia di edificio e di utenza, a ciascuna di esse è stato associato un numero di identificazione.

Tabella 11 - Sintesi dei dati relativi alle abitazioni che hanno aderito alla sperimentazione

Foto	ID utente	Tipologia di edificio	Quartiere	N° utenti	Tipologia di utenza	m ²
	1	Appartamento in edificio plurifamiliare	Alessandrino	2	Lavoratori pendolari	93
	2	Appartamento in edificio plurifamiliare	Alessandrino	1	Lavoratore pendolare	65
	3	Appartamento in edificio plurifamiliare	Alessandrino	2	Lavoratore pendolare ed uno in attesa di occupazione	60
	4	Appartamento in edificio plurifamiliare	Don Bosco	3	Famiglia con bambino in età scolare	65
	5	Casa isolata	Prenestino-Centocelle	4	Famiglia con bambini in età scolare, un genitore in attesa di occupazione	65
	6	Appartamento in casa isolata bifamiliare	Alessandrino	1	Lavoratore pendolare	60
	7	Appartamento in edificio plurifamiliare	Prenestino-Centocelle	4	Famiglia con bambini in età scolare, un genitore in attesa di occupazione	65
	8	Appartamento in edificio plurifamiliare	Alessandrino	4	Famiglia con bambini in età scolare, un genitore part time	100
	9	Appartamento in edificio plurifamiliare	Prenestino-Centocelle	4	Famiglia con bambini in età scolare, un genitore casalingo	105
	10	Appartamento in casa isolata bifamiliare	Prenestino-Labicano	2	Lavoratore pendolare, lavoratore part time	100

Gli appartamenti selezionati sono situati in edifici di diversi per tipologia e periodi di costruzione: si tratta in larga misura di edifici plurifamiliari a 5 o 6 piani fuori terra, case bifamiliari a due-tre piani e case isolate.

Gli utenti interessati sono per la maggior parte famiglie con bambini in età scolare, gli adulti principalmente sono lavoratori pendolari, con una bassa percentuale di casalinghi e in attesa di occupazione.



Figura 71-Tipologia di utenti aderenti alla sperimentazione e distribuzione del numero di utenti per abitazione

6.5 Roadmap della sperimentazione

In occasione della presentazione sono state illustrate agli utenti le modalità e le differenti fasi con cui verrà effettuata la sperimentazione in cui saranno coinvolti:

1. Adesione al progetto.

Per l'adesione al progetto è necessario compilare un format di adesione con cui esprimere la propria disponibilità a partecipare e fornire dati utili per selezionare i partecipanti alla sperimentazione.

Questo primo step, che ha previsto un 'incontro per la presentazione del progetto, è già stato completato e gli utenti coinvolti sono stati ricontattati per informarli dei risultati della selezione.

2. Audit e condivisione.

E' prevista una fase di audit delle abitazioni coinvolte nella sperimentazione. A tal fine in questa annualità è già stato predisposto un questionario energetico, ovvero una procedura semplificata, descritto in dettaglio nel capitolo successivo, per profilare la tipologia di utenza, al termine è previsto un feedback agli utenti dei dati pervenuti. Infine per definire e condividere la migliore tipologia di installazione sono previsti sopralluoghi mirati nelle case.

3. Consegna del Kit ed installazione.

A valle della fase di audit si procederà con la consegna del Kit di installazione e dell'EB già configurato per ridurre al minimo le attività di configurazione dei singoli sensori. Per questa fase è prevista l'assistenza tecnica da parte di Enea.

4. Sperimentazione.

La sperimentazione avrà inizio ad installazione completata e procederà per almeno un anno, è presunto che possa essere prolungata per altri due anni secondo quanto verrà stabilito nei prossimi PAR. Durante la sperimentazione è prevista un'assistenza tecnica da parte enea e l'invio di feedback agli utenti.

5. Verifica dei risultati raggiunti

Alla fine della sperimentazione, o comunque al termine della prossima annualità, è prevista l'analisi dei dati acquisiti e l'esposizione dei risultati ottenuti nel corso dell'esperienza effettuata.



Figura 72- Roadmap della sperimentazione

Durante tutta la sperimentazione sono previsti degli incontri con gli utenti coinvolti al fine di motivarli ed incoraggiare un comportamento più consapevole nei confronti dell'uso dell'energia, per renderli in prospettiva dei consumatori attivi.

7 Procedura semplificata per la valutazione del potenziale di aggregabilità di utenze residenziali.

L'obiettivo del lavoro è la predisposizione di un modulo di raccolta dati per una generica utenza da inserire in un programma di aggregazione di utenze residenziali. L'attività è stata svolta in collaborazione con la "Sapienza" Università di Roma, Centro di Ricerca Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente - C.I.T.E.R.A. ed è descritta in dettaglio nel Report RdS/PAR2016/009. Il lavoro discende dallo studio e dalla caratterizzazione delle utenze residenziali, effettuata al fine di valutare il potenziale di flessibilità attuabile, in termini di carichi accumulabili e di carichi differibili effettuato nella scorsa annualità [16].

Attraverso il modulo, volutamente concepito per un compilatore non esperto, saranno acquisite le informazioni necessarie per valutare il potenziale di aggregazione di una utenza residenziale, rappresentato dall'incidenza assoluta e percentuale dei carichi elettrici accumulabili e differibili, dalla possibile introduzione di sistemi di automazione per la gestione attiva delle utenze.

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.

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.

È pertanto 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.

Per gli edifici esistenti, la sperimentazione ha lo scopo di verificare i risparmi energetici e i risparmi economici potenzialmente realizzabili grazie ai diversi interventi di variazione della dotazione impiantistica, di introduzione di sistemi di automazione e di flessibilizzazione della domanda di energia elettrica.

Tale sperimentazione riveste particolare importanza, essendo rappresentativa di una larga porzione del patrimonio edilizio esistente, quella più energivora e meno elettrificata, e quindi quella in grado di offrire i più ampi margini di risparmio energetico, di elettrificazione e di flessibilizzazione del carico.

L'aggregazione delle utenze potrà essere effettuata utilizzando degli EB per il coordinamento e l'automazione di tutti gli usi energetici.

Il modulo che si propone ha la funzione primaria di verificare preliminarmente il potenziale di aggregabilità di una generica utenza, caratterizzandola attraverso un approccio rapido, che coinvolga inizialmente solo l'utente residenziale in assenza di una figura tecnica esperta della materia. Le informazioni raccolte, se ritenute interessanti, potranno comunque essere sottoposte ad un'analisi più approfondita con intervento di un tecnico e con sopralluoghi mirati.

Il modulo di raccolta dati è stato strutturato per acquisire tutte le informazioni necessarie a caratterizzare una generica utenza, con informazioni che anche un utente non esperto può fornire.

In particolare, gli usi energetici che sono stati considerati sono quelli relativi a riscaldamento ambienti, raffrescamento ambienti, preparazione di acqua calda sanitaria, lavaggio biancheria, asciugatura biancheria, lavaggio stoviglie, altri usi differibili (ferro da stiro, aspirapolvere), postazioni audio-video (intrattenimento), postazioni PC, illuminazione, refrigerazione e congelazione, altri usi non differibili.

Oltre alla funzione sopra menzionata, il modulo ha anche la funzione di stimare preliminarmente gli effetti derivanti dall'introduzione di un EB, necessario alla gestione ed al controllo degli usi energetici, in una logica costi-benefici, che tuttavia non può che limitarsi, in questa fase, alla stima dei risparmi energetici ed economici sulla bolletta dell'utente finale (DR di tipo implicito). Viene quindi a mancare, in questa valutazione, la stima in termini economici dei benefici derivanti dallo "scambio" del carico aggregato all'interno dei mercati di bilanciamento (DR di tipo esplicito).

In via preliminare e in termini puramente teorici, sono stati comunque valutati i potenziali risparmi derivanti dal servizio di DR implicito, sulla base di un'analisi statistica sui valori orari del PUN e il potenziale beneficio del servizio di DR esplicito, sulla base dell'andamento del corrispettivo unitario del servizio di dispacciamento

7.1 Il procedimento per la caratterizzazione della tipologia di utenza

Con l'intenzione di rendere la procedura accessibile anche all'utente non esperto si è cercato di limitare al minimo la richiesta di informazioni tecniche, predisponendo, ove strettamente necessario, dei menù a scelta multipla con inserimento opportunamente guidato. Sono state, pertanto, individuate le informazioni necessarie per la caratterizzazione della tipologia di utenza dal punto di vista elettrico e termico e quelle necessarie a valutare il potenziale di aggregazione, rappresentato dall'incidenza assoluta e percentuale dei carichi elettrici accumulabili e differibili.

A partire dai dati forniti, attraverso un foglio di calcolo, viene effettuata una simulazione in regime dinamico semplificato che consente di stimare i consumi annui della singola utenza domestica, sia dal punto di vista elettrico che termico, per una descrizione dettagliata si rimanda al Report RdS/PAR2016/009.

7.2 Costi legati ai consumi energetici

Per la valutazione dei costi legati ai consumi di gas e di energia elettrica, è stato impiegato lo strumento messo a disposizione dall'Autorità per l'energia elettrica, il gas e il sistema idrico, attraverso il proprio sito web (<http://trovaofferte.autorita.energia.it/trovaofferte/TKStart.do>).

Attraverso tale strumento, sono stati valutati i costi dell'energia elettrica e del gas, al lordo di tasse e imposte, per le diverse tipologie di utenza (residente o non residente, limitatamente all'energia elettrica) e per le diverse forme di contratto (servizio di maggior tutela o mercato libero). In particolare, con riferimento al mercato libero, l'indicazione di costo rilevata è stata quella corrispondente alla migliore offerta sul mercato libero.

Con riferimento al costo del gas, si è osservato che si ha un andamento quasi rettilineo dei costi in rapporto ai consumi e che esistono ampie differenze, tra il servizio di maggior tutela e il mercato libero, risultando le migliori offerte sul mercato libero più convenienti rispetto al servizio di maggior tutela.

Con riferimento al costo dell'energia elettrica, si è osservato un generale appiattimento delle curve conseguente alla riconfigurazione delle tariffe volta all'eliminazione della progressività, che dovrebbe concludersi a gennaio 2018, senza alterare in modo significativo la struttura attuale, nella quale l'incremento di pendenza delle curve è principalmente dovuto alla struttura a scaglioni delle accise gravanti sul consumo di energia elettrica. Esistono invece ampie differenze, tra il servizio di maggior tutela e il mercato libero (risultando le migliori offerte sul mercato libero più convenienti rispetto al servizio di maggior tutela) e tra le utenze residenti e le utenze non residenti (risultando le residenze avvantaggiate dall'attuale struttura tariffaria).

7.3 Il modulo di raccolta dati

Il modulo di raccolta dati è stato strutturato per acquisire tutte le informazioni necessarie a caratterizzare una generica utenza, con informazioni che anche un utente non esperto può fornire. In particolare, gli usi energetici che sono stati considerati sono quelli relativi a riscaldamento ambienti, raffrescamento ambienti, preparazione di acqua calda sanitaria, lavaggio biancheria, asciugatura biancheria, lavaggio stoviglie, altri usi differibili (ferro da stiro, aspirapolvere), postazioni audio-video (intrattenimento), postazioni PC.

Il modulo è realizzato in ambiente Excel ed implementa macro e funzioni scritte in VBA (Visual Basic for Applications).

Le celle hanno colorazioni differenti in funzione del contenuto e possono essere di semplice informazione, di input o di output. Gli input al foglio possono essere dati in maniera libera o attraverso dei menù a tendina e sono così suddivisi:

- 1) Dati di input: la raccolta dati inizia con delle informazioni generali, relative al compilatore ed alla collocazione dell'edificio, inoltre è richiesto l'utilizzo della casa per fasce orarie (8-13; 13-19; 19-0; 0-8).
- 2) Caratteristiche architettoniche: sono indicati i dati generali (la tipologia edilizia, anno di costruzione, etc.) le dimensioni e orientamento in pianta e se sono stati effettuati lavori di riqualificazione energetica.

3) Impianti

Sono stati considerati solo impianti di riscaldamento alimentati a gas o a energia elettrica, escludendo, in questa prima versione del foglio di calcolo, gli impianti alimentati a biomassa, in ragione della natura “in isola” di questi impianti e del basso potenziale di aggregabilità da essi rappresentato. Sono state assimilate a “impianto di raffrescamento” tutte le apparecchiature impiegate ai fini del comfort termo igrometrico nella stagione estiva.

3. IMPIANTI			
3.1 IMPIANTO DI RISCALDAMENTO			
Tipo di impianto di riscaldamento	Autonomo		Impianto autonomo a gas con radiatori e termoventilatore
Tipo di generatore di calore	Caldaia a condensazione		
Classe energetica media in riscaldamento	A+		Impianto centralizz. a gas con radiatori
Terminali in ambiente	Radiatori (termosifoni)		
Modalità di regolazione	Termostato programmabile		
3.2 IMPIANTO DI RAFFRESCAMENTO			
Tipo di impianto di raffrescamento	Condizionatore elettrico		Nessun condizionatore
Classe energetica media in raffrescamento	A+		Condizionatori in tutte le stanze
Numero di stanze climatizzate	2 su un totale di 7 stanze		
ALTRI APPARECCHI			
Ventilatore	QUANTITA'	ORE USO GIORNALIERO	Nessun apparecchio
Deumidificatore portatile			
3.3 IMPIANTO DI PREPARAZIONE DELL'ACQUA CALDA SANITARIA			
Tipo di impianto di preparazione dell'acqua calda sanitaria	Caldaia a condensazione		
3.4 IMPIANTO SOLARE TERMICO (per acqua calda)			
Tipo di impianto	Nessuno		
Numero di pannelli solari termici			
Inclinazione (tilt)	°		
Orientamento rispetto al sud (azimut)	°		

Figura 73- Vista della sezione del modulo relativo agli impianti

Le informazioni necessarie a calcolare l'autoproduzione di energia elettrica effettuata con impianti fotovoltaici sono la potenza nominale dell'impianto, la sua inclinazione e il suo orientamento.

4) Elettrodomestici e altre apparecchiature elettriche

Sono poi richieste le informazioni relative agli usi energetici di cucina, refrigerazione e congelazione. Per i grandi elettrodomestici (lavatrice, asciugatrice, lavastoviglie) è necessario indicare il numero di cicli settimanali e la classe energetica. Per le altre apparecchiature è unicamente necessario indicare i minuti di uso giornaliero.

Le informazioni relative all'illuminazione degli ambienti prevedono una semplice numerazione delle lampade, con suddivisione tra le diverse tipologie (a incandescenza; alogene; fluorescenti, a led). Sono presenti dei pulsanti laterali per un'immissione rapida, attraverso i quali è possibile inserire dei valori precalcolati per illuminazione poco efficiente, media o molto efficiente.

Per postazioni PC, postazioni audio-video e ad altri elettrodomestici di uso marginale la caratterizzazione energetica viene effettuata con riferimento a valori medi di potenza elettrica e in base all'uso effettuato. Unica eccezione sono i televisori o i monitor, sottoposti a etichettatura energetica, per i quali è necessario fornire indicazioni circa le dimensioni e la classe energetica.

7.3.1 Risultati delle simulazioni

I dati raccolti vengono utilizzati per stimare i consumi elettrici e i costi ad essi associati. I risultati delle stime effettuate sono confrontati con i dati reali forniti dall'utente, in maniera tale che si possa procedere ad una correzione dei dati in caso di discordanza alta.

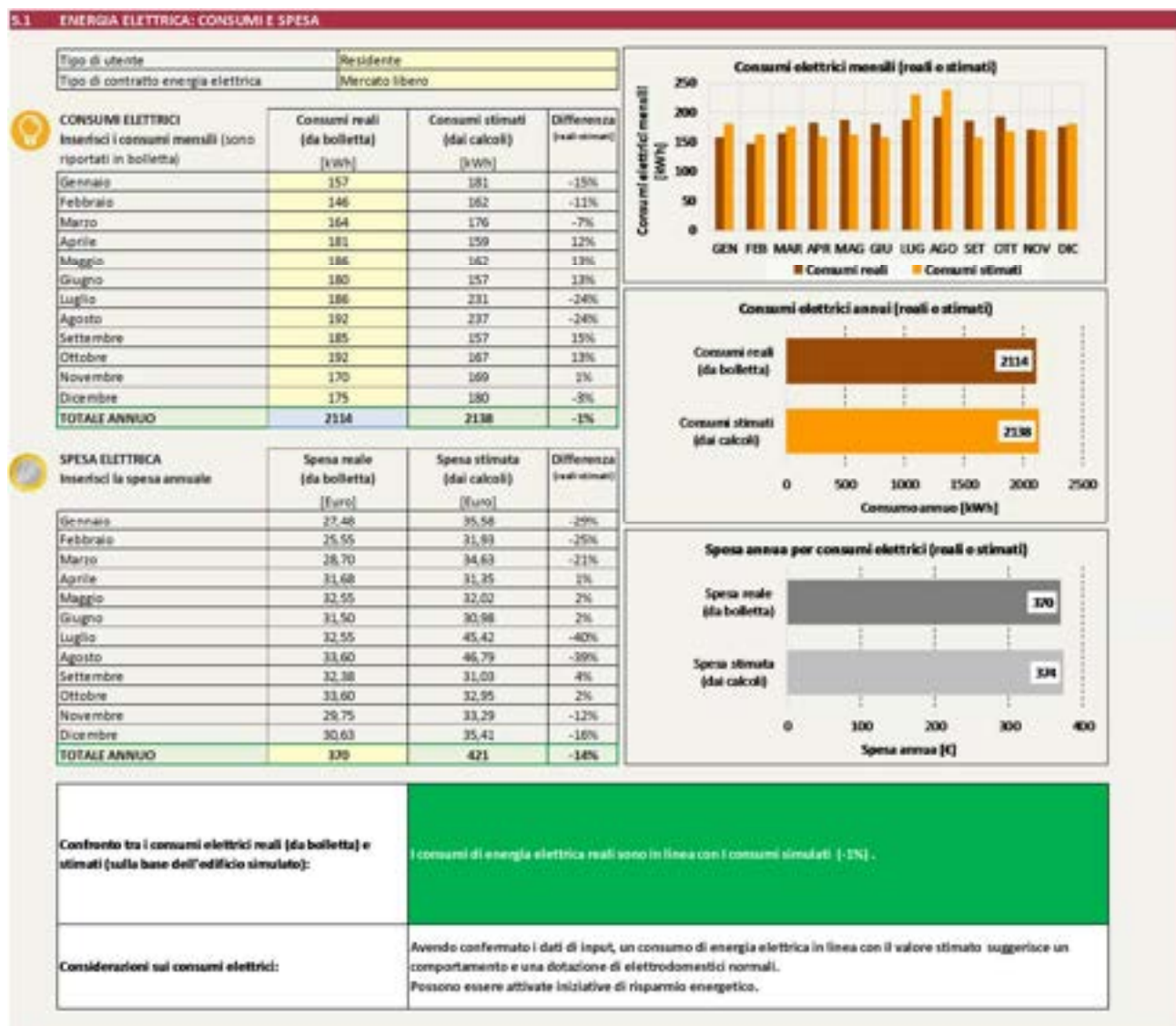


Figura 74- vista della sezione del modulo relativo ai risultati della simulazione

Vengono poi presentati dei grafici e delle tabelle di riepilogo con grafici che riportano la ripartizione tra vettori energetici di consumi e costi. Tale ripartizione consente di valutare il livello di elettrificazione dell'utenza residenziale; il confronto tra le due ripartizioni, in ragione di una diversa importanza relativa dei due vettori energetici, consente di individuare il vettore energetico meno costoso. Viene effettuato anche un confronto tra i costi indicati dall'utente e i costi stimati sulla base dei migliori contratti disponibili, al fine di verificare se ci sono scostamenti dovuti semplicemente ad un contratto non idoneo o non aggiornato. Sulla base delle informazioni raccolte è anche graficizzata la ripartizione tra consumi accumulabili, consumi differibili e consumi non differibili.

5.3 COSTI, AUTOMAZIONE, ELETRIFICAZIONE

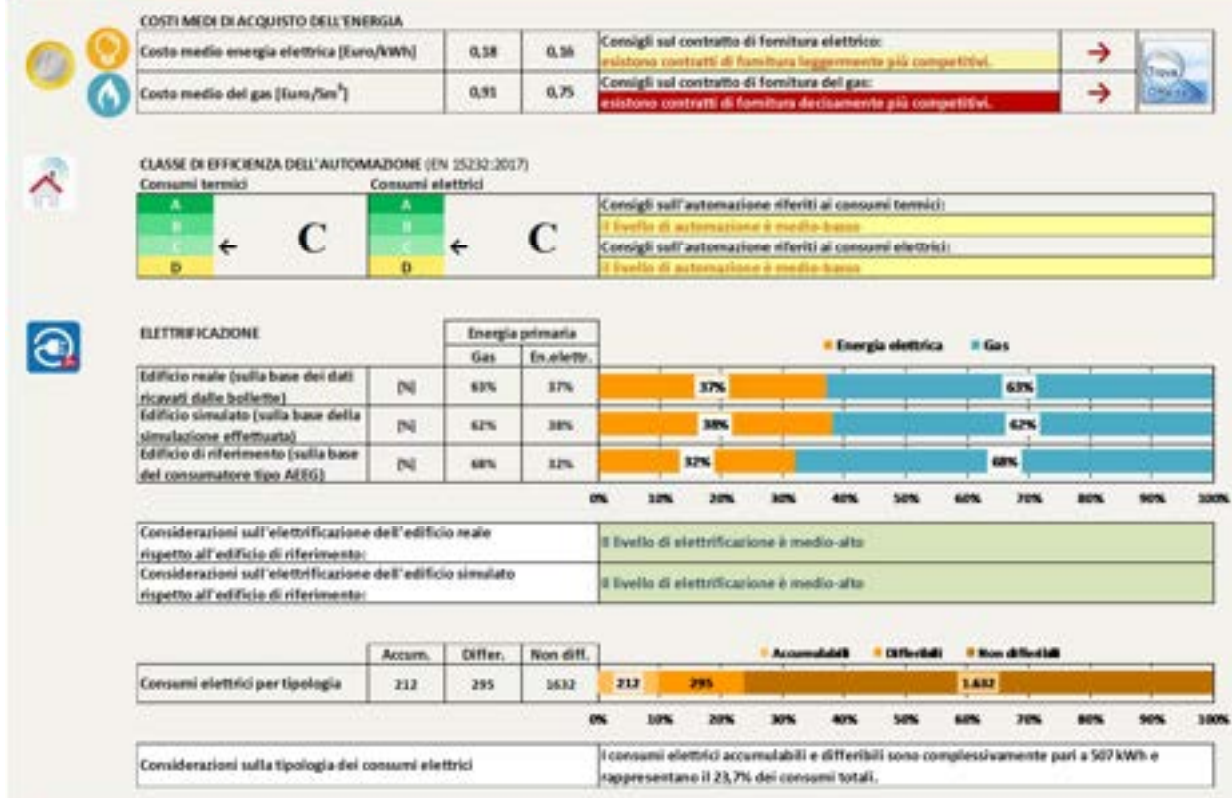


Figura 75- vista della sezione del modulo relativo costi complessivi e ripartizione tra i vettori energetici

E' infine proposta una indicazione della classe di efficienza energetica del sistema di automazione sulla base della Norma EN 15232:2007, con differenziazione tra gli usi termici e gli usi elettrici.

Il foglio di calcolo si conclude con una valutazione dei risparmi potenziali raggiungibili con una variazione della dotazione tecnologica dell'edificio.

La valutazione conclusiva è offerta in due versioni distinte:

- la versione per utente, che prevede una formulazione sintetica dei risultati, nella misura utile alla semplice informazione dell'utente;
- la versione per Aggregatore, che invece propone la valutazione dei kit di automazione e che consente di simulare il potenziale di aggregazione, con una variazione delle dotazioni rappresentata dall'elettrificazione delle utenze tradizionalmente termiche di cucina, preparazione dell'acqua calda sanitaria e riscaldamento.



Figura 76- Risparmi energetici ed economici ottenibili con sistemi di automazione – Versione per utente.

Il foglio di calcolo consente di simulare la prestazione energetica dell'edificio in presenza di un sistema di automazione, sopra sono riportati i risultati della la simulazione di un kit medio-alto, ovvero quello proposto nella sperimentazione che verrà condotta presso Centocelle, così come è stato descritto nel paragrafo precedente. Il confronto include anche un'indicazione dei possibili risparmi raggiungibili grazie anche ad una modifica del contratto di fornitura dell'energia elettrica.

Nella valutazione per l'Aggregatore, i confronti effettuati vogliono porre all'attenzione dell'Aggregatore eventuali ulteriori margini di risparmio nella gestione energetica dell'abitazione, soprattutto in presenza di consumi dichiarati alti. Viene riproposto il confronto tra i consumi di gas reali e simulati e viene effettuato un confronto tra i consumi reali e i consumi medi statistici di una famiglia tipo della stessa composizione e residente nella stessa provincia; il risultato del confronto è ancora proposto in una cella che assume colorazioni differenti (verde intenso, verde chiaro, bianco, arancione, rosso) a seconda del risultato del confronto (molto inferiore, inferiore, in linea, superiore o molto superiore).

7.4 Casi studio

Il foglio di calcolo è stato sottoposto a dei test successivi, su casi studio reali, al fine di verificare la rispondenza all'obiettivo iniziale. In particolare sono stati svolti test per verificare i seguenti obiettivi:

- Selezionare i dati di input, sottoponendo il questionario in forma semplificata ad utenti generici e ad utenti esperti.
- Verificare l'affidabilità della procedura dal punto di vista numerico e della sua stabilità.
- Raccogliere informazioni su edifici reali. Tale fase è stata condotta inviando il foglio di calcolo ad una serie di utenti selezionati, al fine di poter avere un riscontro.

8 Conclusioni

In questa annualità è stata proseguita l'attività relativa alla definizione di un modello replicabile di Smart Homes Network in grado di monitorare i consumi energetici, il grado di comfort e sicurezza presso gli edifici residenziali e di trasmetterli ad un livello superiore, la piattaforma di aggregazione, dove vengono analizzati ed aggregati così da fornire un serie di feedback all'utente.

La soluzione tecnologica relativa al sistema da adottare nelle Smart Homes è stata implementata e testata su alcune abitazioni pilota appartenenti al team di ricerca. In particolare si è proceduto allo sviluppo della piattaforma di aggregazione, all'implementazione dell'EB e al test del kit di sensori. Proprio grazie alla disponibilità dei dati provenienti da questa prima fase di sperimentazione è stato possibile progettare i servizi di aggregazione da offrire agli utenti finali, definire il kit ottimale di sensori da installare in un dimostrativo pilota e sviluppare il prototipo di piattaforma di aggregazione e delle sue funzionalità.

In collaborazione con il Politecnico di Torino sono state implementate le procedure metodologiche per analizzare ed estrarre informazioni dai consumi elettrici totali e delle singole apparecchiature dagli appartamenti pilota facendo riferimento anche a possibili implicazioni che siffatte metodologie possono avere rispetto al potenziale diagnostico da parte di un Aggregatore, inoltre sono stati introdotti metodi e procedure alla base della comunicazione con gli utenti, mentre nel prossimo anno si dovrà esaminare il caso termico ed sviluppare le interfacce di comunicazione per gli utenti e verificarne l'accettabilità.

Gli scenari di Demand Response (DR) sono stati simulati grazie all'implementazione del Simulatore sviluppato nella scorsa annualità in collaborazione con l'Università Politecnica delle Marche. Quest'anno il software è stato ulteriormente migliorato introducendo la modellazione della produzione del fotovoltaico su alcune utenze residenziali così da poter simulare al meglio un distretto o un quartiere. Poi sono state implementate alcune funzionalità statistiche per simulare su tutta la platea delle utenze, quanti utenti intendono partecipare a programmi di DR e tra le utenze che intendono partecipare al programma di DR, il grado di affidabilità e di risposta al programma dei partecipanti. Inoltre, per simulare differenti tipologie di aggregazione, è stata creata una struttura dati che a partire dal Simulatore sviluppato consideri la flessibilità degli utenti in termini di "potenza, tempo, costo della flessibilità".

Infine è stato progettato il dimostrativo di una SHN da realizzare nell'area del quartiere Centocelle di Roma, che nella prossima annualità coinvolgerà utenti reali. Si è quindi proceduto al reclutamento dei partecipanti alla sperimentazione per la quale è anche stata approvvisionata parte della sensoristica necessaria.

Per raccogliere le informazioni necessarie alla caratterizzazione della tipologia e della flessibilità dell'utenza coinvolta, in collaborazione con l'Università Sapienza di Roma, è stato predisposto uno strumento di calcolo che tramite una simulazione dinamica semplificata consente di stimare i consumi energetici dell'abitazione, in maniera tale da realizzare un confronto interattivo con i dati delle bollette energetiche forniti dall'utente, il benchmarking, l'analisi tecnico economica della soluzione tecnologica proposta.

Concludendo tutte le attività svolte in questa annualità hanno avuto come obiettivo comune quello di trasformare il consumatore in un soggetto attivo al centro del sistema energetico. Tale trasformazione non richiede solo l'adozione di soluzioni tecnologiche, ma anche un cambiamento nel comportamento. Infatti gli utenti, grazie all'impiego delle energie rinnovabili, ai cambiamenti nei loro modelli di consumo energetico provenienti da soluzioni di efficienza energetica o di risposta alla domanda potranno fornire flessibilità al sistema con vantaggi reciproci.

Gli sviluppi futuri delle attività svolte in questa annualità prevedono la realizzazione del dimostrativo urbano, l'analisi dei risultati conseguiti e la valutazione della possibilità di integrare i servizi energetici con ulteriori servizi aggiuntivi (Security, Assisted living). A tal fine sarà necessaria una verifica dell'accettabilità delle soluzioni tecnologiche proposte sia da parte degli utenti che da parte di un potenziale Aggregatore per assicurare la replicabilità del modello proposto.

9 Appendice 1 - Schede tecniche dei sensori

9.1 Sensori per il monitoraggio e controllo indoor Z-Wave

Sensore	Smart Switch	Smart Plug	Smart Valve	Micro Doppio Switch
Azienda	Aeon Labs	Fibaro	Danfoss	Qubino
Modello/codice	Interruttore occulto/ AEO_DSC18-ZWEU	Pres a controllata (on/off) con misura di consumo / FIB_FGWPF-102-ZW5	Radiator Thermostat Danfoss LC13/ DAN_LC13_014G0013	QUB_ZMNHBD1
Descrizione funzionalità:	- Controllo on/off attraverso protocollo o manualmente - Connessione a tre fili con neutro nella cassetta dell'interruttore - Profondità raccomandata 5cm - In caso di perdita di corrente viene mantenuta l'informazione programmata - Entrata: 110 V 60 Hz e 230 V 50 Hz - Indicatore di stato LED - Dimensioni: 52x49x18,5 mm	- Plug and play - Design innovativo - Sicurezza bambini	- Termostato da radiatore - Facile da installare - Provisto di adattatori per tutte le valvole termostatiche - Alimentato a batteria - Regolazione fino a 9 setpoint diversa per ogni giorno della settimana "Funzione assenza/vacanza" - Blocco bambini	- Misura del consumo di energia - Installazione dietro un interruttore esistente - Funzione ON / OFF 1 ingresso binario consente di collegare un ulteriore dispositivo come un sensore o un pulsante bistabile, ecc. - Precisione di misura dell'energia: P = 0-200W + /-2W; P> 200W + / -3% - Lo spazio richiesto per l'installazione: Ø ≥ 60 millimetri
Tipo di modulo:	Z-Wave	Ricevitore Z-Wave	Controllato elettronicamente Z-Wave	Z-Wave Plus
Alimentazione	110 V 60 Hz, 230 V 50 Hz		2x1.5 V batterie alcaline AA	Consumo di potenza inferiore a 0,4 W
Potenza massima:		2500W		
Consumo:			3 µW in standby 1.2 W da attiva	868.42MHz
Frequenza:	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz	fino a 30 m in ambienti chiusi
Distanza di trasmissione:	15m	30 m		
Temperatura di funzionamento:	0-40°C		0-40 °C	Temperatura di funzionamento: -10 ~ 40 ° C
Foto:				
Impiego nel dimostrativo	No	Si	si	si

Sensore	Sensore apertura/chiusura	Home security Slim multisensor	Fibaro motion sensor	Multisensore 4 in 1
Azienda	Fibaro	Zipato	Fibaro	Philio Tech
Modello/codice	FGK-10XZW5	PSM02	FGMS-001-ZW5	
Descrizione funzionalità:	• Rilevatore di apertura • Pulsante per inclusione/esclusione • Rileva livello batteria basso • Protezione contro manipolazioni • 1 ingresso a secco • 1 ingresso analogico 1-Wire (per la connessione di un sensore di temperatura DS18B20) • Ridotte dimensioni • Semplice da installare e usare	Rileva e comunica: • Livello batteria, • Presenza, • Controllo accesso, • Luminanza, • Temperatura	• Rileva il movimento utilizzando un sensore IR passivo • Misura la temperatura ambiente • Misura l'intensità della luce • Rileva le vibrazioni per segnalazione di furti e manomissioni • La rilevazione di movimento, temperatura e vibrazioni sono segnalati dal diodo LED incorporato	• Rileva: movimento, apertura porta/finestra, temperatura, luce • Facile da installazione e uso, • Indicazione di batteria scarica
Tipo di modulo:	Trasmettitore Z-Wave	Trasmettitore Z-Wave	Z-Wave o Z-Wave +	Trasmettitore Z-WAVE
Alimentazione	Batteria ER14250 (1/2AA) 3,6 V	Batteria CR123 A 3V	Batteria CR123 A 3V	A batteria
Frequenza:	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz	868,42 MHz
Distanza di trasmissione:	50m campo libero 30m interni	30m coperta		30m coperta
Temperatura/umidità di funzionamento:	• Temperatura di funzionamento: 0-40 °C	• Temperatura e umidità di funzionamento: da -10 a 40 °C; 85% RH max	• Temperatura di funzionamento: da 0 a 40 °C	
Altro:		• Sensore di temperatura : da -10 a 70 °C • Sensore di luminosità : 0-500 lux • Angolo di rilevamento PIR : 90 ° • campo di rilevamento PIR : 8 a 10m	• Sensore di temperatura misurata da -20°C a 100°C • Sensore di luminosità : 0-3200 lux • Angolo di rilevamento PIR : 100 ° • campo di rilevamento PIR : 0.5 a 7 m	• Sensore di temperatura: da -10 a 70 °C • Sensore di luminosità: 0-500 lux • Angolo di rilevamento PIR: 90 ° • Campo di rilevamento PIR: 8 a 10m • Dimensioni: rivelatore: 28 x 96 x 23 mm, magnete: 10 x 50 x 12 mm
Foto:				
Impiego nel dimostrativo:	si	no	si	no

9.2 Monitoraggio e controllo indoor– EnOcean

Sensore	Sensore movimento e luminosità	Sensore temperatura e umidità	Sensore di apertura e chiusura porte e finestre	Smart valve
Azienda	Eltako	Eltako	Eltako	Caleffi
Modello /codice	FBH65S-wg	FIFT65S-wg	FTKB-rw	Cod. 210510
Descrizione e funzionalità:	- Rileva movimento e luminosità - Facile da installazione - Sensore di luminosità: 0-2000 lux - Invia ogni 20 minuti un cambiamento di stato - Dimensioni: 84x84x39 mm - Ad ogni variazione di umidità del 2 % e variazione di temperatura di 0,6 °C invia un messaggio alla rete wireless Eltako. - Senza alcuna variazione, invia ogni 100-3000 secondi un messaggio di controllo, a seconda dello stato di carica del sensore.	- Rileva temperatura e umidità - Facile da installazione - Sensore di umidità: 0-100% - Sensore temperatura: -20 a +60 °C - Alimentato a cella solare - Dimensioni: 84x84x30 mm - Ad ogni variazione di umidità del 2 % e variazione di temperatura di 0,6 °C invia un segnale alla rete wireless Eltako. - Senza alcuna variazione, invia ogni 100-3000 secondi un messaggio di controllo, a seconda dello stato di carica del sensore.	- All'apertura e chiusura invia un segnale, - Circa ogni 20 minuti invia in aggiunta lo stato attuale. - Fissaggio con biadesivo. - Alimentato a cella solare	- Dispositivo per la regolazione da remoto dell'apertura della valvola termostatica dei termosifoni in funzione della temperatura ambiente - Facile da installare (ad aggancio) - Alimentato a batteria - Funzione antigelo - Completo di sensore interno di temperatura
Tipo di modulo:	Trasmettitore EnOcean	Trasmettitore EnOcean	Trasmettitore EnOcean	Trasmettitore EnOcean
Alimentazione	La normale luminosità (media di 200 lux giornaliera) è sufficiente ad alimentarlo, se non necessario si ha il cavo di alimentazione a 12V	La normale luminosità (media di 200 lux giornaliera) è sufficiente ad alimentarlo, se non necessario si ha il cavo di alimentazione a 12V	- Si auto alimenta a partire da 100 lux di luce diurna con la cella solare, altrimenti diversi anni con una pila a bottone. - Se l'alimentazione del modulo solare non è sufficiente, l'elettronica va alimentata per diversi anni dalla pila a bottone interna CR2032.	2x1.5 V stilo AA
Frequenza:	868 MHz	868 MHz	868 MHz	868 MHz
Foto:				
Impiego nel dimostrativo	no	No	no	no

10 Appendice 2 - Schede descrittive dei casi pilota

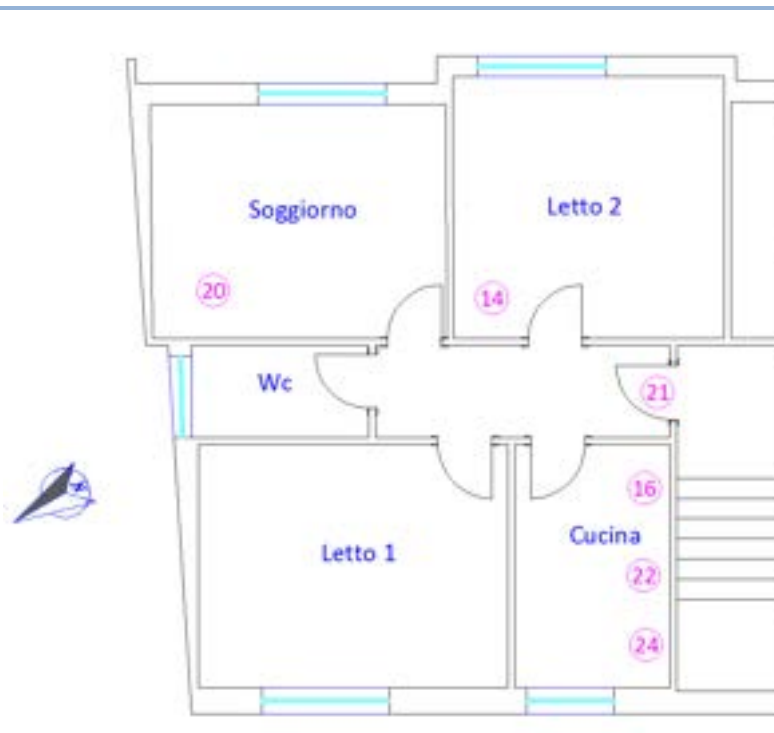
10.1 Caso pilota 1- Utente 3

	INFORMAZIONI GENERALI EDIFICIO			
	Comune	Roma		
	Gradi Giorno	1415		
	Zona climatica	D		
	Provincia	RM		
	Tipologia edilizia	Edificio plurifamiliare		
	Numero piani dell'edificio	4		
	Numero abitazioni dell'edificio	10		
	Anno di costruzione	1962-71		
	Contesto	Città		
INFORMAZIONI ABITAZIONE				
Superficie utile complessiva	65 mq			
Posizione dell'abitazione nell'edificio	piano intermedio			
Numero utenti	3			
Interventi di riqualificazione energetica effettuati	Sostituzione infissi (1991-2005)			
Impianto riscaldamento	Caldaia autonoma a gas tradizionale alimentata a metano			
Impianto di condizionamento	Assente			
Impianto fotovoltaico	Assente			
Acqua Calda Sanitaria	Generatore di calore per acqua calda sanitaria a metano			
Piano di cottura	Cucina a gas			
ELETTTRODOMESTICI				
REFRIGERAZIONE e CONGELAZIONE				
	Quantità	Classe energetica	Volume equivalente	
Frigorifero con scomparto a 3 stelle	1	B	280	
LAVAGGIO BIANCHERIA, ASCIUGATURA BIANCHERIA, LAVAGGIO STOVIGLIE				
	Quantità	Classe energetica	Capacità di carico in kg	Lavaggi settimanali
Lavatrice	1	B	10	5
	Quantità	Classe energetica	Coperti	Lavaggi settimanali
Lavastoviglie	1	B	6	5
ILLUMINAZIONE AMBIENTI				
	Tipo di lampada	Ore giornaliere di accensione		
Cucina	fluorescente	6		
Soggiorno	fluorescente	4		

Camera	fluorescente	1		
Camera	alogeni	2,5		
Corridoio	alogeni	1		
Bagno	fluorescente	1		
POSTAZIONI PC				
	Quantità	Ore di uso giornaliero		
Computer portatile (con batteria)	2	4		
Modem	1	24		
Stampante/Scanner	1	0,5		
POSTAZIONI AUDIO-VIDEO (INTRATTENIMENTO)				
	dimensione in pollici	classe	Quantità	Ore di uso giornaliero
Televisore	44	B	1	2
Televisore	42	A+	1	1
Decoder			1	2
ALTRI ELETTRODOMESTICI				
	Quantità	Minuti di uso giornaliero		
Aspirapolvere	1	15		
Ferro da stiro	1	6		
Forno microonde	1	3		
Forno elettrico	1	3		
Tostapane	1	1		
Asciugacapelli	1	8		

Consumi da bolletta					
Consumo elettrico da bolletta					
Periodo di fatturazione			kWh	€	
Da	A	Gg			
01/01/2015	28/02/2015	58	369	83,26	
01/03/2015	30/04/2015	60	315	58,88	
01/05/2015	30/06/2015	60	301	65,73	
01/07/2015	31/08/2015	61	271	59,97	
01/09/2015	31/10/2015	60	329	72,81	
01/11/2015	31/12/2015	60	364	82,47	
Stima consumo 2015			1949	423,12	
Consumo gas da bolletta					
Periodo di fatturazione			smc	€	
Da	A	gg			
04/04/2015	29/05/2015	60	60	73,46	
30/05/2015	24/07/2015	58	26	34,21	
25/07/2015	09/10/2015	60	40	55,35	
10/10/2015	18/12/2015	60	141	160,06	
19/12/2015	25/03/2016	61	338	298,5	
Stima consumo 2015			595 smc	€	640

Caso pilota 1 - Schema installazione sensori



ID Enea3	TIPO SENSORE	MARCA	PROPRIETA'
14	Smart Plug lampada alogena	Fibaro	Power, Switch
16	Smart Plug frigorifero	Fibaro	Power, Switch
20	Micro Smart Switch (lampada)	Aeon Labs	Power, Switch
21	Home Energy Meter (Consumo generale)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy
22	Smart Plug lavatrice	Fibaro	Power, Switch
24	Smart Plug microonde	Fibaro	Power, Switch

10.2 Caso pilota 2- Utente 4



INFORMAZIONI GENERALI EDIFICIO	
Comune	Roma
Gradi Giorno	1415
Zona climatica	D
Provincia	RM
Tipologia edilizia	Edificio plurifamiliare
Numero piani dell'edificio	3+1 seminterrato
Numero abitazioni dell'edificio	7
Anno di costruzione	1984
Contesto	Periferia

INFORMAZIONI ABITAZIONE	
Superficie utile complessiva	130 mq
Posizione dell'abitazione nell'edificio	piano ultimo
Numero utenti	3
Interventi di riqualificazione energetica effettuati	nessuno

DOTAZIONE IMPIANTISTICA	
Impianto riscaldamento	Caldaia autonoma a gas tradizionale alimentata a metano
Impianto di condizionamento	Assente
Impianto fotovoltaico	Assente
Acqua Calda Sanitaria	Generatore di calore per acqua calda sanitaria a metano
Piano di cottura	Cucina a gas

ELETTTRODOMESTICI				
REFRIGERAZIONE e CONGELAZIONE				
	Quantità	Classe energetica	Altezza	
Frigorifero con scomparto a 3 stelle	1	A	210 cm	
LAVAGGIO BIANCHERIA, ASCIUGATURA BIANCHERIA, LAVAGGIO STOVIGLIE				
	Quantità	Classe energetica	Capacità di carico in kg	Lavaggi/asciugature settimanali
Lavatrice	1	A	7	7
Asciugatrice	1	B		4
	Quantità	Classe energetica	Coperti	Lavaggi settimanali
Lavastoviglie	1	A	14	7

POSTAZIONI PC			
	Quantità	Ore di uso giornaliero	
PC Portatile	3	2	
Stampante Laser	1	0,1	
Modem ADSL	1	24	

Telefono cordeless	1	24		
Alimentatore Cellulare		5		
POSTAZIONI AUDIO-VIDEO (INTRATTENIMENTO)				
	dimensione in pollici	Classe	Quantità	Ore di uso giornaliero
Televisore	32	B	1	3
Televisore	32	A+	1	4
ALTRI ELETTRODOMESTICI				
	Quantità	Minuti di uso giornaliero		
Aspirapolvere	1	2		
Ferro da stiro	1	7		
Forno microonde	1	10		
Forno elettrico	1	3		
Asciugacapelli	1	4		
Macchina caffè	1	5		
Robot cucina	1	3		
Cappa aspirante	1	10		
Spazzolino elettrico	3	5		

Consumi energetici da bolletta						
Consumi elettrici						
Periodo di fatturazione		kWh	€	Consumo suddiviso per fascia		
da	A			F1	F2	F3
01/01/2015	31/01/2015	228		58	81	89
01/02/2015	28/02/2015	201		60	65	76
01/03/2015	31/03/2015	219	46,51	66	83	70
01/04/2015	31/04/2015	182	37,77	47	58	77
01/05/2015	31/05/2015	221	47,14	51	70	100
01/06/2015	30/06/2015	189	39,51	51	62	76
01/07/2015	31/07/2015	207	42,36	81	67	59
01/08/2015	31/08/2015	144	27,9	45	44	55
01/09/2015	31/09/2015	198	40,45	64	70	64
01/10/2015	31/10/2015	197	38,56	49	81	67
01/11/2015	30/11/2015	198	38,55	47	70	81
01/12/2015	31/12/2015	269	58,7	83	96	90
Stima consumo 2015		2453	417,45	702	847	904
Consumi Gas						
Periodo di fatturazione			smc	€		
da	a	gg				
01/01/2015	10/01/2015	9	51	16,55		
11/01/2015	17/02/2015	37	179	58,1		
18/02/2015	05/05/2015	76	215	209		
06/05/2015	25/06/2015	50	45	47,16		
01/07/2015	21/07/2015	20	43	11,99		
22/07/2015	03/09/2015	43	30	8,37		
04/09/2015	03/11/2015	60	79	98,21		
04/11/2015	04/12/2015	30	108	105,27		
05/12/2015	09/02/2016	66	318	243,78		
Stima consumo 2015			824	€ 496		

Caso pilota 2- schema installazione sensori



ID Enea4	TIPO SENSORE	MARCA	PROPRIETA'
26	Home Energy Meter (Consumo generale)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy
27	Smart Plug (tv)	Fibaro	Power, Switch
28	Smart Plug (forno)	Fibaro	Power, Switch
29	Home Security	Zipato	Access control, Battery, Brightness, Presence, Temperature

10.3 Caso pilota 3-Utente 7



INFORMAZIONI GENERALI EDIFICIO	
Comune	Roma
Gradi Giorno	1415
Zona climatica	D
Provincia	RM
Tipologia edilizia	Edificio plurifamiliare
Numero piani dell'edificio	3
Numero abitazioni dell'edificio	12
Anno di costruzione	2003
Contesto	Periferia

INFORMAZIONI ABITAZIONE	
Superficie utile complessiva	85.88 mq
Posizione dell'abitazione nell'edificio	piano più alto
Numero utenti	1
Interventi di riqualificazione energetica effettuati	nessuno
Impianto riscaldamento	Caldaia autonoma a gas tradizionale alimentata a metano
Impianto di condizionamento	Assente
Impianto fotovoltaico	Presente
Acqua Calda Sanitaria	Generatore di calore per acqua calda sanitaria a metano
Piano di cottura	Cucina a gas

IMPIANTO FOTOVOLTAICO	
Potenza di picco di impianto	1800 Wp
Esposizione	15° (Sud-Ovest)
Inclinazione	10°
Data di entrata in esercizio dell'impianto	2011
Tipologia di scambio/cessione energia prodotta	100% energia ceduta alla rete

ELETTTRODOMESTICI			
REFRIGERAZIONE e CONGELAZIONE			
	Quantità	Classe energetica	Volume equivalente
Frigorifero con scomparto a 3 stelle	1	A+	280

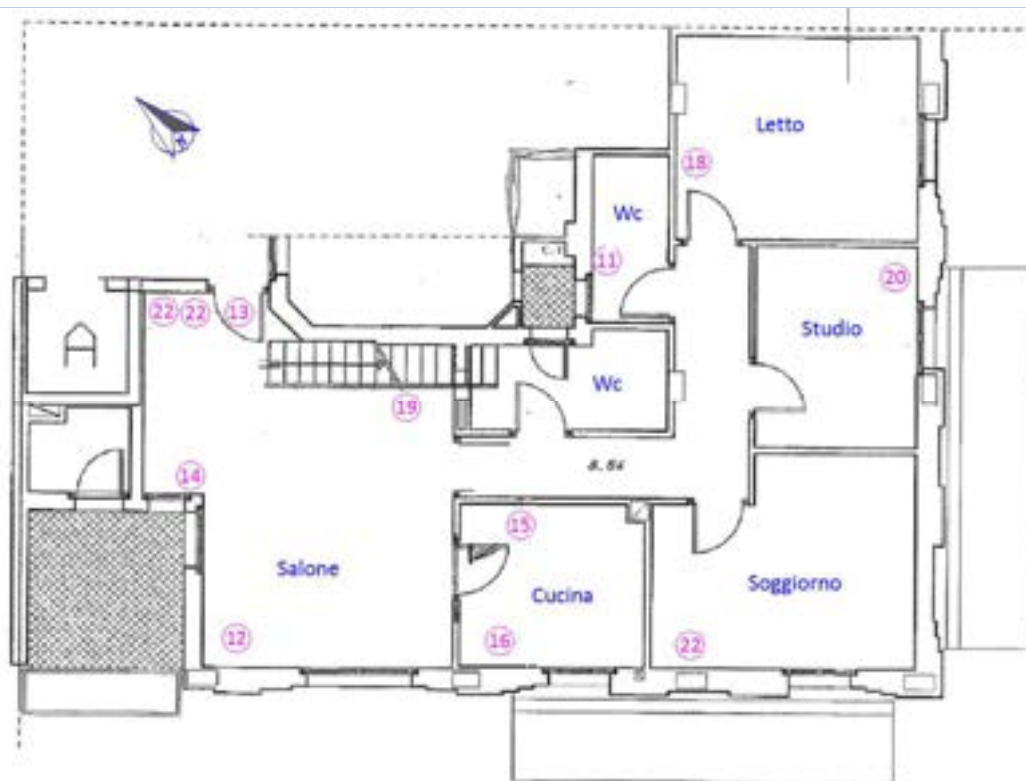
LAVAGGIO BIANCHERIA, ASCIUGATURA BIANCHERIA, LAVAGGIO STOVIGLIE				
	Quantità	Classe energetica	Capacità di carico in kg	Lavaggi settimanali
Lavatrice	1	A+	10	2.5
	Quantità	Classe energetica	Coperti	Lavaggi settimanali
Lavastoviglie	1	A+	12	3

ILLUMINAZIONE AMBIENTI				
	Tipo di lampada	Ore giornaliere di accensione		

Cucina	fluorescente	6		
Sala da pranzo	fluorescente	4		
Soggiorno	fluorescente	4		
Camera	fluorescente	2,5		
Camera	fluorescente	1		
Corridoio	fluorescente	1		
Bagno	fluorescente	1		
Bagno	fluorescente	1		
POSTAZIONI PC				
	Quantità	Ore di uso giornaliero		
Computer portatile (con batteria)	2	4		
Modem	1	24		
Stampante/Scanner	1	0,5		
POSTAZIONI AUDIO-VIDEO (INTRATTENIMENTO)				
	dimensione in pollici	classe	Quantità	Ore di uso giornaliero
Televisore	44	A	1	2
Televisore	42	A+	1	1
Televisore	42	A+	1	5
Videoregistratore/lettore DVD			1	1
ALTRI ELETTRODOMESTICI				
	Quantità	Minuti di uso giornaliero		
Aspirapolvere	1	15		
Ferro da stiro	1	6		
Forno microonde	1	3		
Forno elettrico	1	3		
Frullatore	1	1		
Asciugacapelli	1	8		

Consumo elettrico da bolletta				
Periodo di fatturazione			kWh	€
Da	a	Gg		
01/03/2015	31/04/2015	60	281	46,53
01/04/2015	30/06/2016	90	155	29,11
01/07/2015	31/08/2015	61	100	21,81
01/09/2015	31/10/2015	60	287	49,93
01/11/2015	31/12/2015	60	319	59,18
Stima consumo 2015			1436	256,03
Consumo gas da bolletta				
Periodo di fatturazione			smc	€
Da	A	gg		
04/04/2015	29/05/2015	55	60	73,46
30/05/2015	24/07/2015	55	26	34,21
25/07/2015	09/10/2015	76	40	55,35
10/10/2015	18/12/2015	69	141	160,06
19/12/2015	25/03/2016	97	338	298,5
Stima consumo 2015			766	€ 736

Caso pilota 3 -schema installazione sensori



ID Enea7	TIPO SENSORE	MARCA	PROPRIETA'
11	Smart Plug (lavatrice)	Fibaro	Power, Switch
12	Smart Plug (tv)	Fibaro	Power, Switch
13	Home Security	Zipato	Access control, Battery, Brightness, Presence, Temperature
15	Smart Plug (frigorifero)	Fibaro	Power, Switch
16	Smart Plug (tv)	Fibaro	Power, Switch
17	Home Energy Meter (Fotovoltaico)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy
18	Smart Plug (tv)	Fibaro	Power, Switch
21	Home Energy Meter (Consumo generale)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy

10.4 Caso pilota 4-5 - Utenti 8-9

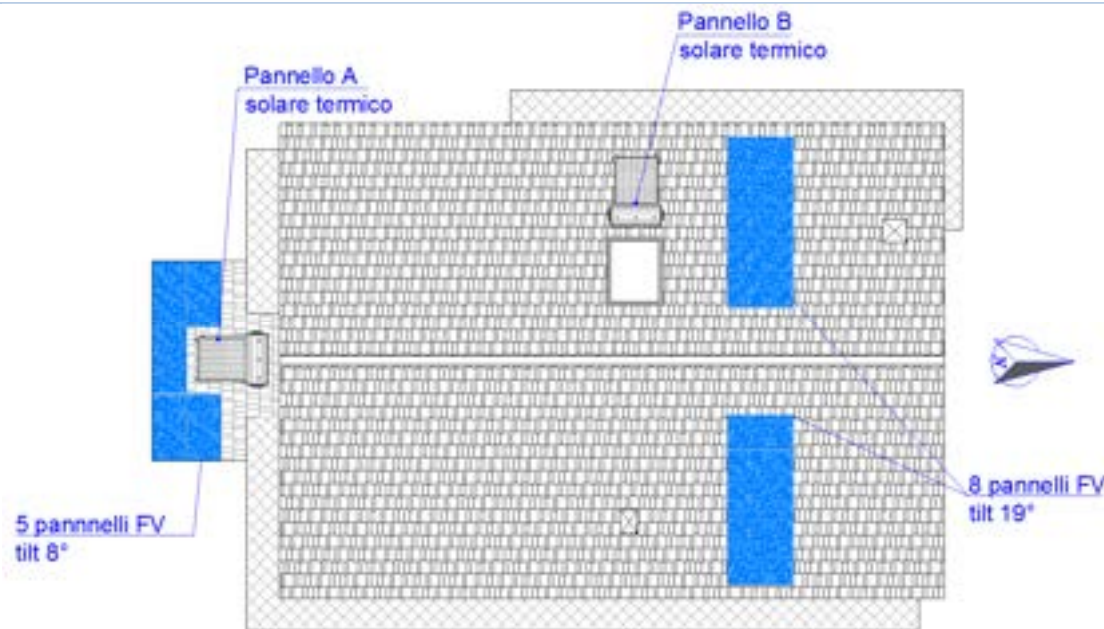


INFORMAZIONI GENERALI EDIFICIO

Comune	Mentana
Gradi Giorno	1641
Zona climatica	D
Provincia	RM
Tipologia edilizia	Casa isolata bifamiliare
Numero piani dell'edificio	2 + garage interrato
Numero abitazioni dell'edificio	2
Anno di costruzione	1989
Contesto	Campagna

L'edificio è stato realizzato come casa unifamiliare successivamente suddivisa in due unità abitative, ciascuna alimentata da un proprio impianto termico autonomo con caldaia a gas e un impianto ausiliario costituito da un termo camino connesso all'impianto di riscaldamento alimentato a legna al piano terra e un termo camino alimentato a pellet per il piano primo a servizio esclusivo del salone, mentre l'acqua calda sanitaria è fornita per ciascun appartamento sia dall'impianto a gas che da un pannello solare termico. L'edificio è inoltre dotato di un impianto fotovoltaico. Gli utenti coinvolti sono 8 e 9.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO e SOLARE TERMICO



Impianto fotovoltaico

Potenza di picco di impianto	3900 Wp
Esposizione	Vedi grafico
Inclinazione	Vedi grafico
Stima energia elettrica annua prodotta	4920 kWh
Data di entrata in esercizio dell'impianto	1/2/2017
Tipologia di scambio/cessione energia prodotta	Scambio sul posto

Impianto termico per ACS						
Tipo	Collettori tubolari sottovuoto con assorbitore					
	Data di entrata in esercizio dell’impianto			1/08/2013		
	Tubi sotto Vuoto			10		
	diametro tubi (mm)			58		
	lunghezza tubi (mm)			1800		
	interasse (mm)			80		
	Spessore (mm)			1,6		
	assorbimento solare			>0,92		
	Emissioni			<0,08		
Pannello A a servizio di caso pilota 5	orientamento			Sud		
	superficie lorda mq			1,49		
	Superficie assorbitore mq			0,81		
	capacità (litri)			150		
Pannello B a servizio di caso pilota 4	orientamento			Ovest		
	superficie lorda mq			2		
	Superficie assorbitore mq			1.83		
	capacità (litri)			150		
Consumo elettrico da bolletta (utente 8+9)						
Periodo di riferimento		Consumo	€	Consumo mensile suddiviso per fascia (Stima)		
Anno	Mese	kWh	€	F1	F2	F3
2016	Gen	375	116,4	91	177	190
2016	Feb	339	84,9	76	144	114
2016	Mar	375	91,0	86	147	125
2016	Apr	362	75,0	61	127	107
2016	Mag	192	76,0	63	118	118
2016	Giu	305	66,8	69	94	100
2016	Lug	305	53,6	62	64	85
2016	Ago	315	55,9	64	63	93
2016	Set	308	73,2	76	115	97
2016	Ott	305	79,0	66	138	107
2016	Nov	305	83,1	75	129	123
2016	Dic	315	115,6	129	160	166
Stima consumo 2016		3819	970,31	918	1476	1425

Consumo pellet (utente 8)			
	N sacchi	€/sacco	€
Stima consumo 2015	15	7	105
Consumo legna (utente 9)			
	Quintali	€/q.li	€
Stima consumo 2015	19	13	247

10.4.1 Caso pilota 4- Utente 8



INFORMAZIONI ABITAZIONE

Superficie utile complessiva	124 mq
Posizione dell'abitazione nell'edificio	Piano secondo
Numero utenti	3
Interventi di riqualificazione energetica effettuati	Sostituzione infissi 2005
	Valvole termostatiche
	Caldaia a condensazione

DOTAZIONE IMPIANTISTICA

Impianto riscaldamento	Caldaia autonoma a gas a condensazione alimentata a metano
	Termo camino a pellet per il riscaldamento del soggiorno
Impianto di condizionamento	Assente
Impianto fotovoltaico	Presente
Acqua Calda Sanitaria	Generatore di calore per acqua calda sanitaria a metano
	Impianto solare termico
Piano di cottura	Cucina a gas

ILLUMINAZIONE AMBIENTI

Ambiente	Tipologia di Lampada	Potenza lampada [W]	N. lampade del punto luce	Ore medie di accensione giornaliere
Cucina	F5 Fluor.tubo T5	15	3	4
	A+LED Classe A+	5	5	4
Sala da pranzo	F Fluor.Compatta	11	3	3
Soggiorno	A+LED Classe A+	16,5	1	2
	I Incandesc.	150	1	0,2
	A+LED Classe A+	2	4	8
Bagno 1	H Alogena	120	1	2

	H Alogena	160	1	2
Bagno 2	I Incandesc.	25	5	2
	I Incandesc.	80	1	1
	F5 Fluor.tubo T5	14	1	1
Camera Letto 1	A+LED Classe A+	20	2	1
	H+Alog.Eco-30%	35	5	1
Camera letto 2	A+LED Classe A+	8	1	1
	A+LED Classe A+	12	1	1
	A+LED Classe A+	5	1	1
Studio	H+Alog.Eco-30%	35	4	2
	F Fluor.Compatta	11	1	0,2
Ingresso -corridoio	H Alogena	50	2	2
	F Fluor.Compatta	10	2	2
	F8 Fluor.tubo T8	15	1	2
Soffitta	F Fluor.Compatta	11	2	3
	A+LED Classe A+	10	1	3

ELETTRODOMESTICI

REFRIGERAZIONE e CONGELAZIONE

		Quantità	Classe energetica	Altezza (cm)
Frigorifero con scomparto a 3 stelle		1	A	140
	Quantità	Classe energetica	Capacità di carico in kg	Lavaggi settimanali
Lavatrice	1	A	5	5
	Quantità	Classe energetica	Coperti	Lavaggi settimanali
Lavastoviglie	1	A+	12	7
	Quantità	Classe energetica	Tecnologia	Numero utilizzi mese
Forno elettrico	1	A	convezione	5

POSTAZIONI PC

	Quantità	Ore di uso giornaliero	
Computer portatile (con batteria)	2	2	
Computer fisso	1	2	
Modem	1	24	
Stampante a getto d'inchiostro	1	0.1	

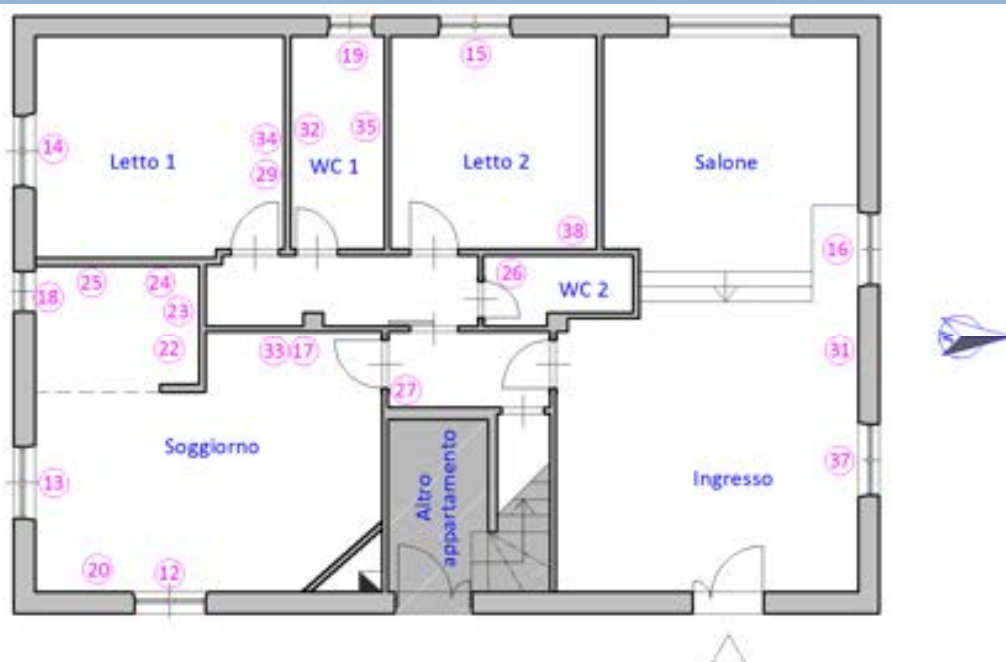
POSTAZIONI AUDIO-VIDEO (INTRATTENIMENTO)

	dimensione in pollici	classe	Quantità	Ore di uso giornaliero
Televisore	44	A	1	0.5
Televisore	33	A+	1	2
Televisore	32	A+	1	0.5
Videoregistratore/lettore DVD			1	0.1

ALTRI ELETTRODOMESTICI

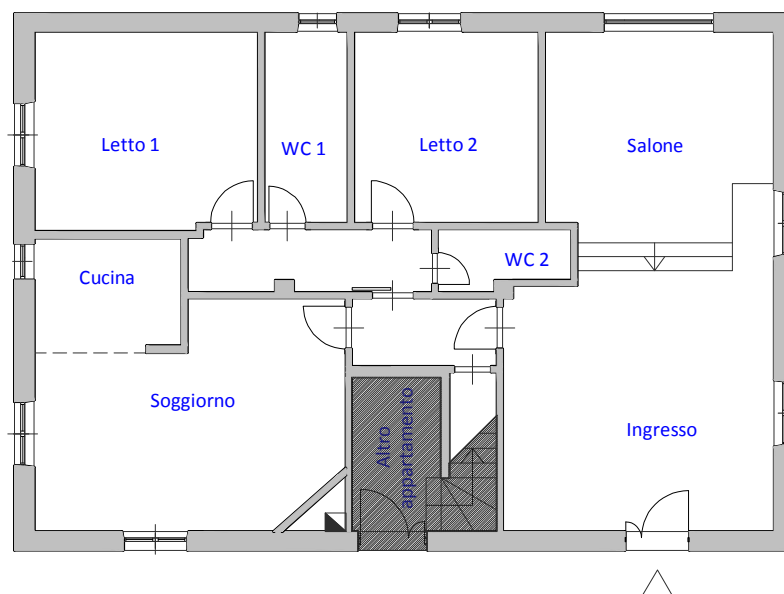
	Quantità	Minuti di uso giornaliero			
Aspirapolvere	1	10	Macchina per caffè	1	1
Ferro da stiro	1	12	Asciugacapelli	1	5
Forno microonde	1	5	Termoventilatore	2	15

Caso pilota 4- schema installazione sensori



ID Enea9	TIPO SENSORE	MARCA	PROPRIETA'
12	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
13	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
14	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
15	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
16	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
17	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
18	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
19	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
20	Smart Plug (tv)	Fibaro	Power, Switch
22	Smart Plug (microonde)	Fibaro	Power, Switch
23	Smart Plug (frigorifero)	Fibaro	Power, Switch
24	Smart Plug (lavastoviglie)	Fibaro	Power, Switch
25	Smart Plug (forno)	Fibaro	Power, Switch
26	Smart Plug (scaldabagno)	Fibaro	Power, Switch
27	Home Energy Meter (Consumo generale)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy
29	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
31	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
32	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
33	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
34	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
35	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
37	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
38	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
41	Home Energy Meter (Fotovoltaico)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy

10.4.2 Caso pilota 5 -Utente 9



INFORMAZIONI ABITAZIONE

Superficie utile complessiva	116 mq
Posizione dell'abitazione nell'edificio	piano terra
Numero utenti	2
Interventi di riqualificazione energetica effettuati	Sostituzione infissi (2005)
Impianto riscaldamento	Caldaia autonoma a gas tradizionale alimentata a metano con termosifoni Termo camino a legna connesso all'impianto di riscaldamento
Impianto di condizionamento	Assente
Acqua Calda Sanitaria	Generatore di calore per acqua calda sanitaria a metano Pannello solare tipo A Scaldabagno elettrico a servizio del bagno n. 2
Piano di cottura	Cucina a gas

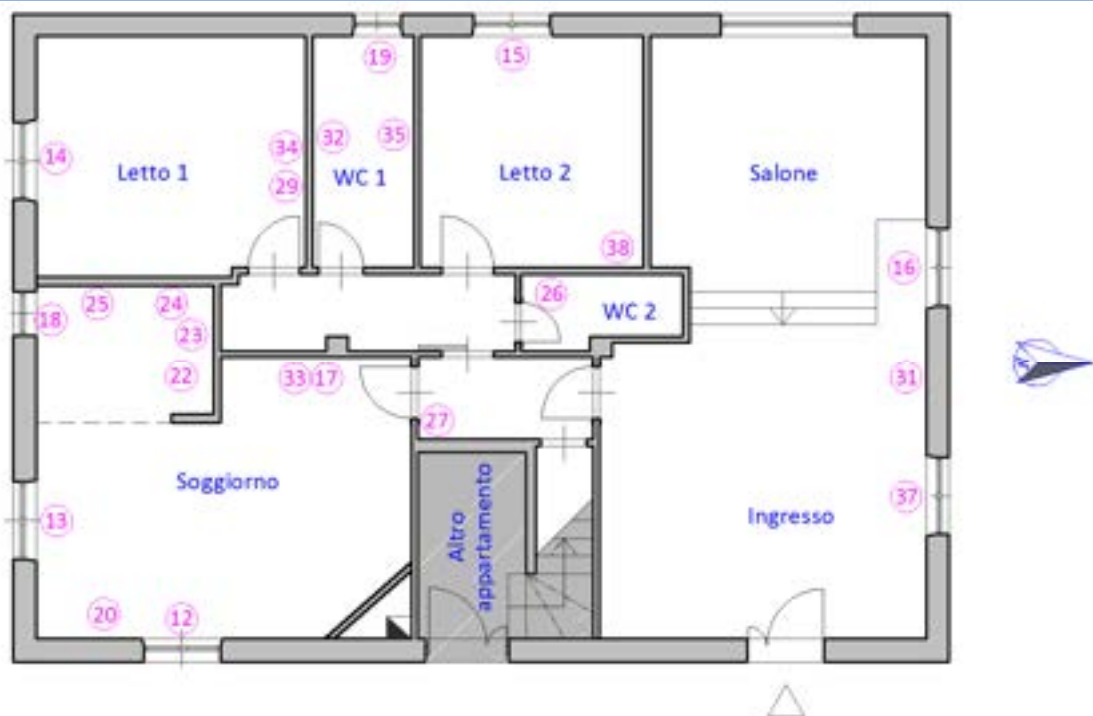
ELETTRODOMESTICI

REFRIGERAZIONE e CONGELAZIONE

		Quantità	Classe energetica	Altezza (cm)
Frigorifero con scomparto a 3 stelle		1	A	140
LAVAGGIO BIANCHERIA, ASCIUGATURA BIANCHERIA, LAVAGGIO STOVIGLIE				
	Quantità	Classe energetica	Capacità di carico in kg	Lavaggi settimanali
Lavatrice	1	A	5	5
	Quantità	Classe energetica	Coperti	Lavaggi settimanali
Lavastoviglie	1	A+	12	7
	Quantità	Classe energetica	Tecnologia	Numero utilizzi mese
Forno elettrico	1	B	tradizionale	20

ILLUMINAZIONE				
Ambiente	Tipologia di lampada	Potenza lampada [W]	N. lampade del punto luce	Ore medie di accensione giornaliera
Cucina	F Fluor.Compatta	11	3	6
	A+LED Classe A+	5	3	6
	F Fluor.Compatta	15	2	4
Soggiorno	F Fluor.Compatta	21	4	0,5
	H Alogena	150	1	0,1
Bagno 1	F Fluor.Compatta	11	2	2
	H+Alog.Eco-30%	25	1	2
Bagno 2	H+Alog.Eco-30%	50	2	2
	F Fluor.Compatta	7	3	2
Camera Letto 1	I Incandesc.	25	1	1
	F Fluor.Compatta	15	1	1
	F Fluor.Compatta	7	3	0,2
Camera Letto 2	I Incandesc.	15	2	0,2
	F Fluor.Compatta	15	1	0,2
	F Fluor.Compatta	11	1	4
Ingresso / Corridoio	H Alogena	50	2	4
POSTAZIONI PC				
	Quantità	Ore di uso giornaliero		
Computer portatile (con batteria)	1	0.5		
POSTAZIONI AUDIO-VIDEO (INTRATTENIMENTO)				
	dimensione in pollici	classe	Quantità	Ore di uso giornaliero
Televisore	44	A	1	0.5
Televisore	33	A+	1	5
Televisore	32	A+	1	0.5
Videoregistratore/lettore DVD			1	0.1
ALTRI ELETTRODOMESTICI				
	Quantità	Minuti di uso giornaliero		
Aspirapolvere	1	15		
Ferro da stiro	1	10		
Forno microonde	1	5		
Macchina per caffè	1	1		
Asciugacapelli	1	8		
Spazzolino denti	1	1		
Termoventilatore	1	10		

Caso pilota 5 - UTENTE 9 - SCHEMA INSTALLAZIONE SENSORI



ID	TIPO SENSORE	MARCA	PROPRIETA'
Enea9			
12	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
13	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
14	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
15	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
16	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
17	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
18	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
19	Apertura/chiusura porta/finestra	Eltako	Contatto
20	Smart Plug (tv)	Fibaro	Power, Switch
22	Smart Plug (microonde)	Fibaro	Power, Switch
23	Smart Plug (frigorifero)	Fibaro	Power, Switch
24	Smart Plug (lavastoviglie)	Fibaro	Power, Switch
25	Smart Plug (forno)	Fibaro	Power, Switch
26	Smart Plug (scaldabagno)	Fibaro	Power, Switch
27	Home Energy Meter (Consumo generale)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy
29	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
31	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
32	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
33	Luminosità e movimento	Eltako	Illumination, Pir status
34	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
35	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
37	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
38	Temperatura e Umidità	Eltako	Temperature, Umidity
41	Home Energy Meter (Fotovoltaico)	Aeotec (Pinza amperometrica)	Power, Energy

11 Appendice 3 – Tabelle Entità-Relazione (Diagramma ER) dei casi pilota

Tabella 12-ER caso studio Utente 2

13_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(30) rel_humidity DOUBLE tem_perature DOUBLE timestamp BIGINT(20)	20_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(10) timestamp BIGINT(20) setpoint DOUBLE battery DOUBLE perBattery DOUBLE	21_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(30) timestamp BIGINT(20) door INT(11) log TEXT
26_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(10) power DOUBLE energy DOUBLE timestamp BIGINT(20)	27_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(30) power DOUBLE switch INT(11) timestamp BIGINT(20) CaricaAssociate TEXT	28_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(10) power DOUBLE switch INT(11) timestamp BIGINT(20) CaricaAssociate TEXT
29_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(30) access_control INT(11) battery DOUBLE brightness DOUBLE presence INT(11) tem_perature DOUBLE timestamp BIGINT(20) log TEXT	30_595daa13-40f9-4573-8c56-61b1b970cab1 id INT(30) illumination DOUBLE tem_perature DOUBLE pir_status INT(11) timestamp BIGINT(20)	

Tabella 13-ER caso studio Utente 3

9_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - addNode INT(11) - removeNode INT(11) - timestamp BIGINT(20)	11_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)	12_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)
13_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - access_control INT(11) - battery DOUBLE - brightness DOUBLE - presence INT(11) - temperature DOUBLE - timestamp BIGINT(20)	14_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - actuatorObstructed INT(11) - energySufficient INT(11) - setpoint DOUBLE - setPointSelection INT(11) - temperature DOUBLE - valveOpenClose INT(11) - timestamp BIGINT(20) - battery DOUBLE	15_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)
16_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)	17_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - timestamp BIGINT(20) - energy DOUBLE - log TEXT	18_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)
19_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - timestamp BIGINT(20) - battery DOUBLE - getBattery DOUBLE - setpoint DOUBLE - temperature DOUBLE	20_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - timestamp BIGINT(20) - battery DOUBLE - getBattery DOUBLE - setpoint DOUBLE - temperature DOUBLE	21_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - timestamp BIGINT(20) - log TEXT

Tabella 14-ER caso studio Utente 4

9_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - addNode INT(11) - removeNode INT(11) - timestamp BIGINT(20)	11_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)	12_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)	13_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - access_control INT(11) - battery DOUBLE - brightness DOUBLE - presence INT(11) - temperature DOUBLE - timestamp BIGINT(20)	14_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - actuatorObstructed INT(11) - energySufficient INT(11) - setpoint DOUBLE - setPointSelection INT(11) - temperature DOUBLE - valveOpenClose INT(11) - timestamp BIGINT(20) - battery DOUBLE	15_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)
16_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)	17_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - timestamp BIGINT(20) - energy DOUBLE - log TEXT	18_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - switch INT(11) - timestamp BIGINT(20) - CaricoAssociate TEXT - Anomalia INT(11)	19_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - timestamp BIGINT(20) - battery DOUBLE - getBattery DOUBLE - setpoint DOUBLE - temperature DOUBLE	20_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - timestamp BIGINT(20) - battery DOUBLE - getBattery DOUBLE - setpoint DOUBLE - temperature DOUBLE	21_97a2538f-388e-4240-9c24-74218022e599 - id INT(10) - power DOUBLE - timestamp BIGINT(20) - log TEXT

Tabella 15-ER caso studio Utente 5

12 Riferimenti bibliografici

- [1] 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", report RdS/2015/015
- [2] G. Comodi and A. Fonti, "Sviluppo di un simulatore rete di edifici residenziali e implementazione preliminare di un modello di smart district," Report RdS/2015/020.
- [3] Kmetty Z. Technical report - D4.1 Load Profile Classification WP4 – Classification of EU residential energy consumers. 2017; 80.
- [4] MICENE. Misure dei Consumi di ENergia Elettrica nel settore domestico. Curve di carico dei principali elettrodomestici e degli apparecchi di illuminazione. eERG, end-use Efficiency Research Group. Dipartimento di Energetica, Politecnico di Milano, 2004.
- [5] V. Fabi, R. V. Andersen, S. P. Corgnati, and B. W. Olesen, "Occupants' window opening behaviour: a literature review of factors influencing occupant behaviour and models," *Build. Environ.*, vol. 58, pp. 188–198, 2012.
- [6] M. Schweiker and M. Shukuya, "Comparison of theoretical and statistical models of air-conditioning-unit usage behaviour in a residential setting under Japanese climatic conditions," *Build. Environ.*, vol. 44, no. 10, pp. 2137–2149, 2009.
- [7] S. P. Corgnati *et al.*, "Total energy use in buildings. Analysis and evaluation methods. Final report Annex 53. Statistical analysis and prediction methods," Institute for Building Environment and Energy Conservation, 2013.
- [8] S. D'Oca, S. P. Corgnati, and T. Buso, "Smart meters and energy savings in Italy: Determining the effectiveness of persuasive communication in dwellings," *Energy Res. Soc. Sci.*, vol. 3, no. C, pp. 131–142, 2014.
- [9] M. Mulville, K. Jones, G. Huebner, and J. Powell-Greig, "Energy-saving occupant behaviours in offices: change strategies," *Build. Res. Inf.*, 2016.
- [10] Autorità per l'Energia Elettrica e il Gas e il sistema idrico, AEEG. <https://www.autorita.energia.it/it/index.htm>
- [11] Istituto Nazionale di Statistica, ISTAT. <http://www.istat.it/it/>
- [12] Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. Fattori di emissione atmosferica di CO₂ e sviluppo delle fonti rinnovabili nel settore elettrico. Rapporto 212/2015
- [13] S3C Consortium (2014). "Report on case analyses, success factors and best practices" (S3C D3.4). <http://www.s3c-project.eu/Deliverables.html>,
- [14] U.S. Department of Energy (2014). "Customer participation of the Smart grid. Lessons learned". <http://energy.gov/sites/prod/files/2014/10/f18/SGCustParticipation-Sept2014.pdf>
- [15] Giuseppe Strappa "Studi sulla periferia est di Roma", Editore Franco Angeli, 2012
- [16] Livio de Santoli, Francesco Mancini. C.I.T.E.R.A - Centro di Ricerca Interdipartimentale Territorio Edilizia Restauro Ambiente, Sapienza Università di Roma- "Studio di un modello di Aggregatore di uno Smart District", Report RdS/2015/075.
- [17] Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn (J. Geppert & R. Stamminger), VITO (S. Claessens, A. Virag, H. Gerard & K. Vanthournout), Armines (M. Perret-Gentil & P. Rivière), Viegand Maagøe A/S (J. Viegand), Wuppertal Institut (T. Götz), "Ecodesign Preparatory study on Smart Appliances". Project management: Sarah Bogaert. Study accomplished under the authority of the European Commission DG Energy under framework contract ENER.C3.2012-418-lot 1 2014/TEM/R/

13 Abbreviazioni ed acronimi

- EB: Energy Box
- SHN: Smart Homes Network
- DR: Demand Response
- MePA: Mercato elettronico della Pubblica Amministrazione
- ER: Entità-Relazione