



Ricerca di Sistema elettrico

## Progettazione di un cruscotto informativo per la gestione del bilancio energetico di un ente pubblico

A. Poggio, G. Cerino Abdin, A. Crocetta,  
L. Degiorgis, M. Jarre, M. Noussan

## PROGETTAZIONE DI UN CRUSCOTTO INFORMATIVO PER LA GESTIONE DEL BILANCIO ENERGETICO DI UN ENTE PUBBLICO

A. Poggio, G. Cerino Abdin, A. Crocetta, L. Degiorgis, M. Jarre, M. Noussan (Politecnico di Torino)

Settembre 2015

Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2014

Area: RAZIONALIZZAZIONE E RISPARMIO NELL'USO DELL'ENERGIA ELETTRICA

Progetto: Risparmio di energia elettrica nel settore civile, industria e servizi

Obiettivo: Studi e progettazione di interventi di efficienza energetica per le Pubbliche Amministrazioni

Responsabile del Progetto: Gaetano Fasano, ENEA

Il presente documento descrive le attività di ricerca svolte all'interno dell'Accordo di collaborazione "*Progettazione di un cruscotto informativo per la gestione del bilancio energetico di un ente pubblico*"

Responsabile scientifico ENEA: Roberta Roberto

Responsabile scientifico POLITO: Alberto Poggio

## Indice

SOMMARIO.....	4
INTRODUZIONE.....	5
PRESUPPOSTI DEL LAVORO .....	5
STATO DELL'ARTE .....	5
FINALITÀ DEL LAVORO .....	5
DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ SVOLTE E RISULTATI .....	6
ANALISI DI CONTESTO .....	6
<i>Gestione di informazioni energetiche nel terziario pubblico.....</i>	6
<i>Pianificazione locale di azioni di efficienza energetica nel terziario pubblico.....</i>	6
<i>Soluzioni tecniche offerte dal mercato.....</i>	7
<i>Nuova normativa sulla telelettura dei dati di fornitura energetica .....</i>	8
DEFINIZIONE DEI REQUISITI .....	9
<i>Estensione dello schema LEB.....</i>	9
<i>Integrazione con lo smart metering.....</i>	11
<i>Impostazione concettuale .....</i>	11
<i>Approccio cloud - open source .....</i>	12
<i>Ambito di applicazione.....</i>	12
STRUTTURA DELLO STRUMENTO .....	13
<i>Architettura generale.....</i>	13
<i>Sistema energetico di edificio .....</i>	14
ORGANIZZAZIONE DEI DATI.....	15
<i>Database edifici .....</i>	15
<i>Database centrali energetiche .....</i>	16
<i>Database forniture energetiche.....</i>	18
ANALISI DEI DATI .....	18
<i>Processamento dati forniture energetiche.....</i>	18
<i>Calcolo di indici energetici.....</i>	18
<i>Generazione firma energetica.....</i>	19
<i>Calcolo delle emissioni di CO2 e della quota di energia rinnovabile .....</i>	20
<i>Contenuti dell'interfaccia utente .....</i>	21
TEST DI APPLICAZIONE .....	22
<i>Gestione delle informazioni energetiche.....</i>	22
<i>Edificio pubblico uso uffici.....</i>	24
CONCLUSIONI .....	30
RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	31
APPENDICE – CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO .....	33

## Sommario

Nelle precedenti annualità del programma RSE è stata sviluppata la metodologia per l'elaborazione di dati energetici territoriali Local Energy Balance (LEB) e il relativo strumento software open source. L'attività RSE 2014 si è orientata alla progettazione di uno strumento di gestione destinato alle amministrazioni pubbliche, per utilizzare le nuove funzionalità rese possibili dall'applicazione dello schema di riferimento LEB:

- l'analisi di informazioni quantitative relative ai consumi, alle conversioni e agli usi di energia presso edifici e strutture pubbliche, nonché delle relative emissioni di gas serra
- la condivisione e il confronto di tali dati relativi a soggetti e/o strutture variamente articolati (edifici, impianti, sistemi, ...)
- l'integrazione multilivello e a differenti scale territoriali di tali informazioni, ai fini di un trasferimento di informazioni tra ambito pianificatorio e gestionale dell'energia

In particolare le funzioni affidate allo strumento sono le seguenti:

- monitoraggio e analisi di serie storiche di dati energetici relativi a edifici, strutture e impianti pubblici
- interfacciamento bidirezionale di tali informazioni tra il livello di gestione (energy manager – cruscotto gestionale) e quello di pianificazione locale (LEB per Patto dei Sindaci e/o Piani Energetici Regionali)
- calcolo e analisi, a partire dall'incrocio tra i flussi energetici acquisiti sulle singole strutture e i dati LEB di bilancio energetico locale, delle emissioni di gas serra relative al comparto del terziario pubblico

L'attività svolta ha riguardato in primo luogo la progettazione dello strumento in termini di:

- definizione dei flussi di dati di ingresso e uscita per ciascun edificio
- architettura di base per la gestione e l'archiviazione dei dati relativi a patrimoni pubblici
- definizione degli elementi informativi e dell'organizzazione di un'interfaccia utente
- definizione dell'interfaccia di scambio dati secondo protocollo LEB

Nella pianificazione iniziale era inserita anche la realizzazione di un primo prototipo dello strumento, per la quale era stata prevista l'attivazione, a partire dalle fasi iniziali di lavoro, di specifici apporti di competenze informatiche già utilizzate nello sviluppo del LEB. A causa di sopraggiunte difficoltà di affidamento in relazione alle tempistiche di perfezionamento dei contratti di ricerca RSE, non è stato possibile avvalersi delle competenze previste. Il lavoro svolto nell'ambito ha comunque permesso di realizzare la progettazione della struttura dello strumento e svolgere un test di potenziale applicazione presso una struttura del terziario pubblico, come previsto dagli obiettivi della presente attività.

## Introduzione

### *Presupposti del lavoro*

Nell'ambito della Ricerca di Sistema Elettrico, le prime due fasi di attività svolte nel PAR 2012 e 2013 hanno riguardato rispettivamente:

- la definizione di dettaglio di una metodologia innovativa per la costruzione e l'analisi di bilanci energetici territoriali denominata Local Energy Balance (LEB) [1]
- la progettazione e la realizzazione prototipale di uno strumento software open source per l'implementazione della metodologia LEB [2]

Grazie al percorso di sviluppo iniziato nell'ambito del Progetto Strategico Interreg Alcotra RENERFOR [3], LEB trova già applicazione corrente nella pianificazione energetica locale da parte della Città Metropolitana (già Provincia di Torino) [4][5][6][7][8][9]. Ulteriori esperienze di utilizzo sono state condotte anche in Regione Valle d'Aosta [10][11].

### *Stato dell'arte*

Le caratteristiche della metodologia e dello strumento software open source rendono oggi potenzialmente disponibili una serie di nuove funzionalità per l'intero settore energetico. In particolare nello specifico del settore del terziario pubblico, lo schema di riferimento LEB può costituire un protocollo per:

- la codifica, la conservazione, la stima, l'analisi di informazioni quantitative relative ai consumi, alle conversioni e agli usi di energia presso edifici e strutture pubbliche, nonché delle relative emissioni di gas serra
- la condivisione e il confronto di tali dati relativi a soggetti e/o strutture variamente articolati (edifici, impianti, sistemi, ...)
- l'integrazione multilivello e a differenti scale territoriali di tali informazioni, ai fini di un trasferimento di informazioni tra ambito pianificatorio e gestionale dell'energia

L'utilizzo di tali opportunità richiede ulteriori strumenti da mettere a disposizione delle amministrazioni pubbliche. In particolare, si individuano due priorità di seguito illustrate:

- per quanto riguarda gli energy manager delle amministrazioni pubbliche, l'analisi dei bilanci energetici delle strutture di proprietà dei rispettivi enti, anche in termini di presupposto abilitante alle azioni di efficienza energetica come richieste dalla Direttiva EED [12]
- per quanto riguarda la pianificazione energetica locale, la standardizzazione di approccio e il raggiungimento di un'unicità di conoscenza in merito alla consistenza dei consumi energetici del comparto terziario pubblico sul territorio

### *Finalità del lavoro*

Sulla base delle considerazioni sopra riportate, gli obiettivi delle attività PAR 2014 sono stati orientati alla progettazione delle caratteristiche e della struttura di uno strumento destinato agli energy manager delle pubbliche amministrazioni, che consenta di interfacciare in termini bidirezionali le informazioni inerenti la loro attività con quelle disponibili al livello dei pianificatori energetici.

Nella pianificazione iniziale delle attività PAR 2014 era inserita anche la realizzazione di un primo prototipo dello strumento, per la quale era stata prevista l'attivazione, a partire dalle fasi iniziali di lavoro, di specifici apporti di competenze informatiche già utilizzate nello sviluppo del LEB. A causa di sopraggiunte difficoltà di affidamento in relazione alle tempistiche di perfezionamento dei contratti di ricerca RSE, non è stato possibile avvalersi delle competenze previste. Il lavoro svolto ha comunque permesso di realizzare la progettazione della struttura dello strumento e svolgere un test di potenziale applicazione presso una struttura del terziario pubblico, come previsto dagli obiettivi della presente attività.

## Descrizione delle attività svolte e risultati

### Analisi di contesto

Prima di procedere alla definizione dei requisiti e delle caratteristiche dello strumento, si è proceduto ad un'analisi preliminare delle criticità presenti nell'attuale contesto organizzativo e pianificatorio nel quale si svolge la gestione energetica delle strutture della pubblica amministrazione.

Contestualmente è stata svolta una ricognizione degli strumenti di gestione già presenti sul mercato, ponendone in evidenza i limiti. Infine si è delineato il quadro delle nuove funzionalità messe a disposizione dai servizi misura innovativi definiti dall'Autorità per l'Energia Elettrica il Gas e il Servizio Idrico (AEEGSI).

### Gestione di informazioni energetiche nel terziario pubblico

La struttura organizzativa delle amministrazioni pubbliche comporta una rilevante frammentazione nell'allocazione delle informazioni relative al parco degli edifici di proprietà. Questa criticità è particolarmente presente nel caso dei dati di tipo energetico.

Tipicamente le caratteristiche dimensionali e tecniche degli edifici sono detenute dai servizi tecnici che seguono gli aspetti edilizi del patrimonio. Le destinazioni d'uso degli edifici (o di loro porzioni<sup>1</sup>) sono spesso soggette a variazioni, soprattutto negli ultimi anni caratterizzati da crescenti azioni di razionalizzazione della spesa pubblica e conseguenti dismissioni di edifici e accorpamenti di funzioni.

Una situazione analoga è ravvisabile sulla consistenza degli impianti di edificio, in particolare quanto concerne le informazioni elementari inerenti lo stato delle centrali energetiche (termiche e, se presenti, frigorifere) e le relative trasformazioni. Frequentemente l'aggiornamento di tali notizie rimane prerogativa dei gestori cui pro tempore è affidata la conduzione e manutenzione degli impianti, senza trovare inquadramento in una gestione sistematica.

Le informazioni di consumo energetico sono riportate nelle fatture di fornitura, di stretta competenza dei servizi economico-finanziari, i quali privilegiano archiviazioni puramente documentali o di natura contabile. Queste modalità permangono anche a seguito dell'introduzione della fatturazione elettronica (L. 244/2007 e s.m.i.), rendendo gli archivi sostanzialmente inutilizzabili per tracciare i dati tecnici.

I problemi sopraelencati sono notori e già oggetto di precedenti analisi [13]. Come ulteriore verifica, nel corso dell'attività PAR 2014 sono state condotte specifiche attività di confronto a campione presso alcuni enti locali. Tali verifiche sono state possibili inserendo richieste dati aggiuntive all'interno di attività previste in altri progetti paralleli, quali:

- il progetto *Living Lab for Energy Optimization* (LEO) [14]
- il progetto *Quality of Urban Air with Data Realtime Analysis for the Monitoring of Trend of Emissions* (QUADRANTE) [15]
- il progetto *Supporting Public Procurement of Building Innovative Solutions* (PROBIS)<sup>2</sup> [16]

I riscontri ottenuti forniscono ampie conferme a tutte le criticità sin qui evidenziate, come ulteriormente dettagliato più avanti nel test di applicazione.

### Pianificazione locale di azioni di efficienza energetica nel terziario pubblico

La gestione delle informazioni energetiche sui patrimonio delle amministrazioni pubbliche assume specifici risvolti anche in relazione alla pianificazione energetica. Secondo quanto previsto dalla Direttiva EED [12] e dal Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica (PAEE) [17], l'efficientamento del patrimonio edilizio delle

<sup>1</sup> Frequentemente uno stesso edificio è suddiviso in porzioni utilizzate per destinazioni d'uso differenti, con evidenti conseguenze sulle logiche di consumo energetico.

<sup>2</sup> Il Politecnico di Torino non è partner diretto del progetto ma è stato coinvolto con funzioni di supporto tecnico-scientifico all'implementazione delle attività di progetto.

amministrazioni pubbliche rappresenta un obiettivo prioritario da perseguire sia a scala nazionale che locale.

Nell'implementazione di queste politiche a livello nazionale e regionale, si incontrano due problemi relativi ad aspetti di quantificazione:

- in sede di pianificazione, la valutazione del potenziale di efficienza energetica presente nel parco edilizio pubblico di un territorio
- in sede di verifica, il riscontro del risparmio energetico effettivamente conseguito attraverso interventi attuati sugli edifici pubblici

Le difficoltà sopraindicate trovano una causa comune in quanto precedentemente esposto in merito alle notevoli complessità di gestione dei dati da parte dei singoli enti pubblici.

Oltre a quelle già indicate, un'ulteriore criticità emerge con particolare evidenza con l'adesione di comuni di un territorio al Patto dei Sindaci, ormai largamente diffuso. In questo caso ogni ente ha la necessità di gestire tutte le informazioni energetiche inerenti il suo patrimonio, al fine di individuare, dichiarare e, successivamente, verificare gli obiettivi delle azioni di efficienza energetica e crescita delle fonti rinnovabili. Al contempo, i risultati complessivi inerenti il patrimonio dell'ente devono trovare inquadramento e adeguata valorizzazione nel bilancio energetico del territorio di riferimento.

Il problema si pone anche in termini generali ed è legato alle notevoli difficoltà di comunicazione tra il piano dei singoli enti e quello di coloro che svolgono funzioni di pianificazione e verifica a livello regionale o nazionale. Infatti non risulta presente alcuna base informativa comune in grado di aggregare, a scala territoriale, i dati energetici degli edifici pubblici. Tale assenza è imputabile, oltre che alla mancanza di strumenti dedicati, anche alla difficoltà ad individuare metodologie e criteri per la definizione, l'acquisizione e l'analisi di queste informazioni. Come conseguenza, le valutazioni si limitano frequentemente a stime di tipo top-down oppure a riscontri quantitativi esercitabili solo a scala nazionale.

### Soluzioni tecniche offerte dal mercato

Attualmente il mercato offre svariate soluzioni software per la gestione di dati energetici anche nel settore del patrimonio pubblico. Rispetto a questi prodotti commerciali si riscontrano una serie di criticità di seguito riepilogate.

Nel caso di strumenti forniti come applicativi aggiuntivi di altri software gestionali di tipo amministrativo o manutentivo, la difficoltà più frequente è quella dello scarso livello di dettaglio delle informazioni tecniche. Inoltre questi strumenti richiedono comunque operazioni di caricamento dei dati di consumo a partire dai documenti di fatturazione.

Gli strumenti specifici per la gestione energetica sono spesso derivati da prodotti sviluppati in ambito industriale o della grande distribuzione. Rispetto agli applicativi citati precedentemente, offrono gradi di dettaglio e automazione superiori ma queste caratteristiche sono in genere ottenute con l'impiego di componenti proprietari di sensoristica dedicata all'acquisizione in campo dei dati di consumo energetico. Di conseguenza i costi di installazione e mantenimento di tali sistemi possono risultare particolarmente onerosi.

Più in generale, il costo (a partire dal mantenimento delle licenze) costituisce una criticità comune a tutte le tipologie di strumenti commerciali. Tipicamente questi oneri superano le reali capacità di spesa di amministrazioni pubbliche per le funzioni di gestione energetica. Questo avviene in particolare negli enti locali di più piccole dimensioni.

Essendo basati su un'architettura proprietaria, gli strumenti commerciali sono caratterizzati da una rigidità della struttura di gestione dei dati e di elaborazione delle analisi. Ogni richiesta di modifica o adattamento comporta oneri aggiuntivi.

La rigidità di cui sopra emerge anche in relazione alle difficoltà a integrare fra loro informazioni e dati provenienti da differenti centri di gestione, in particolare quando sia richiesto l'interfacciamento con altri strumenti software. Tale situazione, come già descritto, rappresenta però l'usuale condizione della pubblica amministrazione.

### Nuova normativa sulla telelettura dei dati di fornitura energetica

Come messo in evidenza dagli esiti del test di applicazione (illustrati successivamente), la principale criticità della gestione informativa è generata dalla sostanziale impossibilità di archiviazione sistematica dei dati consumo contenuti nella fatturazione delle forniture energetiche.

Alcune recenti disposizioni dell’AEEGSI offrono importanti opportunità per il superamento di questo problema [18]. La nuova normativa di settore della distribuzione di energia elettrica e gas naturale [19][20][21] prevede una significativa estensione dei servizi di misura offerti agli utenti finali. Per effetto dei nuovi provvedimenti, i distributori stanno conducendo programmi di potenziamento delle funzionalità offerte dai contatori di misura preesistenti, anche attraverso l’inserimento di nuove apparecchiature di smart metering.

In particolare i distributori sono ora tenuti a garantire:

- la telelettura delle misure a passi temporali prefissati
- la raccolta, la validazione, la registrazione, l’archiviazione e la custodia delle misure, per un periodo minimo (5 anni per l’energia elettrica, 10 anni per il gas naturale)
- la messa a disposizione dei dati di misura, per ciascun utente e con riferimento a ciascun suo punto di prelievo, tramite mezzi informatici che consentano l’immediata riutilizzabilità dei dati trasferiti

Nel caso della distribuzione elettrica, lo stato di attuazione del programma di intervento può essere ritenuto come sostanzialmente già completato, essendo stato avviato dall’AEEGSI già alcuni anni fa (Tabella 1). Per quanto riguarda la distribuzione gas naturale, il programma di intervento (*roll-out*) è ancora in corso di svolgimento e, per le utenze più piccole di definizione. In base alle tempistiche attualmente definite dall’AEEGSI [22], gli interventi saranno completati per le utenze servite da misuratori fino al calibro G16 incluso. In questo segmento (caratterizzato da potenze installate nell’ordine di circa 140 kW o superiori) rientrano moltissimi punti di fornitura di edifici della pubblica amministrazione.

**Tabella 1 Smart metering settore elettrico e gas naturale: programma di attuazione**

tappe → ↓ settore	31 dicembre 2014	31 dicembre 2015	31 dicembre 2018
Energia elettrica			
tutti i punti di fornitura (POD)	completato <sup>3</sup>	---	---
Gas naturale			
punti di fornitura (PdR) fino a G40 (>370 KW)	100% dei PdR		
punti di fornitura (PdR) fino a G16 (>140 KW)	60% dei PdR	100% dei PdR	---
punti di fornitura (PdR) fino a G10 (>95 KW)	15% dei PdR	<i>in corso di definizione da parte dell’AEEGSI</i>	<i>in corso di definizione da parte dell’AEEGSI</i>
punti di fornitura (PdR) inferiore a G10 (<95 KW)	---	---	<i>in corso di definizione da parte dell’AEEGSI</i>

<sup>3</sup> L’installazione di contatori elettronici ha ormai riguardato la quasi totalità dei punti di fornitura (POD).

Per le utenze già servite da smart metering, come richiesto dall'AEEGSI i dati di telelettura rilevati dai gestori locali sono già oggi gratuitamente disponibili<sup>4</sup> in termini di:

- potenza elettrica prelevata con passo temporale quart'orario (per le utenze di maggiori dimensioni) o mensile
- volume di gas naturale prelevato con passo temporale giornaliero<sup>5</sup>

Il flusso informativo così prodotto risulta essere sistematico e non soggetto a cessazioni e/o variazioni, essendo originato obbligatoriamente dai gestori cui è affidata su base pluriennale la gestione delle locali reti di distribuzione. Tale carattere di sistematicità non è invece attribuibile alle informazioni trasmesse dai grossisti cui è affidata protempore la fornitura. Infatti, indipendentemente dalle modalità di affidamento (gara, stazione unica appaltante regionale, convenzione Consip), il grossista esercita le funzioni di messa a disposizione dei dati secondo termini autonomamente stabiliti. Inoltre tali modalità sono continuamente soggette a cambiamento in corrispondenza delle scadenze contrattuali (tipicamente annuali o biennali).

Ovviamente tali prerogative riguardano esclusivamente le forniture di energia elettrica e gas naturale<sup>6</sup>. Per quest'ultimo sussistono ulteriori restrizioni che attualmente escludono l'ambito delle utenze di piccole dimensioni. Preso atto di tali limitazioni, la platea risultante tra gli edifici della pubblica amministrazione potenzialmente interessati appare comunque amplissima, comprendendo:

- per quanto concerne il dato di consumo elettrico, tutti gli edifici pubblici senza limitazioni di dimensione
- gli edifici pubblici con uso di gas naturale, per quanto concerne il dato di consumo elettrico

Pertanto, come accennato in precedenza, le funzionalità dei sistemi di smart metering definiti dall'AEEGSI possono consentire un rilevante salto di qualità nella gestione delle informazioni energetiche del patrimonio pubblico. La chiave di tale evoluzione risiede nello sviluppo di efficaci sinergie con i sistemi di messa a disposizione del dato da parte dei distributori locali, dai quali è possibile attivare un'acquisizione affidabile e gratuita dei dati di consumo.

### Definizione dei requisiti

L'analisi preliminare ha consentito di individuare i presupposti su quali procedere alla definizione dei principali obiettivi dello strumento.

### Estensione dello schema LEB

Per definire l'impostazione concettuale dello strumento si procede ad una riformulazione dello schema di riferimento LEB (Figura 1). Il territorio in esame è rappresentato attraverso uno schema fisico dei flussi energetici e delle fasi di produzione, trasformazione, reti di trasporto e distribuzione, consumi dell'energia. Tutte le fonti e i vettori energetici sono singolarmente individuati da specifici flussi e nodi. Ciascun flusso è tracciato in termini di contenuto di energia rinnovabile e di emissioni di CO<sub>2</sub> originata dal suo processo di generazione. I consumi relativi ai principali aggregati sono evidenziati da specifici contatori.

La struttura dello schema LEB può essere suddivisa secondo due componenti:

- il sistema energetico territoriale (*local energy system* – LES), costituito dal complesso degli impianti e delle attività di trasformazione e conversione, nonché delle reti di trasporto e distribuzione

<sup>4</sup> In funzione delle date di attivazione dei sistemi, possono essere rese disponibili serie storiche pluriennali pregresse.

<sup>5</sup> E' possibile richiedere un dato orario, mediante installazione di un'apparecchiatura di interfaccia a cura del distributore locale. L'onere di installazione (attualmente stimato entro qualche centinaia di euro per PdR) è a carico dell'utente, il quale deve inoltre implementare un proprio sistema di acquisizione.

<sup>6</sup> Su accordo con i gestori locali, è possibile ipotizzare funzionalità analoghe anche per le forniture di calore in teleriscaldamento.

- l'insieme degli usi finali di energia presenti sul territorio (*local energy users – LEU*)

La componente LES vede in ingresso la produzione locale di fonti primarie (*indigenous production*) e lo scambio netto con l'esterno (*import meno export*); in uscita<sup>7</sup> sono collocati i flussi verso gli usi finali. Pertanto il sistema energetico territoriale LES può essere interpretato come il complesso di alimentazione dell'aggregazione di utenza costituito dalla componente LEU.

La metodologia LEB prevede una distinzione degli usi finali per tipologia. Ad eccezione del caso dei trasporti, ciascuna tipologia è studiata applicando il medesimo sottoschema che rappresenta un utente finale equivalente corrispondente alla somma di tutti gli utenti finali del territorio.

Questa definizione teorica trova applicazione nell'impostazione di calcolo [1] e nell'organizzazione del modello dati su cui è costruito il database dello strumento software LEB [2].

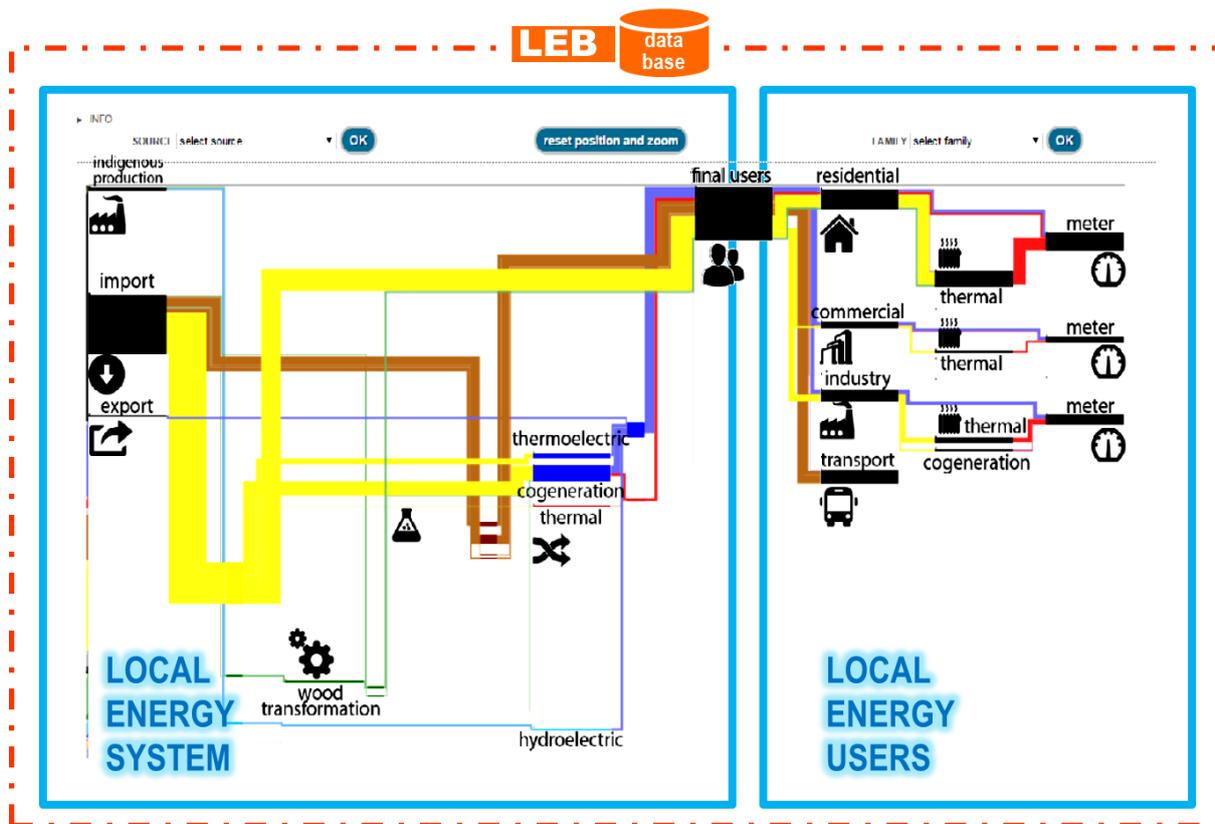


Figura 1 Suddivisione dello schema di flusso LEB

Prendendo ora in considerazione un singolo utente finale di energia (escludendo quelli relativi ai trasporti), la relativa struttura energetica (flussi e conversioni) può essere rappresentata attraverso l'applicazione del medesimo sottoschema LEB sopracitato. Questo vale anche per differenti insiemi di singoli utenti finali. In questo modo, lo schema LEB è utilizzato come protocollo generale per codificare i dati energetici degli utenti finali (*LEB protocol*). Ne consegue che l'attuale organizzazione del database LEB dispone delle potenzialità per:

- ospitare i flussi energetici di ogni singolo utente finale (eccetto per i trasporti)
- gestire aggregazioni di flussi energetici di singoli utenti finali

<sup>7</sup> Per semplicità, nella presente trattazione non si considerano le quote derivanti da autoproduzione di energia presso gli utenti finali.

Tali nuove funzionalità necessitano di implementazioni del modello in termini di ulteriori elementi di codifica e identificazione dei singoli utenti finali e delle relative appartenenze a differenti insiemi di aggregazione, meglio descritte nella trattazione della struttura del database.

Applicando queste elaborazioni al caso in esame delle amministrazioni pubbliche, il modello dati (dopo le integrazioni) sarà in grado di gestire:

- i dati energetici di un singolo edificio pubblico, individuato come utente finale
- l'aggregazione dei dati energetici degli edifici pubblici di proprietà di uno stesso ente
- l'aggregazione dei dati energetici degli edifici pubblici presenti in una determinata porzione di territorio
- l'aggregazione dei dati energetici degli edifici pubblici appartenenti ad una determinata tipologia
- il confronto tra i dati energetici di edifici pubblici (come singoli oppure come loro aggregazione) appartenenti a differenti enti, porzioni di territorio e/o tipologie

### Integrazione con lo smart metering

Oltre alla capacità strutturale, la riformulazione illustrata presenta anche un secondo punto di forza. I volumi di controllo che concettualmente individuano le due componenti LES e LEU (precedentemente descritte) vedono la loro interfaccia sul confine fisico degli usi finali di energia. Tale confine coincide pertanto, vettore per vettore, con l'insieme di tutti i punti di fornitura energetica. Pertanto, descrivendo il singolo utente finale (sempre escludendo i trasporti) attraverso il medesimo sottoschema LEB, la struttura energetica rappresentata risulta alimentata dalle forniture energetiche relative all'utente stesso. In particolare:

- il vettore energia elettrica risulta alimentato in ingresso dallo specifico punto di fornitura (POD) dell'utente finale in esame
- il vettore gas naturale risulta alimentato in ingresso dallo specifico punto di fornitura (PdR) dell'utente in esame

Pertanto il presente approccio offre l'opportunità di agganciare direttamente al modello dati (come qui descritto) i flussi informativi originati dai sistemi di smart metering. Questo significa rendere possibile un aggiornamento costante e gratuito delle informazioni di consumo energetico elettrico e di gas naturale per un amplissimo numero di edifici pubblici.

L'attivazione di queste funzionalità comporta lo sviluppo di interfacce software dedicate all'acquisizione via web dei dati messi a disposizione dai distributori.

### Impostazione concettuale

L'applicazione del protocollo LEB fino al livello del singolo utente consente una standardizzazione di approccio e il raggiungimento di un'unicità di conoscenza in merito nel comparto degli edifici della pubblica amministrazione.

Essendo concepito come estensione dello schema LEB, il modello dati (come precedentemente illustrato) si presta quindi ad essere collocato come interfaccia (Figura 2) tra le attività degli energy manager e quelle dei pianificatori, per lo svolgimento delle seguenti funzioni:

- il monitoraggio e l'analisi di serie storiche di dati energetici relativi a edifici pubblici
- lo scambio bidirezionale di informazioni tra il livello di gestione e quello di pianificazione
- il calcolo delle emissioni di gas serra relative al comparto degli edifici pubblici, a partire dall'integrazione i dati energetici dei singoli edifici e i dati del sistema energetico locale (LES)

Questa impostazione prevede pertanto:

1. un unico modello dati LEB comune ai due livelli di utilizzo, adeguatamente implementato per ospitare contestualmente i dati energetici territoriali e di ogni singolo utente finale pubblico

2. un'interfaccia utente dedicata alle funzioni di interesse del livello di gestione
3. un'interfaccia utente dedicata alle funzioni di interesse del livello di pianificazione locale

Nell'ambito della presente attività ci si è concentrati sulla definizione degli elementi progettuali relativi all'implementazione del modello dati e dei contenuti da restituire nell'interfaccia utente di gestione.

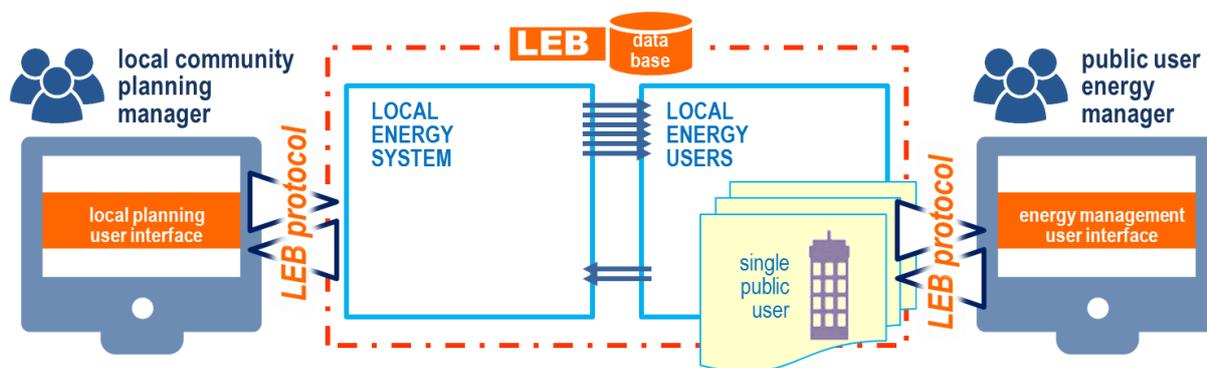


Figura 2 Inquadramento concettuale dello strumento di gestione

#### Approccio cloud - open source

Sulla base dell'esperienza condotta nello sviluppo della metodologia e dello strumento software LEB, dal punto di vista delle tecnologie informative si propone di applicare un approccio basato sui seguenti presupposti:

- applicativi e soluzioni completamente open source
- ambiente di sviluppo virtualizzato in cloud computing

Entrambe queste scelte contribuiscono a massimizzare la flessibilità del sistema e a ridurre il costo di implementazione a carico della pubblica amministrazione.

#### Ambito di applicazione

L'ambito di applicazione potenziale dello strumento abbraccia tutte i settori della pubblica amministrazione, sconfinando eventualmente dall'ambito degli edifici per includere altre strutture quali (a titolo di esempio) gli impianti di illuminazione pubblica.

Ai fini della presente attività di sviluppo si ritiene opportuno restringere la tipologia di applicazioni per concentrarsi sulla progettazione delle funzionalità di base dello strumento. Ulteriori sviluppi ed estensioni potranno essere oggetto di future attività. Pertanto in prima istanza si farà riferimento alle seguenti tipologie:

- edifici pubblici adibiti a uffici e assimilabili (categoria E.2)
- edifici pubblici adibiti ad attività scolastiche (categoria E.7)

## Struttura dello strumento

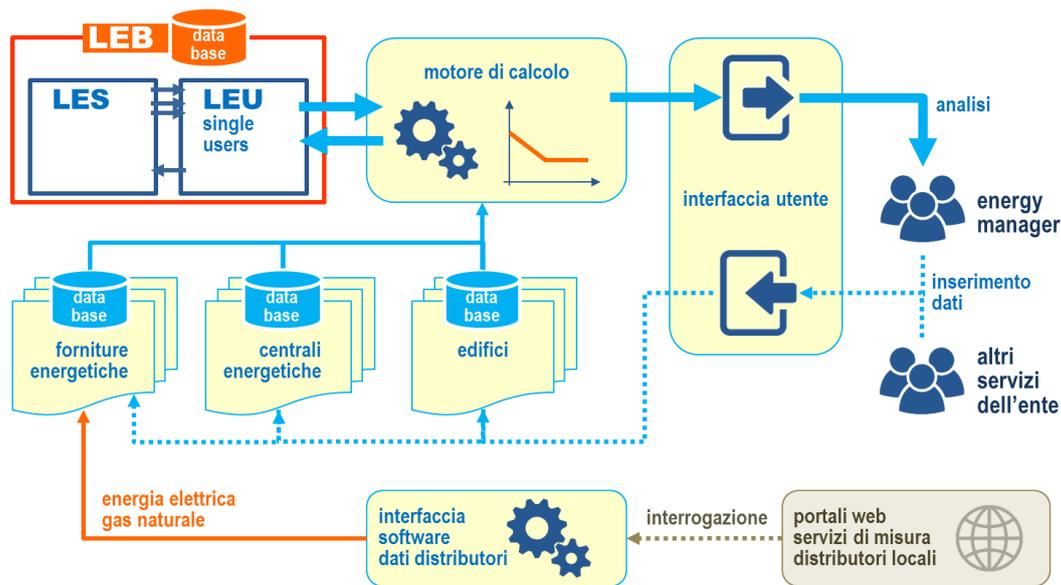
Sulla base dei requisiti fissati si procede alla definizione della struttura e delle caratteristiche dello strumento.

### Architettura generale

La progettazione dello strumento è effettuata a partire dalla possibilità di utilizzare il database LEB (adeguatamente implementato) come riferimento per la conservazione dei dati principali.

La costruzione dello strumento è basata sull'architettura software schematizzata in Figura 3. I principali componenti del sistema possono essere riepilogati come segue:

- un motore di calcolo, cui sono affidate le funzionalità di processamento ed elaborazione dei dati energetici gestiti dallo strumento
- una serie di database di servizio, nei quali sono contenute le informazioni energetiche degli edifici pubblici (dimensionali, di utilizzo, impiantistiche e di fornitura)
- un'interfaccia utente di gestione, con funzionalità di analisi e caricamento di dati
- un'interfaccia software accessoria, dedicata all'alimentazione automatica di flussi informativi di consumo



**Figura 3 Architettura dello strumento di gestione**

L'operatività dello strumento prevede una fase iniziale di alimentazione dei database di servizio, riguardante in particolare le informazioni di tipo statico degli edifici pubblici (dimensionali, di utilizzo, impiantistiche).

Nel normale esercizio è prevista una fase periodica di alimentazione del database di servizio sulle forniture energetiche. Tale alimentazione avviene mediante due modalità differenti:

- in automatico (preferibilmente) attraverso l'interrogazione periodica via web sui portali dei servizi di misura attivati dai distributori locali di energia elettrica e gas naturale
- con caricamento da parte dell'operatore (quando indisponibile la funzionalità automatica) attraverso l'interfaccia utente

Il motore di calcolo rielabora i dati presenti nei database di servizio con due finalità:

- l'alimentazione automatica del database LEB con i dati di consumo energetico dei singoli edifici pubblici
- la produzione di risultati analitici per l'analisi dei dati, da alimentare all'interfaccia utente

### Sistema energetico di edificio

In un edificio pubblico (quali quelli individuati come primo campo di applicazione) sono presenti numerosi e differenti impianti tecnologici serviti da diversi vettori energetici, ciascuno dei quali risulta essere di interesse per la caratterizzazione dei consumi energetici.

Al fine di consentire una prima definizione dei flussi energetici da analizzare si procede in primo luogo a definire una rappresentazione complessiva del sistema energetico di edificio (Figura 4).

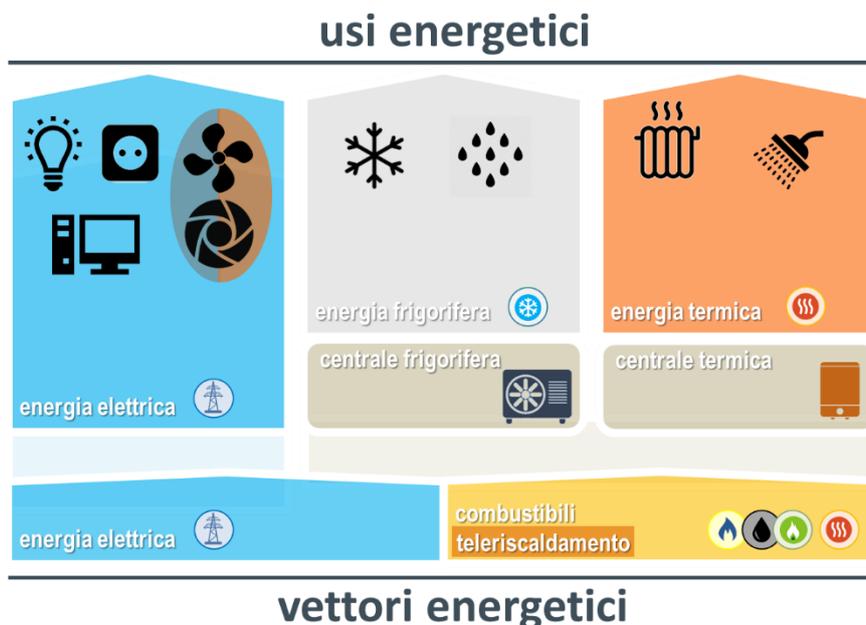


Figura 4 Sistema energetico di EDIFICIO: schema generale

Il consumo energetico complessivo può essere ricondotto a due tipologie di vettori energetici in ingresso dall'esterno:

- energia elettrica
- combustibili (eventualmente calore fornito a mezzo di reti teleriscaldamento)

L'energia elettrica è destinata all'alimentazione delle apparecchiature e dei sistemi elettrici. Oltre a questi usi vi sono ulteriori quote di consumo relative a conversioni in altri vettori energetici.

Una componente rilevante del flusso di energia elettrica in ingresso può essere destinata a centrali frigorifere per la produzione di energia frigorifera<sup>8</sup>. A sua volta, questa è impiegata per raffrescamento e

<sup>8</sup> In alternativa, sono possibili differenti schemi impiantistici con gruppi ad azionamento termico. In questi casi le centrali frigorifere possono essere alimentate da combustibili (cicli frigoriferi ad assorbimento con fiamma diretta) oppure da energia termica (cicli frigoriferi ad assorbimento).

deumidificazione. Una componente dei consumi elettrici, di minore entità, può essere dovuta alla produzione di energia termica sotto forma di acqua calda sanitaria (in seguito ACS).

Per quanto riguarda i combustibili i flussi in ingresso sono generalmente destinati alle centrali termiche per la produzione di energia termica<sup>9</sup>. A sua volta, questa è impiegata per riscaldamento, raffrescamento e produzione di ACS.

Ancorché semplificata, la schematizzazione proposta consente di individuare i principali elementi caratterizzanti i flussi e le trasformazioni energetiche in un utilizzatore finale costituito da un sistema edificio. Tale livello di analisi permette di definire i consumi energetici complessivi di un edificio pubblico distinguendo i principali usi energetici:

- usi elettrici diretti (illuminazione, forza motrice, apparecchiature elettriche) e per acqua calda sanitaria, prevalentemente correlati con i profili di utilizzo dell'edificio
- usi termici per riscaldamento, tipicamente invernali e prevalentemente correlati con la temperatura esterna
- usi elettrici per raffrescamento e deumidificazione, tipicamente estivi e prevalentemente correlati con la temperatura esterna
- usi termici per acqua calda sanitaria e per postriscaldamento aria, prevalentemente correlati con i profili di utilizzo dell'edificio
- usi elettrici indiretti (pompe e/o ventilatori), indirettamente correlati con i fabbisogni di energia termica e frigorifera (in quanto connessi alla movimentazione dei relativi fluidi termovettori acqua e/o)

Il monitoraggio dei dati di consumo non richiede l'installazione di sensori aggiuntivi, in quanto è basato sui dati fornitura energetica all'edificio. Come accennato in precedenza, nel caso di presenza di contatori di misura con funzionalità di smart metering attive, i misuratori stessi possono assolvere alla funzione di sensori di acquisizione e consentire un approvvigionamento automatico dei dati consumo, senza oneri per l'amministrazione pubblica.

### *Organizzazione dei dati*

Come anticipato nella descrizione dell'architettura di sistema, i dati relativi alle informazioni energetiche degli edifici pubblici sono ripartiti in tre distinti database (Figura 5):

- un database delle informazioni tecniche e di utilizzazione degli edifici pubblici
- un database delle informazioni tecniche relative alle centrali energetiche a servizio degli edifici pubblici
- un database delle informazioni tecniche ed economiche relative alle forniture attestata sugli edifici pubblici

Ciascuno dei database sopraelencati contiene l'insieme dei dati relativi all'intero territorio di riferimento. Il singolo ente pubblico interagisce con i database, attraverso una specifica procedura di accesso, esclusivamente in relazione ai dati relativi agli edifici di sua proprietà.

### **Database edifici**

Il database edifici è articolato su 3 livelli progressivi:

- complesso, costituito da più fabbricati ricompresi in un unico comprensorio
- fabbricato

---

<sup>9</sup> In alternativa oppure in integrazione, sono possibili differenti schemi impiantistici con pompe ad azionamento elettrico. In questi casi le centrali termiche possono essere alimentate in tutto o in parte da energia elettrica.

- unità funzionale, qualora siano presenti differenti attività e/o destinazioni d'uso all'interno di un medesimo fabbricato

Le informazioni sono associate agli elementi del livello inferiore (unità funzionali), per ciascuno dei quali si prevede di inserire le seguenti tipologie di dati:

- dati dimensionali (volumetria e superficie edilizia, volumetria e superficie riscaldata, volumetria e superficie raffrescata)
- anno di costruzione
- descrizione qualitativa delle caratteristiche edilizie di base
- descrizione qualitativa delle eventuali ristrutturazioni edilizie attuate e indicazione degli anni di intervento
- destinazione d'uso dell'unità funzionale
- profili di utilizzo d'uso dell'unità funzionale, in termini di calendario e orari di utilizzo dei locali e di esercizio/non esercizio degli impianti di riscaldamento e raffrescamento

In funzione della struttura del complesso pubblico:

- ciascun complesso è abbinato (mediante collegamento degli elementi nei rispettivi database) ad uno o più fabbricati
- ciascuna fabbricato è abbinato (mediante collegamento degli elementi nei rispettivi database) ad una o più unità funzionali

L'utilizzo dei 3 livelli è funzione delle caratteristiche specifiche delle strutture da rappresentare. Nei casi più semplici le informazioni possono essere rese coincidenti tra livelli contigui.

L'avvio dell'operatività dello strumento richiede un lavoro iniziale di reperimento, sistematizzazione e caricamento dei dati a carico del personale dell'ente. Successivamente a questa fase preliminare è necessario l'aggiornamento periodico delle informazioni.

#### Database centrali energetiche

Il database centrali energetiche è articolato su 2 tipologie principali:

- centrali termiche per l'alimentazione dei fabbisogni di energia termica<sup>10</sup> (riscaldamento, acqua calda sanitaria, postriscaldamento aria)
- centrali frigorifere per l'alimentazione dei fabbisogni di energia frigorifera (raffrescamento, deumidificazione aria)

Le informazioni sono associate alla singola centrale termica o frigorifera, per ciascuna delle quali si prevede di inserire le seguenti tipologie di dati:

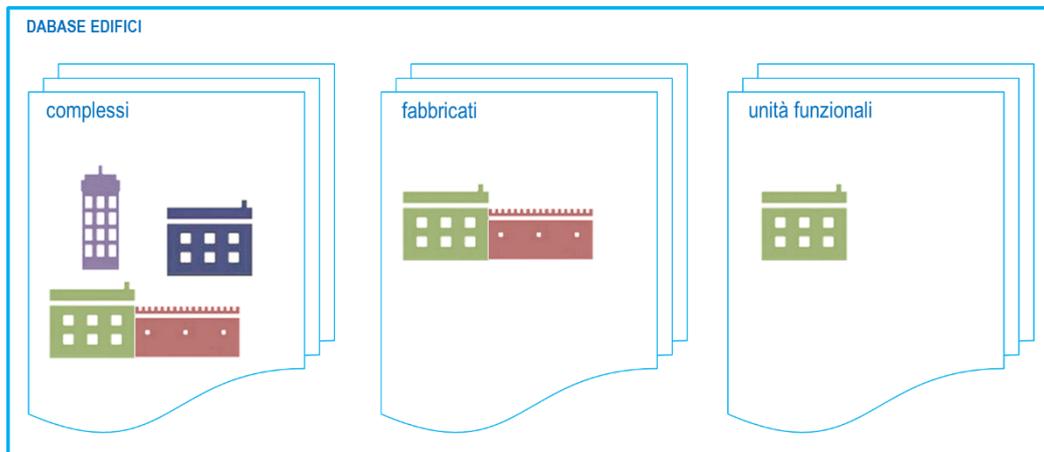
- tipologia costruttiva dei gruppi di produzione, caratteristiche dei fluidi termovettori prodotti (tipologia, pressione, temperatura)
- caratteristiche tecniche di base (potenza nominale, campo di regolazione, efficienza media di conversione energetica)
- anno di installazione
- descrizione qualitativa delle eventuali riqualificazioni e/o adeguamenti impiantistici attuati e indicazione degli anni di intervento

In funzione del servizio reso all'interno del singolo edificio pubblico, ciascuna centrale energetiche è abbinata (mediante collegamento degli elementi nei rispettivi database) ad una o più unità funzionali.

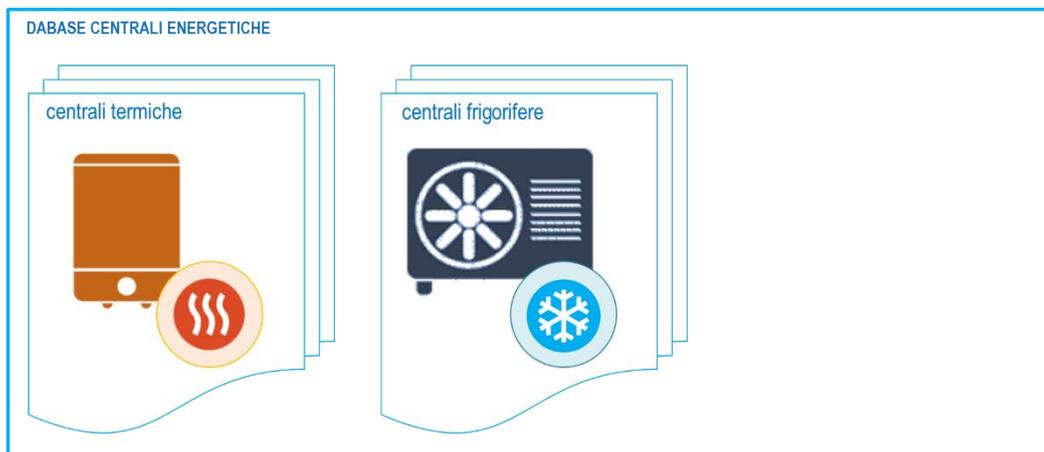
L'avvio dell'operatività dello strumento richiede un lavoro iniziale di reperimento, sistematizzazione e caricamento dei dati a carico del personale dell'ente. Successivamente a questa fase preliminare è necessario l'aggiornamento periodico delle informazioni.

---

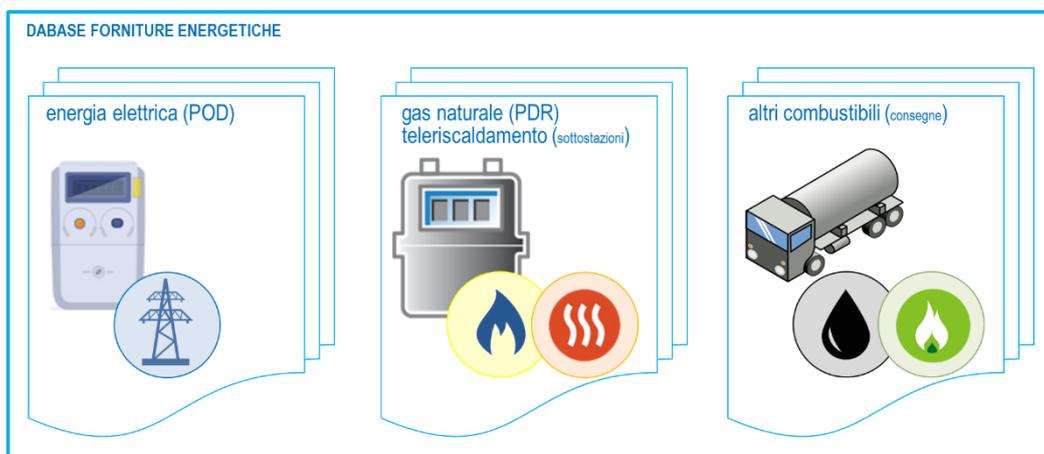
<sup>10</sup> In questa fattispecie si intendono ricomprese anche le sottostazioni di scambio del teleriscaldamento.



a) database edifici



b) database centrali energetiche



c) database forniture energetiche

**Figura 5 Database: struttura**

### Database forniture energetiche

Il database forniture energetiche è articolato in base alle principali tipologie di vettori:

- punti di fornitura (POD) di energia elettrica
- punti di fornitura (PdR) di gas naturale
- punti di fornitura (sottostazioni di scambio) di calore in teleriscaldamento
- forniture a lotti di prodotti petroliferi
- forniture a lotti di combustibili derivati da biomasse legnose

Le informazioni sono associate alla singola fornitura, per ciascuna delle quali si prevede di inserire le seguenti tipologie di dati:

- caratteristiche tecniche di base (impegno/limite contrattuale di potenza/portata, livello di tensione/pressione/temperatura oppure tipologia di combustibile fornito)
- dati di costo complessivo su base temporale mensile
- dati di consumo su base temporale quart'oraria/mensile (energia elettrica), giornaliera (gas naturale), oraria/giornaliera (teleriscaldamento) oppure alla frequenza dei lotti di fornitura (prodotti petroliferi, biomasse)

In funzione del servizio reso all'interno del singolo edificio pubblico:

- ciascuna fornitura di energia elettrica è abbinata (mediante collegamento degli elementi nei rispettivi database) ad una o più unità funzionali e/o centrali energetiche
- ciascuna fornitura di altri vettori (diversi dall'energia elettrica) è abbinata (mediante collegamento degli elementi nei rispettivi database) ad una o più centrali energetiche

L'interfaccia software effettua l'interrogazione periodica dei portali dei servizi di misura predisposti dai distributori locali di energia elettrica e gas naturale. I dati di telelettura (nel caso del gas naturale, ove disponibili) sono riversati nel database forniture energetiche. Pertanto, per un ampio numero di edifici pubblici, l'attività di caricamento periodico dei dati è svolta in automatico.

Nel caso di indisponibilità dei dati di gas naturale e per le altre tipologie di vettori, l'operatività dello strumento richiede un lavoro periodico di reperimento, sistematizzazione e caricamento dei dati a carico del personale dell'ente.

### Analisi dei dati

#### Processamento dati forniture energetiche

I dati presenti nel database forniture energetiche sono riferiti a passi temporali differenti, in funzione delle modalità di acquisizione del dato per ciascun vettore. Le forniture energetiche possono essere associate a differenti componenti dell'edificio pubblico (unità funzionali e/o centrali energetiche).

Il motore di calcolo provvede ad un processamento dei dati, in modo da ricondurre tutte le informazioni a livello di consumi energetici mensili per ciascun edificio e per ciascun vettore. I risultati del processamento sono riversati nel database LEB.

#### Calcolo di indici energetici

I dati energetici del database LEB sono utilizzati per la definizione di indici energetici utili all'analisi dei dati da parte dell'energy manager e del pianificatore.

Il motore di calcolo provvede alla generazione automatica per ciascun edificio di indici di consumo volumetrico e superficiale mensili e annuali. Le basi dati di riferimento sono costituite dai consumi energetici mensili in combinazione con le informazioni dimensionali contenute nei database di servizio dello strumento.

I risultati ottenuti sono ulteriormente elaborati in termini di valori medi mensili e annuali, in funzione delle tipologie di destinazione d'uso e per area territoriale.

### Generazione firma energetica

Un'ulteriore modalità proposta nello strumento, come supporto all'analisi dei dati da parte dell'energy manager, è costituita dalla firma energetica.

Il motore di calcolo provvede alla generazione automatica per ciascun edificio delle firme energetiche invernali ed estive. Come introdotto precedentemente, la base dati di riferimento è costituita dai consumi energetici mensili conservati nel database LEB. Tali dati sono integrati con le temperature medie mensili del sito in esame, acquisite mediante accesso a servizi dati meteo a libero accesso<sup>11</sup>.

La procedura adottata effettua successive iterazioni al fine di evidenziare anomalie di funzionamento che introducono deformazioni negli andamenti.

Si riporta di seguito il processo di calcolo utilizzata per il calcolo della firma energetica nel caso invernale; il calcolo della firma estiva risulta sostanzialmente simile, con l'inversione dei periodi estivo ed invernale. Il processo è descritto anche nello schema di flusso riportato in Figura 6.

Sono necessari i seguenti dati di input:

- consumo mensile per il vettore energetico considerato (energia termica o combustibile utilizzato per la generazione del calore);
- temperatura media mensile per gli anni di esercizio considerati;
- limiti della stagione di riscaldamento per la suddivisione tra esercizio invernale ed estivo: a seconda della tipologia di impianto analizzato, l'anno solare può essere suddiviso in un periodo di esercizio ed un periodo non di esercizio;

A partire dai dati di input, la metodologia prevede la procedura seguente per il periodo di *impianto in esercizio*:

- grafico di correlazione tra la temperatura media mensile (variabile indipendente) e il consumo di energia dell'edificio (variabile dipendente);
- definizione della retta di regressione lineare e calcolo del quadrato del coefficiente di correlazione di Pearson ( $R^2$ );
- confronto del valore di  $R^2$  con il valore di set-point: se il valore non risulta accettabile, esclusione del punto più distante (considerato come anomalia) e nuovo calcolo della retta di regressione fino a raggiungere il valore di set-point;
- considerando i coefficienti della retta ottenuta, valutazione della sua intersezione con l'asse delle ascisse, quantificazione dei valori scartati rispetto ai valori totali;
- eventuale confronto tra la retta ottenuta e quelle di altri anni di esercizio o di altri edifici oggetto di analisi.

Per quanto riguarda il periodo di *impianto non in esercizio*, la procedura richiede passaggi simili:

- grafico di correlazione tra la temperatura media mensile (variabile indipendente) e il consumo di energia dell'edificio (variabile dipendente);
- ipotizzando che il consumo del periodo sia sostanzialmente indipendente dalla temperatura esterna (impianto non in esercizio), si calcola il valore medio del consumo di energia;
- calcolo della differenza tra il valore medio e il valore che si discosta maggiormente: confronto della differenza con il valore di set-point: se il valore non risulta accettabile, esclusione del punto più distante (considerato come anomalia) e nuovo calcolo della media fino a raggiungere il valore di set-point;

---

<sup>11</sup> Si citano a titolo di esempio i dati meteo messi a disposizione da ARPA Piemonte.

- considerando il valore della media ottenuta, valutazione della sua intersezione con la retta ottenuta per il periodo di *impianto in esercizio*, quantificazione dei valori scartati rispetto ai valori totali.

L'unione delle due rette ottenute porta alla definizione di una firma complessiva del comportamento energetico dell'edificio per il vettore oggetto di analisi (energia termica o energia frigorifera).

La definizione dei periodi di esercizio e non esercizio dei sistemi di riscaldamento e raffrescamento è effettuata in funzione delle indicazioni contenute nel database edifici.

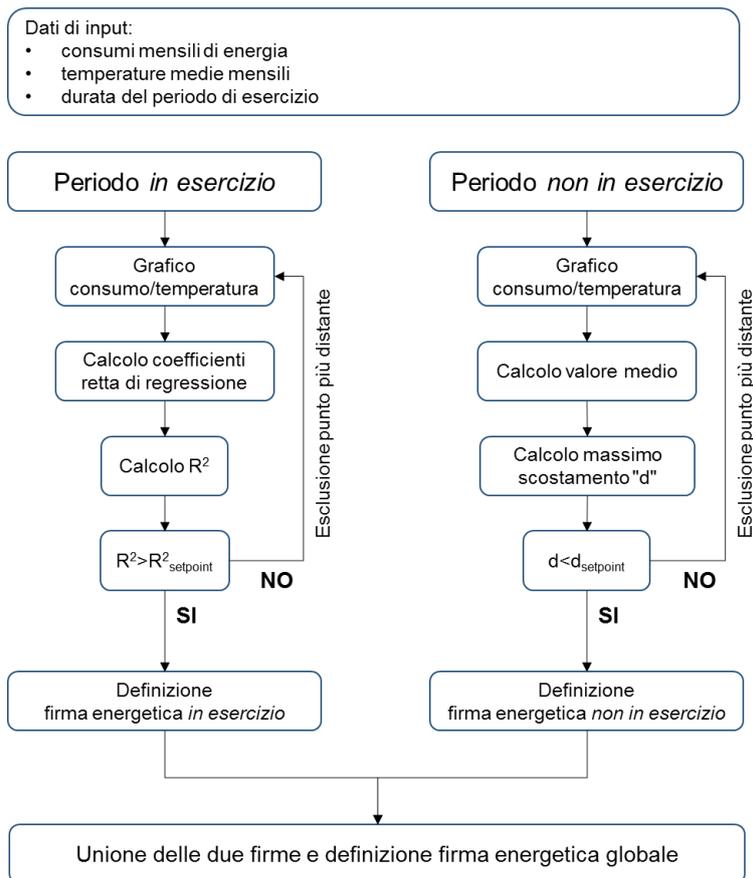


Figura 6 Firma energetica: procedura di calcolo

### Calcolo delle emissioni di CO2 e della quota di energia rinnovabile

Grazie alla completa integrazione tra lo strumento di gestione e il database energetico territoriale, lo sviluppo del calcolo LEB nella componente LES restituisce i dati relativi alle emissioni di CO2 e alla quota di fonti rinnovabili. Tali dati sono resi disponibili in corrispondenza di ogni singolo punto di fornitura presente nell'aggregato LEU ovvero per ciascun flusso energetico in ingresso a ciascun edificio pubblico analizzato con lo strumento di gestione.

Il motore di calcolo provvede alla generazione automatica per ciascun edificio dei seguenti parametri:

- emissioni annue di CO2 connesse all'edificio in base al suo consumo energetico complessivo e relativo fattore di emissione
- energia da fonti rinnovabili utilizzata presso all'edificio in base al suo consumo energetico complessivo e relativa quota percentuale

I risultati dei calcoli sopraindicati non derivano dall'applicazione di medie nazionali ma rappresentano la reale condizione emissiva e di uso di fonti rinnovabili, valutata sull'effettivo assetto del sistema energetico del territorio in esame.

I risultati ottenuti sono ulteriormente elaborati in termini di valori medi annui, in funzione delle tipologie di destinazione d'uso e per area territoriale.

### Contenuti dell'interfaccia utente

La struttura ipotizzata per l'interfaccia utente è basata sulle due funzionalità che essa deve garantire:

- un'interfaccia di servizio per il caricamento iniziale e aggiornamento dei database
- un'interfaccia per l'analisi dei dati energetici

Per quanto concerne le attività di caricamento, lo sviluppo dell'interfaccia di servizio deve essere orientato a consentire la più ampia condivisione possibile di informazioni tra differenti servizi di un medesimo ente. Inoltre deve essere possibile lo svolgimento di attività congiunte di caricamento e aggiornamento, al fine di non gravare tutte queste attività sui soli energy manager.

Si prevede pertanto la realizzazione di un'unica interfaccia integrata tra tutti i tre database di servizio. L'interfaccia deve essere dotata di apposite maschere di inserimento dati strutturate secondo l'articolazione dei suddetti database. La navigazione all'interno dell'interfaccia deve consentire rapide transizioni tra maschere collegate e permettere di tracciare i percorsi di inserimento.

In corrispondenza di ciascun elemento di input si prevede di collocare informazioni di supporto al caricamento e di chiarimento del significato dei dati richiesti.

L'interfaccia di analisi deve essere dedicata alle attività di approfondimento e verifica condotte dagli energy manager. Si prevede pertanto la realizzazione di un'interfaccia dotata di differenti livelli di analisi organizzati secondo quadri di riepilogo e di dettaglio:

- quadro di riepilogo totale (bilancio energetico dell'ente)
- quadro di riepilogo per tipologia di destinazione d'uso
- quadro di dettaglio del singolo edificio

Ciascun quadro deve essere dotato di tutte le informazioni (riferite all'aggregazione corrente) complessive raccolte ed elaborate dallo strumento:

- i valori mensili e annui dei consumi energetici per ciascun vettore
- i valori mensili e annui degli indici energetici calcolati
- i valori annui delle emissioni di CO<sub>2</sub> e del relativo fattore di emissione
- i valori annui dell'energia da fonti rinnovabili utilizzata e della relativa quota percentuale

In ciascun quadro sono inoltre previsti ulteriori elementi di analisi, quali i seguenti:

- nel quadro di riepilogo totale, tutti i valori devono essere posti a confronto con i valori medi relativi alla medesima area territoriale
- nel quadro di riepilogo per tipologia di destinazione d'uso, tutti i valori devono essere posti a confronto con i valori medi relativi alla medesima destinazione d'uso
- nel quadro di dettaglio del singolo edificio, tutti i valori devono essere posti a confronto con i valori medi relativi alla medesima destinazione d'uso e deve essere visualizzata la firma energetica dell'edificio

Analogamente a quanto già ipotizzato per l'interfaccia di servizio, anche la navigazione all'interno l'interfaccia di analisi deve consentire rapide transizioni tra quadri collegati e permettere di tracciare i percorsi di analisi.

Nella presente attività non si sviluppa la definizione dell'interfaccia utente per i pianificatori. Con ulteriori aggregazioni territoriali, la struttura proposta per l'interfaccia di gestione può costituire un valido modello di partenza.

### Test di applicazione

L'attuale situazione della gestione energetica nella pubblica amministrazione, come già anticipato nell'analisi di contesto, non rende praticabile la conduzione di una sperimentazione completa di strumenti quali quello di cui alla presente trattazione. Infatti, proprio a causa dell'assenza di strumenti di gestione utilizzabili, risulta molto arduo individuare enti pubblici già dotati di un set di informazioni sufficiente a descrivere il loro intero patrimonio di edifici nei termini richiesti.

Pertanto, sulla base di queste considerazioni il test di applicazione è stato orientato su due obiettivi:

- una ricognizione a campione delle attuali modalità di gestione delle informazioni energetiche nella pubblica amministrazione
- una verifica su edificio pubblico in merito alla sussistenza dei requisiti minimi all'utilizzo dello strumento di gestione proposto

In relazione alla programmazione delle attività PAR 2014, si è ritenuto opportuno massimizzare le opportunità di svolgimento dei test di applicazione, approfittando di sinergie conseguibili con altri progetti di ricerca temporalmente contigui, come già descritto nell'analisi di contesto. In particolare i test di applicazione hanno riguardato casi studio costituiti da tre comuni piemontesi:

- il caso studio 1, costituito da un comune di piccola-media dimensione (popolazione di poco inferiore a 25.000 abitanti) collocato in fascia pedemontana, al di fuori di aree metropolitane
- il caso studio 2, costituito da un comune di media dimensione (popolazione di poco inferiore a 50.000 abitanti) collocato a ridosso di un'area metropolitana
- il caso studio 3, costituito da un comune di grande dimensione (popolazione di sensibilmente superiore a 50.000 abitanti) collocato al centro di un'area metropolitana

### Gestione delle informazioni energetiche

La ricognizione a campione presso i casi studio ha riguardato la situazione attuale della gestione delle informazioni energetiche degli edifici pubblici, secondo tre punti di vista:

- la suddivisione, tra i differenti servizi degli enti, della competenza e del possesso delle informazioni
- la consistenza e l'aggiornamento reali delle informazioni
- l'effettiva possibilità di accesso utile alle informazioni

L'indagine è stata condotta prendendo a riferimento un elenco di elementi informativi corrispondenti a quelli che si prevede di implementare nei database di servizio dello strumento proposto, come descritti nell'organizzazione dei dati.

I risultati dell'indagine sono riepilogati in termini sintetici nella Tabella 2. Il quadro generale fornisce conferme alle criticità già anticipate nell'analisi di contesto. Non emergono differenze significative tra i due comuni di minori dimensioni. Viceversa, il comune più grande ha intrapreso alcune attività propedeutiche alla raccolta e sistematizzazione delle informazioni energetiche.

Le principali criticità individuate possono essere riepilogate come segue:

- una carenza di risorse economiche e di personale da dedicare a queste attività, particolarmente evidente anche nei comuni di media dimensione
- la notevole difficoltà ad individuare metodologie e definizioni comuni tra differenti servizi e prassi dell'ente
- la sostanziale assenza di una modalità codificata per storicizzare le informazioni qualitative e quantitative in merito alla gestione energetica degli edifici pubblici

Tali elementi possono costituire un ostacolo all'utilizzo di strumenti come quello proposto. Per contro, le sue caratteristiche possono offrire soluzioni e metodi per superare le difficoltà operative sopraindicate.

Inoltre la caratteristica di essere open source può consentire l'apertura di spazi di applicazione senza costi di ingresso.

**Tabella 2 Gestione delle informazioni energetiche: test di applicazione**

tipologia di informazione	Caso studio 1 Comune di piccola- media dimensione (<25.000 abitanti)	Caso studio 2 Comune di media dimensione (<50.000 abitanti)	Caso studio 3 Comune di grande dimensione (>50.000 abitanti)
edifici			
dati dimensionali			informazioni detenute singolarmente da più servizi comunali (Patrimonio, Edilizia pubblica, Edilizia residenziale pubblica, Sostenibilità energetica), in forme codificate ma disomogenee
anno di costruzione	informazioni detenute dai servizi Patrimonio e Lavori Pubblici, all'interno dei relativi archivi documentali	informazioni detenute dai servizi Patrimonio e Lavori Pubblici, all'interno dei relativi archivi documentali	
caratteristiche edilizie di base			informazioni in larga parte non disponibili o presenti in forme non codificate
ristrutturazioni edilizie (eventuali)			
destinazione d'uso	informazioni detenute singolarmente dai servizi comunali che seguono per competenza le attività svolte, in forme codificate ma disomogenee	informazioni detenute singolarmente dai servizi comunali che seguono per competenza le attività svolte, in forme codificate ma disomogenee	informazioni detenute singolarmente da un amplissimo numero di servizi comunali che seguono per competenza le attività svolte, in forme codificate ma disomogenee
profili di utilizzo	informazioni detenute singolarmente dai servizi comunali che seguono per competenza le attività svolte, in forme non completamente codificate	informazioni detenute singolarmente dai servizi comunali che seguono per competenza le attività svolte, in forme non completamente codificate	
centrali energetiche			
tipologia dei gruppi di produzione	informazioni prevalentemente detenute dai gestore affidatari protempore, in forme non codificate	informazioni prevalentemente detenute dai gestore affidatari protempore, in forme non codificate	informazioni detenute da un gestore unico comunale (o dai suoi subappaltatori protempore), in forme codificate ma disomogenee
caratteristiche tecniche di base			
anno di installazione			
riqualificazioni / adeguamenti	informazioni in larga parte non disponibili o presenti in forme non codificate	informazioni in larga parte non disponibili o presenti in forme non codificate	informazioni in larga parte non disponibili o presenti in forme non codificate

**Tabella 2 Gestione delle informazioni energetiche: test di applicazione (segue)**

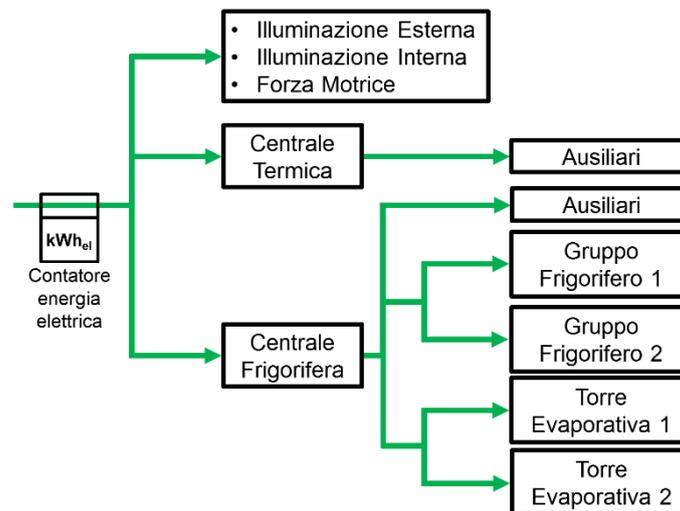
tipologia di informazione	Caso studio 1 Comune di piccola- media dimensione (<25.000 abitanti)	Caso studio 2 Comune di media dimensione (<50.000 abitanti)	Caso studio 3 Comune di grande dimensione (>50.000 abitanti)
forniture energetiche			
caratteristiche tecniche di base	informazioni detenute dai servizi Finanziario e Contratti e Appalti, all'interno dei relativi archivi documentali	informazioni detenute dai servizi Ragioneria e Appalti e Contratti, all'interno dei relativi archivi documentali	informazioni detenute dai servizi Bilancio, Controllo Gestione Finanziaria e Appalti Lavori Pubblici, inserite nella contabilità dell'ente e condivise su supporto informatico con altri servizi
dati di costo complessivo	informazioni esclusivamente detenute dal servizio Finanziario e inserite nella contabilità dell'ente	informazioni esclusivamente detenute dal servizio Ragioneria e inserite nella contabilità dell'ente	informazioni detenute dai servizi Bilancio e Controllo Gestione Finanziaria, inserite nella contabilità dell'ente e condivise su supporto informatico con altri servizi
dati di consumo	informazioni esclusivamente detenute dal servizio Finanziario all'interno dei relativi archivi documentali	informazioni esclusivamente detenute dal servizio Ragioneria all'interno dei relativi archivi documentali	informazioni detenute dai servizi Bilancio e Controllo Gestione Finanziaria, condivise su supporto informatico con altri servizi
accesso ai dati dei distributori di energia elettrica e gas naturale	funzionalità inutilizzata	funzionalità inutilizzata	funzionalità utilizzata sperimentalmente per alcuni edifici
elementi generali			
storicizzazione delle informazioni energetiche	assente	assente	assente
azioni / opportunità di miglioramento	presenza di un articolato sistema informativo territoriale potenzialmente implementabile	- - -	studio per la creazione di una banca dati unificata sopralluoghi per la mappatura degli edifici di maggiore dimensione
Comune in Patto dei Sindaci (adesione)	Si (2010)	Si (2010)	Si (2009)

Il test di potenziale applicazione dello strumento proposto è stato condotto con riferimento ad un edificio uso uffici di proprietà del comune di cui al caso studio 3. Il test ha comportato tre verifiche:

- l' idoneità della schematizzazione LEU, come evoluta nel presente lavoro, per la rappresentazione dei flussi e delle conversioni energetiche presenti in sistemi reali di utenti finali di energia costituiti da un edificio pubblico
- la disponibilità effettiva, in termini di consistenza e di accesso, delle informazioni utili alla completa descrizione dei consumi energetici un edificio pubblico, secondo quanto previsto dallo strumento proposto
- la possibilità di generare elaborazioni di analisi dei consumi energetici un edificio pubblico, secondo quanto previsto dallo strumento proposto (firma energetica, come esempio)

In primo luogo si esamina la configurazione impiantistica al fine di confrontarla con la schematizzazione generale proposta per il sistema energetico di edificio. In particolare, si procede ad una verifica della possibilità di rappresentare in modo esaustivo le forniture energetiche, le centrali energetiche e gli usi dell'energia.

La distribuzione dell'energia elettrica nell'edificio può essere rappresentata secondo lo schema riportato in Figura 7.



**Figura 7 Edificio uso uffici: schema consumi energia elettrica**

L'energia elettrica è resa disponibile al punto di fornitura (POD), in corrispondenza del quale è disposto il contatore che rileva i consumi complessivi dell'edificio.

I fabbisogni elettrici sono in primo luogo destinati all'alimentazione degli usi elettrici diretti:

- illuminazione interna ed esterna
- apparecchiature elettriche in genere, mediante i circuiti di forza motrice

La centrale frigorifera ha una alimentazione elettrica derivata da quella principale, per i gruppi frigoriferi, cui sono associati consumi diretti di energia elettrica per produzione di energia frigorifera.

Nella centrale frigorifera sono inoltre presenti alimentazioni elettriche di sistemi ausiliari, funzionali all'esercizio del macchinario di centrale e delle reti di distribuzione interna dell'edificio, quali i seguenti:

- pompe dei circuiti di raffreddamento dei gruppi frigoriferi
- ventilatori delle torri evaporative
- pompe dei circuiti di distribuzione dell'energia frigorifera

Analogamente, la centrale termica ha una alimentazione elettrica derivata da quella principale, per i relativi sistemi ausiliari, quali:

- bruciatori dei generatori di calore
- pompe dei circuiti di distribuzione dell'energia termica

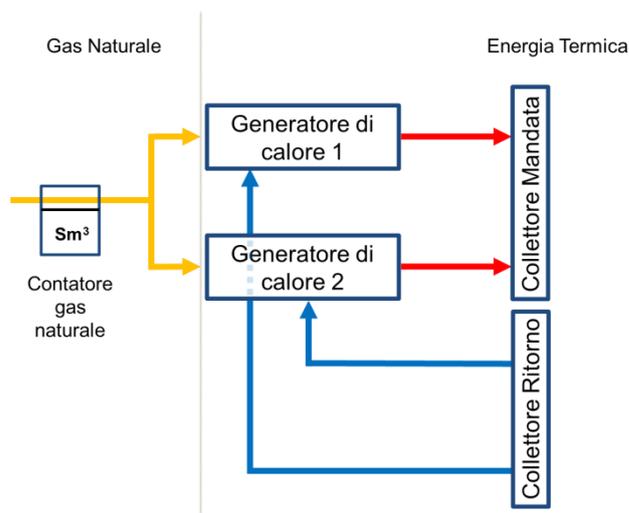
Si individuano inoltre ulteriori voci di consumo elettrico correlate ai consumi termici e frigoriferi, dovute a:

- ventilatori delle unità di trattamento aria utilizzate per riscaldamento, raffrescamento e deumidificazione
- ventilatori dei sistemi di ventilazione meccanizzata

Infine, una piccola quota dei consumi elettrici è dovuta a produzione di ACS con scaldacqua elettrici, disposti nei servizi igienici.

Le ultime componenti di consumo citate (UTA, ventilazione, ACS) sono riferite ad alimentazioni di sistemi che avvengono in modo distribuito all'interno dell'edificio. Pertanto nello schema di Figura 7 sono da intendersi come ricomprese nei consumi per forza motrice.

La produzione e distribuzione dell'energia termica nell'edificio può essere rappresentata secondo lo schema riportato in Figura 8.



**Figura 8 Edificio uso uffici: schema produzione e consumi di energia termica**

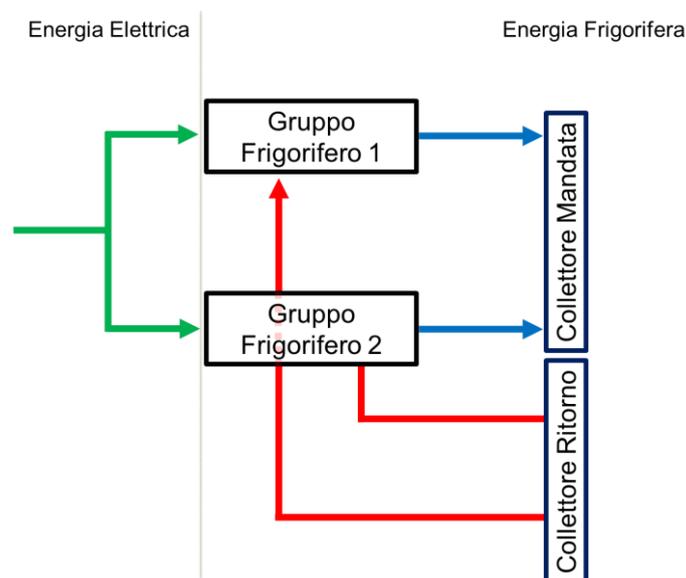
Il gas naturale è reso disponibile al punto di fornitura (PdR), in corrispondenza del quale è disposto il contatore che rileva i consumi complessivi dell'edificio.

Il flusso di gas naturale alimenta unicamente la centrale termica, nella quale sono presenti 2 generatori di calore. La produzione della centrale termica avviene sotto forma di acqua calda, destinata ai seguenti utilizzi:

- riscaldamento diretto degli ambienti (ventilconvettori e radiatori)
- riscaldamento indiretto degli ambienti (UTA)
- raffrescamento indiretto e deumidificazione degli ambienti (UTA)
- produzione di ACS (bollitori)

La produzione e distribuzione dell'energia frigorifera nell'edificio può essere rappresentata secondo lo schema riportato in Figura 9. Un flusso di energia elettrica (già indicato in Figura 7) alimenta la centrale frigorifera dell'edificio, nella quale sono presenti 2 gruppi frigoriferi. La produzione della centrale frigorifera avviene sotto forma di acqua fredda, destinata ai seguenti utilizzi:

- raffrescamento diretto degli ambienti (ventilconvettori)
- raffrescamento indiretto e deumidificazione degli ambienti (UTA)



**Figura 9 Edificio uso uffici: schema produzione e consumi di energia frigorifera**

Sulla base della descrizione svolta, la struttura energetica dell'edificio in studio trova una significativa corrispondenza tra lo schema generale adottato nello strumento proposto. La struttura del protocollo LEB risulta pertanto idonea alla sua rappresentazione completa.

Si procede quindi ad analizzare la disponibilità di dati di consumo energetico. Trattandosi di un comune collocato all'interno di un'area metropolitana, la presenza di forniture di gas naturale assume un carattere largamente prevalente<sup>12</sup>. Questo è il caso dell'edificio in esame, il quale gode della presenza di servizi di smart metering sia sul misuratore elettrico che su quello del gas naturale.

Le verifiche in merito sono state condotte attraverso contatti con i rispettivi distributori locali. Nel caso del contatore elettrico, i dati di telelettura rilevati sono già disponibili in termini di potenza elettrica media prelevata con passo temporale quart'orario. Analogamente per quanto riguarda il contatore gas naturale, i dati di telelettura rilevati sono già disponibili in termini di volumi giornalieri prelevati.

In entrambi i casi non sono ancora attivi i portali web dei servizi di misura obbligatori, i quali sono in corso di definizione. Su richiesta sono comunque state fornite serie storiche pluriennali, riferite anche a periodi pregressi.

Gli approfondimenti condotti hanno consentito di verificare la disponibilità dei dati di consumo energetico dell'edificio presso i distributori locali. L'acquisizione di tali dati non sono ancora completamente automatizzabili ma lo saranno a breve termine. Pertanto l'architettura ipotizzata per lo strumento proposto risulta praticabile, in particolare in merito alle funzionalità previste per l'approvvigionamento automatico dei dati di consumo.

Le serie storiche dei dati di consumo sono state sottoposte alla procedura di calcolo descritta per la generazione della firma energetica, al fine di verificare la possibilità di produrre risultati congruenti.

In Figura 10 è riportato un esempio di risultato complessivo costituito sia dalla firma energetica invernale che da quella estiva.

A titolo di esempio si aggiunge una possibile utilizzazione di questo risultato, riportata in Tabella 3.

<sup>12</sup> Fanno eccezione i contesti urbani con presenza di estesi sistemi di teleriscaldamento.

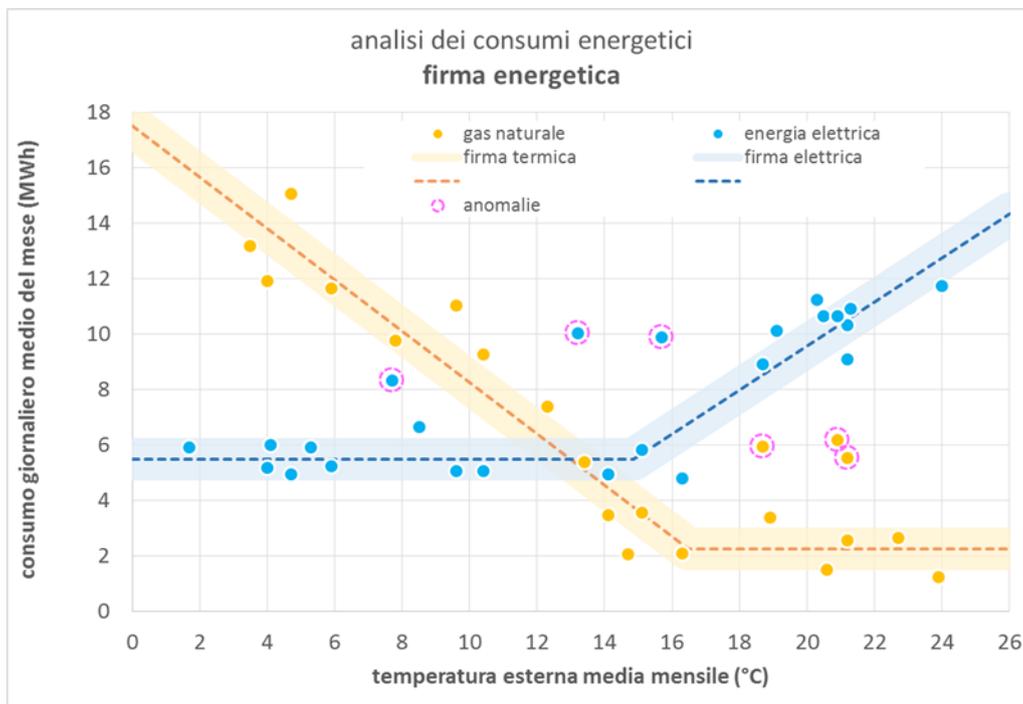


Figura 10 Edificio uso uffici: esempio di generazione della firma energetica

Tabella 3 Edificio uso uffici: esempio di stima del consumo annuo di riferimento

componente di consumo	fabbisogni	valore annuo
<b>gas naturale</b>		
di base	raffrescamento	0,83 GWh
proporzionale	riscaldamento	1,72 GWh
totale		2,55 GWh
<b>energia elettrica</b>		
di base	usi elettrici diretti produzione ACS	2,00 GWh
proporzionale	raffrescamento	0,67 GWh
totale		2,67 GWh

Attraverso le correlazioni ottenute con le firme energetiche è possibile pervenire ad una stima del consumo annuo di riferimento dell'edificio, per tutte le sue differenti componenti di consumo energetico. Tale stima è stata calcolata in funzione delle condizioni di temperatura di un anno di riferimento<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> L'anno di riferimento è stato ottenuto a partire da una media pesata in funzione della distribuzione di frequenza delle temperature, come note dalle serie storiche.

La stima di cui sopra è stata condotta escludendo le anomalie evidenziate dalla procedura di calcolo della firma energetica. Tali anomalie indicano comportamenti energetici dell'edificio potenzialmente inadeguati che, qualora confermati come tali, possono già oggi essere oggetto di interventi correttivi.

I calcoli effettuati hanno consentito di verificare la fattibilità dell'impiego dello strumento proposto, in particolare in merito alle funzionalità previste per l'analisi dei dati da parte degli energy manager.

In termini più generali, il test di applicazione condotto sul caso studio dell'edificio ad uso uffici ha segnalato alcune criticità minori relative all'acquisizione automatica dei dati di consumo dai distributori. Tali difficoltà sono però dovute a ritardi di attivazione delle funzionalità fissate dall'AEEGSI. Pertanto le criticità ravvisate troveranno autonoma soluzione a breve termine, rafforzando la validità dell'idea di procedere allo sviluppo di un'interfaccia software dedicata a tale funzione di acquisizione.

I restanti elementi osservati nel test di applicazione confermano la potenziale operatività dello strumento proposto e l'interesse in relazione alle nuove capacità di gestione da esso erogabili.

## Conclusioni

L'attività svolta ha riguardato in primo luogo la progettazione dello strumento in termini di:

- definizione dei flussi di dati di ingresso e uscita per ciascun edificio
- architettura di base per la gestione e l'archiviazione dei dati relativi a patrimoni pubblici
- definizione degli elementi informativi e dell'organizzazione di un interfaccia utente
- definizione dell'interfaccia di scambio dati secondo protocollo LEB

Nella programmazione iniziale era inserita anche la realizzazione di un primo prototipo dello strumento, per la quale era stata prevista l'attivazione, a partire dalle fasi iniziali di lavoro, di specifici apporti di competenze informatiche già utilizzate nello sviluppo del LEB. A causa di sopraggiunte difficoltà di affidamento in relazione alle tempistiche di perfezionamento dei contratti di ricerca RSE, non è stato possibile avvalersi delle competenze previste. Il lavoro svolto nell'ambito ha comunque permesso di realizzare la progettazione della struttura dello strumento e svolgere un test di potenziale applicazione presso una struttura del terziario pubblico, come previsto dagli obiettivi della presente attività.

A partire dai risultati del presente lavoro è ora possibile pianificare lo sviluppo degli applicativi software per il funzionamento dello strumento di gestione.

## Riferimenti bibliografici

- [1] A. Poggio, G. Cerino Abdin, A. Crocetta, L. Degiorgis, M. Noussan, R. Roberto, M. Caldera, M. Gualtieri, F. Hugony, "Metodologia per i bilanci energetici territoriali e la pianificazione delle politiche energetiche: uno strumento per la verifica del raggiungimento degli obiettivi strategici nazionali e comunitari", Report Ricerca di Sistema Elettrico, Settembre 2013
- [2] A. Poggio, G. Cerino Abdin, A. Crocetta, L. Degiorgis, M. Noussan, M. Fantino, G. Caragnano, M. Chiesa, F. Posca, P. Ruiu, R. Roberto, "Progettazione di strumento di calcolo per la redazione del bilancio energetico territoriale", Report Ricerca di Sistema Elettrico, Settembre 2014
- [3] Regione Piemonte, "RENERFOR, Iniziative di cooperazione per lo sviluppo delle fonti di energia rinnovabili (bosco ed acqua) nelle Alpi Occidentali, il risparmio energetico e la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra", Programma di cooperazione transfrontaliera tra Italia e Francia Alcotra 2007-2013, [www.renerfor.eu](http://www.renerfor.eu)
- [4] Provincia di Torino, "Ottavo rapporto sull'energia", Novembre 2012, <http://goo.gl/jCCcK3>
- [5] S. De Nigris, "L'ottavo rapporto sull'energia della Provincia di Torino", Verso un nuovo sistema energetico: dal Piano alle azioni locali, 7 novembre 2012, Torino, Provincia di Torino, <http://goo.gl/jCCcK3>
- [6] A. Poggio, "Scenari energetici al 2020 tra burden sharing system e trend in atto", Verso un nuovo sistema energetico: dal Piano alle azioni locali, 7 novembre 2012, Torino, Provincia di Torino, <http://goo.gl/jCCcK3>
- [7] Provincia di Torino, "Piano d'azione per l'energia sostenibile della Provincia di Torino", Gennaio 2014, <http://goo.gl/McDXGr>
- [8] Provincia di Torino, "Nono rapporto sull'energia", Dicembre 2014, <http://goo.gl/WIs7Gu>
- [9] S. De Nigris, "Il nono rapporto sull'energia della Provincia di Torino", Torino Osservatorio Energia, 17 dicembre 2014, Torino, Politecnico di Torino, <http://goo.gl/9bY7ku>
- [10] R. Guglielminotti, "Consumi e fonti energetiche rinnovabili sul territorio regionale", Energia, legno, acqua: pianificazione e gestione energetica sostenibile delle biomasse forestali e dell'idroelettrico nell'ambito del progetto strategico Renerfor, 9 maggio 2013, Aosta, Regione Valle d'Aosta, <http://goo.gl/w5N4sq>
- [11] M. Noussan, A. Poggio, "Local Energy Balance: Da Renerfor un nuovo strumento per la pianificazione territoriale", Energia, legno, acqua: pianificazione e gestione energetica sostenibile delle biomasse forestali e dell'idroelettrico nell'ambito del progetto strategico Renerfor, 9 maggio 2013, Aosta, Regione Valle d'Aosta, <http://goo.gl/w5N4sq>
- [12] Direttiva 2012/27/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 ottobre 2012, sull'efficienza energetica, che modifica le direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e abroga le direttive 2004/8/CE e 2006/32/CE (e s.m.i.)
- [13] A. Fornari, P. Isolani, R. Comini, D. Di Santo, M. Citterio, C. Clavarino, M. Antinucci, J. P. Garcia, "L'uso razionale dell'energia negli edifici pubblici", Enea-Adiconsum, 2008, <http://goo.gl/5jQhVD>

- [14] Progetto LEO, “Living Lab for Energy Optimization”, Regione Piemonte, POR FESR 2007/13 Attività I.1.3 Internet of Data IoD, 2015, <https://goo.gl/Wc9mUA>
- [15] Progetto QUADRANTE, “Quality of Urban Air with Data Realtime Analysis for the Monitoring of Trend of Emissions”, Regione Piemonte, POR FESR 2007/13, 2015 Attività I.1.3 Internet of Data IoD, <http://goo.gl/2f2Zh1>
- [16] Progetto PROBIS, “Supporting Public Procurement of Building Innovative Solutions”, Unione Europea, Competitiveness and Innovation Framework Programme 65/G/ENT/CIP/13/N02C021, 2015, <http://goo.gl/Ry8G2r>
- [17] PAEE 2011, “Piano d'Azione per l'Efficienza Energetica”, Enea, 2011, <http://goo.gl/9hk3Pw>
- [18] A. Albo, F. Giustini, F. Gugliermetti, V. Sforzini, “Sviluppo di metodologie e strumenti di misura ed analisi dei consumi energetici degli edifici pubblici”, Report Ricerca di Sistema Elettrico, Settembre 2014
- [19] AEEGSI, “Testo integrato delle disposizioni dell'autorità per l'energia elettrica e il gas per l'erogazione del servizio di misura dell'energia elettrica periodo di regolazione 2012-2015”
- [20] AEEGSI, “Testo integrato delle attività di vendita al dettaglio di gas naturale e gas diversi da gas naturale distribuiti a mezzo di reti urbane (TIVG)”
- [21] “Testo unico delle disposizioni della regolazione della qualità e delle tariffe dei servizi di distribuzione e misura del gas per il periodo di regolazione 2014-2019 (TUDG)”
- [22] E. Bettenzoli, “Obiettivi degli ultimi provvedimenti dell'Autorità in tema di smart metering gas”, Gas Smart Meter - Telelettura, telegestione: aspetti normativi e tecnici, 11 aprile 2013, Bologna, <http://goo.gl/fzv8c2>

## Appendice – Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

### **Alberto Poggio**

Nato a Torino il 18 luglio 1971. Laureato in Ingegneria Elettrica, Dottore di Ricerca in Energetica e Master in Ingegneria della Sicurezza e Analisi dei Rischi, presso il Politecnico di Torino.

Ricercatore in Sistemi per l'Energia e l'Ambiente presso il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino, dove insegna Fondamenti di Macchine e Impianti di Cogenerazione nel Corso di Laurea in Ingegneria Energetica. Responsabile di progetti e contratti di ricerca finanziati da aziende, enti locali e gestori di servizi energetici.

I suoi principali campi di ricerca sono l'utilizzazione energetica di biomasse e dei rifiuti, gli impianti di cogenerazione e i sistemi di teleriscaldamento, la pianificazione e la statistica energetica locale.

Assistente del Responsabile per l'Uso Razionale dell'Energia del Politecnico di Torino, per la gestione delle forniture energetiche.

### **Giulio Cerino Abdin**

Nato a Borgosesia (VC) il 30 settembre 1985. Laureato in Ingegneria Energetica e Nucleare e Dottore di Ricerca in Energetica, presso il Politecnico di Torino.

Assegnista di ricerca in Sistemi per l'Energia e l'Ambiente presso il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino, dove collabora in progetti e contratti di ricerca finanziati da enti locali e società di servizi energetici.

I suoi campi di ricerca sono relativi all'utilizzazione energetica delle biomasse, agli impianti di cogenerazione e ai sistemi di teleriscaldamento.

### **Andrea Crocetta**

Nato a Pinerolo (To) il 12 settembre 1978. Laureato in Scienze Biologiche, indirizzo ecologico, presso l'Università degli Studi di Torino. Master Europeo in Tecniche per la progettazione e la valutazione ambientale, presso il Politecnico di Torino.

Assegnista di ricerca in Sistemi per l'Energia e l'Ambiente presso il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino, dove collabora in progetti e contratti di ricerca finanziati da enti locali e società di servizi energetici.

I suoi campi di ricerca sono relativi all'utilizzazione energetica e alla sostenibilità ambientale delle biomasse, nonché alla pianificazione energetica locale.

### **Luca Degiorgis**

Nato a Torino l' 8 luglio 1973. Laureato in Ingegneria Meccanica e Dottore di Ricerca in Energetica, presso il Politecnico di Torino.

Assegnista di ricerca in Sistemi per l'Energia e l'Ambiente presso il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino, dove collabora in progetti e contratti di ricerca finanziati da enti locali e società di servizi energetici.

I suoi campi di ricerca sono relativi al solare termico e all'utilizzazione energetica delle biomasse. In passato si è occupato di produzione idrogeno.

Collaboratore del Responsabile per l'Uso Razionale dell'Energia del Politecnico di Torino, per gli interventi di risparmio energetico e monitoraggio dei consumi.

Già collaboratore presso l'Istituto per le Piante da Legno e l'Ambiente (Torino), nell'Unità di Ricerca Energie Rinnovabili, dove si è occupato di progettazione di filiere energetiche forestali.

**Matteo Jarre**

Nato ad Torino il 29 aprile 1988. Laureato in Ingegneria Energetica e Nucleare presso il Politecnico di Torino.

Frequenta il secondo anno del Dottorato di Ricerca in Energetica presso il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino, dove collabora in progetti e contratti di ricerca finanziati da enti locali e società di servizi energetici.

I suoi campi di ricerca sono relativi alla pianificazione energetica locale, la modellazione dei consumi finali di energia, i sistemi di teleriscaldamento e lo studio delle emissioni dei generatori di calore.

**Michel Noussan**

Nato ad Aosta il 22 marzo 1985. Laureato in Ingegneria Energetica e Nucleare e Dottore di Ricerca in Energetica, presso il Politecnico di Torino.

Assegnista di ricerca in Sistemi per l'Energia e l'Ambiente presso il Dipartimento Energia del Politecnico di Torino, dove collabora in progetti e contratti di ricerca finanziati da enti locali e società di servizi energetici.

I suoi campi di ricerca sono relativi alla simulazione degli impianti produzione energetica da biomasse solide e dei sistemi di teleriscaldamento, alla statistica energetica locale.