



## Ricerca di Sistema elettrico

Sperimentazione di metodi di monitoraggio innovativi, studio di scenari di Demand-Response e sviluppo di soluzioni tecnologiche orientate alla gestione energetica in edifici terziari

A. Antonelli, S. Fumagalli, G. Leonardi, F. Pieroni, S. Pizzuti,  
F. Romanello, S. Romano, M. Zinzi

SPERIMENTAZIONE DI METODI DI MONITORAGGIO INNOVATIVI, STUDIO DI SCENARI DI DEMAND-RESPONSE E SVILUPPO DI SOLUZIONI TECNOLOGICHE ORIENTATE ALLA GESTIONE ENERGETICA IN EDIFICI TERZIARI

A. Antonelli, S. Fumagalli, G. Leonardi, F. Pieroni, S. Pizzuti, F. Romanello, S. Romano, M. Zinzi (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.1 TECNOLOGIE PER COSTRUIRE GLI EDIFICI DEL FUTURO

Obiettivo: d. Gestione di edifici in contesto Smart District e scenari di Demand-Response

Responsabile del Progetto: ing. Giovanni Puglisi, ENEA



## Indice

1	INTRODUZIONE .....	5
2	SVILUPPO DI METODI DI MONITORAGGIO INNOVATIVI E STUDIO DI SCENARI DI "DEMAND RESPONSE" PER AGGREGATI DI EDIFICI TERZIARI .....	5
2.1	SVILUPPO DI SISTEMI DI MONITORAGGIO INNOVATIVI.....	6
2.1.1	<i>Realizzazione di un sistema di monitoraggio innovativo</i> .....	6
2.1.2	<i>Sviluppo di reportistica automatica</i> .....	13
2.2	STUDIO E SIMULAZIONE DI UNO SMART BUILDING DEL SETTORE TERZIARIO FULL ELECTRIC NELLO SCENARIO DI DYNAMIC PRICING (UNIVPM).....	68
2.2.1	<i>Introduzione</i> .....	68
2.2.2	<i>Descrizione delle attività svolte e risultati</i> .....	68
2.2.2.1	Studio e simulazione dell'edificio F40 nello scenario di utilizzo di: impianto fotovoltaico, pompa di calore, storage elettrico e dynamic pricing.....	69
2.2.2.2	Predisposizione del simulatore per l'accoppiamento con software di ottimizzazione per il successivo studio della gestione ottimale dell'edificio .....	71
2.3	STUDIO DEGLI SCENARI DI FLESSIBILITÀ DI UN MICRO DISTRETTO ORIENTATO AL DEMAND RESPONSE E RILEVAZIONE AUTOMATICA DI ANOMALIE IN UN SISTEMA DI SUPERVISIONE ENERGETICA (UNI RM3 – DIP. INGEGNERIA) .....	72
2.3.1	<i>Introduzione</i> .....	72
2.3.2	<i>Descrizione delle attività svolte</i> .....	72
2.3.2.1	Valutazione della flessibilità nell'ambito Demand-Response di un micro distretto costituito da edifici appartenenti allo "Smart Village" ENEA.....	73
2.3.3	<i>Realizzazione della procedura di Fault Detection</i> .....	73
2.3.3.1	Identificazione e definizione della strategia .....	73
2.3.3.2	Implementazione della strategia .....	74
2.3.3.3	Prove sperimentali.....	76
2.4	ESTENSIONE LOGICHE DI CONTROLLO SU EDIFICIO JRC ISPRA .....	77
2.4.1	<i>Descrizione del sistema di monitoraggio</i> .....	78
2.4.2	<i>Parametri monitorati e soglie</i> .....	81
2.4.3	<i>Analisi allarmi</i> .....	83
3	SOLUZIONI TECNOLOGICHE ORIENTATE ALLA GESTIONE ENERGETICA DI EDIFICI AD USO UFFICIO" .....	83
3.1	ANALISI SPERIMENTALE DI SISTEMI TRASPARENTI INNOVATIVI .....	83
3.2	ANALISI NUMERICA E SPERIMENTALE DI VETRI TERMOCROMICI PER APPLICAZIONI IN EDIFICI AD USO UFFICIO (POLITECNICO DI TORINO, INRIM, ENEA) .....	97
3.2.1	<i>Introduzione</i> .....	97
3.2.2	<i>Analisi sperimentale</i> .....	97
3.2.3	<i>Analisi Numeriche</i> .....	98
3.2.3.1	Metodologia .....	99
3.2.3.2	Risultati.....	100

3.2.3.3	Discussione e Conclusione .....	101
3.3	CARATTERIZZAZIONE SPERIMENTALE E NUMERICA DI AEROGEL TRASPARENTI MONOLITICI PER APPLICAZIONI IN EDILIZIA COMMERCIALE (UNIVERSITÀ DI PERUGIA).....	104
3.3.1	<i>Introduzione</i> .....	104
3.3.2	<i>Descrizione delle attività svolte e risultati</i> .....	105
3.3.2.1	Vetrate con aerogel monolitico: stato dell'arte .....	105
3.3.2.2	Descrizione del campione esaminato .....	105
3.3.3	<i>Strumentazione e metodologia di analisi</i> .....	106
3.3.3.1	Caratterizzazione sperimentale .....	106
3.3.3.2	Analisi numerica .....	106
3.3.4	<i>Risultati</i> .....	107
3.3.4.1	Prestazioni ottiche e termiche .....	107
3.3.4.2	Analisi numerica .....	109
3.3.5	<i>Conclusioni</i> .....	110

## 1 Introduzione

Questo obiettivo mira a sviluppare nel triennio strumenti utili per la pianificazione dei flussi energetici e la gestione di reti di edifici gestiti da un sistema centrale di supervisione. Applicando logiche previsionali per il calcolo della produzione e del consumo di energia elettrica e termica, il sistema di supervisione sarà capace di simulare il bilancio energetico di una microrete con un giorno di anticipo (day ahead). Il giorno successivo il sistema avrà il compito di controllare i nodi della microrete, costituiti da impianti di generazione distribuita, utenze di vario genere (illuminazione, HVAC, etc.) e sistemi di accumulo, tramite la schedulazione dei carichi, dei generatori, delle utenze e dei sistemi di accumulo in modo da garantire il bilanciamento ottimo dei flussi energetici, inseguendo l'ottimizzazione di funzioni di costo o la massimizzazione dell'autoconsumo. Questa attività si integra in un progetto più ampio che prevede la pianificazione dei flussi energetici e fornisce previsioni di richiesta energetica al sistema centrale di supervisione. La finalità è quella di apprendere il profilo di utilizzo dei locali sia in base all'occupazione sia allo stile di fruizione delle risorse energetiche, operare le dovute azioni volte al taglio degli sprechi e alla comunicazione e aggiornamento delle previsioni di richiesta energetica della singola cella (room) del sistema più complesso (building). Ovviamente ciò è operato sia nel dominio dell'energia elettrica delle utenze, sia in quella dell'illuminazione sia in quella termica.

La ricerca intende anche fornire un'estesa analisi di vetri termocromici per applicazioni in edifici commerciali, al fine di ottimizzare le prestazioni energetiche, lato termico e illuminotecnico, nonché esaminare aspetti legati alla qualità della visione e al daylighting. La prima fase dello studio è essenzialmente rivolta ad una approfondita campagna sperimentale sul componente, al fine di individuarne le principali caratteristiche solari e luminose in funzione di diversi livelli termici. In una seconda fase, si valuta l'impatto del componente sulle prestazioni dell'edificio attraverso analisi numeriche in regime dinamico.

Infine è stata svolta una piccola campagna sperimentale per la caratterizzazione di alcuni materiali opachi per applicazioni in edifici del terziario, utilizzando strumentazioni e metodi di misura differenti.

Le attività di questa seconda annualità sono articolate in due sotto-obiettivi:

### Sotto-Obiettivo

Sviluppo di metodi di monitoraggio innovativi e studio di scenari di "demand response" di edifici terziari

Soluzioni tecnologiche orientate alla gestione energetica degli edifici ad uso uffici

## 2 Sviluppo di metodi di monitoraggio innovativi e studio di scenari di "demand response" per aggregati di edifici terziari

In questo sotto-obiettivo in questa annualità le linee di attività si sono indirizzate lungo direzioni in continuità con le attività dell'annualità precedente e coerentemente con gli obiettivi triennali da conseguire. E' stato implementato un sistema di monitoraggio innovativo per migliorare la robustezza e l'affidabilità negli smart building, è proseguito lo studio sugli scenari di Demand-Response attraverso la simulazione di uno smart building del settore terziario totalmente elettrificato in uno scenario di dynamic pricing e lo studio degli scenari di flessibilità di un micro distretto. Infine, sono state applicate le logiche di diagnostica, già implementate nelle precedenti annualità negli edifici dello 'smart village casaccia', all'edificio 14c del JRC Ispra e ne sono stati analizzati i dati.

## 2.1 Sviluppo di sistemi di monitoraggio innovativi

Nella annualità precedente (Report RdS/PAR2015/142) è stata eseguita l'applicazione di metodi di controllo energetico ad una rete di edifici ed inoltre sono stati studiati metodi di modellazione energetica di un edificio terziario tramite metodi 'grey-box'.

In questa annualità l'attenzione maggiore è stata posta sul miglioramento dell'affidabilità e robustezza dei sistemi di monitoraggio mediante l'introduzione di tecnologie di monitoraggio più performanti ed attraverso lo sviluppo di procedure automatizzate per la segnalazione di anomalie e dati aggregati (consumi, condizioni indoor/outdoor).

La prima attività ha riguardato l'installazione di sistemi di monitoraggio innovativi per edifici terziari basato su tecnologie wireless ed implementazione software tramite webapp. Infatti, le precedenti tecnologie di monitoraggio, basate su trasmissione PLC e presentazione tramite portale web si sono rivelate poco affidabili e di difficile fruizione per l'utente finale.

Nella seconda attività è stato sviluppato un sistema di reportistica automatico di anomalie energetico operante sia su base giornaliera che mensile. Il sistema invia dei file csv via posta elettronica.

### 2.1.1 Realizzazione di un sistema di monitoraggio innovativo

L'attività è consistita nell'aggiornamento del sistema di monitoraggio installato all'interno dell'edificio F40 presso il centro ENEA della Casaccia. Tale sistema si compone di un primo apparato mirato alla misurazione dell'energia (elettrica e termica) e di un secondo dedicato alla misurazione dei parametri ambientali. All'interno della relazione finale si evince come l'obiettivo dell'attività non si riduce alla sola elaborazione dei dati monitorati: l'intero sistema di acquisizione installato diventa, infatti, elemento essenziale per la costituzione di una rete progettata ai fini diagnostici dell'edificio. Sensori di misura trasmettono i dati ad acquisitori che oltre a raccogliere e trasmettere l'informazione, prima via power line, poi via LAN, ad una piattaforma web, hanno anche la funzione di attuatori.

Monitoraggio e attuazione sono dunque progettati, secondo le grandezze considerate, a livello di intero edificio, di singolo piano o di stanza attiva.

Nel corso degli anni il sistema di monitoraggio installato ha evidenziato diversi problemi quali:

- Problema di trasmissione RS485 e dispositivo installato all'interno degli uffici;
- Problema di trasmissione tra quadro installato all'interno degli uffici e quadro di piano;
- Problema di trasmissione tra quadro di piano e server centrale;
- Problema relativo alla gestione dei termostati delle stanze;
- I sensori di luminosità/sensori di movimento, hanno comportamenti anomali;
- Interfaccia non user-friendly.

Proprio alla luce di questi problemi è risultato essere necessario fare un aggiornamento del sistema di monitoraggio e controllo dell'edificio F40. Al fine di aggiornare il sistema dell'edificio F40 risulta essere necessario effettuare delle operazioni di ammodernamento, che per semplicità verranno descritte in base alla componente o alla sezione dell'edificio presa in considerazione.

-UFFICI/LABORATORI:

- Sostituzione di apparecchiatura periferica di segnalazione e comando (ELIOS) con apparecchiatura APIO (ApioDIN8);

- Sostituzione termostato(KRONO) con apparecchiatura HEATMISER (termostato EDGE);
- Installazione e cablatura dispositivi.

-QUADRI DI PIANO:

- Rimozione di modulo di comunicazione (SIMPLEX) e del modulo alimentatore (SIMPLEX AL) e del modulo di comunicazione (SIMPLEX PL);
- Inserimento di un APIO GATEWAY(vedi allegato C) per accentrare i dati relativi ai dispositivi installati sul piano;
- Inserimento di un'APIO DIN8 (vedi allegato A) per la gestione delle accensione dei carichi generali (uffici, fancoil, corridoi) e per il monitoraggio delle linee elettriche(sfruttando i meter già installati nel quadro di piano);

-CENTRALE TERMICA:

- Rimozione di modulo di comunicazione (SIMPLEX) e del modulo alimentatore (SIMPLEX AL) e del modulo di comunicazione (SIMPLEX PL);
- Inserimento di un APIO GATEWAY (vedi allegato C) per accentrare i dati relativi ai dispositivi installati sul piano;
- Inserimento di un'APIO DIN8 (vedi allegato A) per la gestione delle accensione dei carichi (compressori, pompa estate, pompa inverno) e per il monitoraggio delle linee elettriche(sfruttando i meter già installati nel quadro);
- Inserimento Z-DIN per l'acquisizione degli impulsi provenienti dai conta-calorie.

Oggetto dell'attività è stato quindi l'aggiornamento delle seguenti sezioni dell'edificio F40:

- Quadro centrale termica;
- Due quadri elettrici piano terra (quadro generale e quadro di piano);
- Quadro primo piano;
- Quadro secondo piano;
- Uffici in base alle esigenze.

Inoltre è stato installato e configurato all'interno di Server ENEA il sistema ApioOS, il quale accentra tutti i dati provenienti dai dispositivi installati in campo e li visualizza su un interfaccia, scopo della configurazione e quella di rendere disponibili i dati tramite applicazioni di default che permetteranno di vedere i dati di Meter/Contaimpulsi e gestire ingressi e uscite dei DIN8. Sono state inoltre predisposte applicazioni per la visualizzazione dei devices installati su planimetrie e create regole di utilizzo e logiche di automazione dei vari devices.

Si è provveduto quindi alla fornitura dei componenti:

- Fornitura di tutti i componenti necessari al fine di ammodernare le seguenti sezioni: Quadro Centrale Termica, Quadro Generale, Quadro Piano Terra, Quadro primo Piano, Quadro secondo piano;
- Installazione dei dispositivi all'interno dei quadri;

- Configurazione ApioOS al fine di accentrare i dati di tutto l’edificio in un unico server e creazione Applicazioni e Business Rules per la gestione delle varie funzionalità all’interno dell’edificio.

**Quadro Generale di Piano**

Nel Quadro Generale di Piano (Piano Terra) è stato correttamente installato un Apio IS4.0, quest’ultimo è connesso in modbus ai Meter di campo e come per tutti i quadri di piano è predisposto per un controllo Luci di Corridoio e Servizi oltre che per il rilevamento presenza nei corridoi (Figura 1).

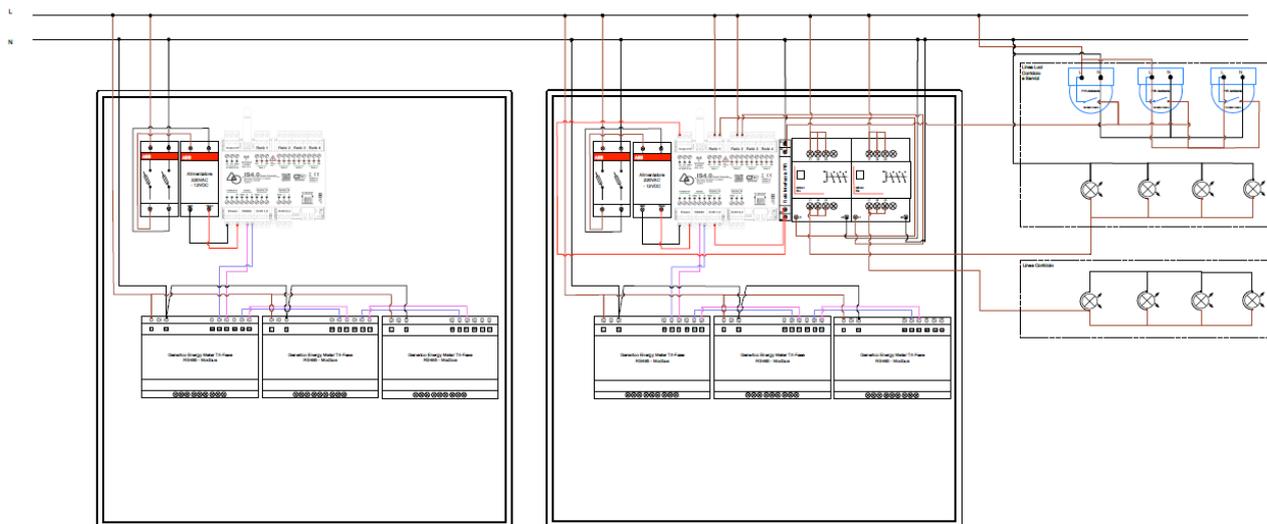


Figura 1 quadro generale piano terra

**Quadro Generale di Piano**

Nel Quadro Generale di Piano (Primo Piano) è stato correttamente installato un Apio IS4.0, con obiettivi uguali a quegli del Piano Terra. Inoltre è stato correttamente installato l’Apio Gateway che in tempo reale, raccoglierà le informazioni da tutte le unità Apio Mesh di campo registrandole in locale e in Cloud per successive Analisi. L’Apio Gateway è connesso ad Internet attraverso rete LAN con indirizzo IP.

**Quadri Ambiente (Controllo Luci, Temperatura, Presenza e Luminosità negli Uffici)**

Risolti i primi problemi legati all’impiantistica sono stati rivisitati gli schemi di progetto predisposti per il controllo ambiente.

Rispetto a quanto inizialmente previsto:

- Introduzione controllo Cloud attraverso installazione IS4.0
- Interfaccia con PIR della IS4.0
- Sostituzione attuali termostati con modello Heatmiser Modbus
- Interfaccia Heatmiser con IS4.0 attraverso bus RS485 protocollo Modbus
- Interfaccia teleruttori comando Luci con Relè IS4.0

È stato deciso di Inserire un comando manuale (su gli schemi “pulsante manuale”) di accensione Luci, che consente al dipendente che vive l’ambiente di “correggere” il comportamento imposto dal Cloud per dare meglio risalto alle sue esigenze specifiche personali. Questo nuovo comando, a differenza del comando originale, agisce sulla logica Cloud e non in modo diretto sulla linea. Questa modifica permette di conservare l’esigenza di azione manuale sulle Luci consentendo la convivenza tra Cloud e Azione Manuale dell’utente. Inoltre l’azione Manuale dell’utente viene registrata dal Cloud per successive profilazioni.

La seconda modifica introduce un selettore a tre vie che permette di selezionare la Modalità automatica (posizione 1) o in caso di malfunzionamenti imprevisti del sistema, consente l’accensione (posizione 2) e lo spegnimento (posizione 3) delle luci in modo manuale, agendo direttamente sull’impianto ed escludendo effettivamente qualsiasi azione Cloud compreso il “Pulsante Manuale”.

Infine è stato concordato che in un secondo Step sarà introdotto un sensore di luminosità Modbus, all’interno di ogni ambiente, posizionato nello stesso frutto del pulsante manuale.

Questo elemento non previsto dal progetto iniziale, consente di avere un informazione più precisa circa la luminosità dell’ufficio, informazione che finora era stata rilevata dal PIR in modo troppo approssimativo (il PIR segnala se c’è presenza sotto un certa soglia di luminosità, non ci informa della luminosità rilevata).

Quanto di sopra descritto viene realizzato attraverso l’installazione di diverse unità Apio IS4.0 ciascuna delle quali è in grado di controllare una coppia di uffici adiacenti. Ogni Apio IS4.0 viene installato sul controsoffitto del corridoio in prossimità degli ingressi agli uffici.

Per meglio comprendere la loro posizione di installazione e i principi di funzionamento far riferimento ai seguenti schemi (Figura 2 e Figura 3).

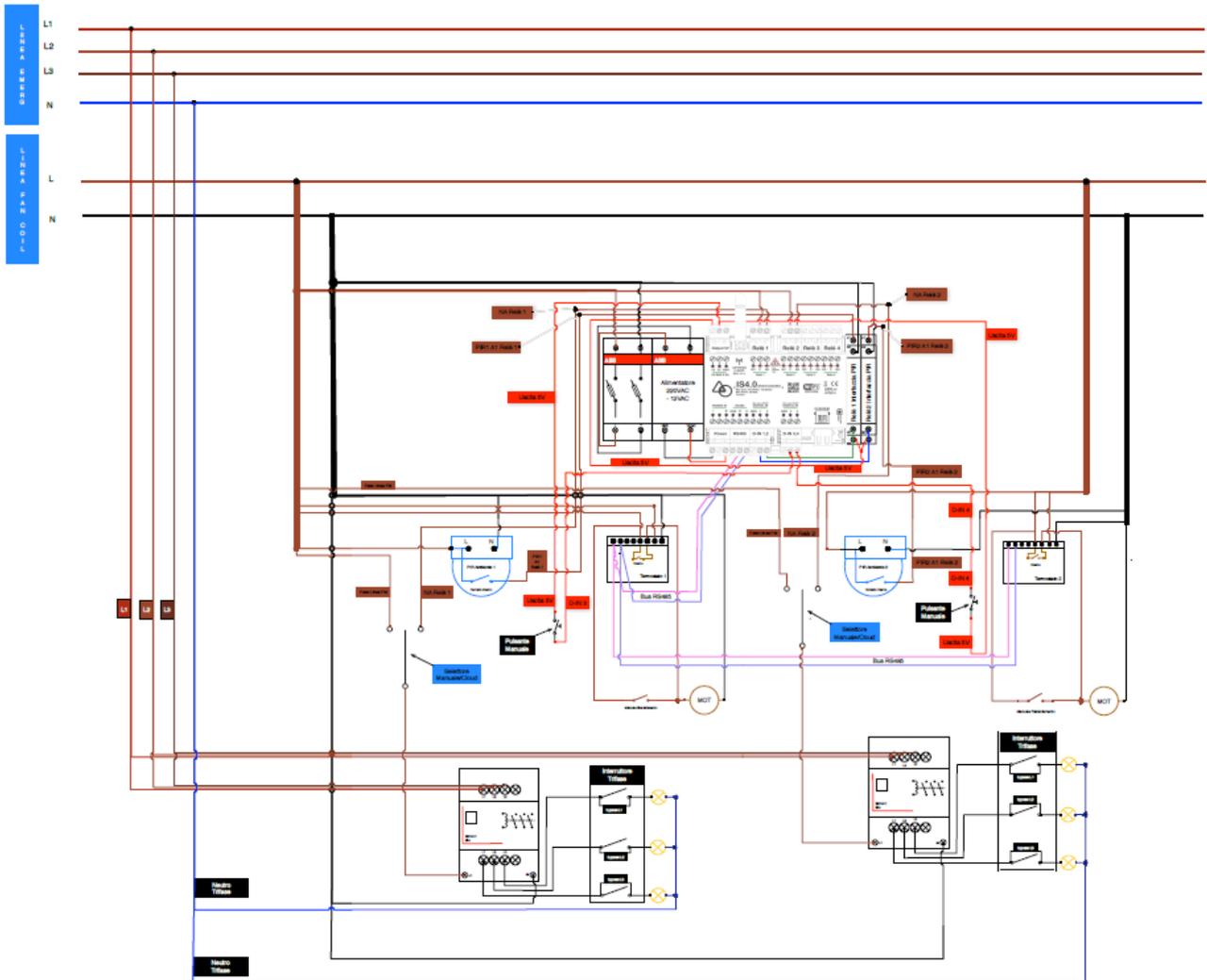


Figura 2 - quadro ambiente

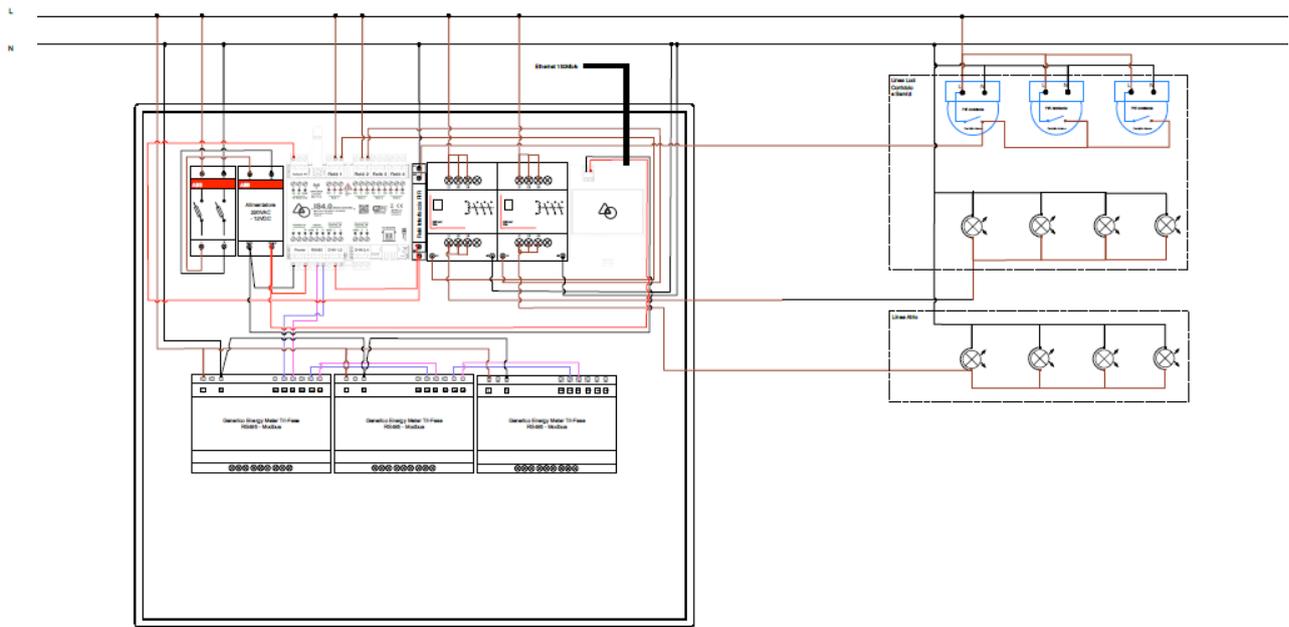


Figura 3 - quadro generale piano 1

### Secondo Piano

Nel Quadro Generale di Piano (Secondo Piano) è stato correttamente installato un Apio IS4.0, con obiettivi uguali a quegli del Piano Terra e del Primo Piano. Quadri Ambiente (Controllo Luci, Temperatura, Presenza e Luminosità negli Uffici): il lavoro eseguito al Secondo Piano (Figura 4) è del tutto simile al Primo Piano.

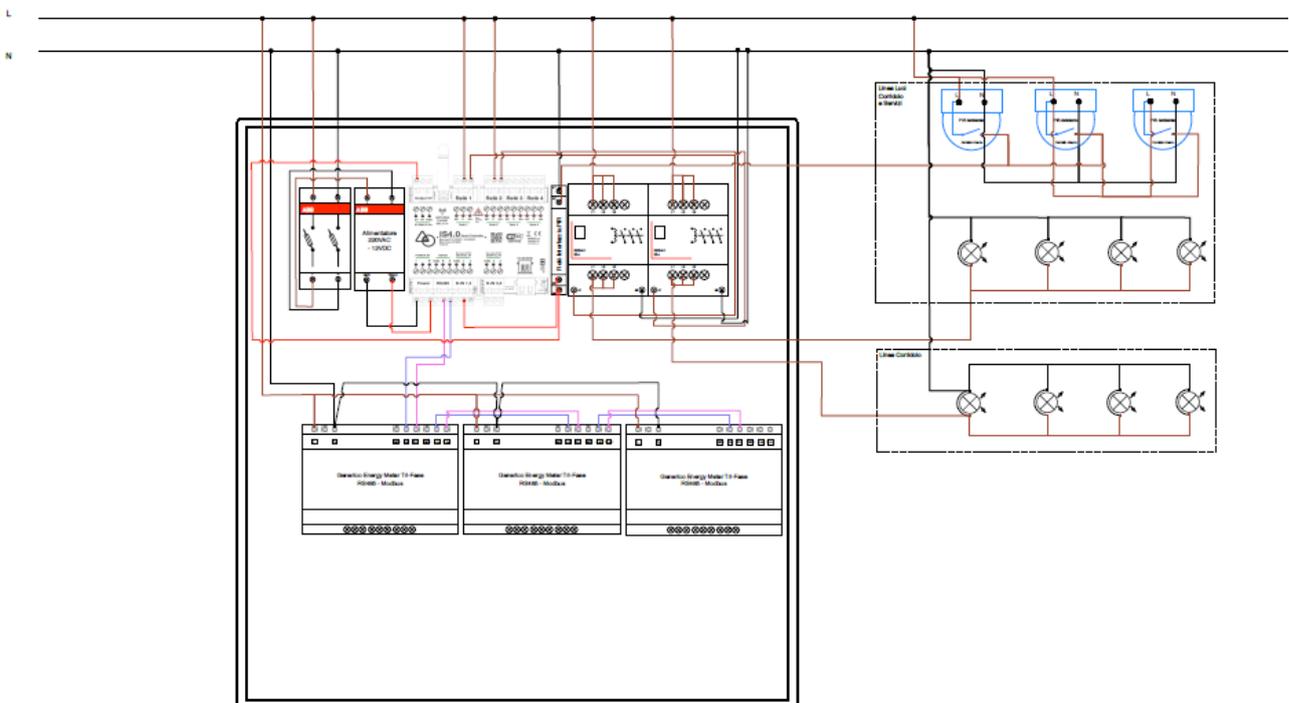
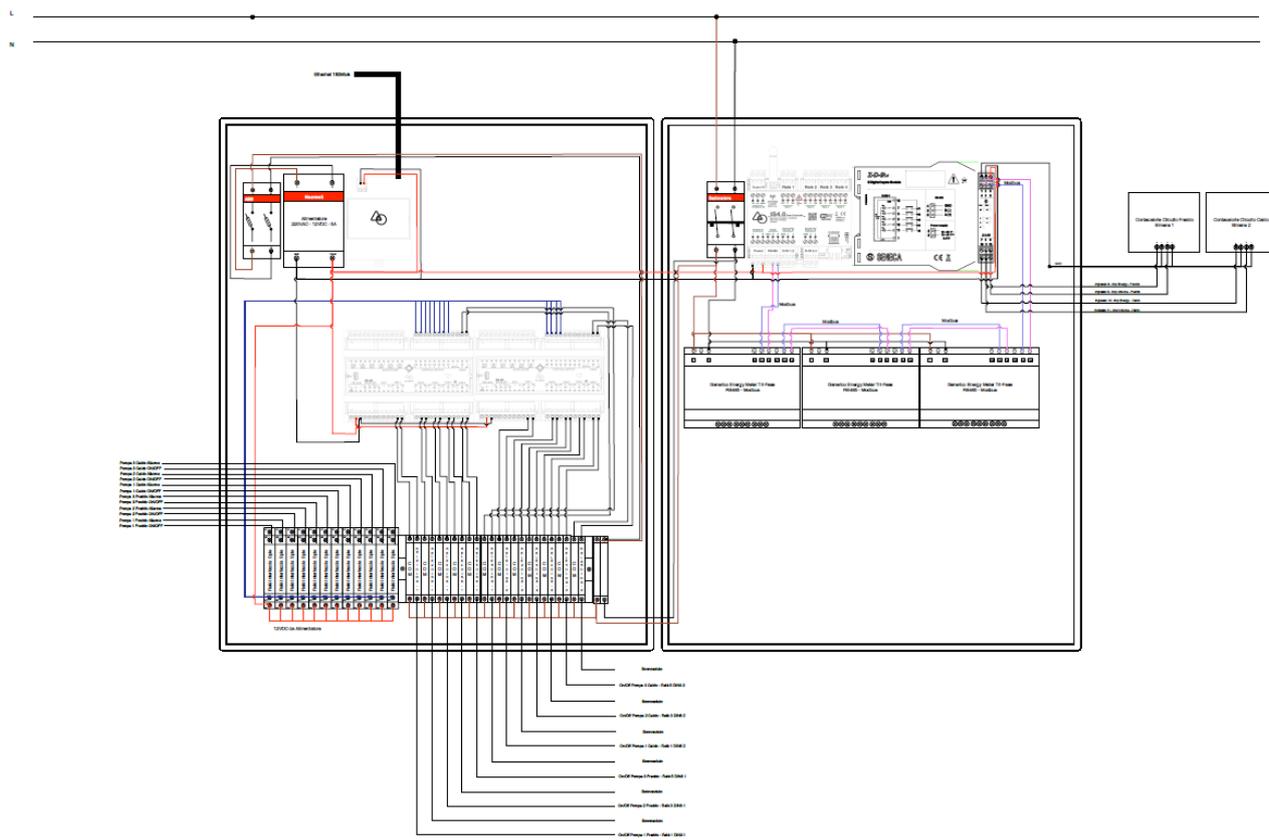


Figura 4 - quadro generale piano 2

**Locale Caldaie**

Il locale Caldaie presenta due quadri (quadro controllo e quadro misure) che si interfacciano con il quadro di “potenza e controllo manuale”. L’interfaccia tra i primi ed il secondo avviene attraverso le spie di segnalazione poste all’interno del quadro di potenza (pompe 1-2-3 Freddo/Caldo = On/ Off o Allarmate) per il controllo dello stato delle pompe ed i teleruttori per l’accensione/ spegnimento pompe (Figura 5).

Nello specifico, in parallelo delle dette spie sono state connesse le bobine dei relè che vengono eccitate quando le spie sono alimentate, i contatti NO dei relativi relè sono stati collegati agli ingressi digitali dei DIN8 così da leggere lo stato di chiusura = accensione spia. Mentre i teleruttori, le cui bobine sono connesse in serie ai comandi manuali, sono stati connessi in parallelo ai relè dei DIN8 così da attivare/disattivare anch’essi le Pompe 1-2-3 Freddo/Caldo quando riceveranno il comando di chiusura/apertura dal Cloud ApioOS. Infine sul Circuito Idraulico di riscaldamento e raffreddamento sono stati montati due contacalorie Siemens, ciascuna delle quali forniscono due uscite impulsive indicanti rispettivamente Volume ed Energia. Dette uscite vengono lette dal dispositivo Seneca Z-D-IN che renderà disponibile il totale delle letture impulsive su relativi registri accessibili con protocollo Modbus. Lo Z-D-IN e i Meter Gavazzi presenti all’interno del secondo quadro di controllo sono stati connessi alla IS4.0 (posata all’interno dello stesso quadro) attraverso il Bus RS485.



**Figura 5 - schema elettrico controllo pompe**

La totalità degli HW Mesh:

2x DIN8 (primo quadro = quadro controllo)

1x IS4.0 (secondo quadro = quadro misure)

Sono connessi ad ApioOS attraverso l'Apio Gateway presente nel primo quadro, che comunica su rete Internet ed Intranet attraverso cavo di rete Ethernet.

### 2.1.2 Sviluppo di reportistica automatica

Nelle precedenti annualità sono stati installati nell'edificio F40 del C.R. Enea – Casaccia una serie di sensori per la raccolta dei dati energetici che vengono memorizzati all'interno di un database ed utilizzati successivamente per elaborazioni di tipo statistico.

La natura dei dati e l'utilizzo a cui questi sono preposti, rende molto sensibili a problemi di dati mancanti e/o incongruenti.

In quest'ottica si colloca l'applicazione di reportistica automatica "ReportSender" che ha l'obiettivo di "inviare periodicamente report Email che riportino eventuali problemi dovuti a Mancanza dati e Incongruenze dati"

### Architettura

L'architettura implementata segue lo schema riportato di sotto:

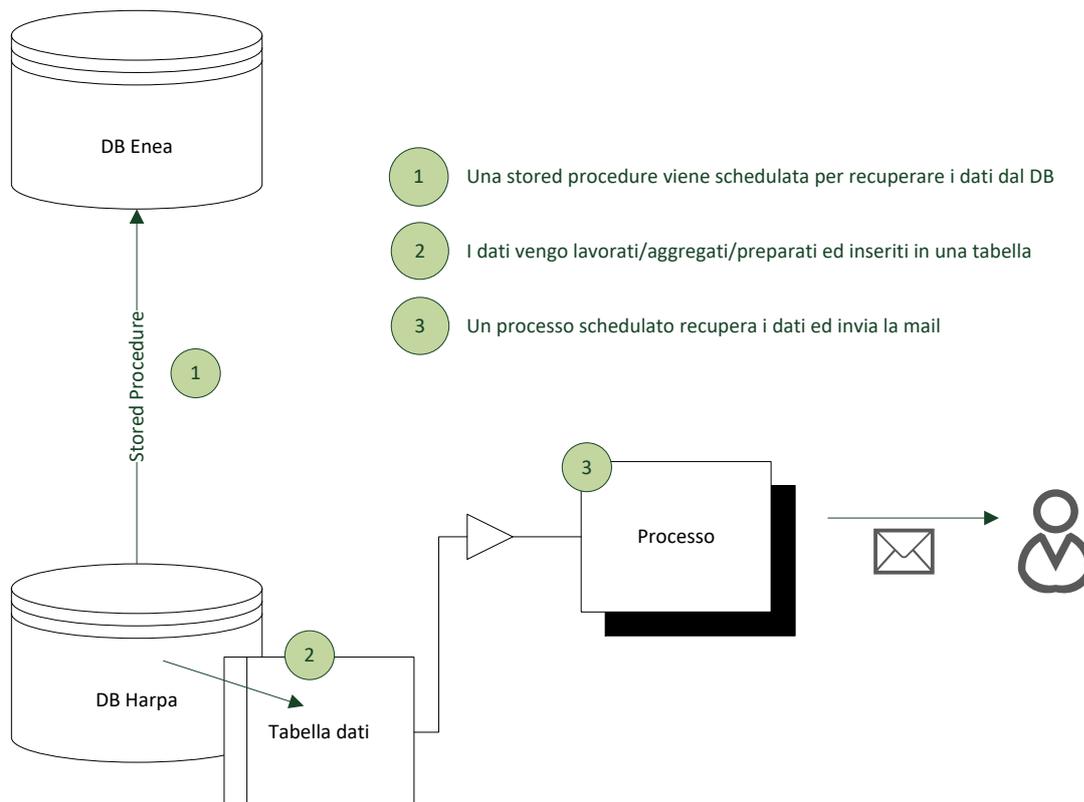


Figura 6 - schema architettura sw

- 1) Tutti i dati sono memorizzati nel DB Enea con granularità del dato variabile in base al tipo di controllo.

- 2) Data l'enorme quantità di dati, per evitare di lavorare sul DB di produzione ed anche per questioni di performance, tutti i dati che devono essere sottoposti ad elaborazione, vengono copiati su un database separata, in locale e vengono successivamente elaborati in modalità batch.
- 3) Un processo configurabile viene lanciato a periodi temporali prestabiliti ed invia la mail di report predefiniti ad utenti configurati nel proprio file di configurazione.

### **Report generati**

In base alle specifiche ricevute vengono generate I seguenti report:

ID	Nome	Descrizione	Tipologia
04	alarm_all_zero_values_report	Per la data di riferimento e per ogni device presente nella tabella scada, inserisce nel report le grandezze che hanno tutti i valori pari a 0	ALLARME/DAILY
05	alarm_missing_data_report	Per la data di riferimento e per ogni device presente nella tabella scada, inserisce nel report le grandezze che hanno dei dati mancanti.	ALLARME/DAILY
06	alarm_all_equals_values_report	Per la data di riferimento e per ogni device presente nella tabella scada, inserisce nel report le grandezze che hanno tutti i dati uguali	ALLARME/DAILY
07	alarm_table_alarm_report	Per la data di riferimento e per ogni device presente nella tabella scada, inserisce nel report le grandezze che delle entry nella tabella di riferimento	ALLARME/DAILY
09	consumption_table_report	Per ogni device elettrico, è presente il consumo complessivo nel mese di riferimento	STATS/MONHTLY
10	perc_badge_report	Per il mese di riferimento sono presenti i dati delle presenze con le percentuali sul totale	STATS/MONHTLY
11	temperature_output_report	Per il mese di riferimento e per ogni giorno del mese, sono presenti i dati della centrale meteo per tutte le misure	STATS/MONHTLY
12	indoor_ambiental_conditions_report	Per il mese di riferimento, per ogni giorno del mese e per ogni stanza, sono presenti i valori min, medi e max di temperatura	STATS/MONHTLY
14	monthly_consumption_surface_report	Per il mese di riferimento, sono presenti i consumi delle utenze elettriche suddivise normalizzate alla superficie	STATS/MONHTLY
15	monthly_consumption_per_user_report	Per il mese di riferimento, sono presenti i consumi delle utenze elettriche suddivise	STATS/MONHTLY

		normalizzate al numero di persone	
16	monthly_th_consumption_gg_report	Per il mese di riferimento, sono presenti i consumi delle utenze termiche normalizzate ai gradi giorno	STATS/MONHTLY
17	monthly_th_consumption_surface_report	Per il mese di riferimento, sono presenti i consumi delle utenze termiche normalizzate alla superficie	STATS/MONHTLY

### Table di riferimento

Per poter effettuare delle elaborazioni ed avere visibilità sull'ambiente e sui sensori presenti, sul database "reportsender" sono presenti delle tabelle di riferimento, copia di quelle presenti sul DB master "smarttownndb" tali tabelle sono:

#### reference\_measurecategory

La tabella contiene tutti i nomi delle misure presenti.

idMeasureCategory	Name
1	Active Energy
2	Voltage Phase1
3	Voltage Phase2
4	Voltage Phase3
5	Current Line1
6	Current Line2
7	Current Line3
8	Active Power Phase1
9	Active Power Phase2

#### reference\_scada

La tabella contiene le anagrafiche dei sensori da cui vengono prelevate le misure

ID	Name	Unit	Typology	MeasureCategory	Building	Device	Floor	Room	Code	AnalogDigital	Last_Value	Last_Update	MinimumValue	MaximumValue	Alarm_Value	MinFullScale	M
6	Presenza_stanza_002	Boolean	9	30	1	2	0	002	sl-b4:c8:10:00:03:bd-0301	1	1	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
7	Presenza_Stanza_002	Boolean	9	30	1	2	0	002	sl-b4:c8:10:00:03:bd-0501	1	1	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
8	Presenza_stanza_010	Boolean	9	30	1	2	0	010	sl-b4:c8:10:00:03:bd-0701	1	0	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
9	Presenza_stanza_006	Boolean	9	30	1	2	0	006	sl-b4:c8:10:00:03:bd-0b01	1	1	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
10	Presenza_stanza_113	Boolean	9	30	1	2	1	113	sl-b4:c8:10:00:03:bd-0c01	1	1	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
11	Presenza_stanza_102	Boolean	9	30	1	2	1	102	sl-b4:c8:10:00:03:bd-0e01	1	0	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
12	Presenza_stanza_114	Boolean	9	30	1	2	1	114	sl-b4:c8:10:00:03:bd-0f01	1	1	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
13	Presenza_stanza_112	Boolean	9	30	1	2	1	112	sl-b4:c8:10:00:03:bd-1501	1	1	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
14	Presenza_stanza_106	Boolean	9	30	1	2	1	106	sl-b4:c8:10:00:03:bd-1601	1	0	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1
15	Presenza_stanza_007	Boolean	9	30	1	2	0	007	sl-b4:c8:10:00:03:bd-1701	1	1	2017-07-13 11:11:38	NULL	NULL	NULL	0	1

#### reference\_surface

La tabella contiene le informazioni relative alle persone ed alla superficie della sede di edifici presenti in Casaccia

id_reference	value	building	building_name	zone
1	626	1	F40	0
2	843	1	F40	1
3	818	1	F40	2
4	2287	1	F40	NULL
NULL	NULL	NULL	NULL	NULL

reference\_tipology

La tabella contiene tutte le tipologie di strumenti coinvolti nel campionamento

idtipology	name
1	Illuminazione esterna
2	Illuminazione interna
3	FEM
4	Climatizzazione elettrica
5	Raffrescamento termico
6	Riscaldamento termico
7	Generale elettrico
8	PC
9	presenza
10	smart plug
11	temperatura indoor
100	altro
999	NotDefined
NULL	NULL

**MacroFlusso**

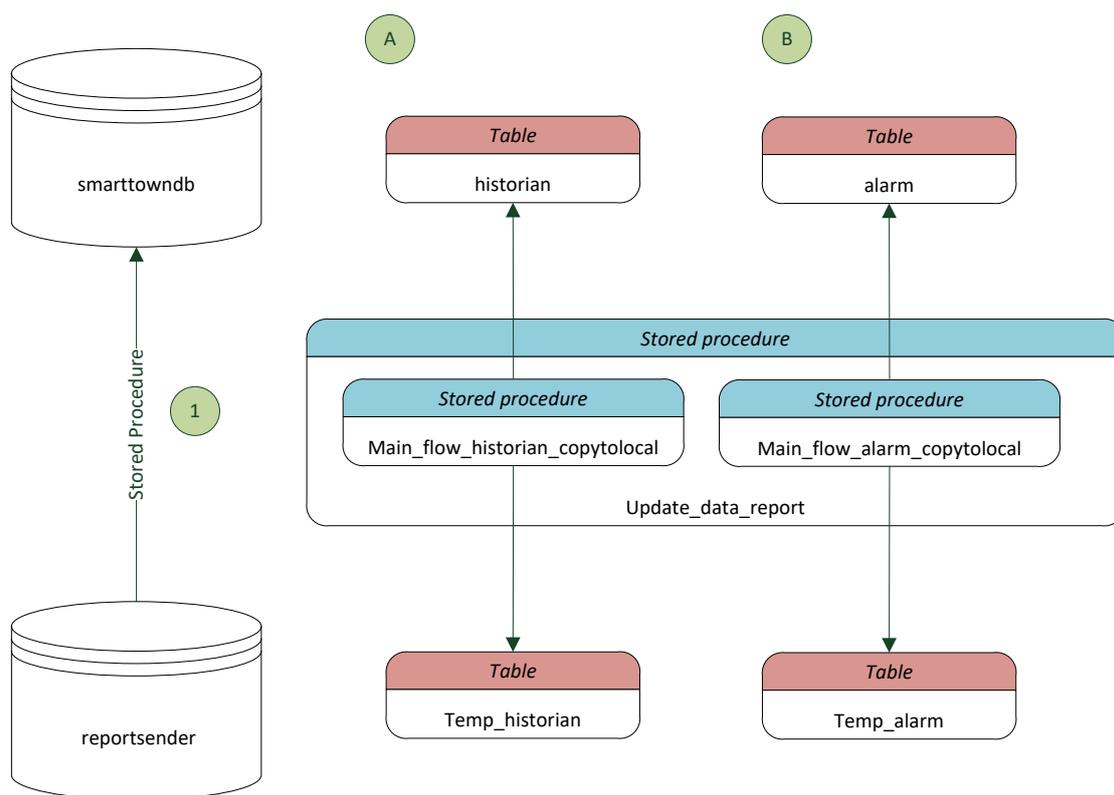
Step 1 – Copia in locale dei dati

Componenti

Item	Componente	Nome	Posizione	Riferimenti
DB Enea	Database	Smarttowndb	Server Enea	VD Appendice
DB Harpa	Database	Reportsender	Server ENEA	VD Appendice

Ad orari predefiniti e schedulati all'interno del Database "Reportsender" è attivo un event che lancia una procedura che provvede alla copia dati dalla tabella

- a) smarttowndb.historian -> reportsender.temp\_historian
- b) smarttowndb.alarm -> reportsender.temp\_alarm



**Figura 7 - flusso informazioni**

**Step 2 – Calcolo e compilazione tabella dati**

Successivamente alla copia dei dati in locale, vengono avviate due procedure per una pre-elaborazione dei dati su cui verranno generati i report.

Le procedure a partire dai dati copiati in locale, provvedono ad effettuare opportuni calcoli ed inserire i valori pre-elaborati nella tabella di riferimento

- c) Dalla tabella temp\_historian -> master\_results
- d) Dalla tabella temp\_alarm .-> daily\_alarm\_result

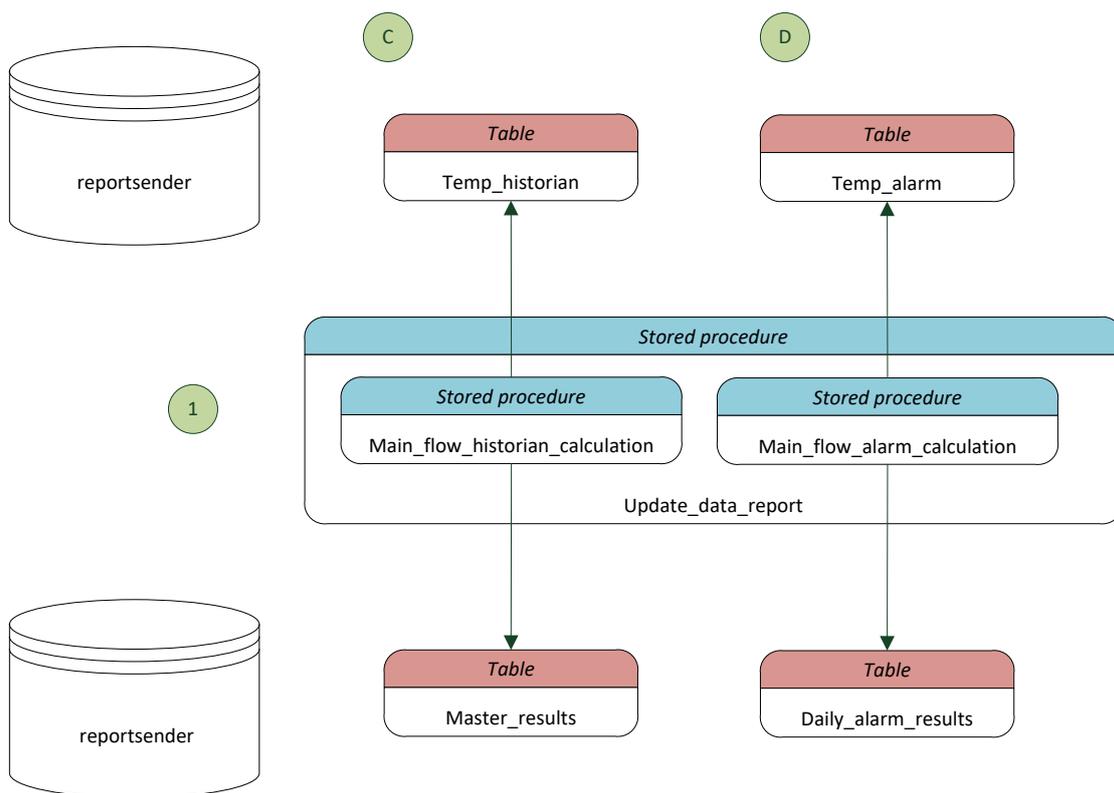


Figura 8 - flusso informazioni

**Step 3 – Elaborazione dati ed invio dei report**

Tramite un modulo software, a richiesta viene generato il report opportuno e viene inviato ai destinatari. La generazione del report segue per tutte le tipologie il seguente flusso:

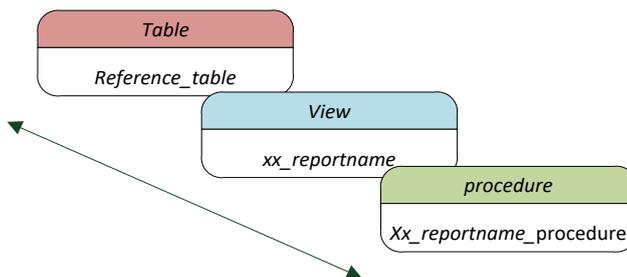
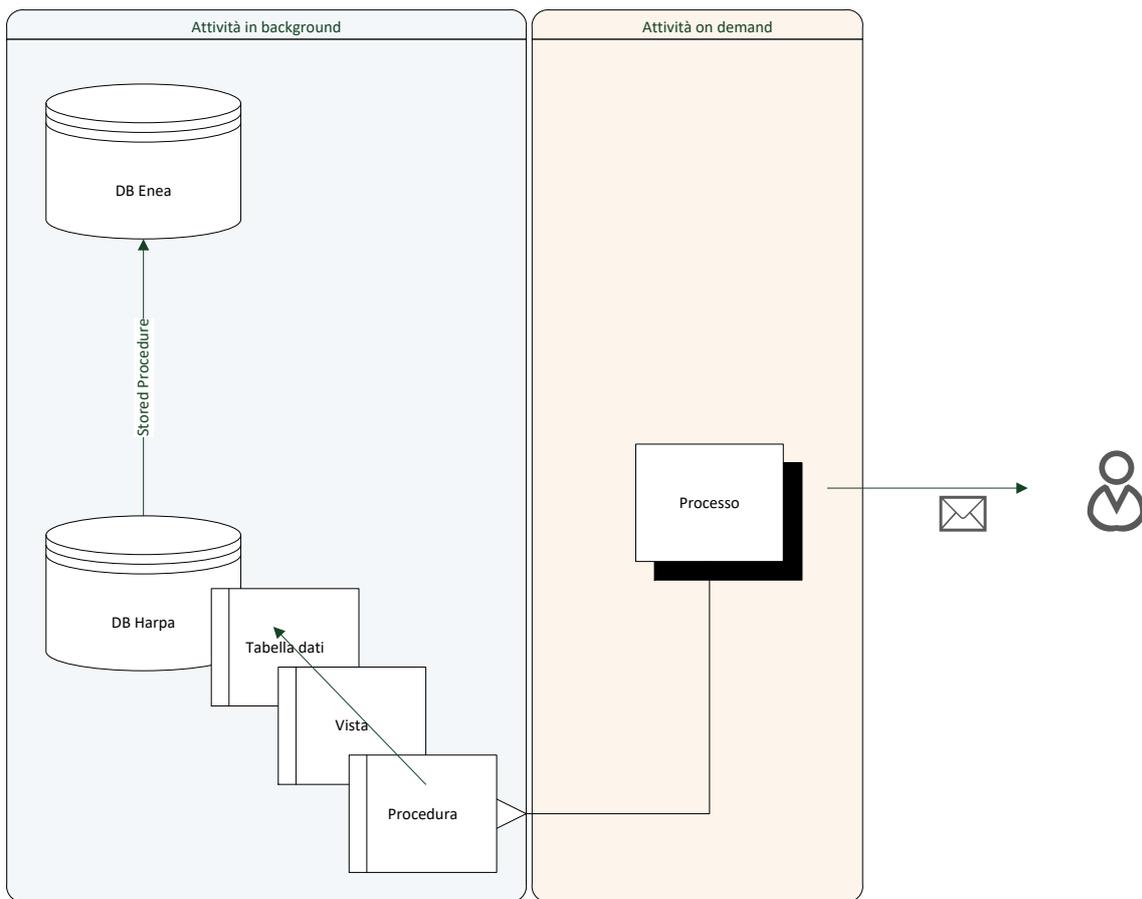


Figura 9 – flusso generazione report

Il processo schedulato, richiama la procedura associata al report da generare; ad ogni procedura è associata una vista che fa riferimento ad una tabella dati calcolata precedentemente.

In particolare lo schema iniziale può essere particolareggiato come segue e descritto con i seguenti step:



**Figura 10 - elaborazione ed invio dati**

- a) Ad orari predefiniti il processo viene eseguito
- b) In base alla propria configurazione il processo esegue la procedura legata al report da generare
- c) La procedura, utilizzando la propria vista di riferimento, legata alla tabella dati principale, restituisce al processo, i dati
- d) Il processo memorizza i dati in un file excel e li invia ai destinatari così come descritto nel file di configurazione

**Dettagli informativi**

Descrizione delle tabelle di riferimento

Master\_results

Questa tabella è popolata a partire dai dati della tabelle “historian”.

L’origine dei dati di tutti i sensori è la tabella historian in cui sono memorizzati i dati provenienti da tutti i sensori installati nel complesso della Casaccia.

I dati grezzi provenienti dalla tabella **historian** hanno un formato molto semplice

id_historian	ID	Timestamp	Insert_timestamp	Value
23818423	179	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	0
23818424	450	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	0
23818425	451	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	0
23818426	452	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	0
23818427	453	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	0
23818428	454	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	0
23818429	455	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	0
23818430	2208	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	21.87
23818431	2206	2017-09-14 00:09:29	2017-09-14 00:09:29	22.82

In pratica un **ID** che fa riferimento al sensore, un timestamp ed un valore della misura associata.

Per ogni sensore, tutti i campioni sono memorizzati in maniera sequenziale; questo vuol dire che per ogni sensore i campioni di una giornata sono memorizzati nella stessa tabella.

La procedura di pre-elaborazione di questi dati, calcola, **per ogni sensore e per ogni giorno**, tramite delle “group by” i valori di

device_id	dayday	min	avg	max	delta	sum	row_num	row_num_ref	row_difference	all_zero_values	all_equals_values	missing_data
2109	2017-09-06	25.00	27.70	30.00	5.00	3850.00	139	96	-43	0	0	0
2110	2017-09-06	25.00	25.00	25.00	0.00	3475.00	139	96	-43	0	1	0
2111	2017-09-06	25.00	27.68	30.00	5.00	3847.00	139	96	-43	0	0	0
2112	2017-09-06	25.00	27.71	30.00	5.00	3852.00	139	96	-43	0	0	0
2133	2017-09-06	10.10	20.07	37.55	27.45	2949.70	147	96	-51	0	0	0
2134	2017-09-06	4.72	9.92	18.64	13.92	1427.84	144	96	-48	0	0	0
2135	2017-09-06	0.42	3.79	12.72	12.30	530.10	140	96	-44	0	0	0

- Valore minimo
- Valore medio
- Valore massimo
- Differenza tra valore minimo e valore massimo
- Somma di tutti i valori di tutti i campioni
- Numero di righe (campioni) presenti per il sensore, nel giorno di riferimento
- Differenza tra il numero di righe ed un numero fissato nel valore di **96 (4 X 24 = numero di campioni in un giorno con frequenza di 15 minuti)**
- Variabile booleana che verifica se tutti i campioni sono pari a 0
  - o I campioni sono pari a zero se la somma è pari a 0

- Variabile booleana che verifica se tutti i campioni sono uguali
  - o I campioni sono tutti uguali se la funzione ``all_values_are_equals`` restituisce valore vero
- Variabile booleana che verifica se ci sono dei valori mancanti
  - o Sono ritenuti valori mancanti se la differenza è maggiore di 0

In base a questi valori e dipendentemente ai report necessari, sono create le opportune viste, che mettono in evidenza i dati necessari e li rendono disponibili in un formato agevole per la successiva estrazione

### Daily alarm results

Questa tabella è popolata a partire dai dati della tabella “alarm”.

Gli allarmi provenienti dai sensori sono memorizzati all’interno della tabella alarm

I dati della tabella **alarm** hanno un formato molto semplice per ogni allarme è presente una riga.

La procedura di pre-elaborazione di questi dati, importa all’interno della tabella “**daily\_alarm\_results**” le entry di allarme della tabella di riferimento.

### Dettaglio dei report

#### 04\_alarm\_all\_zero\_values\_report

##### REPORT GIORNALIERO

Il report vuole dare visibilità dei valori che per il periodo selezionato sono sempre zero. La vista effettua un filtraggio sulla tabella di riferimento in base al valore del campo “**all\_zero\_values**”.

La procedura di generazione del report, esegue la vista ed esporta i valori corrispondenti

#### 05\_alarm\_missing\_data\_report

##### REPORT GIORNALIERO

Il report vuole dare visibilità dei valori che hanno dei campioni mancanti. La vista effettua un filtraggio sulla tabella di riferimento in base al valore del campo “**missing\_data**”.

La procedura di generazione del report, esegue la vista ed esporta i valori corrispondenti

#### 06\_alarm\_all\_equals\_values\_report

##### REPORT GIORNALIERO

Il report vuole dare visibilità dei valori che per il periodo selezionato sono tutti uguali. La vista effettua un filtraggio sulla tabella di riferimento in base al valore del campo “**all\_equals\_values**”.

La procedura di generazione del report, esegue la vista ed esporta i valori corrispondenti

#### 07\_alarm\_table\_alarm\_report

##### REPORT GIORNALIERO

Il report vuole dare visibilità dei sensori che hanno riportato degli allarmi. Siccome per ogni sensore è possibile che ci siano più allarmi che fanno riferimento allo stesso evento, l’allarme è raggruppato per tipologia, esportando nel report solo una riga.

09\_consumption\_table\_report

REPORT MENSILE

Il report coinvolge solo le grandezze che hanno unità di misura “kWh”, Sfruttando la tabella di riferimento master\_results si costruisce tramite la vista dedicata, una tabella che riporta per ogni sensore e per ogni giorno il valore di consumo come nell’esempio riportato di sotto

155	Ener_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_EM_QPT	kWh	Illuminazione interna	Active Energy	1	Hallway	2017	8	336575.59	31
157	Ener_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_QPT	kWh	Illuminazione interna	Active Energy	1	Hallway	2017	8	195609.50	31
168	Ener_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_EM_Q1P	kWh	Illuminazione interna	Active Energy	1	Hallway	2017	8	1124984.70	31
170	Ener_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_Q1P	kWh	Illuminazione interna	Active Energy	1	Hallway	2017	8	376862.00	31
269	Ener_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_EM_Q2P	kWh	Illuminazione interna	Active Energy	1	Hallway	2017	8	126692.00	31
271	Ener_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_Q2P	kWh	Illuminazione interna	Active Energy	1	Hallway	2017	8	58383.90	31

Il report offrirà i dati come riportati

10\_perc\_badge\_report

REPORT MENSILE

Il report offre una visualizzazione delle presenze all’interno dell’edificio F40 della Casaccia.

I dati provengono relativi alla presenza del personale, recuperati dalla tabella:

**`building`.`presenziornalieretotali`** calcolati in termini percentuali rispetto ad un valore fissato nella tabella **‘reportsender`.`numero\_persono`**

11\_temperature\_output\_report

REPORT MENSILE

Il report offre un visione sui dati relativi alle condizioni meteo. La vista di riferimento altro non è che la vista Master con un filtro relativo ai valori meteo.

2005	Pressure	mb	NotDefined	NotDefined	16	2017-08-02	1017.00	1017.56	1018.20
2006	Solar Radiation	w/m2	NotDefined	NotDefined	16	2017-08-02	0.00	220.42	812.00
2000	Outdoor Temperature	°C	NotDefined	NotDefined	16	2017-08-02	22.70	27.25	37.80
2001	Outdoor Humidity	%	NotDefined	NotDefined	16	2017-08-02	24.00	50.75	70.00
2002	Wind Speed	m/s	NotDefined	NotDefined	16	2017-08-02	0.00	0.60	2.70
2003	Wind Direction	°	NotDefined	NotDefined	16	2017-08-02	28.00	109.19	333.00
2004	Rain	mm	NotDefined	NotDefined	16	2017-08-02	0.00	0.00	0.00

12\_indoor\_ambiantal\_conditions\_report

REPORT MENSILE

Per tutti i sensori di temperatura interna, vengono riportate le temperature dei sensori come valore, minimo medio e massimo

14\_monthly\_consumption\_surface\_report

REPORT MENSILE

Relativo ai consumi elettrici, prende come riferimento i valori della tabella **“09\_consumption\_table\_report”** ne effettua una rielaborazione, costruendo un valore pesato sulla superficie in mq riportata nella tabella **“reference\_surface”**

#### 15\_monthly\_consumption\_per\_user\_report

Relativo ai consumi elettrici, prende come riferimento i valori della tabella **“09\_consumption\_table\_report”** ne effettua una rielaborazione, costruendo un valore pesato sul numero di persone presenti così come rilevato dalla tabella **“building`.presenzegionalieretotali”**

#### 16\_monthly\_th\_consumption\_gg\_report

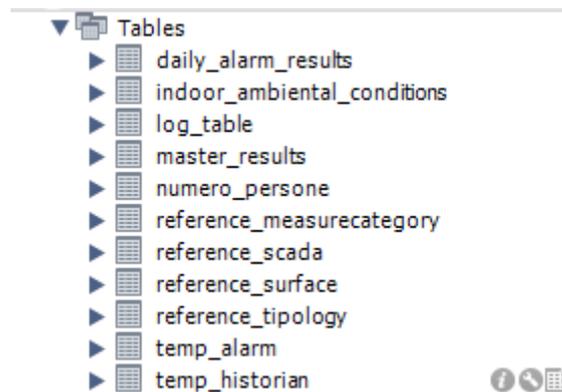
Relativo ai consumi termici, fornisce una visualizzazione dei consumi termici, normalizzata ai gradi giorno calcolati nella tabella **“daily\_gradi\_giorno”**

#### 17\_monthly\_th\_consumption\_surface\_report

Relativo ai consumi termici, da visibilità dei consumi termici in quanto associato ai dispositivi che consumano energia termica

### **Schema DB**

Tabelle : Overview



#### **Tabella**

daily\_alarm\_results

Indoor\_ambiental\_conditions

log\_table

master\_results

numero\_persone

reference\_measurecategory

reference\_scada

reference\_surface

#### **Dati**

Messaggi di alert di malfunzionamenti, dati aggregati da ‘temp\_alarm’

Temperature rilevate, con valori min, max, avg, delta

Log dell’ultima estrazione generata

Misurazioni aggregate per giorno e per dispositivo da ‘temp\_historian’

Numero di persone presenti nell’edificio (valore teorico e pratico)

Categorie di misurazioni

Tipi di misurazioni ed informazioni di riferimento

Superficie del palazzo, aggregata e suddivise per zona

reference_tipology	Tipologia di misurazione
temp_alarm	Messaggi di alert di malfunzionamenti
temp_historian	Tutte le singole misurazioni registrate dai dispositivi

temp\_alarm

```
CREATE TABLE `temp_alarm` (
  `ID` int(30) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `Idscada` int(30) DEFAULT NULL,
  `Name` varchar(30) DEFAULT NULL,
  `Event_Timestamp` timestamp NULL DEFAULT NULL,
  `Insert_timestamp` timestamp NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `Value` float DEFAULT NULL,
  `ClassAlarm` tinyint(4) DEFAULT NULL,
  `Message` varchar(500) DEFAULT NULL,
  `id_message` int(11) DEFAULT NULL,
  `id_diagnostics_tipology` int(11) DEFAULT NULL,
  `resnoae_ack` tinyint(1) DEFAULT '0',
  `building` int(10) unsigned NOT NULL DEFAULT '20',
  PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

temp\_historian

```
CREATE TABLE `temp_historian` (
  `id_historian` bigint(20) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `ID` int(30) DEFAULT NULL,
  `Timestamp` timestamp NULL DEFAULT NULL,
  `Insert_timestamp` timestamp NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP ON UPDATE
  CURRENT_TIMESTAMP,
  `Value` double DEFAULT NULL,
  PRIMARY KEY (`id_historian`),
  KEY `ID` (`ID`,`Timestamp`),
  KEY `ins_timestamp` (`Insert_timestamp`)
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=23617988 DEFAULT CHARSET=latin1;
```

reference\_measurecategory

```
CREATE TABLE `reference_measurecategory` (
```

```
`idMeasureCategory` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
`Name` varchar(45) DEFAULT NULL,  
PRIMARY KEY (`idMeasureCategory`)  
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=1000 DEFAULT CHARSET=latin1;
```

reference\_scada

```
CREATE TABLE `reference_scada` (  
  `ID` int(30) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `Name` varchar(60) DEFAULT NULL,  
  `Unit` varchar(10) DEFAULT NULL,  
  `Tipology` int(11) DEFAULT '100',  
  `MeasureCategory` int(11) DEFAULT '100',  
  `Building` int(11) DEFAULT '1',  
  `Device` int(11) DEFAULT NULL,  
  `Floor` int(11) DEFAULT NULL,  
  `Room` varchar(30) DEFAULT NULL,  
  `Code` varchar(30) DEFAULT NULL,  
  `AnalogDigital` bit(1) DEFAULT NULL,  
  `Last_Value` float DEFAULT NULL,  
  `Last_Update` timestamp NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,  
  `MinimumValue` float DEFAULT NULL,  
  `MaximumValue` float DEFAULT NULL,  
  `Alarm_Value` bit(1) DEFAULT NULL,  
  `MinFullScale` float DEFAULT NULL,  
  `MaxFullScale` float DEFAULT NULL,  
  `MinOperativeThreshold` float DEFAULT NULL,  
  `MaxOperativeThreshold` float DEFAULT NULL,  
  `MinFunctionalThreshold` float DEFAULT NULL,  
  `MaxFunctionalThreshold` float DEFAULT NULL,  
  `Description` varchar(100) DEFAULT NULL,  
  `Season` bit(1) DEFAULT NULL,  
  `InpOut` bit(1) DEFAULT b'0',  
  `ToWrite` bit(1) DEFAULT b'0',  
  `WriteCommand` varchar(45) DEFAULT NULL,  
  `Priority` int(10) unsigned DEFAULT NULL,
```

```
PRIMARY KEY (`ID`)  
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=5104 DEFAULT CHARSET=latin1;
```

reference\_surface

```
CREATE TABLE `reference_surface` (  
  `id_reference` int(11) NOT NULL AUTO_INCREMENT,  
  `value` int(11) DEFAULT NULL,  
  `building` int(11) DEFAULT NULL,  
  `building_name` varchar(45) DEFAULT NULL,  
  `zone` varchar(45) DEFAULT NULL,  
  PRIMARY KEY (`id_reference`),  
  KEY `index2` (`building`),  
  KEY `index3` (`zone`)  
) ENGINE=InnoDB AUTO_INCREMENT=5 DEFAULT CHARSET=latin1;
```

reference\_tipology

```
CREATE TABLE `reference_tipology` (  
  `idtipology` int(11) NOT NULL,  
  `name` varchar(25) DEFAULT NULL,  
  PRIMARY KEY (`idtipology`)  
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;
```

master\_results

```
CREATE TABLE `master_results` (  
  `device_id` int(11) NOT NULL,  
  `dayday` date NOT NULL,  
  `min` float(10,2) DEFAULT NULL,  
  `avg` float(10,2) DEFAULT NULL,  
  `max` float(10,2) DEFAULT NULL,  
  `delta` float(10,2) DEFAULT NULL,  
  `sum` float(20,2) DEFAULT NULL,  
  `row_num` int(11) DEFAULT NULL,  
  `row_num_ref` int(11) DEFAULT NULL,  
  `row_difference` int(11) DEFAULT NULL,
```

```

`all_zero_values` int(1) DEFAULT NULL,
`all_equals_values` int(1) DEFAULT NULL,
`missing_data` int(1) DEFAULT NULL,
PRIMARY KEY (`device_id`,`dayday`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=latin1;

```

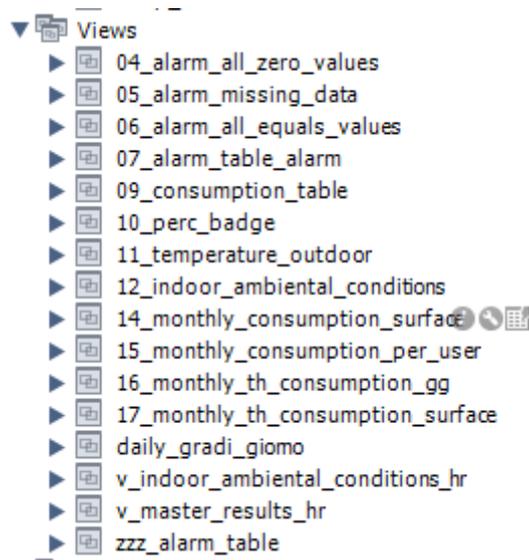
daily\_alarm\_results

```

CREATE TABLE `daily_alarm_results` (
  `ID` int(30) NOT NULL AUTO_INCREMENT,
  `Idscada` int(30) DEFAULT NULL,
  `Name` varchar(30) DEFAULT NULL,
  `Event_Timestamp` timestamp NULL DEFAULT NULL,
  `Insert_timestamp` timestamp NULL DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,
  `Value` float DEFAULT NULL,
  `ClassAlarm` tinyint(4) DEFAULT NULL,
  `Message` varchar(500) DEFAULT NULL,
  `id_message` int(11) DEFAULT NULL,
  `id_diagnostics_tipology` int(11) DEFAULT NULL,
  `resnovae_ack` tinyint(1) DEFAULT '0',
  `building` int(10) unsigned NOT NULL DEFAULT '20',
  PRIMARY KEY (`ID`)
) ENGINE=InnoDB;

```

### Viste



Vista

Struttura

04_alarm_all_zero_values	Da 'v_master_results_hr' con colonna 'all_zero_values' = 1
05_alarm_missing_data	Da 'v_master_results_hr' con colonna 'missing_data' = 1
06_alarm_all_equals_values	Da 'v_master_results_hr' con colonna 'all_equals_values' = 1 ed esclude i dispositivi 'Speed_Fancoil'
07_alarm_table_alarm	Da 'daily_alarm_results', raggruppa i dati per tipo di messaggio e restituisce un conteggio del numero di alert
09_consumption_table	Da 'v_master_results_hr', dove l'unità di misura è 'kWh', ed esclude i contatori di calorie.
10_perc_badge	Dal database 'building' e la tabella 'presenzegiornalieretotali', vengono prese le presenze totali e rapportate con il numero di persone presenti nell'edificio.
11_temperature_outdoor	Da 'v_master_results_hr', prende i record relativi alle misurazioni esterne, dove 'Building' = 16
12_indoor_ambiental_conditions	Dalla vista 'v_indoor_ambiental_conditions_hr'
14_monthly_consumption_surface	Dalla vista '09_consumption_table', utilizza 'reference_surface' per avere la superficie da usare nel calcolo del consumo su superficie
15_monthly_consumption_per_user	Da 'v_master_results_hr' prende i consumi escludendo i contatori di calorie. Si unisce al db 'building' 'presenzegiornalieretotali' per calcolare il consumo (somma dei delta) per utenti reali. Il consumo viene anche rapportato al numero teorico totale di persone presenti nell'edificio, preso da 'numero_persone'.
16_monthly_th_consumption_gg	Da '17_monthly_th_consumption_surface', unisce con 'daily_gradi_giorno' per calcolare il consumo termico normalizzato.
17_monthly_th_consumption_surface	Da 'v_master_results_hr' e 'reference_surface', recupera le misurazioni dei contatori di calorie e restituisce il consumo ed il suo rapporto con la superficie.
daily_gradi_giorno	Da 'v_master_results_hr' prende le temperature esterne, esegue la formula dei gradi giorno usando come valore di riferimento fisso '20°'
v_indoor_ambiental_conditions_hr	Da 'reference_scada', 'indoor_ambiental_conditions', 'reference_tipology', 'reference_measurecategory' restituisce la tabella delle condizioni ambientali interne con dei nomi leggibili.
v_master_results_hr	Da 'reference_scada', 'master_results', 'reference_tipology', 'reference_measurecategory' restituisce la tabella delle misurazioni con dei nomi leggibili
zzz_alarm_table	Da 'v_master_results_hr' restituisce i dati escludendo quelli con: all_zero_values, all_equals_values, missing_data maggiori di 0, le categorie fancoil setpoint, movement, other, thermostat temperature.
04_alarm_all_zero_values	

```
CREATE
VIEW `04_alarm_all_zero_values` AS
SELECT
  `v_master_results_hr`.`ID` AS `ID`,
  `v_master_results_hr`.`Name` AS `Name`,
  `v_master_results_hr`.`Unit` AS `Unit`,
  `v_master_results_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,
  `v_master_results_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,
  `v_master_results_hr`.`Building` AS `Building`,
  `v_master_results_hr`.`Room` AS `Room`,
  `v_master_results_hr`.`giorno` AS `giorno`,
  `v_master_results_hr`.`min` AS `min`,
  `v_master_results_hr`.`avg` AS `avg`,
  `v_master_results_hr`.`max` AS `max`,
  `v_master_results_hr`.`delta` AS `delta`,
  `v_master_results_hr`.`row_number` AS `row_number`,
  `v_master_results_hr`.`row_number_ref` AS `row_number_ref`,
  `v_master_results_hr`.`all_zero_values` AS `all_zero_values`,
  `v_master_results_hr`.`all_equals_values` AS `all_equals_values`,
  `v_master_results_hr`.`missing_data` AS `missing_data`
FROM
  `v_master_results_hr`
WHERE
  ((`v_master_results_hr`.`all_zero_values` = 1)
  AND (NOT ((`v_master_results_hr`.`Unit` LIKE 'Boolea%'))))
```

#### 05\_alarm\_missing\_data

```
CREATE
VIEW `05_alarm_missing_data` AS
SELECT
  `v_master_results_hr`.`ID` AS `ID`,
  `v_master_results_hr`.`Name` AS `Name`,
  `v_master_results_hr`.`Unit` AS `Unit`,
  `v_master_results_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,
  `v_master_results_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,
```

```

`v_master_results_hr`.`Building` AS `Building`,
`v_master_results_hr`.`Room` AS `Room`,
`v_master_results_hr`.`giorno` AS `giorno`,
`v_master_results_hr`.`min` AS `min`,
`v_master_results_hr`.`avg` AS `avg`,
`v_master_results_hr`.`max` AS `max`,
`v_master_results_hr`.`delta` AS `delta`,
`v_master_results_hr`.`row_number` AS `row_number`,
`v_master_results_hr`.`row_number_ref` AS `row_number_ref`,
`v_master_results_hr`.`all_zero_values` AS `all_zero_values`,
`v_master_results_hr`.`all_equals_values` AS `all_equals_values`,
`v_master_results_hr`.`missing_data` AS `missing_data`
FROM
  `v_master_results_hr`
WHERE
  (`v_master_results_hr`.`missing_data` = 1)

```

#### 06\_alarm\_all\_equals\_values

```

CREATE
VIEW `06_alarm_all_equals_values` AS
SELECT
  `v_master_results_hr`.`ID` AS `ID`,
  `v_master_results_hr`.`Name` AS `Name`,
  `v_master_results_hr`.`Unit` AS `Unit`,
  `v_master_results_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,
  `v_master_results_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,
  `v_master_results_hr`.`Building` AS `Building`,
  `v_master_results_hr`.`Room` AS `Room`,
  `v_master_results_hr`.`giorno` AS `giorno`,
  `v_master_results_hr`.`min` AS `min`,
  `v_master_results_hr`.`avg` AS `avg`,
  `v_master_results_hr`.`max` AS `max`,
  `v_master_results_hr`.`delta` AS `delta`,
  `v_master_results_hr`.`row_number` AS `row_number`,
  `v_master_results_hr`.`row_number_ref` AS `row_number_ref`,

```

```
`v_master_results_hr`.`all_zero_values` AS `all_zero_values`,  
`v_master_results_hr`.`all_equals_values` AS `all_equals_values`,  
`v_master_results_hr`.`missing_data` AS `missing_data`  
FROM  
`v_master_results_hr`  
WHERE  
((`v_master_results_hr`.`all_equals_values` = 1)  
AND (NOT ((`v_master_results_hr`.`Name` LIKE 'Speed_Fancoil%'))))
```

#### 07\_alarm\_table\_alarm

```
CREATE  
VIEW `07_alarm_table_alarm` AS  
SELECT  
`daily_alarm_results`.`Idscada` AS `Idscada`,  
CAST(`daily_alarm_results`.`Event_Timestamp` AS DATE) AS `day`,  
`daily_alarm_results`.`Message` AS `Message`,  
COUNT(0) AS `Count_Alerts`,  
`daily_alarm_results`.`id_diagnostics_tipology` AS `id_diagnostics_tipology`  
FROM  
`daily_alarm_results`  
GROUP BY `daily_alarm_results`.`Message`  
ORDER BY `daily_alarm_results`.`Idscada`
```

#### 09\_consumption\_table

```
CREATE  
VIEW `09_consumption_table` AS  
SELECT  
`v_master_results_hr`.`ID` AS `id`,  
`v_master_results_hr`.`Name` AS `name`,  
`v_master_results_hr`.`Unit` AS `Unit`,  
`v_master_results_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,  
`v_master_results_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,  
`v_master_results_hr`.`Building` AS `Building`,  
`v_master_results_hr`.`Room` AS `Room`,
```

```

YEAR(`v_master_results_hr`.`giorno`) AS `Year`,
MONTH(`v_master_results_hr`.`giorno`) AS `Month`,
SUM(`v_master_results_hr`.`delta`) AS `Consumption`,
COUNT(0) AS `num_day`
FROM
  `v_master_results_hr`
WHERE
  ((`v_master_results_hr`.`Unit` = 'kWh')
  AND (`v_master_results_hr`.`ID` <> 464)
  AND (`v_master_results_hr`.`ID` <> 466))
GROUP BY `v_master_results_hr`.`ID`, MONTH(`v_master_results_hr`.`giorno`)
ORDER BY `v_master_results_hr`.`Tipology_Name`, YEAR(`v_master_results_hr`.`giorno`),
MONTH(`v_master_results_hr`.`giorno`), `v_master_results_hr`.`ID`

```

#### 10\_perc\_badge

```

CREATE
VIEW `10_perc_badge` AS
SELECT
  `presenzegiornalieretotali`.`Data` AS `data`,
  `presenzegiornalieretotali`.`num_presenze_totali` AS `presenze`,
  ROUND(((`presenzegiornalieretotali`.`num_presenze_totali`*100)/
`reportsender`.`numero_persone`.`qty`),
  2) AS `perc_presenze`
FROM
  (`building`.`presenzegiornalieretotali`
  JOIN `reportsender`.`numero_persone` ON ((`reportsender`.`numero_persone`.`description` =
'pratico'))))

```

#### 11\_temperature\_outdoor

```

CREATE
VIEW `11_temperature_outdoor` AS
SELECT
  `v_master_results_hr`.`ID` AS `ID`,
  `v_master_results_hr`.`Name` AS `Name`,
  `v_master_results_hr`.`Unit` AS `Unit`,

```

```
`v_master_results_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,  
`v_master_results_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,  
`v_master_results_hr`.`Building` AS `Building`,  
`v_master_results_hr`.`giorno` AS `giorno`,  
`v_master_results_hr`.`min` AS `min`,  
`v_master_results_hr`.`avg` AS `avg`,  
`v_master_results_hr`.`max` AS `max`  
FROM  
  `v_master_results_hr`  
WHERE  
  (`v_master_results_hr`.`Building` = 16)  
ORDER BY `v_master_results_hr`.`giorno`, `v_master_results_hr`.`Name`
```

#### 12\_indoor\_ambiental\_conditions

```
CREATE  
VIEW `12_indoor_ambiental_conditions` AS  
SELECT  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`ID` AS `ID`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`Name` AS `Name`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`Unit` AS `Unit`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`Building` AS `Building`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`Room` AS `Room`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`giorno` AS `giorno`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`min` AS `min`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`avg` AS `avg`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`max` AS `max`,  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`.`delta` AS `delta`  
FROM  
  `v_indoor_ambiental_conditions_hr`
```

#### 14\_monthly\_consumption\_surface

```
CREATE
```

```

VIEW `14_monthly_consumption_surface` AS
SELECT
  `t`.`id` AS `id`,
  `t`.`name` AS `name`,
  `t`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,
  `t`.`Category_Name` AS `Category_Name`,
  `t`.`Building` AS `Building`,
  `t`.`Room` AS `Room`,
  `t`.`Year` AS `Year`,
  `t`.`Month` AS `Month`,
  `t`.`Consumption` AS `Consumption`,
  `t`.`Unit` AS `Unit`,
  `r`.`value` AS `Surface`,
  'mq' AS `mq`,
  (`t`.`Consumption` / `r`.`value`) AS `Unit_surface_consumption`,
  'kWh/mq' AS `kWh/mq`,
  `t`.`num_day` AS `num_day`
FROM
  (`09_consumption_table` `t`
  JOIN `reference_surface` `r` ON (((`t`.`Building` = `r`.`building`)
  AND ISNULL(`r`.`zone`))))
ORDER BY `t`.`Month`, `t`.`Tipology_Name`

```

#### 15\_monthly\_consumption\_per\_user

```

CREATE
VIEW `15_monthly_consumption_per_user` AS
SELECT
  `v_master_results_hr`.`ID` AS `ID`,
  YEAR(`v_master_results_hr`.`giorno`) AS `Year`,
  MONTH(`v_master_results_hr`.`giorno`) AS `Month`,
  DAYOFMONTH(`v_master_results_hr`.`giorno`) AS `Day`,
  SUM(`v_master_results_hr`.`delta`) AS `Consumption`,
  `b`.`num_presenze_totali` AS `presenze_giornaliere`,
  (SUM(`v_master_results_hr`.`delta`) / `b`.`num_presenze_totali`) AS `Consumption_per_user`,
  (SUM(`v_master_results_hr`.`delta`) / `n`.`qty`) AS `Consumption_per_total_user`

```

```

FROM
  (`reportsender`.`v_master_results_hr`
  LEFT JOIN `building`.`presenzegiornalieretotali` `b` ON ((`v_master_results_hr`.`giorno` = `b`.`Data`)))
  LEFT JOIN `reportsender`.`numero_persone` `n` ON ((`n`.`description` = 'teorico'))))
WHERE
  ((`v_master_results_hr`.`Unit` = 'kWh')
  AND (`v_master_results_hr`.`ID` <> 464)
  AND (`v_master_results_hr`.`ID` <> 466))
GROUP BY `v_master_results_hr`.`giorno`
ORDER BY `v_master_results_hr`.`giorno`

```

#### 16\_monthly\_th\_consumption\_gg

```

CREATE
VIEW `16_monthly_th_consumption_gg` AS
SELECT
  `t1`.`id` AS `id`,
  `t1`.`name` AS `name`,
  `t1`.`Unit` AS `Unit`,
  `t1`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,
  `t1`.`Category_Name` AS `Category_Name`,
  `t1`.`Building` AS `Building`,
  `t1`.`Room` AS `Room`,
  `t1`.`Year` AS `Year`,
  `t1`.`Month` AS `Month`,
  `t1`.`Consumption` AS `Consumption`,
  `t1`.`num_day` AS `num_day`,
  SUM(`gg`.`gradi_giorno`) AS `sum(gg.gradi_giorno)`,
  (`t1`.`Consumption` / SUM(`gg`.`gradi_giorno`)) AS `consumo_termico_normalizzato`
FROM
  (`17_monthly_th_consumption_surface` `t1`
  JOIN `daily_gradi_giorno` `gg` ON (((`t1`.`Month` = MONTH(`gg`.`giorno`))
  AND (`t1`.`Year` = YEAR(`gg`.`giorno`))))))
GROUP BY `t1`.`id`, `t1`.`Month`, `t1`.`Year`

```

17\_monthly\_th\_consumption\_surface

```

CREATE
VIEW `17_monthly_th_consumption_surface` AS
SELECT
    `v_master_results_hr`.`ID` AS `id`,
    `v_master_results_hr`.`Name` AS `name`,
    `v_master_results_hr`.`Unit` AS `Unit`,
    `v_master_results_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,
    `v_master_results_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,
    `v_master_results_hr`.`Building` AS `Building`,
    `v_master_results_hr`.`Room` AS `Room`,
    YEAR(`v_master_results_hr`.`giorno`) AS `Year`,
    MONTH(`v_master_results_hr`.`giorno`) AS `Month`,
    `v_master_results_hr`.`delta` AS `Consumption`,
    (`v_master_results_hr`.`delta` / `r`.`value`) AS `Specific_Consumption`,
    COUNT(0) AS `num_day`
FROM
    (`v_master_results_hr`
    LEFT JOIN `reference_surface` `r` ON (ISNULL(`r`.`zone`)))
WHERE
    ((`v_master_results_hr`.`ID` = '464')
    OR (`v_master_results_hr`.`ID` = '466'))
GROUP BY `v_master_results_hr`.`ID` , MONTH(`v_master_results_hr`.`giorno`) ,
YEAR(`v_master_results_hr`.`giorno`)

```

daily\_gradi\_giorno

```

CREATE
VIEW `daily_gradi_giorno` AS
SELECT
    `v_master_results_hr`.`giorno` AS `giorno`,
    `v_master_results_hr`.`avg` AS `avg`,
    SUM(IF(((`v_master_results_hr`.`avg` < 20)
    AND (`v_master_results_hr`.`avg` <> 0)),

```

```

        (20 - `v_master_results_hr`.`avg`),
        0)) AS `gradi_giorno`
FROM
    `v_master_results_hr`
WHERE
    (`v_master_results_hr`.`ID` = 2000)
GROUP BY `v_master_results_hr`.`giorno`

```

v\_indoor\_ambiental\_conditions\_hr

```

CREATE
VIEW `v_indoor_ambiental_conditions_hr` AS
SELECT
    `reference_scada`.`ID` AS `ID`,
    `reference_scada`.`Name` AS `Name`,
    `reference_scada`.`Unit` AS `Unit`,
    `reference_tipology`.`name` AS `Tipology_Name`,
    `reference_measurecategory`.`Name` AS `Category_Name`,
    `reference_scada`.`Building` AS `Building`,
    `reference_scada`.`Room` AS `Room`,
    `indoor_ambiental_conditions`.`dayday` AS `giorno`,
    `indoor_ambiental_conditions`.`min` AS `min`,
    `indoor_ambiental_conditions`.`avg` AS `avg`,
    `indoor_ambiental_conditions`.`max` AS `max`,
    `indoor_ambiental_conditions`.`delta` AS `delta`
FROM
    (((`reference_scada`
JOIN `indoor_ambiental_conditions`)
JOIN `reference_tipology`)
JOIN `reference_measurecategory`)
WHERE
    ((`indoor_ambiental_conditions`.`id` = `reference_scada`.`ID`)
    AND (`reference_measurecategory`.`idMeasureCategory` = `reference_scada`.`MeasureCategory`)
    AND (`reference_scada`.`Tipology` = `reference_tipology`.`idtipology`))

```

v\_master\_results\_hr

```

CREATE
IEW `v_master_results_hr` AS
SELECT
    `reference_scada`.`ID` AS `ID`,
    `reference_scada`.`Name` AS `Name`,
    `reference_scada`.`Unit` AS `Unit`,
    `reference_tipology`.`name` AS `Tipology_Name`,
    `reference_measurecategory`.`Name` AS `Category_Name`,
    `reference_scada`.`Building` AS `Building`,
    `reference_scada`.`Room` AS `Room`,
    `master_results`.`dayday` AS `giorno`,
    `master_results`.`min` AS `min`,
    `master_results`.`avg` AS `avg`,
    `master_results`.`max` AS `max`,
    `master_results`.`delta` AS `delta`,
    `master_results`.`row_num` AS `row_number`,
    `master_results`.`row_num_ref` AS `row_number_ref`,
    `master_results`.`all_zero_values` AS `all_zero_values`,
    `master_results`.`all_equals_values` AS `all_equals_values`,
    `master_results`.`missing_data` AS `missing_data`
FROM
    (((`reference_scada`
    JOIN `master_results`)
    JOIN `reference_tipology`)
    JOIN `reference_measurecategory`)
WHERE
    ((`master_results`.`device_id` = `reference_scada`.`ID`)
    AND (`reference_measurecategory`.`idMeasureCategory` = `reference_scada`.`MeasureCategory`)
    AND (`reference_scada`.`Tipology` = `reference_tipology`.`idtipology`))

```

zzz\_alarm\_table

```

CREATE
VIEW `zzz_alarm_table` AS
SELECT

```

```

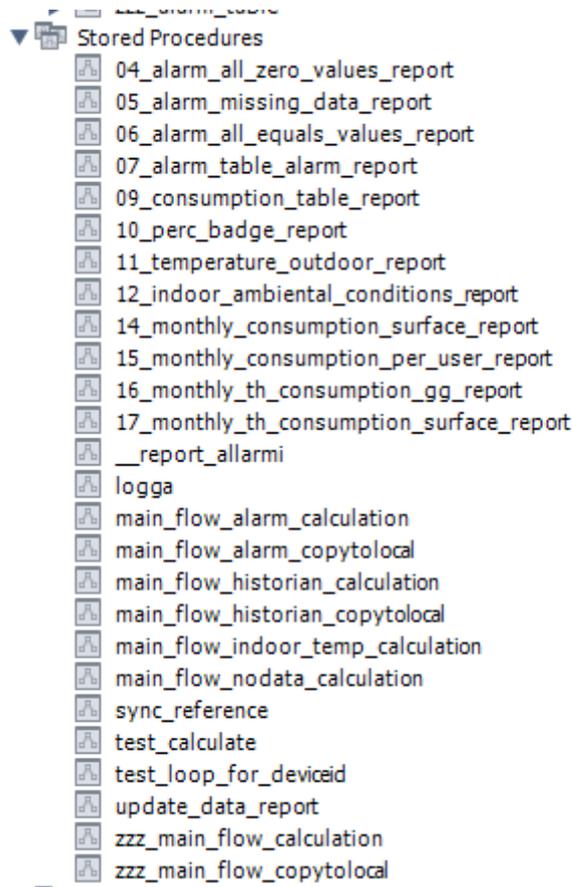
`v_master_results_hr`.`ID` AS `ID`,
`v_master_results_hr`.`Name` AS `Name`,
`v_master_results_hr`.`Unit` AS `Unit`,
`v_master_results_hr`.`Tipology_Name` AS `Tipology_Name`,
`v_master_results_hr`.`Category_Name` AS `Category_Name`,
`v_master_results_hr`.`Building` AS `Building`,
`v_master_results_hr`.`Room` AS `Room`,
`v_master_results_hr`.`giorno` AS `giorno`,
`v_master_results_hr`.`min` AS `min`,
`v_master_results_hr`.`avg` AS `avg`,
`v_master_results_hr`.`max` AS `max`,
`v_master_results_hr`.`row_number` AS `row_number`,
`v_master_results_hr`.`row_number_ref` AS `row_number_ref`,
`v_master_results_hr`.`all_zero_values` AS `all_zero_values`,
`v_master_results_hr`.`all_equals_values` AS `all_equals_values`,
`v_master_results_hr`.`missing_data` AS `missing_data`
FROM
  `v_master_results_hr`
WHERE
  (((`v_master_results_hr`.`all_zero_values` + `v_master_results_hr`.`all_equals_values`) +
  `v_master_results_hr`.`missing_data`) <> 0)
  AND (`v_master_results_hr`.`Category_Name` <> 'fancoil setpoint')
  AND (`v_master_results_hr`.`Category_Name` <> 'movement')
  AND (`v_master_results_hr`.`Category_Name` <> 'other')
  AND (`v_master_results_hr`.`Category_Name` <> 'thermostat temperature'))
ORDER BY `v_master_results_hr`.`Tipology_Name`

```

**Procedure**

Tutte le stored procedures utilizzano al loro interno la SP 'logga' per compilare la tabella 'log\_table'. I dati delle SP \*\_report sono generati prendendo i dati dalle viste e filtrandoli per la data corrente. Alcuni report hanno un filtro giornaliero mentre altri un filtro mensile.

Overview



Procedura	Struttura
04_alarm_all_zero_values_report	Report giornaliero di '04_alarm_all_zero_values' dei dati non booleani
05_alarm_missing_data_report	Report giornaliero di '05_alarm_missing_data' dei dati non booleani
06_alarm_all_equals_values_report	Report giornaliero di '06_alarm_all_equals_values' dei dati non booleani
07_alarm_table_alarm_report	Report giornaliero di '07_alarm_table_alarm'
09_consumption_table_report	Report mensile di '09_consumption_table'
10_perc_badge_report	Report mensile di '10_perc_badge'
11_temperature_outdoor_report	Report mensile di '11_temperature_outdoor'
12_indoor_ambiental_conditions_report	Report mensile di '12_indoor_ambiental_conditions'

14_monthly_consumption_surface_report	Report mensile di '14_monthly_consumption_surface'
15_monthly_consumption_per_user_report	Report mensile di '15_monthly_consumption_per_user'
16_monthly_th_consumption_gg_report	Report mensile di '16_monthly_th_consumption_gg'
17_monthly_th_consumption_surface_report	Report mensile di '17_monthly_th_consumption_surface'
logga	Inserisce nella tabella 'log_table' il timestamp del log, il nome della procedura che la richiama, il tipo di messaggio ed il testo del messaggio.
main_flow_alarm_calculation	Inserisce in 'daily_alarm_results' tutti i record di 'temp_alarm' del giorno corrente.
main_flow_alarm_copytocal	Copia in 'temp_alarm' dalla tabella 'alarm' nel db 'smarttowndb' con la data maggiore di quella data in input.
main_flow_historian_calculation	Inserisce in 'master_results' tutti i record di 'temp_historian' del giorno corrente, calcolando i valori min, avg, max, delta, somma, numero di righe, all_zero_values, all_equals_values, missing_data. Se non è presente nessun dato, viene inserito un record vuoto.
main_flow_historian_copytocal	Copia in 'temp_historian' dalla tabella 'historian' nel db 'smarttowndb' con la data maggiore di quella data in input.
main_flow_indoor_temp_calculation	Inserisce in 'indoor_ambiental_conditions' i valori min, avg, max, delta e sum da 'temp_historian' delle misurazioni tra le 8 e le 19
main_flow_nodata_calculation	Inserisce in 'master_results' i valori min, avg, max, delta, sum, numero di righe, differenza di righe, all_zero_values, all_equals_values, missing_data da 'temp_historian' filtrati per la data in input
sync_reference	Imposta la Tipology e la MeasureCategory a "Indefinito" per le SCADA a 2000 a 2006
test_calculate	Restituisce una select che simula il calcolo per historian
test_loop_for_deviceid	Esegue un loop per ogni device id
update_data_report	Richiama le SP per l'aggiornamento dei report (main_flow_historian_copytocal, main_flow_alarm_copytocal, main_flow_historian_calculation, main_flow_alarm_calculation)
zzz_main_flow_calculation	Inserisce in 'master_results' i calcoli min, avg, max, delta, sum, numero di righe, differenza di righe, all_zero_values, all_equals_values, missing_data da 'temp_historian' filtrati per la data in input
zzz_main_flow_copytocal	Copia in 'temp_historian' dalla tabella 'historian' nel db 'smarttowndb' con la data maggiore di quella data in input.
__report_allarmi	Restituisce una select di 'alarm_table' filtrata per giorno. Restituisce un log se non sono presenti dati o alarms nel giorno.

04\_alarm\_all\_zero\_values\_report

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `04_alarm_all_zero_values_report`(in _alarmreportday date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '04_alarm_all_zero_values_report';

declare cntval int(2) default 0;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

#check if there are some entry into master_results table to chek if data are available
select count(*) into cntval from `reportsender`.`master_results` where dayday = _alarmreportday;

call logga(procname,'INFO',concat('Founded ',cntval, ' entry inside master_results table'));

#NO DATA FOR THE DAY
if (cntval = 0 ) then
    #Log as error
    call logga(procname,'ERROR',concat('NO DATA present for day: ',_alarmreportday));
    select cast(concat(_alarmreportday,' --> NO DATA found') as char) as description;

#YES DATA BUT NO ALARMS FOR THE DAY
elseif (
    (select count(*) from
    `reportsender`.`04_alarm_all_zero_values` where giorno = _alarmreportday)=0
    )
then
    call logga(procname,'INFO',concat('NO ALARM present for day: ',_alarmreportday));
    select cast(concat(_alarmreportday,' --> NO ALARM preent') as char) as description;

#YES DATA AND YES ALARMS
else
    select  ID,
           Name,

```

```

Unit,
Tipology_Name,
Category_Name,
Building,
Room,
giorno,
min,
avg,
max

from `reportsender`.`04_alarm_all_zero_values` where giorno = _alarmreportday
and Unit <>'Boolean';

end if;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END

```

#### 05\_alarm\_missing\_data\_report

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `05_alarm_missing_data_report`(in _alarmreportday date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '05_alarm_missing_data_report';

declare cntval int(2) default 0;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

#check if there are some entry into master_results table to chek if data are available
select count(*) into cntval from `reportsender`.`master_results` where dayday = _alarmreportday;

call logga(procname,'INFO',concat('Founded ',cntval, ' entry inside master_results table'));

#NO DATA FOR THE DAY

```

```

if (cntval = 0 ) then
    #Log as error
    call logga(procname,'ERROR',concat('NO DATA present for day: ',_alarmreportday));
    select cast(concat(_alarmreportday,' --> NO DATA found') as char) as description;

#YES DATA BUT NO ALARMS FOR THE DAY
elseif (
    (select count(*) from
        `reportsender`.`05_alarm_missing_data` where giorno = _alarmreportday)=0
    )
then
    call logga(procname,'INFO',concat('NO ALARM present for day: ',_alarmreportday));
    select cast(concat(_alarmreportday,' --> NO ALARM preent') as char) as description;

#YES DATA AND YES ALARMS
else
    select  ID,
            Name,
            Unit,
            Tipology_Name,
            Category_Name,
            Building,
            Room,
            giorno,
            min,
            avg,
            max,
            row_number,
            row_number_ref
    from `reportsender`.`05_alarm_missing_data` where giorno = _alarmreportday
    and Unit not like 'Boolea%';

end if;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

```

END

06\_alarm\_all\_equals\_values\_report

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `06_alarm_all_equals_values_report`(in _alarmreportday
date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '06_alarm_all_equals_values_report';

declare cntval int(2) default 0;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

#check if there are some entry into master_results table to chek if data are available
select count(*) into cntval from `reportsender`.`master_results` where dayday = _alarmreportday;

call logga(procname,'INFO',concat('Founded ',cntval, ' entry inside master_results table'));

#NO DATA FOR THE DAY
if (cntval = 0 ) then
    #Log as error
    call logga(procname,'ERROR',concat('NO DATA present for day: ',_alarmreportday));
    select cast(concat(_alarmreportday,' --> NO DATA found') as char) as description;

#YES DATA BUT NO ALARMS FOR THE DAY
elseif (
    (select count(*) from
    `reportsender`.`06_alarm_all_equals_values` where giorno = _alarmreportday)=0
    )
then
    call logga(procname,'INFO',concat('NO ALARM present for day: ',_alarmreportday));
    select cast(concat(_alarmreportday,' --> NO ALARM preent') as char) as description;

#YES DATA AND YES ALARMS
else

```

```

        select  ID,
                Name,
                Unit,
                Tipology_Name,
                Category_Name,
                Building,
                Room,
                giorno,
                min,
                avg,
                max
        from `reportsender`.`06_alarm_all_equals_values` where giorno = _alarmreportday
        and Unit <>'Boolean';

end if;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END

```

07\_alarm\_table\_alarm\_report

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `07_alarm_table_alarm_report`(in _alarmreportday date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '07_alarm_table_alarm_report';

declare cntval int(2) default 0;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

#check if there are some entry into master_results table to chek if data are available
select  count(*)  into  cntval  from  `reportsender`.`07_alarm_table_alarm`  where
date(`07_alarm_table_alarm`.`day`) = _alarmreportday;

call logga(procname,'INFO',concat('Founded ',cntval, ' entry inside 07_alarm_table_alarm table'));

```

```
#NO DATA FOR THE DAY
if (cntval = 0 ) then
    #Log as error
    call logga(procname,'ERROR',concat('NO ALARM present for day: ',_alarmreportday));
    select cast(concat(_alarmreportday,' --> NO Alarm founded') as char) as description;

#YES DATA AND YES ALARMS
else
    select *
    from `reportsender`.`07_alarm_table_alarm` where day = _alarmreportday;

end if;
call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END
```

#### 09\_consumption\_table\_report

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `09_consumption_table_report`(in _consumptionreportday
date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '09_consumption_table_report';

declare _mymonth int(2) default 0;

select month(_consumptionreportday) into _mymonth;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

call logga(procname,'INFO',concat('Generating report consumption for month: ',_mymonth));

select * from `reportsender`.`09_consumption_table` where Month = _mymonth order by
`Tipology_Name`;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');
```

```
END
```

#### 10\_perc\_badge\_report

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `10_perc_badge_report`(in _consumptionreportday date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '10_perc_badge_report';

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

call logga(procname,'INFO',concat('Generating badge report consumption for year - month: ',
date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')));

SELECT * FROM `reportsender`.`10_perc_badge`
where date_format(data, '%Y %m') = date_format(_consumptionreportday, '%Y %m');

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END
```

#### 11\_temperature\_outdoor\_report

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `11_temperature_outdoor_report`(in
_consumptionreportday date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '11_temperature_outdoor_report';

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

call logga(procname,'INFO',concat('Generating badge temperature outdoor report for year - month: ',
date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')));

SELECT * FROM `reportsender`.`11_temperature_outdoor`
```

```
where date_format(giorno, '%Y %m') = date_format(_consumptionreportday, '%Y %m');
```

```
call logga(procname, 'INFO', '*****ENDING procedure');
```

```
END
```

#### 12\_indoor\_ambiental\_conditions\_report

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `12_indoor_ambiental_conditions_report` (in  
_consumptionreportday date)
```

```
BEGIN
```

```
declare procname varchar(45) default '12_indoor_ambiental_conditions';
```

```
call logga(procname, 'INFO', '*****STARTING procedure');
```

```
call logga(procname, 'INFO', concat('Generating badge temperature outdoor report for year - month: ',  
date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')));
```

```
SELECT ID, Name, Unit, Tipology_Name, Category_Name, Building, Room, giorno, min, avg, max  
FROM `reportsender`.`12_indoor_ambiental_conditions`
```

```
where date_format(giorno, '%Y %m') = date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')
```

```
and Name not like 'Set_point%';
```

```
call logga(procname, 'INFO', '*****ENDING procedure');
```

```
END
```

#### 14\_monthly\_consumption\_surface\_report

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `14_monthly_consumption_surface_report` (in  
_consumptionreportday date)
```

```
BEGIN
```

```
declare procname varchar(45) default '14_daily_consumption_surface_report';
```

```
declare _mymonth int(2) default 0;
```

```

declare _myyear int(4) default 0;

select month(_consumptionreportday),year(_consumptionreportday) into _mymonth,_myyear;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

call logga(procname,'INFO',concat('Generating consumption surface report for year - month: ',
date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')));

SELECT * FROM `reportsender`.`14_monthly_consumption_surface` where Month = _mymonth and Year
= _myyear;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END

```

#### 15\_monthly\_consumption\_per\_user\_report

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `15_monthly_consumption_per_user_report`(in
_consumptionreportday date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default '15_monthly_consumption_per_user_report';

declare _mymonth int(2) default 0;
declare _myyear int(4) default 0;

select month(_consumptionreportday),year(_consumptionreportday) into _mymonth,_myyear;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

call logga(procname,'INFO',concat('Generating consumption per user report for year - month: ',
date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')));

SELECT * FROM `reportsender`.`15_monthly_consumption_per_user` where Month = _mymonth and
Year = _myyear ORDER BY day ASC;

```

```
call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');
```

```
END
```

#### 16\_monthly\_th\_consumption\_gg\_report

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `16_monthly_th_consumption_gg_report`(in  
_consumptionreportday date)
```

```
BEGIN
```

```
declare procname varchar(45) default '16_monthly_th_consumption_gg_report';
```

```
declare _mymonth int(2) default 0;
```

```
declare _myyear int(4) default 0;
```

```
select month(_consumptionreportday),year(_consumptionreportday) into _mymonth,_myyear;
```

```
call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');
```

```
call logga(procname,'INFO',concat('Generating th consumption gg report for year - month: ',  
date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')));
```

```
SELECT * FROM `reportsender`.`16_monthly_th_consumption_gg` where Month = _mymonth and Year =  
_myyear;
```

```
call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');
```

```
END
```

#### 17\_monthly\_th\_consumption\_surface\_report

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `17_monthly_th_consumption_surface_report`(in  
_consumptionreportday date)
```

```
BEGIN
```

```
declare procname varchar(45) default '17_monthly_th_consumption_surface_report';
```

```

declare _mymonth int(2) default 0;
declare _myyear int(4) default 0;

select month(_consumptionreportday),year(_consumptionreportday) into _mymonth,_myyear;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');

call logga(procname,'INFO',concat('Generating th consumption surface report for year - month: ',
date_format(_consumptionreportday, '%Y %m')));

SELECT * FROM `reportsender`.`17_monthly_th_consumption_surface` where Month = _mymonth and
Year = _myyear;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END

```

#### Logga

```

CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `logga`(
    IN _procname varchar(45),
    IN _typeinfo VARCHAR(45),
    IN _message VARCHAR(200)
)
BEGIN

insert into log_table
    (ts,procname,typeinfo,message)
    values
    (now(), _procname, _typeinfo, _message);

END

```

#### main\_flow\_alarm\_calculation

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `main_flow_alarm_calculation`(IN _dayinput date)

```

```
BEGIN

declare procname varchar(45) default 'main_flow_alarm_calculation';

DECLARE v_finished INTEGER DEFAULT 0;
DECLARE current_id int DEFAULT 0;

#-- declare cursor for iniziativa id
DECLARE cursor_scada_id CURSOR FOR
    select ID from reference_scada where Building = '1';

#-- declare NOT FOUND handler
DECLARE CONTINUE HANDLER
    FOR NOT FOUND SET v_finished = 1;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');
call logga(procname,'INFO','Opening cursor to insert data into daily_alarm_results');

truncate table daily_alarm_results;

OPEN cursor_scada_id ;

get_id: LOOP

FETCH cursor_scada_id INTO current_id;

IF v_finished = 1 THEN
LEAVE get_id;
END IF;

INSERT IGNORE INTO `reportsender`.`daily_alarm_results`
```

```

(`Idscada`,
`Name`,
`Event_Timestamp`,
`Insert_timestamp`,
`Value`,
`ClassAlarm`,
`Message`,
`id_message`,
`id_diagnostics_tipology`,
`resnovae_ack`,
`building`)
SELECT
    `temp_alarm`.`Idscada`,
    `temp_alarm`.`Name`,
    `temp_alarm`.`Event_Timestamp`,
    `temp_alarm`.`Insert_timestamp`,
    `temp_alarm`.`Value`,
    `temp_alarm`.`ClassAlarm`,
    `temp_alarm`.`Message`,
    `temp_alarm`.`id_message`,
    `temp_alarm`.`id_diagnostics_tipology`,
    `temp_alarm`.`resnovae_ack`,
    `temp_alarm`.`building`
FROM `reportsender`.`temp_alarm`
    where
        Idscada=current_id
        AND CAST(Event_Timestamp AS DATE) = _dayinput;

END LOOP get_id;

CLOSE cursor_scada_id;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');
END

```

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `main_flow_alarm_copytolocal`(in _daytoalc DATE)
BEGIN

declare procname varchar(45) default 'main_flow_alarm_copytolocal';
declare _row_copied int(20) default 0;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');
call logga(procname,'INFO','Truncating table temp_alarm');

truncate table temp_alarm;

#Copy value to work on local
call logga(procname,'INFO',concat('Copyng data to temporary table starting from date: ',_daytoalc));

insert into temp_alarm
select * from smarttowndb.alarm
where Event_timestamp > _daytoalc;

select count(*) into _row_copied from temp_alarm;

call logga(procname,'INFO',concat('Copied into temporary table row number: ',_row_copied));
call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END

```

main\_flow\_historian\_calculation

```

CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `main_flow_historian_calculation`(IN _date_out date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default 'main_flow_calculation';

#This procedure accept as imnput parameter a date
#and makes:
#

```

```

#in a

DECLARE v_finished INTEGER DEFAULT 0;
DECLARE current_id int DEFAULT 0;

#-- declare cursor for iniziativa id
DECLARE cursor_scada_id CURSOR FOR
    select ID from reference_scada where (Building =1 or Building=16);

#-- declare NOT FOUND handler
DECLARE CONTINUE HANDLER
    FOR NOT FOUND SET v_finished = 1;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');
call logga(procname,'INFO','Opening cursor to insert data into master_results table');

OPEN cursor_scada_id ;

get_id: LOOP

FETCH cursor_scada_id INTO current_id;

IF v_finished = 1 THEN
LEAVE get_id;
END IF;

#Prepopulate row with zero fill

INSERT IGNORE INTO `reportsender`.`master_results`
(`device_id`,
`dayday`,
`min`,
`avg`,
`max`,
`delta`,

```

```

`sum`,
`row_num`,
`row_num_ref`,
`row_difference`,
`all_zero_values`,
`all_equals_values`,
`missing_data`)
SELECT
    ID,
    CAST(Timestamp AS DATE) AS giorno,
    MIN(Value) AS min,
    cast(AVG(Value) as decimal(10,2)) AS avg,
    MAX(Value) AS max,
    MAX(Value) - MIN(Value) AS delta,
    cast(SUM(value) as decimal(10,2)) as sum,
    COUNT(Value) AS row_num,
    96 as row_num_ref,
    96 - COUNT(Value) as row_difference,
    if(SUM(Value) = 0,1,0) AS all_zero_values,
    ALL_VALUES_ARE_EQUALS(current_id, _date_out) AS all_equals_values,
    if((96 - COUNT(Value)) > 1,1,0) as missing_data
FROM
    temp_historian
WHERE
    ID = current_id
    AND CAST(Timestamp AS DATE) = _date_out
GROUP BY CAST(Timestamp AS DATE);

#Add empty row if no data are present inside temp_historian
INSERT INTO `reportsender`.`master_results`
(`device_id`, `dayday`, `min`, `avg`, `max`, `delta`, `sum`, `row_num`, `row_num_ref`, `row_difference`,
`all_zero_values`, `all_equals_values`, `missing_data`)
VALUES (current_id, _date_out , '0', '0', '0', '0', '0', '0','96', '96', '0', '0', '1') ON DUPLICATE KEY update
device_id=current_id;

END LOOP get_id;

```

```
CLOSE cursor_scada_id;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END
```

#### main\_flow\_historian\_copytolocal

```
CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `main_flow_historian_copytolocal`(in _daytoalc DATE)
BEGIN

declare procname varchar(45) default 'main_flow_historian_copytolocal';

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');
call logga(procname,'INFO','Truncating table temp_historian');

truncate table temp_historian;

#Copy value to work on local
call logga(procname,'INFO',concat('Copyng data to temporary table starting from date: ',_daytoalc));

insert into temp_historian
select * from smarttowndb.historian
where Insert_timestamp > _daytoalc;

select count(*) into @val from temp_historian;

call logga(procname,'INFO',concat('Copied into temporary table row number: ',@val));
call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END
```

#### main\_flow\_indoor\_temp\_calculation

```
CREATE DEFINER=`root`@`%` PROCEDURE `main_flow_indoor_temp_calculation`(IN _dayinput date)
BEGIN
```

```
declare procname varchar(45) default 'main_flow_indoor_temp_calculation';

DECLARE v_finished INTEGER DEFAULT 0;
DECLARE current_id int DEFAULT 0;

#-- declare cursor for iniziativa id
DECLARE cursor_scada_id CURSOR FOR
    select ID from reference_scada where Building = '1' AND tipology = 11;

#-- declare NOT FOUND handler
DECLARE CONTINUE HANDLER
    FOR NOT FOUND SET v_finished = 1;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');
call logga(procname,'INFO','Opening cursor to insert data into main_flow_indoor_temp_calculation');

#truncate table indoor_temp;

OPEN cursor_scada_id ;

get_id: LOOP

FETCH cursor_scada_id INTO current_id;

IF v_finished = 1 THEN
LEAVE get_id;
END IF;

INSERT IGNORE INTO indoor_ambiental_conditions
(`id`, `dayday`, `min`, `avg`, `max`, `delta`, `sum`)
SELECT
```

```

        ID,
        date(timestamp), min(value), avg(Value), max(value),
        max(value) - min(value) as delta, sum(value) as sum
    FROM reportsender.temp_historian where ID=current_id
    and hour(timestamp) >=8 and hour(timestamp) <=19
    group by date(timestamp);

END LOOP get_id;

CLOSE cursor_scada_id;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END

```

main\_flow\_nodata\_calculation

```

CREATE DEFINER=`root`@`localhost` PROCEDURE `main_flow_nodata_calculation`(IN _date_out date)
BEGIN

declare procname varchar(45) default 'main_flow_calculation';

#This procedure accept as imnput parameter a date
#and makes:
#
#in a

DECLARE v_finished INTEGER DEFAULT 0;
DECLARE current_id int DEFAULT 0;

#-- declare cursor for iniziativa id
DECLARE cursor_scada_id CURSOR FOR
    select ID from reference_scada where (Building =1 or Building=16);

#-- declare NOT FOUND handler
DECLARE CONTINUE HANDLER

```

```
FOR NOT FOUND SET v_finished = 1;
```

```
call logga(procname,'INFO','*****STARTING procedure');
```

```
call logga(procname,'INFO','Opening cursor to insert data into master_results table');
```

```
OPEN cursor_scada_id ;
```

```
get_id: LOOP
```

```
FETCH cursor_scada_id INTO current_id;
```

```
IF v_finished = 1 THEN
```

```
LEAVE get_id;
```

```
END IF;
```

```
INSERT IGNORE INTO `reportsender`.`master_results`
```

```
(`device_id`,
```

```
`dayday`,
```

```
`min`,
```

```
`avg`,
```

```
`max`,
```

```
`delta`,
```

```
`sum`,
```

```
`row_num`,
```

```
`row_num_ref`,
```

```
`row_difference`,
```

```
`all_zero_values`,
```

```
`all_equals_values`,
```

```
`missing_data`)
```

```
SELECT
```

```
  ID,
```

```
  CAST(Timestamp AS DATE) AS giorno,
```

```
  MIN(Value) AS min,
```

```
  cast(AVG(Value) as decimal(10,2)) AS avg,
```

```

MAX(Value) AS max,
MAX(Value) - MIN(Value) AS delta,
cast(SUM(value) as decimal(10,2)) as sum,
COUNT(Value) AS row_num,
96 as row_num_ref,
96 - COUNT(Value) as row_difference,
if(SUM(Value) = 0,1,0) AS all_zero_values,
ALL_VALUES_ARE_EQUALS(current_id, _date_out) AS all_equals_values,
if((96 - COUNT(Value)) > 1,1,0) as missing_data
FROM
temp_historian
WHERE
ID = current_id
AND CAST(Timestamp AS DATE) = _date_out
GROUP BY CAST(Timestamp AS DATE);
END LOOP get_id;

CLOSE cursor_scada_id;

call logga(procname,'INFO','*****ENDING procedure');

END

```

sync\_reference

```

CREATE DEFINER=`harpa`@`%` PROCEDURE `sync_reference`()
BEGIN

#sync all the references tables used from procedure

truncate table reference_measurecategory;

insert into reference_measurecategory
select * from smarttowntdb.MeasureCategory;

```

```
truncate table reference_scada;
```

```
insert into reference_scada
```

```
select * from smarttowndb.scada;
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `Tipology`='999', `MeasureCategory`='999' WHERE `ID`='2000';
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `Tipology`='999', `MeasureCategory`='999' WHERE `ID`='2001';
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `Tipology`='999', `MeasureCategory`='999' WHERE `ID`='2002';
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `Tipology`='999', `MeasureCategory`='999' WHERE `ID`='2003';
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `Tipology`='999', `MeasureCategory`='999' WHERE `ID`='2004';
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `Tipology`='999', `MeasureCategory`='999' WHERE `ID`='2005';
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `Tipology`='999', `MeasureCategory`='999' WHERE `ID`='2006';
```

```
UPDATE `reportsender`.`reference_scada` SET `MeasureCategory`='999' WHERE `MeasureCategory` IS NULL;
```

```
truncate table reference_tipology;
```

```
insert into reference_tipology
```

```
select * from smarttowndb.tipology;
```

```
END
```

```
test_calculate
```

```
CREATE DEFINER='harpa'@'%` PROCEDURE `test_calculate`(IN _myday DATE, IN _myid INT)
```

```
BEGIN
```

```
SELECT
```

```
    ID,
```

```

CAST(Timestamp AS DATE) AS giorno,
MIN(Value) AS min,
cast(AVG(Value) as decimal(10,2)) AS avg,
MAX(Value) AS max,
MAX(Value) - MIN(Value) AS delta,
cast(SUM(value) as decimal(10,2)) as sum,
COUNT(Value) AS row_num,
145 as row_num_ref,
145 - COUNT(Value) as row_difference,
if(SUM(Value) = 0,1,0) AS all_zero_values,
ALL_VALUES_ARE_EQUALS(_myid, _myday) AS all_equals_values,
if((145 - COUNT(Value)) > 1,1,0) as missing_data
FROM
temp_historian
WHERE
ID = _myid
AND CAST(Timestamp AS DATE) = _myday
GROUP BY CAST(Timestamp AS DATE);

END

```

test\_loop\_for\_deviceid

```

CREATE DEFINER='harpa'@'%' PROCEDURE `test_loop_for_deviceid`(IN _date_out date)
BEGIN

DECLARE v_finished INTEGER DEFAULT 0;
DECLARE current_id int DEFAULT 0;

#-- declare cursor for iniziativa id
DECLARE cursor_scada_id CURSOR FOR
select ID from reference_scada where Building = '1';

#-- declare NOT FOUND handler
DECLARE CONTINUE HANDLER
FOR NOT FOUND SET v_finished = 1;

```

```
OPEN cursor_scada_id ;

get_id: LOOP

FETCH cursor_scada_id INTO current_id;

IF v_finished = 1 THEN
LEAVE get_id;
END IF;

select current_id;

END LOOP get_id;

CLOSE cursor_scada_id;

END
```

update\_data\_report

```
CREATE DEFINER='harpa'@'%' PROCEDURE `update_data_report`()
BEGIN

declare procname varchar(45) default 'update_data_report';

set @day_report=(select date_sub(date(now()), interval 1 day));
set @starting_day_to_copy_data=(select date_sub(date(now()), interval 5 day));

#empty log table
truncate table `reportsender`.`log_table`;

call logga(procname,'INFO','*****STARTING MAIN procedure');
call logga(procname,'INFO',concat('Starting update procedure on for day:', @day_report));
```

```
call logga(procname,'INFO',concat('Coping historian data starting from:', @starting_day_to_copy_data));  
CALL `reportsender`.`main_flow_historian_copytolocal`(@starting_day_to_copy_data);  
  
call logga(procname,'INFO',concat('Coping alarm data starting from:', @starting_day_to_copy_data));  
CALL `reportsender`.`main_flow_alarm_copytolocal`(@starting_day_to_copy_data);  
  
call logga(procname,'INFO',concat('calculate historian results for day:', @day_report));  
CALL `reportsender`.`main_flow_historian_calculation`(@day_report);  
  
call logga(procname,'INFO',concat('calculate alarm results for day:', @day_report));  
CALL `reportsender`.`main_flow_alarm_calculation`(@day_report);  
  
END
```

## Processo di raccolta e invio dati

### Prerequisiti per l'esecuzione:

- Oracle JDK v1.8.x installato

Il programma sorgente è fornito come progetto completo NetBeans v7.4

### Installazione

- creare la directory per la scrittura temporanea dei file da inviare via email
- creare la directory per la scrittura del file di log
- modificare il file conf.properties a riflettere la posizione della directory temporanea
- modificare il file log4j.properties a riflettere la posizione della directory dei file di log
- per modificare log4j.properties dopo la build del progetto e la creazione del relativo file ReportSender.jar
- aprire il file jar come se fosse uno file .zip ed editare il file log4j.properties
- comprimere nuovamente il file dopo la modifica

### Esecuzione

per lanciare il programma:

- copiare i file del programma (cartella dist) nella directory desiderata
- per comodità copiare nella stessa directory il file conf.properties

eseguire:

- java -jar dist/ReportSender.jar -f ./conf.properties

### Configurazione

La configurazione è eseguita tramite il file **conf.properties** al cui interno sono presenti i seguenti campi

PARAMETRO	DESCRIZIONE
DB_HOST	ip address del server mysql su cui risiede il database con le stored procedure
DB_PORT	porta del server mysql su cui risiede il database con le stored procedure
DB_NAME	nome del database con le stored procedure
DB_USER	utente del database con le stored procedure
DB_PASS	password dell'utente indicato in DB_USER
CSV_FIELD_SEPARATOR	separatore dei campi presenti nei file csv prodotti dal programma
EMAIL_SERVER	campi presenti nei file csv prodotti dal programma
EMAIL_PORT	porta del server di posta elettronica
EMAIL_USER	utente dell'account che spedisce i report

EMAIL_PASS	password dell'utente indicato in EMAIL_USER
EMAIL_OBJECT	password dell'utente indicato in EMAIL_USER
EMAIL_RECIPIENTS	elenco di destinatari della email contenente i report (NB: indirizzi email separati da ;)
EMAIL_MSG	messaggio presente nel corpo della email (NB: alcuni server eliminano le email con body vuoto)
TEMP_DIRECTORY	directory temporanea per salvataggio file dei report durante la creazione
REPORT_TO_SENDO	elenco report secondo quanto riportato sotto
...	
REPORT_TO_SENdn	

### Configurazione report

Per ogni report da generare occorre definire una riga nel formato:

- REPORT\_TO\_SENdn=titolo del report;nome della stored procedure associata al report;prefisso da aggiungere al relativo file prodotto - n deve essere un numero progressivo che parte da 0 e prosegue senza interruzioni (0,1,2,3 OK - 0,1,3,4 ERRORE)

Esempio Allarmi;

REPORT\_TO\_SENDO=Allarmi;report\_allarmi;allarmi\_

Per generare il report chiamato "Allarmi" verrà chiamata la stored procedure "report\_allarmi" ed il file generato avrà nome "allarmi\_.csv"

## *2.2 Studio e simulazione di uno smart building del settore terziario full electric nello scenario di dynamic pricing (UnivPM)*

### 2.2.1 Introduzione

I temi sviluppati nell'ambito del presente accordo di collaborazione tra ENEA e l'Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Ingegneria Industriale e Scienze Matematiche, riguardano il miglioramento di un simulatore di smart buildings per testare funzionalità di smart energy management in presenza di produzione da fonti rinnovabili, storage elettrico e in contesti di dynamic pricing.

### 2.2.2 Descrizione delle attività svolte e risultati

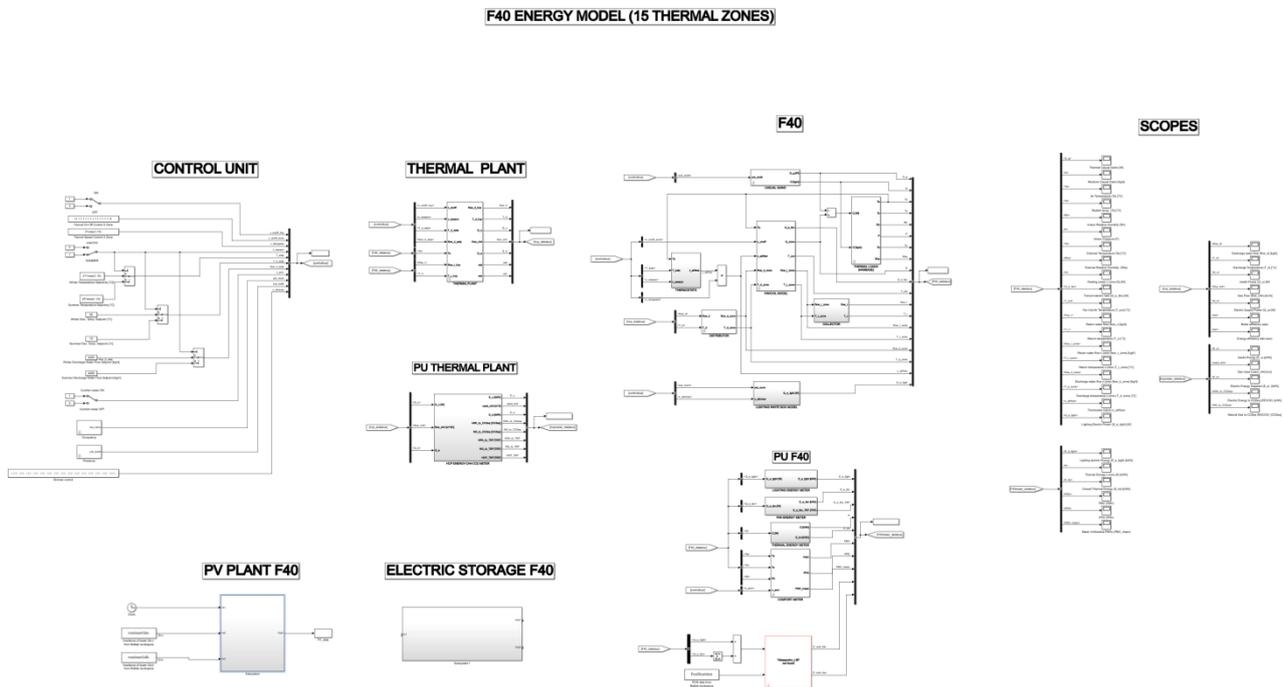
Nelle annualità precedenti, è stato sviluppato un simulatore di edifici applicato sia a singoli edifici che a cluster di edifici. Nel tempo sono state sviluppate diverse funzionalità. In questa annualità tutte le principali funzionalità sono state raggruppate in un unico simulatore applicato allo smart building F40 del C.R. Casaccia ENEA. In particolare, le linee di attività principali di questa annualità, sono state:

1. Studio e simulazione dell'edificio F40 nello scenario di utilizzo di: impianto fotovoltaico, pompa di calore, storage elettrico e dynamic pricing
2. Predisposizione del simulatore per l'accoppiamento con software di ottimizzazione per il successivo studio della gestione ottimale dell'edificio

### 2.2.2.1 Studio e simulazione dell'edificio F40 nello scenario di utilizzo di: impianto fotovoltaico, pompa di calore, storage elettrico e dynamic pricing

Nelle annualità precedenti il simulatore è stato migliorato aggiungendo nuove funzionalità quali: la predisposizione alla simulazione di scenari di dynamic pricing; integrazione di storage sia elettrici che termici; integrazione di impianti fotovoltaico. In particolare, nella scorsa annualità il simulatore è stato utilizzato per uno studio sulla possibilità di dotare l'edificio F40 di impianto di riscaldamento/raffrescamento con pompa di calore e di un impianto per la produzione fotovoltaica. In questa annualità l'attività di ricerca si è concentrata sulla simulazione dell'edificio F40 dotato di pompa di calore, nello scenario di installazione di: i) un impianto fotovoltaico di circa 18-20 kW; ii) di uno storage elettrico da circa 40 kWh. Lo scenario prevede anche un prezzo orario dell'energia variabile (dynamic pricing). In particolare, sono state simulate due settimane lavorative: una rappresentativa della stagione estiva, ed una rappresentativa della stagione invernale.

In Figura 11 è rappresentato lo schema a blocchi del Simulatore F40 e in Figura 12 la vista interna del blocco di storage elettrico. La Figura 13 contiene un esempio di andamento mensile del PUN, per il dynamic pricing. La Figura 14 e la Figura 15 rappresentano la produzione fotovoltaica dell'edificio in febbraio e luglio rispettivamente.



**Figura 11 - Schema a blocchi del Simulatore F40**

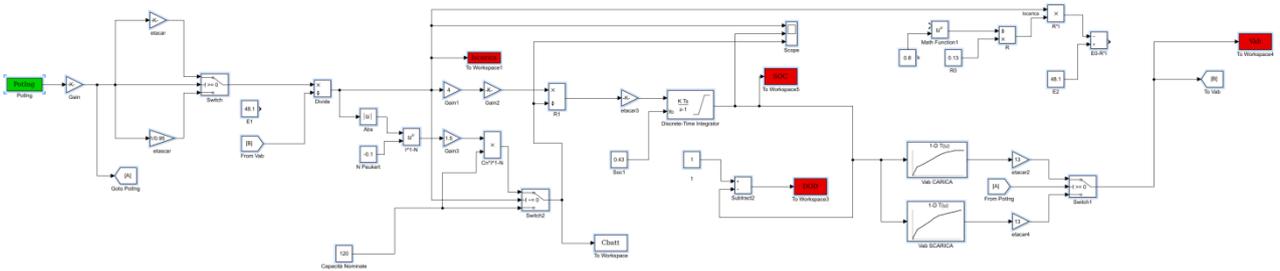


Figura 12 - Vista interna del blocco di storage elettrico

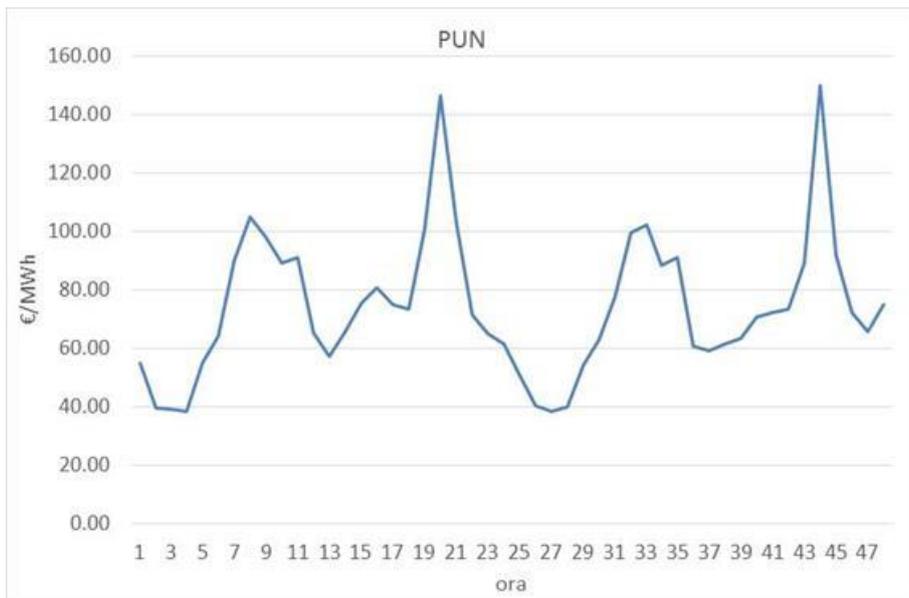


Figura 13 - Esempio di andamento mensile del PUN, per il dynamic pricing

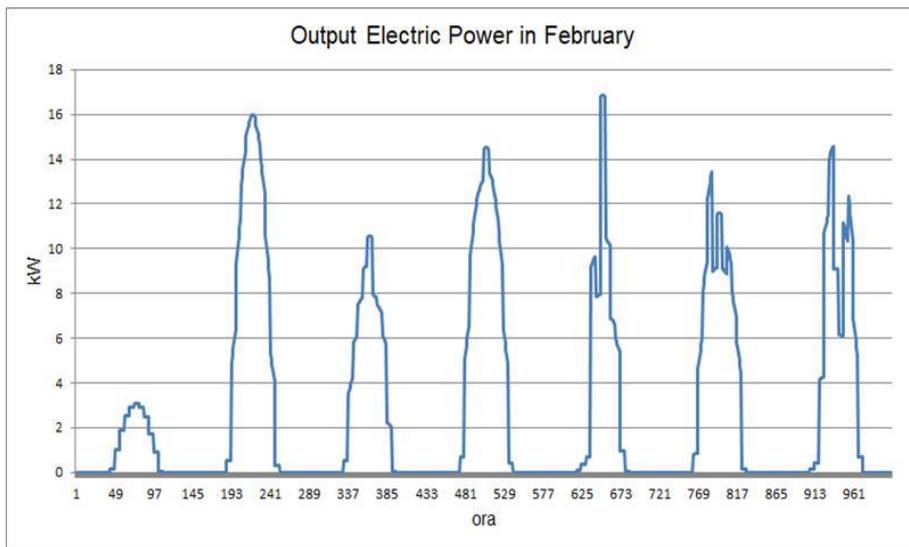
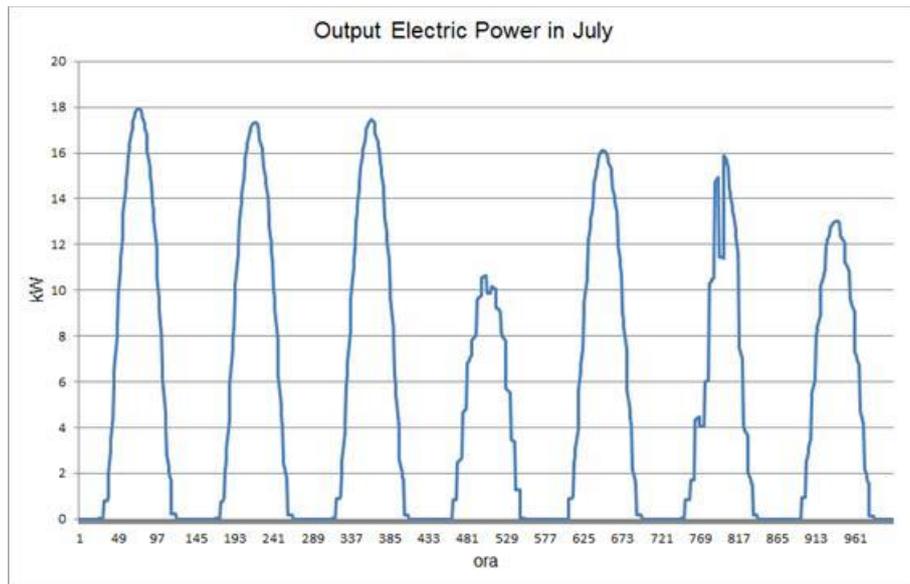


Figura 14 - Produzione fotovoltaica F40, Febbraio



**Figura 15 - Produzione fotovoltaica F40, Luglio**

### *2.2.2.2 Predisposizione del simulatore per l'accoppiamento con software di ottimizzazione per il successivo studio della gestione ottimale dell'edificio*

Il simulatore dell'edificio F40 è stato predisposto per essere interfacciato con degli algoritmi di ottimizzazione. In particolare, in questa annualità, tale predisposizione è stata effettuata secondo i seguenti step:

- Identificazione della funzione di costo
- Identificazione delle variabili decisionali
- Modifica software del simulatore per l'interfacciamento

#### **Identificazione della funzione di costo**

Alcune possibili funzioni obiettivo che verranno studiate possono essere:

- Minimizzare la spesa energetica.
- Minimizzare la spesa economica.
- Massimizzare l'autoconsumo da fonti rinnovabili.
- Massimizzare l'autonomia dalla rete.
- Massimizzare il comfort.
- Combinazione di più obiettivi.

#### **Identificazione delle variabili decisionali**

Le principali variabili decisionali finora individuate sono: dati climatici, curva di presenza, vettore del costo dell'energia, setpoint termici, setpoint mandata acqua, temperatura interna, umidità interna, predicted mean vote (PMV), percentage of person dissatisfied (PPD), temperature di ritorno dell'acqua, consumo dell'energia elettrica, consumo metano e acqua.

#### **Modifica software del simulatore per l'interfacciamento**

Il software è stato modificato in maniera tale da inviare all'algoritmo di ottimizzazione le variabili necessarie al calcolo del funzionale di costo e di ricevere da quest'ultimo gli ingressi opportuni, identificati

tra le variabili decisionali (e.g., setpoint termici e setpoint mandata acqua). In particolare, lo scambio delle suddette variabili avviene mediante l'utilizzo di variabili condivise sul Workspace Matlab e file .mat.

### *2.3 Studio degli scenari di flessibilità di un micro distretto orientato al Demand Response e rilevazione automatica di anomalie in un sistema di supervisione energetica (Uni RM3 – dip. ingegneria)*

#### 2.3.1 Introduzione

L'attività di ricerca e sviluppo condotta nell'ambito del presente accordo di collaborazione tra ENEA e Università degli Studi Roma Tre ha proseguito alcuni studi iniziati nelle precedenti annualità (RdS/PAR2015/157) inerenti la gestione energetica efficiente di edifici terziari.

In particolare le linee di attività riprese dalle precedenti annualità e ulteriormente sviluppate sono state:

- Definizione e descrizione dei casi d'uso di gestione energetica efficiente degli edifici appartenenti allo "Smart Village" ENEA.
- Strategie di controllo predittivo per la regolazione di temperatura di edifici multi-zona sulla base del livello di occupazione e del prezzo dell'energia.

Le nuove linee di attività hanno riguardato invece:

- Valutazione della flessibilità nell'ambito Demand-Response di un micro distretto costituito da edifici appartenenti allo "Smart Village" ENEA.
- Analisi dei principali open standard di comunicazione orientati al Demand-Response.

In questo ambito la rilevazione automatica dei guasti e delle anomalie di funzionamento assume un ruolo particolarmente significativo nei processi di monitoraggio e controllo dei dispositivi elettrici dislocati all'interno di uno smart building.

La realizzazione e l'integrazione di questa funzionalità all'interno di un sistema SCADA permette di migliorare la consistenza e la robustezza della rete di controllo, di riconoscere e segnalare in tempo reale i comportamenti anomali e i malfunzionamenti del sistema stesso.

La ricerca ha quindi riguardato anche la definizione e l'implementazione di una procedura di Fault Detection in grado di verificare l'avvenuta attuazione di comandi sequenziali impartiti da un sistema di controllo e supervisione, tale sistema gestisce l'accensione e lo spegnimento dei dispositivi elettrici dislocati all'interno di un edificio.

Le attività sono state delineate con le seguenti modalità:

- Identificare e definire una procedura di Fault Detection che accerti la corretta esecuzione di ogni comando impartito dal supervisore, che segnali eventuali anomalie di funzionamento;
- Implementare la strategia definita e le sue funzionalità nel sistema di supervisione e controllo;
- Verificare il corretto funzionamento dell'applicazione realizzata tramite prove sperimentali.

#### 2.3.2 Descrizione delle attività svolte

Le attività descritte di seguito sono volte alla realizzazione di una strategia per il riconoscimento e la segnalazione di comportamenti anomali nel processo di supervisione e controllo che interessa l'edificio F40, sito all'interno del Centro Ricerche ENEA "La Casaccia", e di valutare la flessibilità nell'ambito Demand-Response di un micro distretto di edifici del terziario.

### 2.3.2.1 Valutazione della flessibilità nell'ambito Demand-Response di un micro distretto costituito da edifici appartenenti allo "Smart Village" ENEA

L'attività in esame è il proseguimento di un'attività di ricerca condotta già nella precedente annualità. L'obiettivo è valutare la flessibilità nell'ambito Demand-Response di un micro distretto di edifici del terziario. Il micro distretto considerato consiste nel cluster di edifici ad uso ufficio e relativa Centrale Termica appartenenti allo "Smart Village" del Centro Ricerche ENEA Casaccia. L'attività è stata condotta presso lo Smart Lab del Centro Ricerche IREC (Catalonia Institute for Energy Research) di Barcellona, attraverso l'impiego di un emulatore di micro-distretto presente nel Centro in grado di replicare il comportamento elettrico del micro-distretto, considerando elementi emulati (cabine elettriche per l'emulazione dei profili di carico complessivo e di energia generata da pannelli fotovoltaici) e reali (batterie fisiche utilizzate come elementi di storage). Alla luce dei risultati della precedente annualità in merito all'utilizzo sconsigliato delle batterie come elementi di storage, in questa annualità si è cercato di individuare il migliore dimensionamento dello storage per la micro-grid in esame. A tal proposito è stato utilizzato un modello di ottimizzazione GAMS (General Algebraic Modeling System) che ha permesso di individuare capacità e potenza ottime di storage in relazione alle caratteristiche di tutti gli elementi presenti nella micro-grid. Il dimensionamento ottimo della microgrid offre la possibilità di configurare ed emulare nuovi scenari che permettono di apprezzare maggiormente i vantaggi derivanti dagli elementi di generazione e storage.

### 2.3.3 Realizzazione della procedura di Fault Detection

Si vuole definire un approccio sperimentale che ha lo scopo di migliorare l'efficienza delle procedure di rilevazione e segnalazione automatica delle anomalie relative al funzionamento di un supervisore energetico in ambito Smart Building.

#### 2.3.3.1 Identificazione e definizione della strategia

Durante questa attività è stato effettuato uno studio approfondito sul contesto di applicazione e sugli strumenti a disposizione. Sono stati analizzati i dati forniti dal sistema di supervisione e controllo, e sono state definite le informazioni necessarie alla realizzazione di una strategia di detection efficace ed efficiente.

Risulta quindi fondamentale:

- avere a disposizione le seguenti informazioni riguardanti ogni comando:
  1. Dispositivo elettrico associato – illuminazione, riscaldamento, raffrescamento;
  2. Localizzazione del dispositivo – edificio, piano, stanza;
  3. Tipologia di comando – accensione, spegnimento;
- poter fare le seguenti assunzioni:
  1. Ad ogni dispositivo è associata una grandezza di riferimento di cui è facilmente deducibile lo stato;
  2. Allo stato della grandezza di riferimento è associato l'esito del comando.

La procedura risolutiva si basa sulla importante assunzione *-poter associare ad ogni comando impartito l'andamento di una data grandezza di riferimento-*. Monitorando lo stato della grandezza e confrontandolo con valori soglia predefiniti è possibile stabilire se il comando sia stato eseguito o meno.

In pratica, l'accensione o lo spegnimento di un'apparecchiatura elettrica influisce, in relazione al proprio consumo, sulla richiesta totale di energia che risulta misurabile tramite il quadro elettrico a cui l'apparecchiatura è associata. Ad esempio: le grandezze associabili ai comandi di accensione e spegnimento dell'illuminazione generale di un piano di un edificio coincidono con le misure registrate dal quadro

elettrico generale che riporta il consumo relativo all'illuminazione di ogni piano.

Una volta inviato un comando dal supervisore, si prevede un tempo ragionevole di attesa perché la grandezza associata si stabilizzi mostrando il suo stato, determinando così l'esito del comando.

Si è sfruttata la struttura di archiviazione del sistema di supervisione, organizzata in diverse tabelle che compongono un database relazionale conservato all'interno di un server dedicato, per ottenere i dati necessari al corretto comportamento della procedura.

Sono dati disponibili real time:

- l'elenco dei comandi impartiti dal supervisore;
- l'elenco dei dispositivi installati e i relativi comandi o misure;
- l'elenco dei comandi con le rispettive grandezze associate.

E' possibile formalizzare come segue:

1. Si acquisiscono le informazioni riguardanti il comando impartito – tipologia di comando, grandezza di riferimento;
2. Si acquisiscono le informazioni riguardanti la grandezza di riferimento associata – tempo necessario alla stabilizzazione, valori soglia predefiniti;
3. Si attende il tempo necessario alla stabilizzazione della grandezza e se ne acquisisce lo stato;
4. Si confronta lo stato della grandezza con i valori soglia, e si definisce l'esito del comando;
5. Si segnala l'eventuale presenza di un'anomalia.

### 2.3.3.2 Implementazione della strategia

L'obiettivo di questa attività è stato quello di formalizzare, tramite un caso d'uso nell'ambito di uno Smart Building, la strategia di controllo definita nella precedente attività.

Nel caso applicativo considerato si è deciso di prendere in esame i comandi di accensione e spegnimento dell'illuminazione generale di ognuno dei tre piani che compongono l'edificio F40. Le grandezze associabili ai comandi coincidono con le misure registrate dal quadro elettrico generale che riporta il consumo elettrico relativo all'illuminazione di ogni piano.

In particolare si fa riferimento alle seguenti corrispondenze tra comando impartito e misura associata:

ID Comando	Descrizione Comando	Misura Associata	ID Misura Associata
434	Comando_luci_Corr-PT_da_supervisore	Pot_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_QPT	156
435	Comando_luci_Corr-1P_da_supervisore	Pot_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_Q1P	169
436	Comando_luci_Corr-2P_da_supervisore	Pot_Att_Tot_WM14-Linea_Luce_Q2P	170

I valori identificativi dei comandi e delle misure associate sono assegnati univocamente dal supervisore.

Ogni informazione necessaria per il funzionamento del processo di detection è contenuta nel database, denominato *smarttowndb* in cui il sistema di supervisione memorizza i dati ottenuti dai sensori e attuatori dislocati all'interno dell'edificio.

In relazione agli obiettivi di questa ricerca si è implementato l'algoritmo tramite il linguaggio di programmazione orientato agli oggetti *Java*. Ciò ha permesso, non solo una più agevole integrazione con il sistema di supervisione preesistente, ma anche una gestione immediata del database relazionale con cui il processo di controllo deve interagire.

Sono state quindi approfondite le modalità di accesso in lettura e in scrittura ad un database facendo riferimento ad uno dei più utilizzati strumenti di gestione dei database relazionali: *MySQL*.

Si può riassumere la procedura come segue.

### Input:

- database “*smarttowndb*”;
- valore di riferimento per le grandezze *ref\_value* = 1W;
- tempo di attesa *delay* = 10sec;
- tempo riattivazione del processo *tempoCiclo* = 60sec.

### Procedura:

1. A seguito della creazione di un oggetto *CommandCheck*, si attende un tempo di default prestabilito (*delay*) che permetta la stabilizzazione delle grandezze elettriche di riferimento che si intende monitorare.
2. Si sfrutta la potenza del linguaggio SQL per definire un’interrogazione, *query*, in grado di raccogliere e rendere disponibili le seguenti informazioni:
  - Dalla tabella *historian\_control\_actions3* si ricavano gli ultimi *n* comandi che non sono stati ancora controllati, e si mantiene in memoria il loro *idscada*. Si memorizza anche il campo *value* che permette di distinguere un comando di accensione (*value* = 100) da un comando di spegnimento (*value* = 0).
  - Dalla tabella *relazione\_comando\_misura* si ricava la grandezza di riferimento corrispondente ad ogni comando identificato al passo precedente, tramite l’*idscada*, e si mantiene in memoria l’indice *id\_scada\_misura*.
  - Dalla tabella *scada* si ricava il valore assunto dalla grandezza di riferimento, per ogni comando, tramite l’indice *id\_scada\_misura*.
3. Tenendo in considerazione la natura del comando (accensione/spegnimento) osservata tramite il campo *value*, si confronta il valore assunto dalle grandezze di riferimento con il valore soglia prestabilito *ref\_value*, per verificare l’avvenuta attuazione del comando stesso.

### Output:

1. Si tiene traccia dell’avvenuto controllo sul comando, aggiornando il campo *checked* della tabella *historian\_control\_actions3* che corrisponde al record del comando.
2. Si tiene traccia di un eventuale anomalia riscontrata (attuazione non avvenuta) aggiungendo un record alla tabella *alarm* con le informazioni del comando esaminato e non avvenuto.

Di seguito (Figura 16 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) si riporta una rappresentazione schematica delle operazioni logiche effettuate per svolgere l’operazione di *fault detection* descritta.

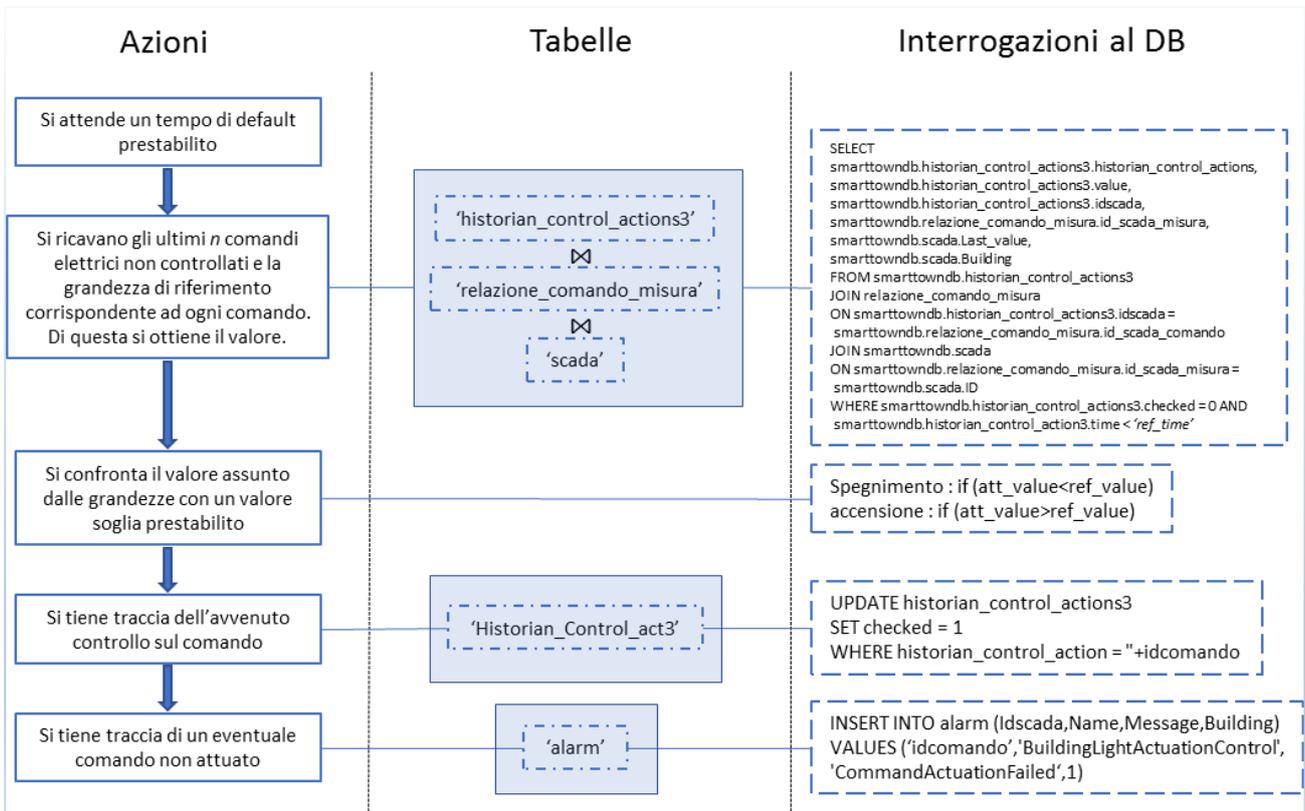


Figura 16 - Schema logico della procedura di Fault Detection

### 2.3.3.3 Prove sperimentali

La fase di test ha avuto l'obiettivo primario di verificare il corretto comportamento dell'applicazione realizzata in opposizione alle eterogenee istanze del problema affrontato.

Sono stati quindi preparati dei test di verifica per dimostrare l'efficienza dell'algoritmo e per evidenziare le proprietà che lo rendono uno strumento efficace in relazione agli obiettivi definiti.

In particolare, si è tenuto traccia delle grandezze di seguito elencate, e si sono valutate le misure che queste hanno assunto in fase di test:

- Numero di comandi da controllare;
- Numero di errori di controllo e aggiornamento
- Tempo computazionale impiegato per l'esecuzione del programma e per l'aggiornamento del file di log.

Per chiarezza di esposizione, si è deciso di suddividere i test implementati in due classi:

- Classe I – si è controllata l'efficacia dello strumento valutando il numero di errori di controllo e aggiornamento commessi;
- Classe II – si è controllato il tempo computazionale, in millisecondi, impiegato dall'algoritmo;
- Classe III – si è controllata l'efficacia dello strumento nel caso particolare in cui avviene un comando durante il tempo di stabilizzazione delle grandezze.

Sono stati individuati e utilizzati, per le prime due classi di test, i seguenti casi di studio perché ritenuti più rispondenti alla realtà, in riferimento ai dati storici:

- Caso di Studio 1 – Valutazione di comandi che non generano allarmi;
- Caso di studio 2 – Valutazione di comandi misti (60% dei comandi genera allarme);

- Caso di Studio 3 – Valutazione di comandi che generano solo allarmi;

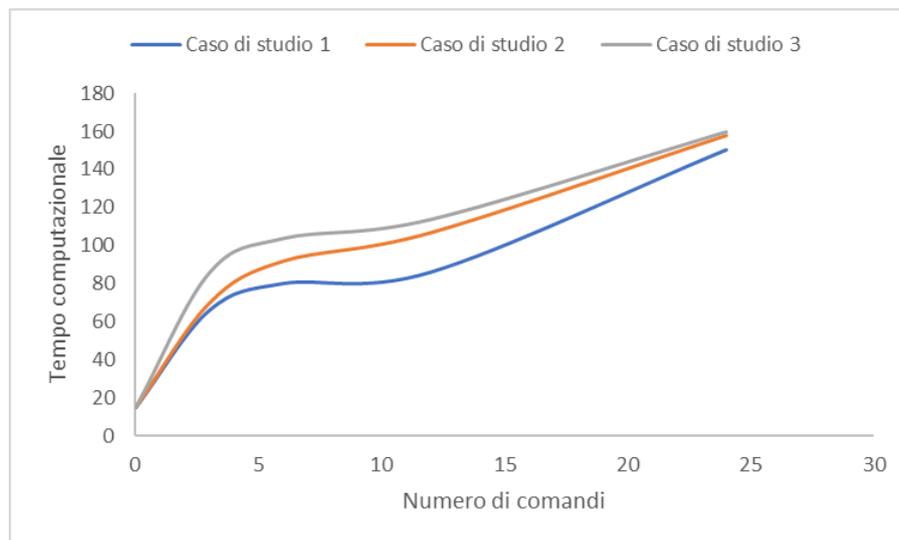
Per garantire una fase di test il più possibile esaustiva, sono stati effettuati dieci *run* per ogni classe di test sopra menzionata aumentando la dimensione del problema, ossia il numero di comandi da controllare.

I risultati ottenuti sono riportati nelle tabelle che seguono (Tabella 1) per i diversi casi studio.

**Tabella 1 – comandi, allarmi e tempo computazionale**

n°comandi	Caso di studio 1			Caso di studio 2			Caso di studio 3		
	Comandi controllati	Allarmi generati	Tempo comp.	Comandi controllati	Allarmi generati	Tempo comp.	Comandi controllati	Allarmi generati	Tempo comp.
3	3	0	66	3	2	70	3	3	86
6	6	0	80	6	4	92	6	6	104
12	12	0	86	12	8	107	12	12	114
24	24	0	150	24	16	158	24	24	160

Osservando le tabelle riguardanti i test condotti, si evidenziano i diversi comportamenti che l’algoritmo può assumere al variare dei parametri, mantenendo la coerenza con i risultati attesi.



**Figura 17 - Tempo computazionale dell'algoritmo**

L’aumento del flusso dei dati non sovraccarica la capacità di calcolo e quindi influisce in minima parte sul tempo computazionale totale. Questo risulta essere leggermente influenzato dal numero di comandi da controllare e dal numero di allarmi che deve generare. Come evidenziato dalla Figura 17, all’aumentare di questi fattori corrisponde un aumento del tempo impiegato per giungere alla soluzione, questo si mantiene comunque esiguo e accettabile ai fini del controllo.

## 2.4 Estensione logiche di controllo su edificio JRC Ispra

Nella precedente annualità (Report RdS/PAR2015/142) le esperienze di monitoraggio avanzato già condotte presso lo ‘Smart Village ENEA Casaccia’ sono state estese su un singolo edificio del JRC Ispra (Ed. ENEA 14D) in cui sono state poste sotto monitoraggio 36 grandezze elettriche afferenti a diversi usi finali (consumi generali, luci, prese, climatizzazione, ascensori) ed installati attuatori per permettere il controllo

remotizzato (ad es. tramite scheduling orari e giornalieri) di alcuni di questi (luci e climatizzazione). Tali dati sono stati integrati all'interno della piattaforma software esistente che già gestisce gli edifici dello 'Smart Village Casaccia'.

In questa annualità sono state applicate le logiche di diagnostica, già implementate nelle precedenti annualità negli edifici dello 'smart village casaccia', all'edificio 14D del JRC Ispra e ne è stata condotta una attività di analisi dati che è consistita nella calibrazione di soglie e nella analisi delle anomalie riportate.

In particolare sono state definite soglie operative (legate per esempio all'utilizzo del sistema diverso da quello previsto) e soglie funzionali (legate ad anomalie di funzionamento). Le soglie sono state definite prima in via teorica, sulla base dei dati di targa disponibili. Un periodo di monitoraggio degli impianti ha permesso di rendere le soglie e quindi il sistema di diagnostica più aderenti alla realtà.

2.4.1 Descrizione del sistema di monitoraggio

Il sistema monitora i parametri elettrici (tensione, corrente e fase) di 5 armadi di distribuzione elettrica, e da questi calcola i valori di potenza (attiva, reattiva) e di energia.

La configurazione installata è composta da 10 misuratori NG-9 (triplo misuratore trifase di parametri elettrici), 5 strumenti di misura multifunzione X-Meter capaci di acquisire i parametri elettrici di una terna trifase, pilotare 4 rele e acquisire 8 ingressi digitali, 2 Gateway NG-Gateway (Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21, Figura 22, Figura 23, Figura 24). Entrambi i dispositivi acquisiscono le correnti tramite Trasformatori di corrente apribili attraversati dal cavo in esame, mentre le tensioni sono acquisite direttamente.

Riguardo la comunicazione col server applicativo centrale, i dispositivi X-Meter sono dotati di hardware/software per la connessione in rete mentre gli NG-9 posseggono solamente una uscita dati in standard RS485, utilizzata come bus seriale, al termine del quale è presente un NG-Gateway che fornisce le capacità software/Hardware per la connessione LAN. Per la connessione al server, sono state impiegate 5 connessioni internet con indirizzo pubblico, una per ciascun NG-Gateway e X-Meter.

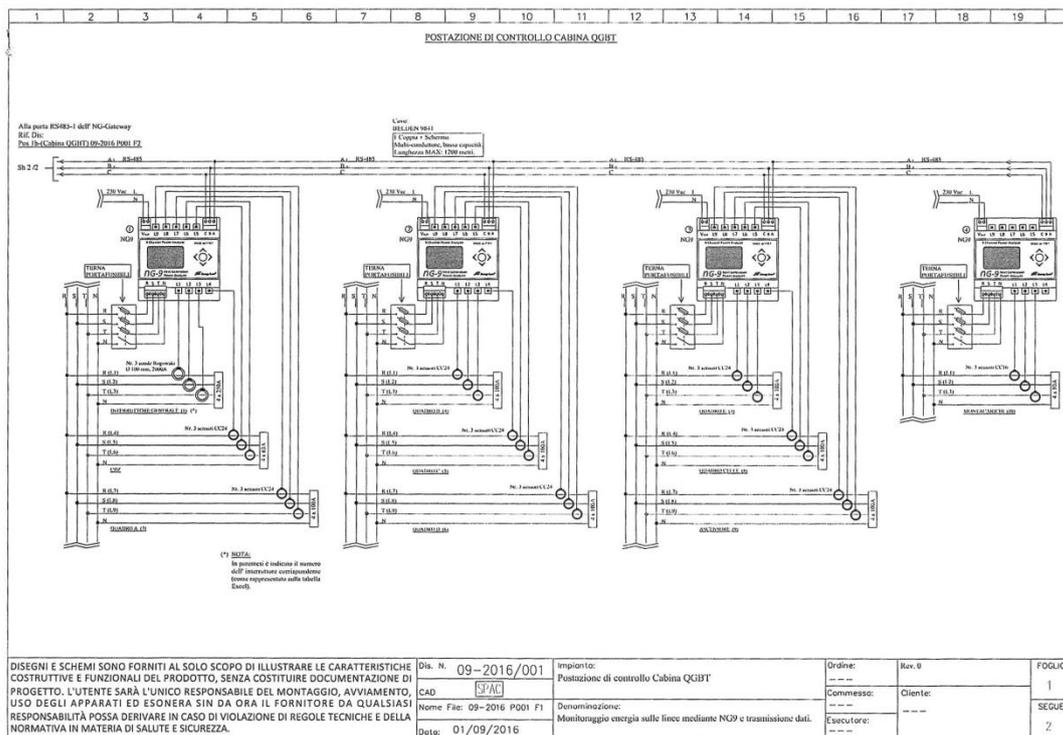


Figura 18 - Quadro QGBT 1/2

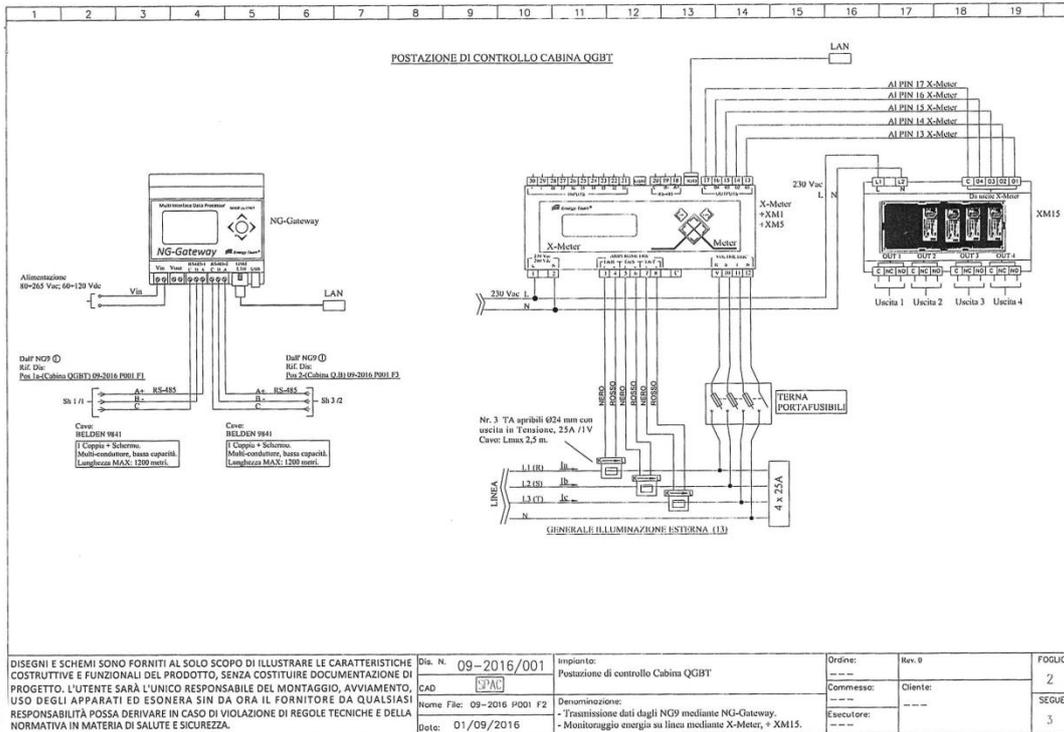


Figura 19 - Quadro QGBT 2/2

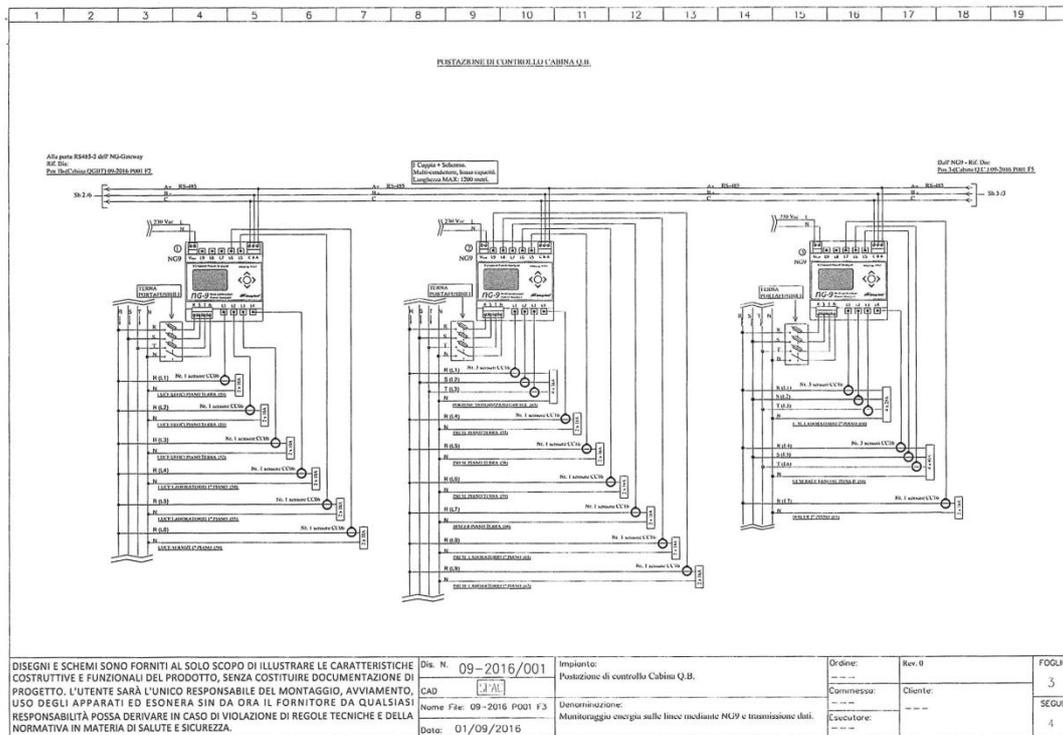


Figura 20 - Quadro B 1/2

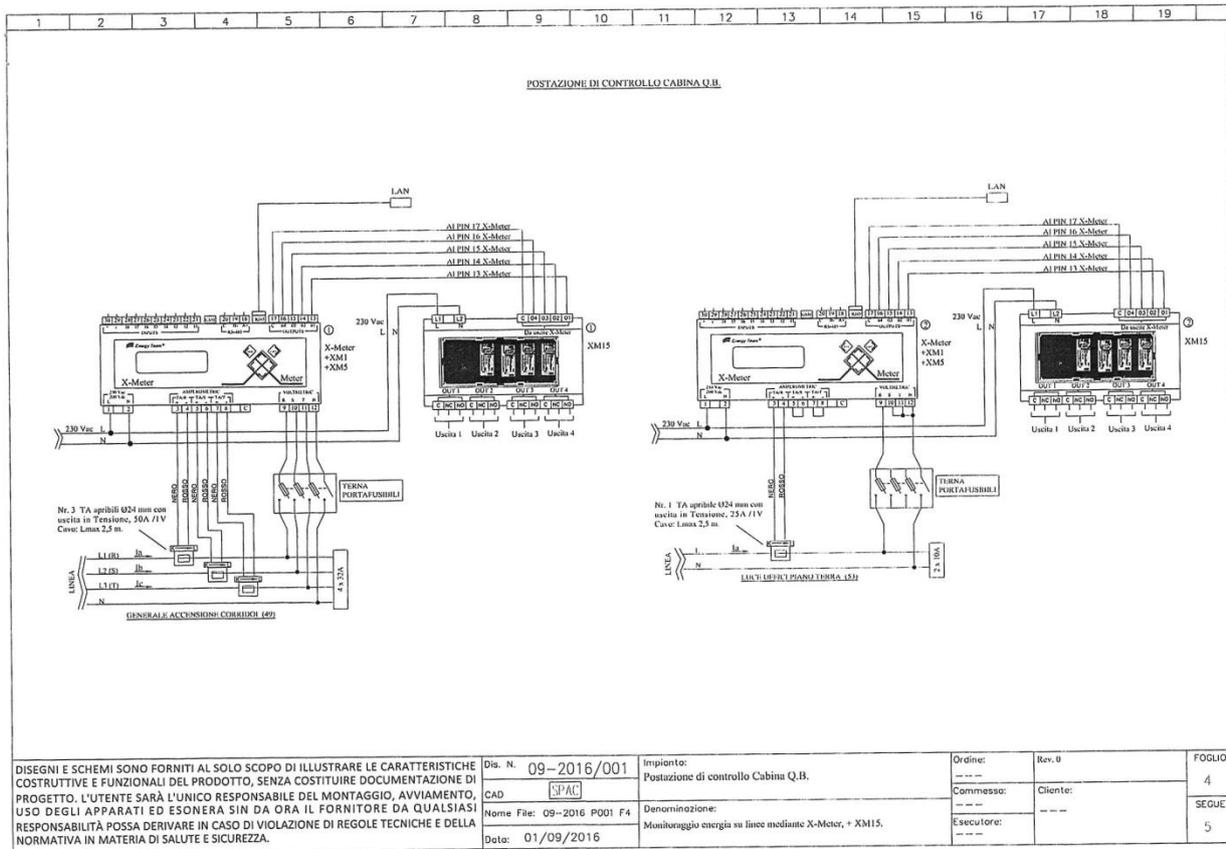


Figura 21 - Quadro B 2/2

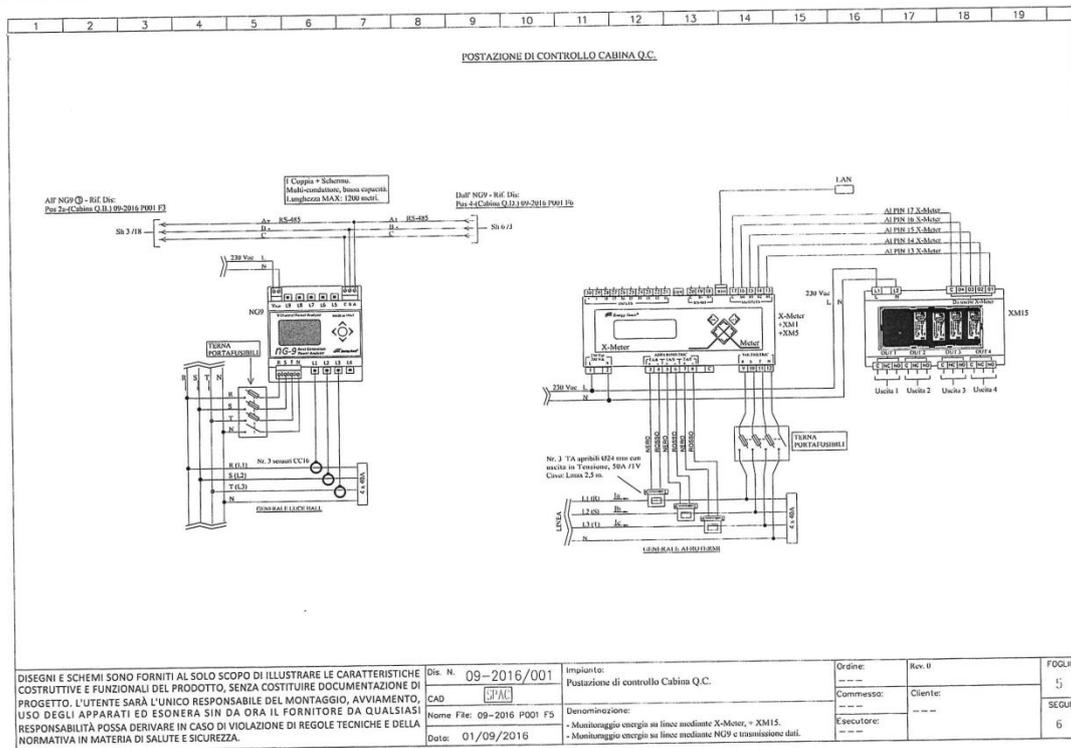


Figura 22 - Quadro C



L’acquisizione avviene raggruppando le utenze per quadro elettrico e leggendo i parametri direttamente a valle dell’interruttore automatico di protezione del carico. Si hanno quindi, i valori dell’illuminazione esterna, dell’illuminazione dei corridoi ripartita per piano, degli uffici, dei laboratori, dei fan-coil, degli aerotermi, delle tre camere climatiche, dell’illuminazione sperimentale nella Hall tecnologica, dell’ascensore civile e del montacarichi.

Oltre a consentire il monitoraggio in tempo reale e l’analisi dei dati storici, il sistema di monitoraggio consente di impostare soglie di allarmi di due tipi: operativa e di funzionamento. Con la soglia operativa si va a controllare il rispetto dei valori limite per le apparecchiature, in modo da poter intervenire in anticipo per riparare un sistema che sta derivando verso assorbimenti di potenza e/o corrente indicativi di tendenza al guasto mentre le soglie funzionali permettono di fare analisi e previsioni sull’uso di determinate strutture (percentuali di utilizzo di locali, budget di consumi per strumentazioni “pesanti” p.es le camere climatiche, etc). Nel nostro caso si è data importanza al valore della potenza attiva assorbita e si è deciso di impostare come valore massimo della potenza operativa e funzionale il valore massimo atteso con l’utenza nelle sue condizioni di massimo assorbimento (tutte le luci degli uffici accesi, camere climatiche in regolazione con sia compressore che resistenze elettriche inserite etc.), mentre riguardo ai valori minimi, si è proceduto a valutazioni relative all’uso e alla segnalazione di condizioni di interruzione di servizio. Nel dettaglio le soglie di potenza funzionali minime impostate all’avviamento del sistema furono le seguenti (Tabella 2):

**Tabella 2 – Parametri acquisiti e soglie**

<i>Parametro acquisito</i>	<i>Valore minimo</i>	<i>Criterio</i>
Pot Att Gen. Illuminazione Esterna ISPRA	198	Potenza assorbita da un palo illuminazione minorata del valore di incertezza tipico del power meters (1%), si ritiene accettabile il caso di tutte le lampade da giardino fulminate
Pot Att QGBT Quadro Celle ISPRA	0	Le celle possono essere disattive, 0 è accettabile
Pot Att Quadro B QE B Luce Uff Pt L1 ISPRA	31,7	Potenza assorbita da una lampada ( in ufficio ce ne sono 4 ), maggiorata del valore di incertezza (1%)
Pot Att QGBT B QE B Luce Uff Pt L2 ISPRA	31,7	Come sopra
Pot Att QGBT B QE B Luce Uff Pt L3 ISPRA	31,7	Come sopra
Pot Att QGBT B Luce Laboratorio 1P L2 ISPRA	31,7	Come sopra ma in laboratorio le lampade sono 18 da 32w
Pot Att QGBT B Luce Laboratorio 1P L3 ISPRA	31,7	Come sopra
Pot Att QGBT B Luce Servizi 1P L1 ISPRA	6,9	Nei servizi possono essere installate lampade E27 e si ritiene che la potenza minima accettabile siano 7w minorati come sopra
Pot Att Quadro B Gen Fancoil Zona B ISPRA	71,3	I fancoil sono comandati da un termostato, la potenza minima è riferita a uno piccolo minorata dell’1%
Pot Att Quadro B Boiler 1Piano L2 ISPRA	0	Se si ritiene che l’assenza di acqua calda non sia un problema, altrimenti 990w con i criteri di minorazione
Pot Att Quadro D Generale Fancoil ISPRA	123,8	Potenza stimata di un fancoil minorata dell’1%, comunque sono comandati da termostato e il valore può essere 0
Pot Att QB Gen. Luci Corridoi ISPRA	31,7	Potenza riferita a una lampada sola accesa minorata dell’1%
Pot Att QB Luci Uffici PT ISPRA	31,7	Potenza assorbita da solo una lampada minorata come sopra
Pot Att QC Gen. Aerotermi ISPRA	21,8	Valore minimo misurato nello storico minorato dell’incertezza , ma spesso è 0
Pot Att QD Gen. Luci Ingresso ISPRA	10,9	Potenza assorbita da solo una lampada G11 minorata come sopra
Pot Att Quadro C Gen Luci Hall ISPRA	10,9	Potenza assorbita da solo una lampada G11 minorata come sopra
Pot Att Quadro C Celle 1 ISPRA	0	Le celle possono essere disattive, 0 è accettabile
Pot Att Quadro C Celle 2 ISPRA	0	Le celle possono essere disattive, 0 è accettabile

<i>Parametro acquisito</i>	<i>Valore minimo</i>	<i>Criterio</i>
Pot Att Quadro C Celle 3 ISPra	0	Le celle possono essere disattive, 0 è accettabile

Con l'esercizio si sono via via rivisti i valori di soglia per correggere stime errate o tenere conto di condizioni d'uso diverse da quelle stimate.

### 2.4.3 Analisi allarmi

All'avviamento del sistema di monitoraggio, i parametri delle soglie impostati secondo stima delle potenze, non si sono dimostrati sempre esatti. La causa di queste inesattezze è dovuta alla mancanza di targhette del costruttore dell'apparecchio, dalla quale ricavare i valori nominali, oppure alla relativa inaccessibilità di talune utenze quali gli aerotermini della hall tecnologica e i lampioni dell'illuminazione stradale e in alcuni casi alla non chiara attribuzione dei carichi per interruttore, dovuta principalmente alla serie di modifiche fatte sull'edificio nel corso dei decenni e non sufficientemente documentate. Pertanto si è avuta una prima fase densa di allarmi "spuri" che ha comportato un impegnativo lavoro per capire esattamente la situazione.

Oggi dopo 4 aggiustamenti dei parametri la situazione si è notevolmente normalizzata. In una installazione ex novo questo non sarebbe successo, potendo contare con certezza sulla correttezza dato immesso. Nelle attuali condizioni, come detto precedentemente, dall'analisi degli allarmi si è potuto unicamente verificare quanto installato ed avere un quadro più esatto della ripartizione dei carichi nei vari quadri elettrici però, in futuro, si potrebbe sfruttare l'interfacciabilità digitale in ingresso degli X-Meter per conteggiare gli ingressi e le uscite di personale ed avere i dati di consumo in base all'occupazione dell'edificio o di locali particolarmente energivori quali la Hall tecnologica. Un altro sviluppo futuro potrebbe essere l'interfacciamento con la centralina meteo per analizzare i dati di consumo in funzione delle condizioni ambientali esterne.

## 3 Soluzioni tecnologiche orientate alla gestione energetica di edifici ad uso ufficio"

Gli edifici commerciali moderni si configurano sempre più come sistemi energetici complessi, nei quali forte è l'interazione tra l'utenza e l'ambiente costruito, finalizzata a creare ambienti confortevoli e vivibili con, al tempo stesso, elevatissime prestazioni energetiche. In questo contesto l'attività di ricerca è stata indirizzata alla caratterizzazione sperimentale di sistemi di facciata innovativi e alla valutazione che essi hanno sulle prestazioni energetiche di edifici con destinazione d'uso commerciale.

### 3.1 Analisi sperimentale di sistemi trasparenti innovativi

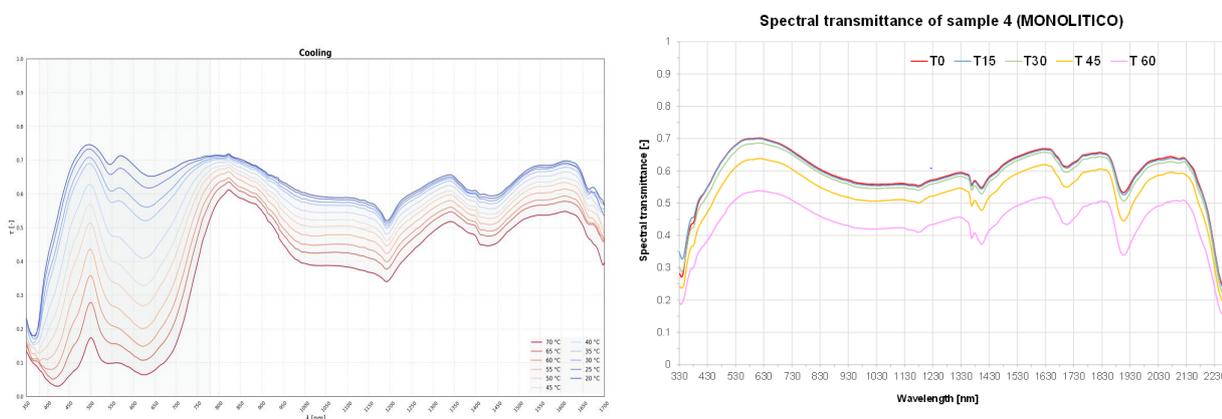
Le caratteristiche ottiche e solari di materiali termocromici e aerogel monolitici sono state misurate presso i laboratori ENEA. I due sistemi trasparenti sono all'avanguardia nel settore dei prodotti edilizi, il primo per la capacità di variare le proprie caratteristiche solari in funzione delle condizioni dell'ambiente esterno, il secondo per l'elevatissimo potere isolante, che lo rende particolarmente efficace nei casi di riqualificazione energetica degli edifici. Le misure su questi materiali non possono essere effettuate con spettrofotometri commerciali, sono necessari apparati sperimentali complessi presenti in ENEA. Le misure di riflessione e trasmissione spettrale sono state eseguite utilizzando un apparato ottico mono-raggio composto da: due sorgenti luminose (sorgente xenon 300 W per misure negli spettri UV e visibile; sorgente tungsteno 1000 W per misure nel vicino infrarosso); sfera integratrice di 75 centimetri con rivestimento in Spectralon; spettrofotometro ad array fotosensibile con 3 sensori per le diverse regioni dello spettro (al silicio per la regione 360-900nm, ad arseniuro di gallio per la regione 900-1700nm, ad arseniuro di gallio esteso per la

regione 1700-2300 nm). dati spettrali sono quindi integrati negli spettri visibile e solare di riferimento secondo le procedure definite in *ISO 9050:2003 - Glass in building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*.

Oltre che misure ad angoli di incidenza variabile in trasmittanza, sono state eseguite misure per diversi livelli di temperatura sul componente termocromico, al fine di comprendere le temperature critiche per il cambio delle caratteristiche ottiche e solari di vetrate dinamiche come quella in esame. La figura 3 riporta l'andamento della trasmittanza spettrale con il campione in raffreddamento a partire dal valore misurato di 70°C. Dalle misure è stato ricavato un data set di grandezze luminose e solari che sono state utilizzate per le simulazioni dinamiche condotte dal Politecnico di Torino.

In modo analogo è stata condotta l'analisi sperimentale su un campione di aerogel monolitico di dimensioni 30x30 cm, si tratta di uno dei campioni di dimensioni maggiori mai realizzati e quindi di grande importanza per confrontarne le caratteristiche con i più comuni aerogel granulari. La caratterizzazione è stata eseguita ad incidenza normale e angolare, al fine di ottenere un completo dataset da utilizzare per le analisi numeriche. Il grafico di destra della figura 3 mostra, appunto, l'andamento spettrale della trasmittanza in funzione di diversi angoli di incidenza. Si noti come, nonostante uno spessore di aerogel di 15 mm e l'utilizzo di vetri coatizzati per la vetrocamera, la trasmissione si mantenga molto elevata. Questo aspetto è di particolare interesse per e analisi energetiche per edifici commerciali in area mediterranea. Il tema è stato affrontato dal Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Perugia.

Lo studio condotto in laboratorio nell'ambito del PAR 2016, sarà ampliato e approfondito nel Par 2017, quando si valuteranno le prestazioni di nuovi sistemi trasparenti innovativi anche in celle di prova in condizioni di utilizzo reale.



**Figura 3 – Andamento della trasmittanza spettrale di un vetro termocromico in funzione della propria temperatura (sinistra) e andamento della trasmittanza spettrale di un vetro con aerogel monolitico in funzione dell'angolo di incidenza**

Il contributo ENEA è parte essenziale del report "Analisi numerica e sperimentale di vetri termocromici per applicazioni in edifici ad uso ufficio" svolto con il contributo volontario di INRIM (Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica) e il Dipartimento DENERG (Dipartimento Energia) del Politecnico di Torino. ENEA ha poi contribuito alle analisi sperimentali del report "Caratterizzazione sperimentale e numerica di aerogel trasparenti monolitici per applicazioni in edilizia commerciale" del Dipartimento Ingegneria dell'Università di Perugia".

**Misure di riflessione su materiali opachi**

E' stata svolta una caratterizzazione delle proprietà di riflessione di alcuni materiali opachi (carta, legno, alluminio, stoffa) presenti normalmente nell'arredo di edifici del terziario. Scopo dell'attività non è stato tanto quello di caratterizzare i materiali in sé, quanto di confrontare metodi e strumenti di misura diversa.

In particolare sono stati presi in esame dei piccoli campioni di:

- Velluto nero (usato come schermo antiriflesso in laboratori fotometrici, studi fotografici...)
- Carta bianca (comunemente usata per le stampe)
- Legno chiaro (rivestimento di pannelli in truciolare, materiale usato per arredi da ufficio)
- Legno scuro (rivestimento di pannelli in truciolare, materiale usato per arredi da ufficio)
- Nobilitato bianco (materiale per destinazioni d'uso in magazzini o simili)
- Alluminio con rivestimento in argento (usato per riflettori degli apparecchi di illuminazione)

Sono stati coinvolti 2 laboratori, con strumentazioni diverse:

- ENEA Casaccia (riferimento A)
  - Spettrofotometro Perkin Elmer Lambda 950.
- ENEA Ispra (riferimento B e C)
  - Spettrofotometro portatile Konica Minolta CM-700d
  - Goniofotometro Oxytech-T3 equipaggiato per misure di riflettanza bidirezionale (BRDF).

Sono quindi state misurate:

- La riflettanza spettrale in laboratorio con spettrofotometro di laboratorio
- La riflettanza spettrale con spettrofotometro portatile
- La riflettanza bi-direzionale (BRDF) con goniofotometro appositamente equipaggiato.

- **Strumentazione e metodi di misura**

Lo spettrofotometro Perkin Elmer, di tipo a doppio raggio, è equipaggiato con sfera integratrice Labsphere 150mm Ø con rivestimento in Spectralon. Range di misura 300-2500nm, con incidenza quasi normale, coprendo quindi tutto lo spettro solare come definite nei riferimenti standard. Risoluzione spettrale 5 nm. Incertezza di misura  $\pm 0.01$ . L'apertura della fenditura è normalmente settata a 2nm nel range visibile, e in regolazione automatica nel vicino infrarosso (l'apertura varia in funzione dell'input ottimale di energia). Le misure di riflettanza sono ottenute come misure relative rispetto a un riferimento (rivestito in Spectralon) calibrato. In questo studio si è approfondito l'aspetto illuminotecnico, quindi è stato investigato lo spettro compreso tra 300 e 100 nanometri ed è stata calcolata la sola riflettanza luminosa.

Lo spettrofotometro Konica Minolta, portatile, di tipo a doppio raggio, con sfera integratrice 40mm Ø, utilizza la geometria di:  $8^\circ$ /de:  $8^\circ$  conforme agli standard CIE No. 15, ISO 7724/1 e altri (illuminazione diffusa, angolo di osservazione a 8 gradi) e consente di fare misurazioni con commutazione automatica tra SCI (elemento speculare inclusa) e SCE (elemento speculare esclusa). Range di misura: 400 – 700 nm, con passo minimo di 10nm. Errore entro  $AE^*ab \cdot 0.2$  (MAV/SCI) \* In base alle piastrelline colorate 12 BCRA Series confrontate con i valori misurati con un corpo master a 23°C. Le misure di riflettanza sono ottenute rispetto a un riferimento bianco calibrato: la calibrazione dello strumento viene fatta prima di ogni set di misure; la calibrazione dello zero (con un apposito riferimento nero) viene eseguita periodicamente o in base a esigenze specifiche.

Il goniofotometro T3 è stato attrezzato per funzionare come un "gonioriflettometro", quindi per misurare le BRDF: gli elementi principali sono una sorgente di luce per illuminare la superficie da caratterizzare e un sensore che può ruotare in una semisfera attorno al punto di misura. La posizione della sorgente è a sua

volta variabile, in modo da permettere misure con diversi angoli di incidenza. L'illuminante usato è il ChromaLit™ Demonstration Kit Intematix, che consiste in una sorgente a LED royal blue, una camera di miscelazione e uno strato a fosfori remoti a diverse CCT: nel nostro caso è stato usato lo strato a 3000K, vicino all'illuminante CIE A. Caratteristiche misurate dell'illuminante: Potenza 2.9W, CCT 2878K, Duv -.0040. Il campione è illuminato a 197lx. Il sensore di misura + un luxmetro Czibula Grundmann Mobilux, incertezza di misura ± 1.5%.

La "bi-directional reflection distribution function" (BRDF) è una funzione che definisce le caratteristiche di riflessione spaziale di una superficie: si definisce come il rapporto tra la radianza riflessa e l'irradianza incidente (unità di misura: sr<sup>-1</sup>). La formula e la geometri di riferimento sono in Figura 25.

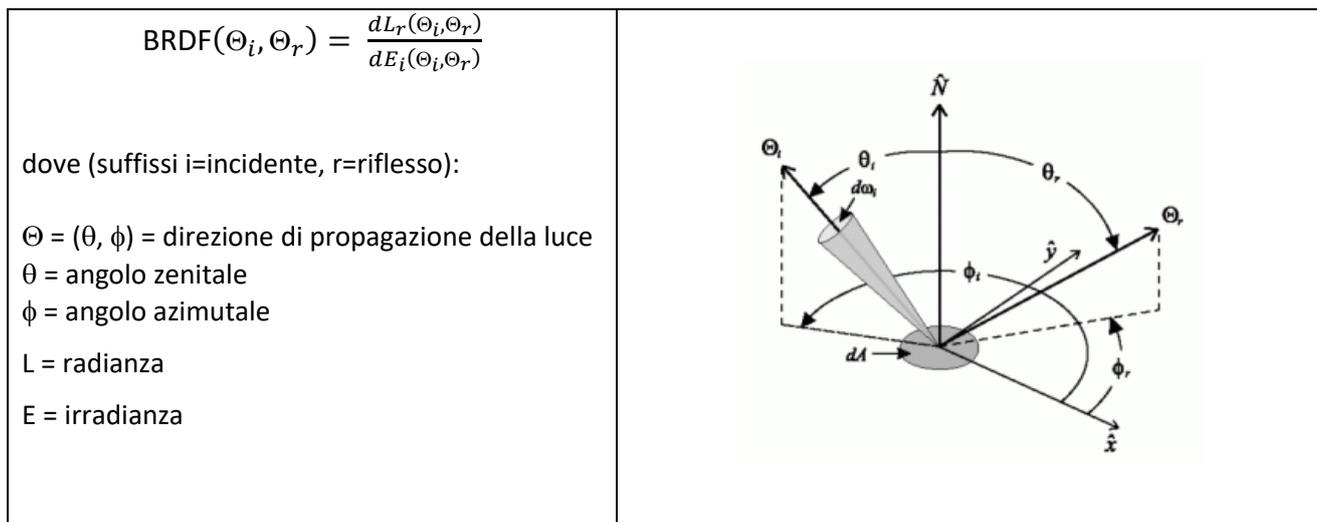


Figura 25 – Definizione BRDF

La BRDF è un concetto fondamentale di radiometria, utilizzato in computer graphics, computer vision, modellazione di light trapping in celle solari... ma offre anche grandi potenzialità per caratterizzare pavimentazioni stradali, materiali usati negli apparecchi di illuminazione, e più in generale superfici dove la direzionalità della riflessione può essere importante, ad esempio per problemi di abbagliamento in ambienti interni.

Il concetto di BRDF si può estendere anche a termini spettrali, per cui la definizione sopra detta vale per una data lunghezza d'onda. Nella presente attività le misure sono state fatte per determinare BRDF spaziale e non spettrale, anche se lo strumento è equipaggiato per questa possibilità.

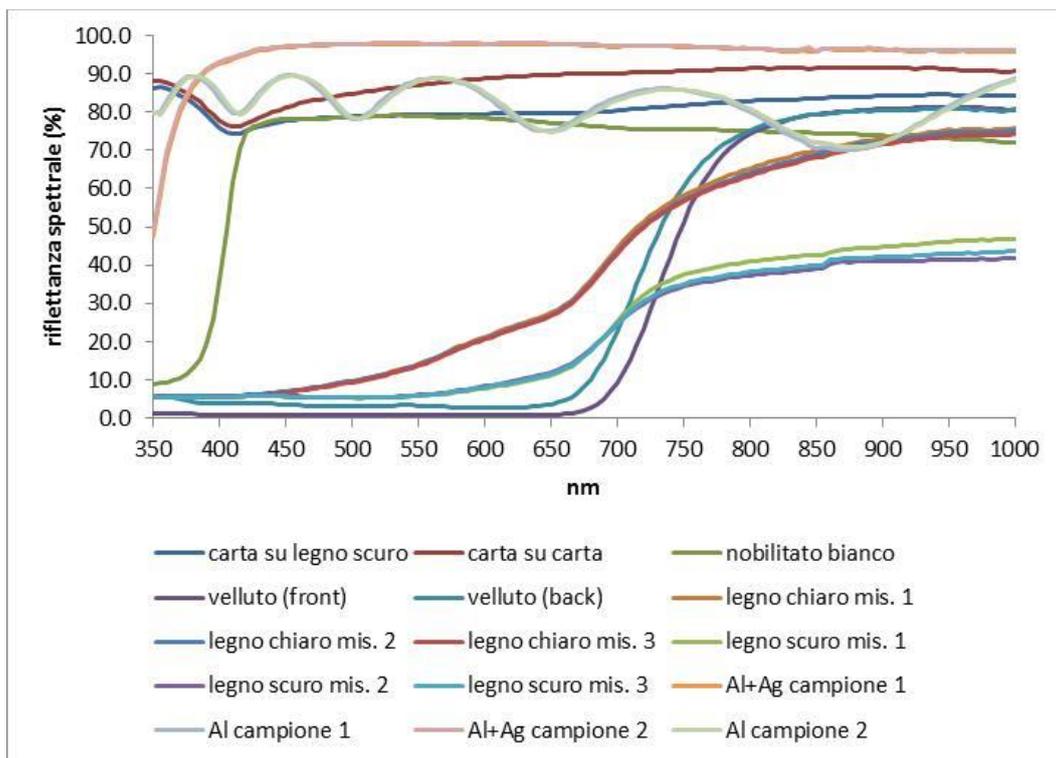
• **Risultati**

Sono qui presentati i risultati delle misure e il confronto tra le riflettanze spettrali con i diversi strumenti.

Nelle misure di BRDF l'illuminante è stato posizionato a 15°, 30° e 45°. In questo test report sono presentati i risultati a 15°. Sono presentati i puri risultati delle misure, senza normalizzazione né compensazione della "zona d'ombra" del sensore<sup>1</sup>.

Nella seguente Figura 26 tutte le misure effettuate in laboratorio. Il range di misura comprende il vicino UV, il visibile e il vicino IR.

<sup>1</sup> La zona d'ombra è lo spazio in cui sorgente e sensore sono allineati, durante la rotazione, per cui le letture non sono utili alla misura. Poiché il sistema di allineamento per ora è sperimentale, c'è anche una sistematica deviazione di circa 2-3°, che non è volutamente stata corretta.



**Figura 26 - Misure in laboratorio**

In Tabella 3 la riflettanza spettrale media dei campioni misurati con spettrofotometro di laboratorio e portatile.

**Tabella 3 - Riflettanza spettrale media campioni misurati**

	<i>spettrofotometro laboratorio</i>	<i>spettrofotometro portatile</i>	<i>note</i>
velluto front	1.30	1.79	
velluto back	4.51	4.80	
carta su carta	88.30	86.66	range 500-700 nm
carta su legno scuro	79.49	78.11	range 500-700 nm
legno scuro	8.35	8.07	
legno chiaro	17.31	15.87	
nobilitato bianco	76.36	76.36	
Alluminio+Argento campione 1	97.18	88.61	
Alluminio+Argento campione 2	97.42	88.50	
Alluminio campione 1	83.01	80.80	
Alluminio campione 2	83.01	81.47	

Nelle seguenti figure le misure con lo spettrofotometro portatile in confronto con le misure di laboratorio viste sopra. Il confronto è per il range 400-700 nm, range di misura per entrambi gli strumenti.

In ogni grafico sono presenti 3 grandezze:

- Riflettanza spettrale totale (quindi componente speculare inclusa = SCI) con lo spettrofotometro portatile: linea continua rossa
- Riflettanza spettrale diffusa (quindi con componente speculare esclusa = SCE) con lo spettrofotometro portatile: singoli punti misurati in rosa
- Riflettanza spettrale con lo spettrofotometro di laboratorio: linea continua blu

Per ogni campione misurato è quindi rappresentata in forma grafica la funzione BRDF.

In Figura 27 e Figura 28 sono rappresentate le misure di rlettanza spettrale su un campione di velluto nero. Il velluto non viene normalmente utilizzato sul lato posteriore, tuttavia le misure sono state fatte anche su questa superficie per avere una casistica più allargata.

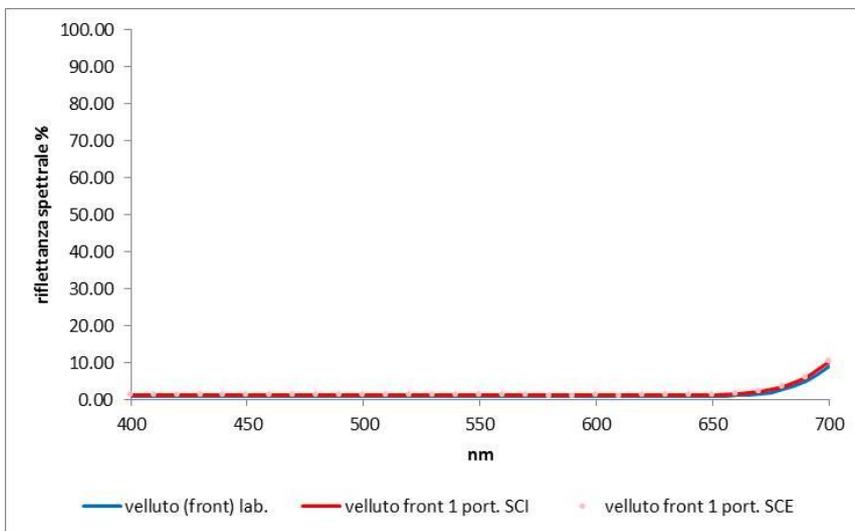


Figura 27 - Misure su velluto nero

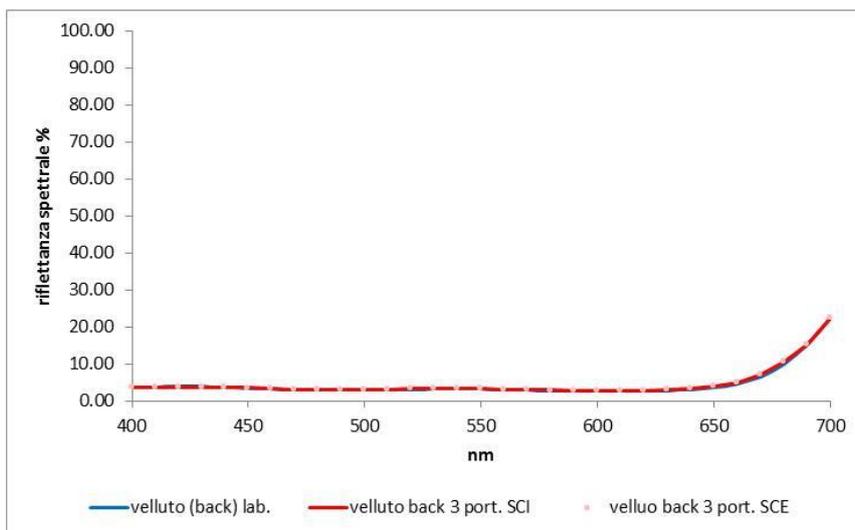
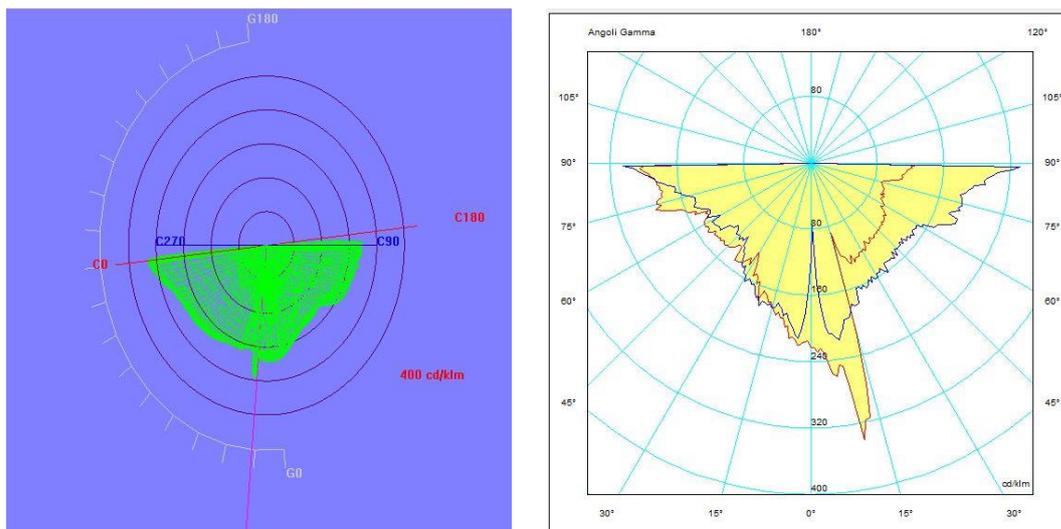


Figura 28 - Misure su velluto nero - lato posteriore

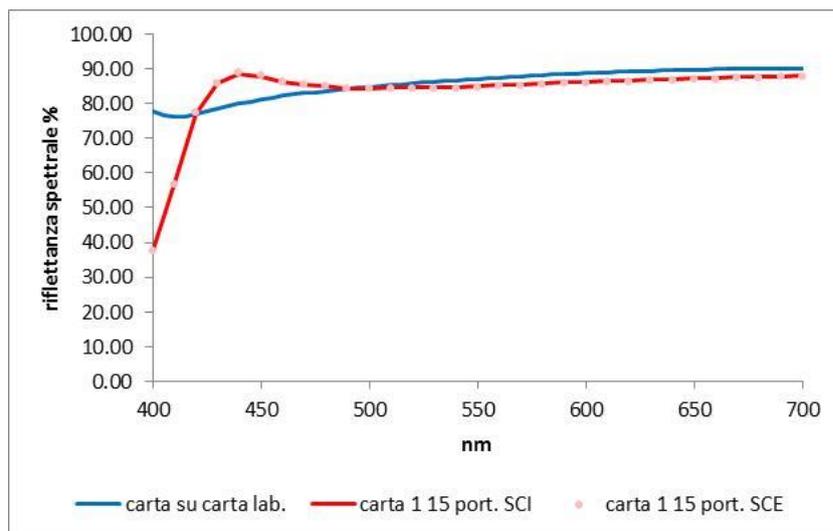
Si nota una ottima sovrapposizione delle misure. La riflettanza del materiale è intrinsecamente molto bassa, per cui è difficile apprezzare piccole differenze.

La BRDF (Figura 29) evidenzia una riflessione spaziale bassa e sostanzialmente diffusa e irregolare, con un piccolo picco speculare.

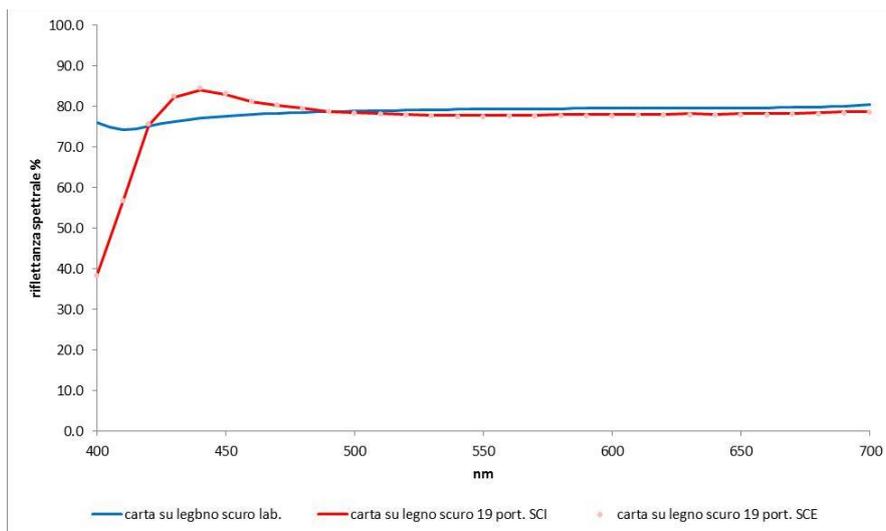


**Figura 29 - BRDF velluto nero (front)**

In Figura 30 e Figura 31 sono rappresentate le misure su un campione di carta comune: una con il campione appoggiato su un supporto di carta, una con il campione appoggiato su un supporto di legno scuro (simulando un blocco di fogli oppure il foglio singolo sulla scrivania).



**Figura 30 - Misure su carta appoggiata su carta**



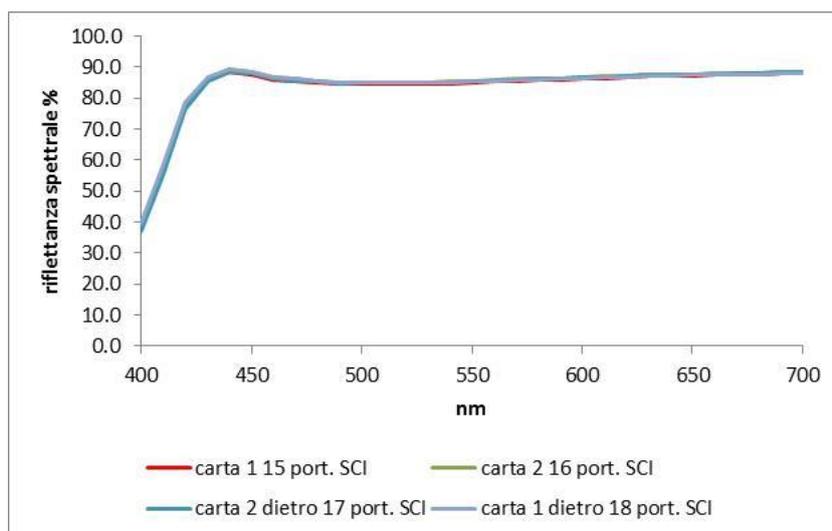
**Figura 31 - Misure su carta appoggiata su legno scuro**

C'è una notevole differenza di riflettanza spettrale sulle lunghezze d'onda più basse: questo è spiegabile pensando che i due laboratori hanno usato un supporto con caratteristiche diverse, e questo ha importanza poiché la carta non è perfettamente opaca. Oppure che i campioni utilizzati per le misure non sono identici: uno contiene sbiancanti ottici in quantità molto più elevata rispetto all'altro.

La non totale opacità della carta si nota confrontando le figure: il valore medio della riflettanza spettrale è di 83.4 quando la carta è appoggiata su carta e scende a 76.8 quando è appoggiata su legno scuro (valori da spettrofotometro portatile sul range 400-700 nm).

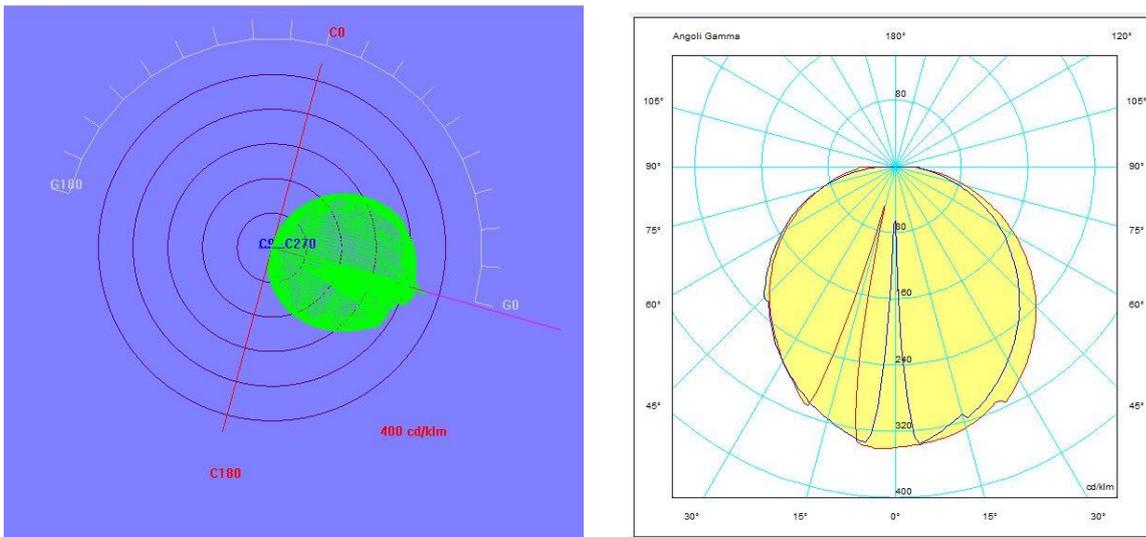
Sono state quindi eseguite altre misure, con lo strumento portatile, su vari campioni della stessa carta, dopo aver nuovamente calibrato lo strumento (Figura 32, dove è rappresentato solo il valore SCI = componente speculare incluso): sono confermati essenzialmente gli stessi valori e lo stesso andamento. La riflettanza spettrale media nelle 4 misure à: 84.4 (misura originale), 83.9, 83.6, 83.8 (misure aggiuntive).

Nella figura è ripetuto anche il risultato della misura precedente (carta 1 15).



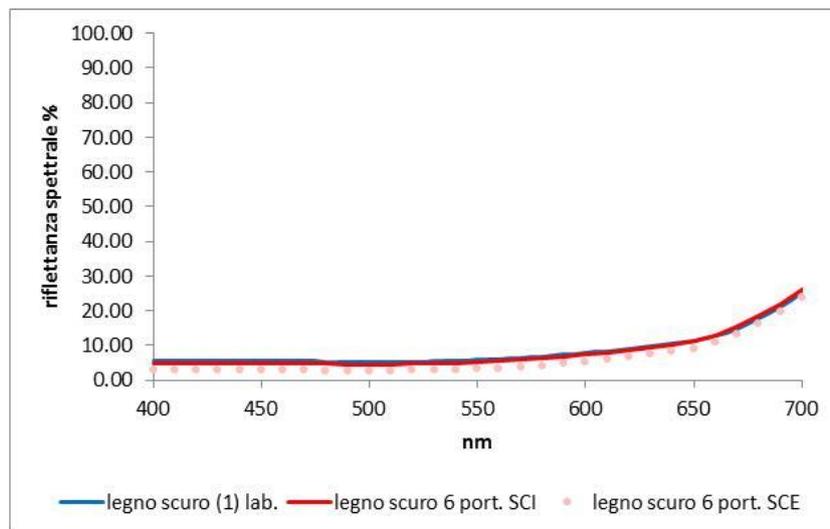
**Figura 32 – Misure aggiuntive misure su carta appoggiata su carta**

La BRDF (Figura 33), su carta appoggiata su legno scuro, conferma una riflettanza spaziale diffusa, lambertiana.



**Figura 33 - BRDF carta appoggiata su legno scuro**

In Figura 34, Figura 35 e Figura 36 sono rappresentate misure su campioni di rivestimenti tipici di arredo di uffici (legno scuro e chiaro) o per magazzini (nobilitato bianco).



**Figura 34 – Misure su legno scuro**

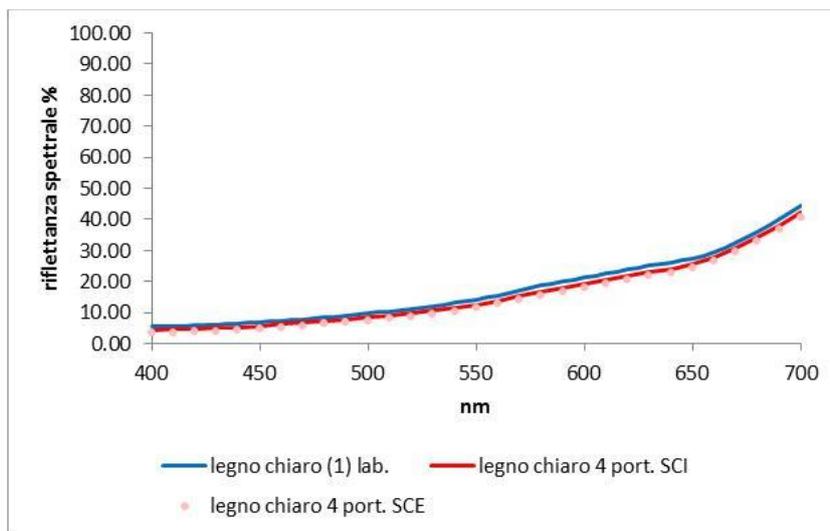


Figura 35 - Misure su legno chiaro

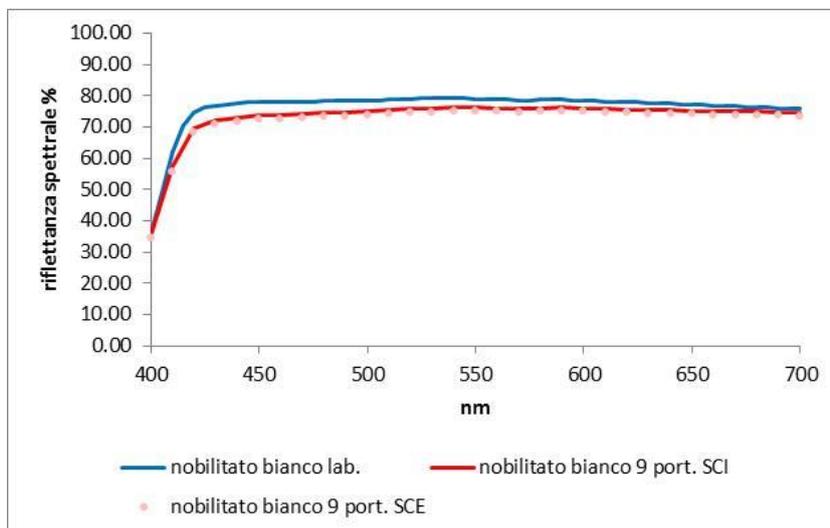
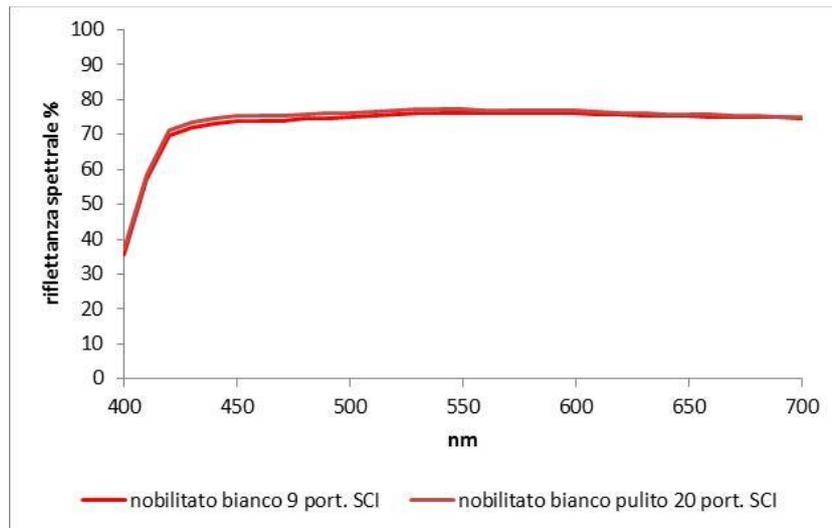


Figura 36 - Misure su nobilitato bianco

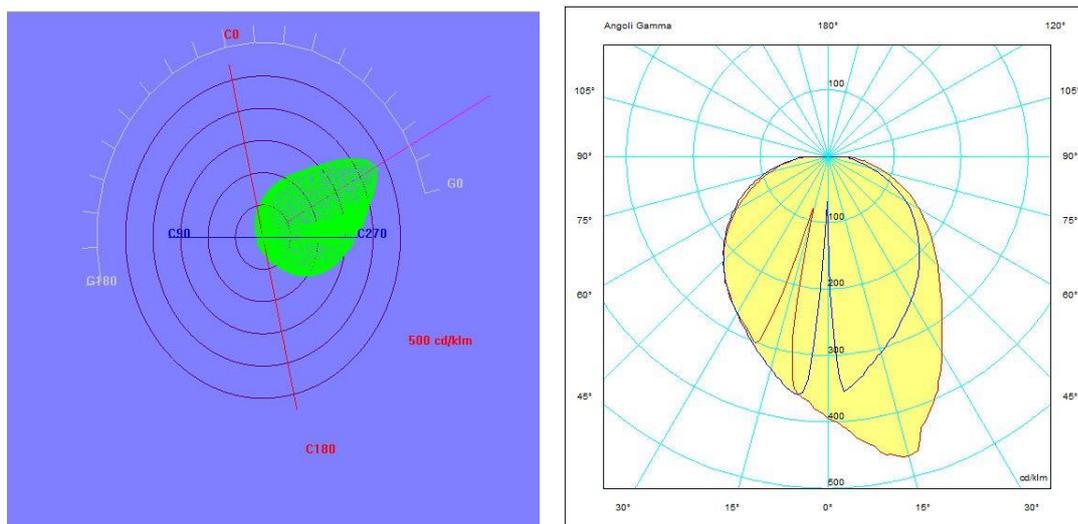
Le maggiori differenze si riscontrano sul materiale bianco.

E' stata quindi ripetuta la misura sul nobilitato bianco, dopo aver pulito il campione e aver ricalibrato lo strumento, che ha confermato lo stesso andamento e gli stessi valori (Figura 37). La riflettanza spettrale media su tutto il range 400-700nm è 73.07 (misura originale), 74.06 (misura aggiuntiva).



**Figura 37 - Misure aggiuntive su nobilitato bianco**

La BRDF del nobilitato bianco è rappresentata in Figura 38. La riflettanza spaziale è per la maggior parte diffusa, ma con una tendenza centrale speculare.



**Figura 38 - BRDF nobilitato bianco**

In Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42 sono rappresentate le misure su 2 campioni di materiale ad alta riflettanza usato per riflettori di apparecchi di illuminazione di altissima qualità: si tratta di alluminio anodizzato rivestito da un sottile strato d'argento. Le misure sono state fatte sia sul lato riflettente (quindi Al+Ag) che sul lato posteriore (Al) del materiale, per avere una casistica più allargata.

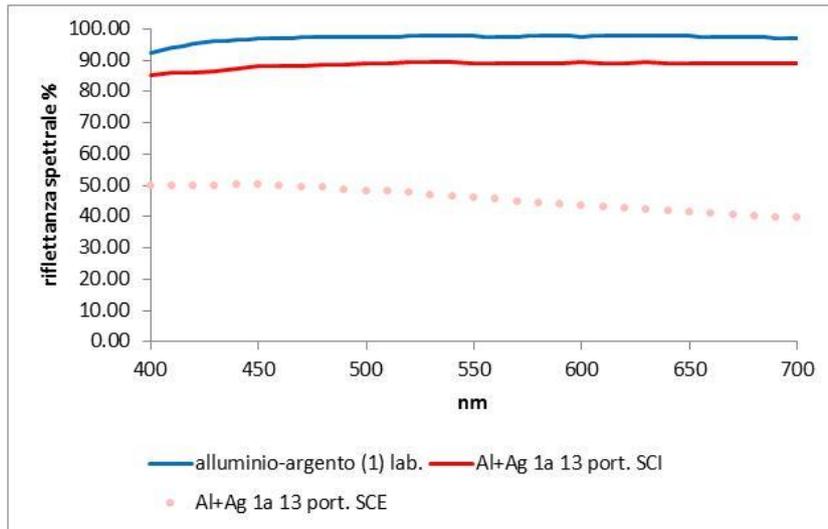


Figura 39 - Misure su alluminio+argento campione 1

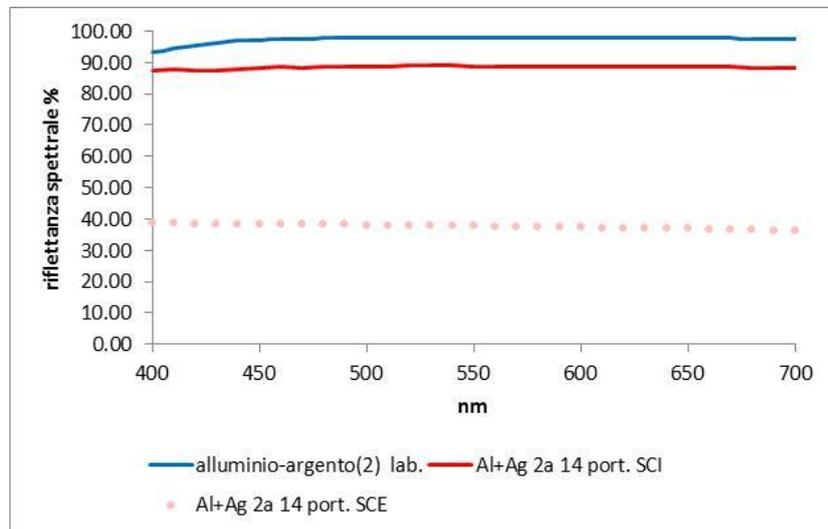


Figura 40 – Misure su alluminio + argento campione 2

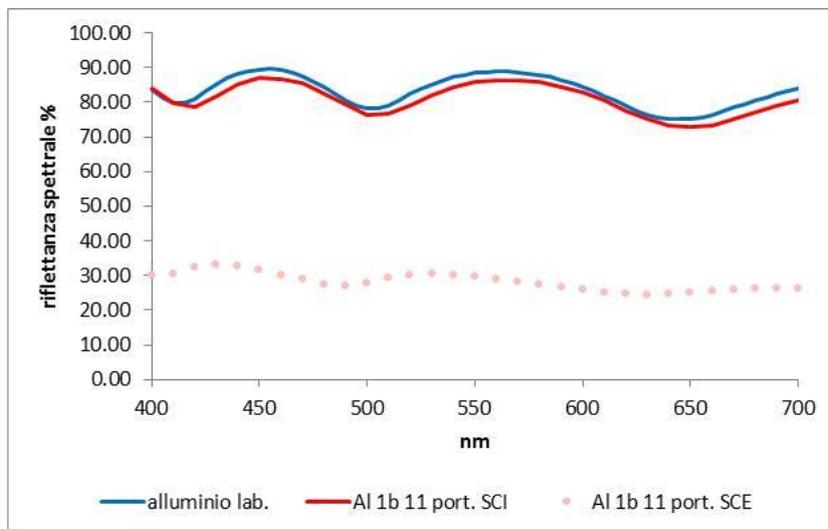
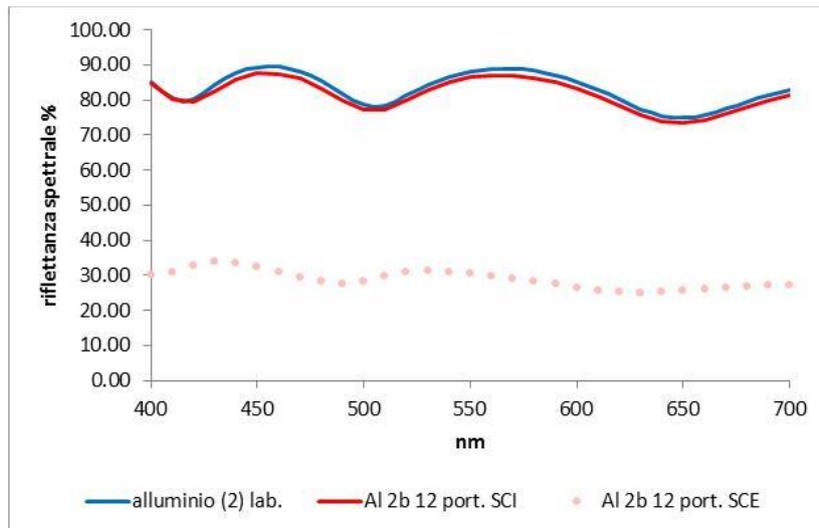


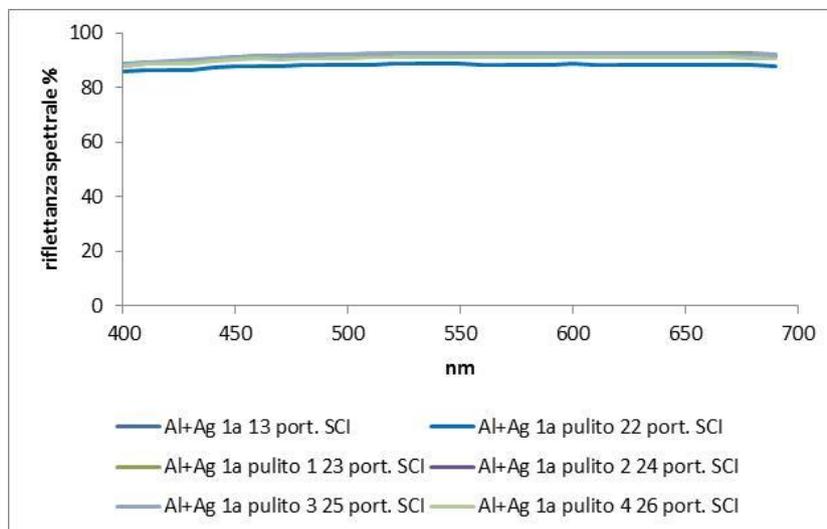
Figura 41 – Misure su alluminio campione 1



**Figura 42 – Misure su alluminio campione 2**

Mentre per la superficie meno performante (Al) la sovrapposizione delle misure è molto buona, per il lato molto riflettente (Al+Ag) l'andamento delle riflessioni spettrali è simile ma i valori assoluti sono differenti.

Sono state eseguite misure aggiuntive sui campioni di Al+Ag: in Figura 39 e Figura 40 le misure. Lo spettrofotometro è stato puntato su diversi punti della superficie da misurare, per cui non si tratta di vere ripetizioni della stessa misura. Si confermano essenzialmente i valori precedenti per il campione 2 (riflettanza spettrale media 88.50 misura originale; 88.71, 89.62, 89.78, 88.02 misure aggiuntive), mentre il campione 1 è più variabile (riflettanza media 88.61 misura originale; 88.18, 91.98, 91.63, 92.04, 90.77 misure aggiuntive).



**Figura 43 - Misure aggiuntive su AL+Ag campione 1**

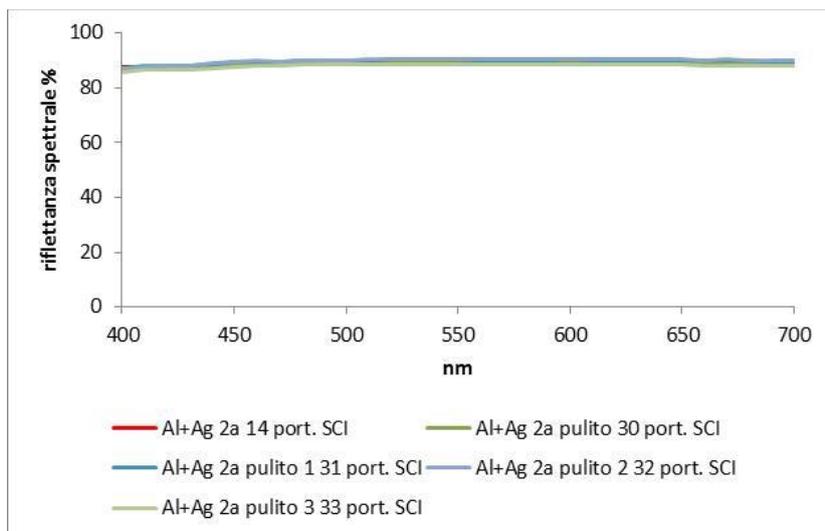


Figura 44 - Misure aggiuntive su Al+Ag campione 2

In Figura 45 e Figura 46 le BRDF dell'alluminio e alluminio+argento usato nei riflettori di apparecchi di illuminazione: la riflessione è speculare ma con caratteristiche diverse secondo la finitura. E' importante ricordare che il materiale (Al+Ag) è stato appositamente progettato e realizzato per ottimizzare la distribuzione e la trasmissione della luce in un apparecchio di illuminazione di alta qualità.

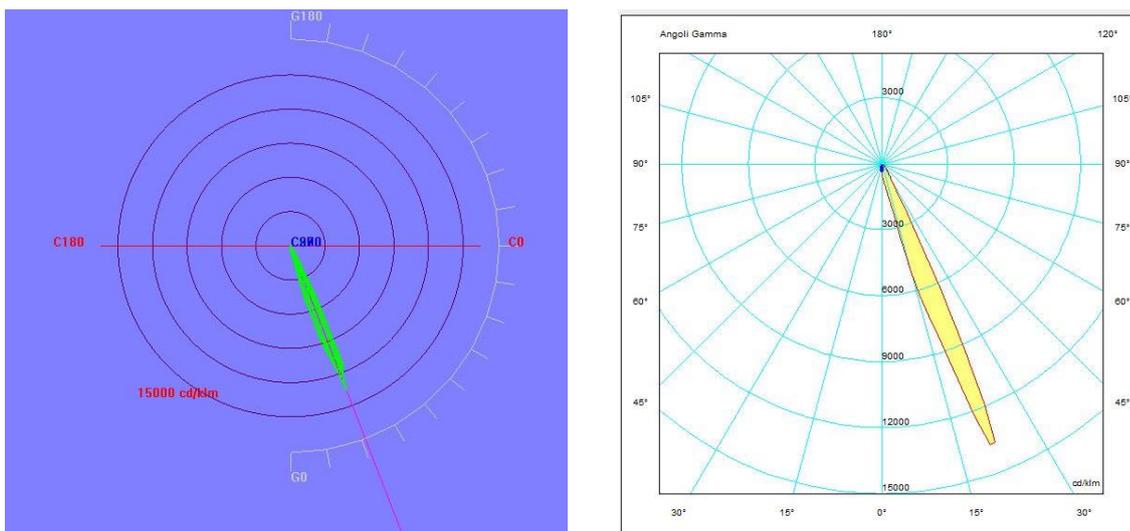
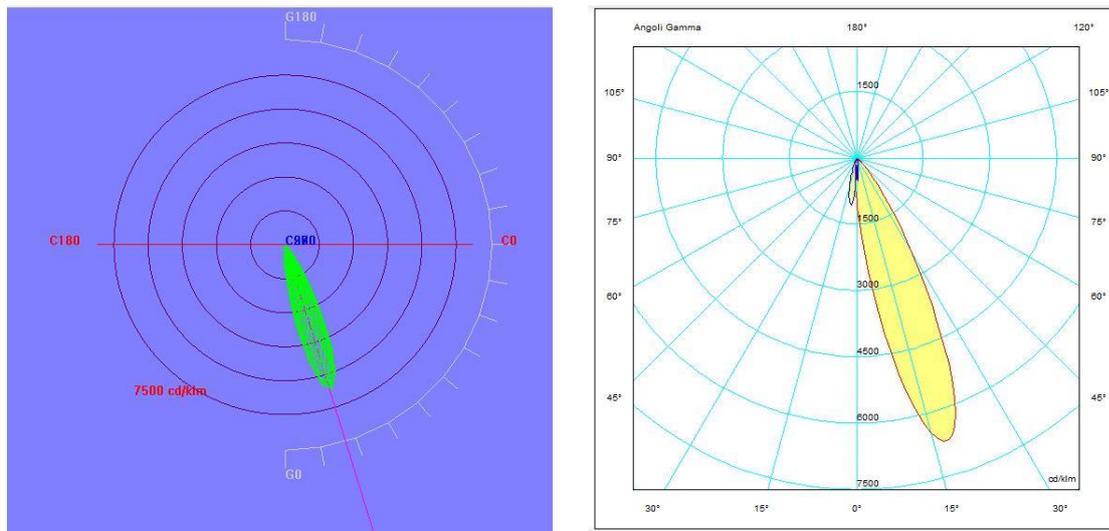


Figura 45 - BRDF alluminio campione 2



**Figura 46 - BRDF Al+Ag campione 2**

In conclusione, le misure di riflettanza spettrale effettuate con strumentazione portatile sono sufficientemente vicine a quelle con strumentazione di laboratorio, tenendo conto che lo scopo delle misure “in loco” è la caratterizzazione rapida di materiali in esercizio. Fa eccezione la superficie metallica molto riflettente (Al+Ag), per cui sarebbe interessante un approfondimento successivo.

### 3.2 *Analisi numerica e sperimentale di vetri termocromici per applicazioni in edifici ad uso ufficio (Politecnico di Torino, INRIM, ENEA)*

#### 3.2.1 Introduzione

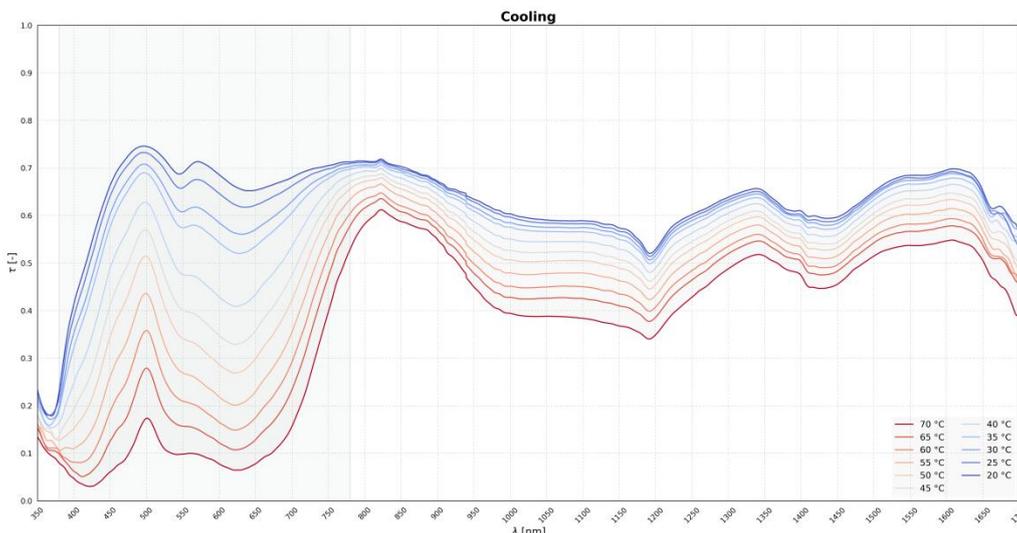
La ricerca intende fornire un'estesa analisi di vetri termocromici per applicazioni in edifici commerciali, al fine di ottimizzare le prestazioni energetiche, lato termico e illuminotecnico, nonché esaminare aspetti legati alla qualità della visione e al daylighting. La prima fase dello studio è essenzialmente rivolta ad una approfondita campagna sperimentale sul componente, al fine di individuarne le principali caratteristiche solari e luminose in funzione di diversi livelli termici. In una seconda fase, si valuta l'impatto del componente sulle prestazioni dell'edificio attraverso analisi numeriche in regime dinamico.

#### 3.2.2 Analisi sperimentale

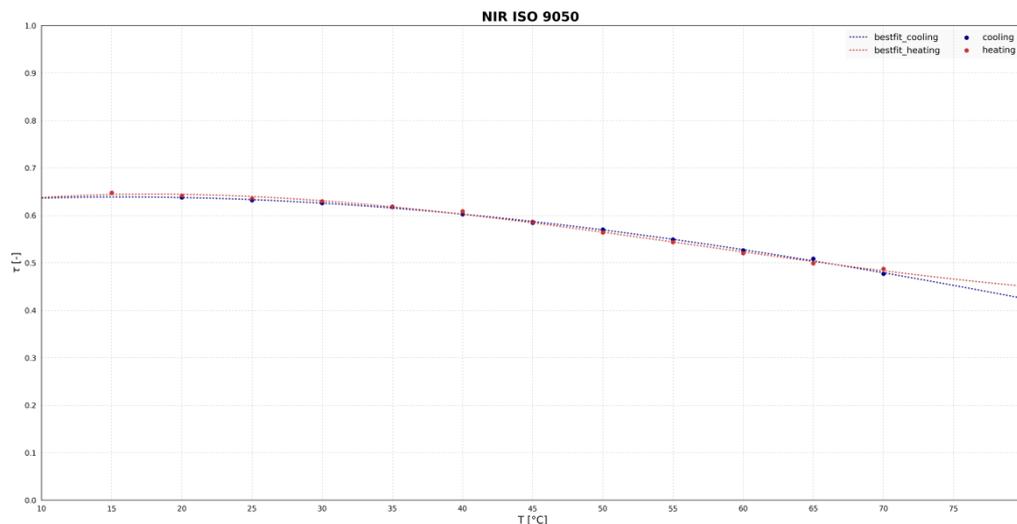
Le caratteristiche ottiche di materiali termocromici sono determinate attraverso misure spettrali nell'intervallo solare, quindi integrate negli opportuni spettri di riferimento. Date le caratteristiche dinamiche di questi materiali non è possibile eseguire le misure con spettrofotometri commerciali. Le misure di riflessione e trasmissione spettrale sono state eseguite utilizzando un apparato ottico mono-raggio composto da: due sorgenti luminose (sorgente xenon 300 W per misure negli spettri UV e visibile; sorgente tungsteno 1000 W per misure nel vicino infrarosso); sfera integratrice di 75 centimetri con rivestimento in Spectralon; spettrofotometro ad array fotosensibile con 3 sensori per le diverse regioni dello spettro (al silicio per la regione 360-900nm, ad arseniuro di gallio per la regione 900-1700nm, ad arseniuro di gallio esteso per la regione 1700-2300nm). Le misure in riflettanza e trasmittanza sono eseguite nello spettro tra 360 e 2300 nanometri. Le prove di riflettanza e trasmittanza sono state corrette utilizzando il metodo della porta ausiliaria. Le prove in riflessione sono state eseguite rispetto a un campione di riferimento in Spectralon, calibrato e certificato.

I dati spettrali sono integrati negli spettri visibile e solare secondo le procedure definite in *ISO 9050:2003 - Glass in building - Determination of light transmittance, solar direct transmittance, total solar energy transmittance, ultraviolet transmittance and related glazing factors*. Nel caso di tende bi e multicolore i dati

finali di riflessione e trasmissione sono ottenuti come media della misura dei vari colori pesata sulle superfici di competenza di ciascun colore. La Figura 47 riporta l'andamento spettrale della trasmittanza in funzione di diverse temperature superficiali del vetro termocromico, precedentemente esposto alla radiazione solare. La Figura 48 riporta gli andamenti della trasmittanza solare integrata del campione nella progressione di riscaldamento (linea rossa) e raffreddamento (linea blu).



**Figura 47 - andamento spettrale della trasmittanza in funzione di diverse temperature superficiali del vetro termocromico precedentemente esposto a luce solare**



**Figura 48 – andamenti della trasmittanza solare integrata del campione nella progressione di riscaldamento (linea rossa) e raffreddamento (linea blu).**

### 3.2.3 Analisi Numeriche

Una volta effettuata la caratterizzazione sperimentale del componente termocromico, i risultati ottenuti sono stati utilizzati all'interno di una metodologia innovativa di simulazione dinamica in grado di valutare simultaneamente gli effetti di quest'ultimo sul comfort visivo e sulla prestazione energetica annuali. Per fare ciò le curve di heating e cooling relative alla variazione delle trasmittanza visiva e solare del componente termocromico, ottenute in maniera sperimentale, sono state discretizzate in un numero finito di stati termo-ottici fra loro indipendenti. Questi stati sono quindi stati inseriti nel processo simulativo di

seguito illustrato al fine di essere in grado di valutare i consumi energetici e le condizioni di comfort dipendenti dal componente preso in esame.

### 3.2.3.1 Metodologia

La metodologia messa a punto consiste in un metodo di simulazione dinamica integrata per la simultanea valutazione annuale di aspetti che appartengono a domini fisici differenti, come comfort visivo, comfort termico e consumo di energia. Il procedimento qui presentato utilizza strumenti già noti per la valutazione dei singoli aspetti, ma li combina in maniera innovativa in modo essere in grado finalmente di evitare una serie di errori, anche grossolani, sistematicamente commessi dalle varie metodologie oggi comunemente utilizzate per la simulazione integrata.

Più in dettaglio, gli strumenti utilizzati sono DAYSIM per le simulazioni dinamiche illuminotecniche ed il calcolo degli indici di comfort visivo, EnergyPlus per le simulazioni dinamiche energetiche e Grasshopper, plugin parametrico di Rhinoceros, per la creazione del modello di calcolo, la gestione del workflow e la parametrizzazione del metodo stesso. Come già accennato l'innovatività di questa metodologia non risiede tanto nei vari software utilizzati, bensì nel modo in cui essi vengono combinati e nel fatto che tutto quanto il processo è parametrico, rendendo possibile anche un processo ottimizzativo delle proprietà del componente in base ad un obiettivo prefissato.

Una volta costruito il modello geometrico oggetto dell'analisi (l'ambiente per il quale si vuole effettuare la valutazione) e specificate le proprietà termo-ottiche dell'involucro opaco si procede con la prima fase, ovvero il calcolo dei parametri di comfort visivo annuali per ognuno degli stati termo-ottici nei quali è stato discretizzato il comportamento del vetro termocromico. Questi parametri di comfort riguardano sia la disponibilità di luce naturale in ambiente, valutata mediante la verifica di un livello di illuminamento sul piano orizzontale sufficiente o meno per lo svolgimento di un compito visivo, sia la presenza o meno di abbagliamento. Successivamente tutti questi risultati sono automaticamente immessi in EnergyPlus, il quale, tramite un'adeguata programmazione del suo modulo "EnergyManagementSystem" (EMS), è in grado di calcolare la temperatura superficiale del componente termocromico ad ogni istante temporale, e quindi di capire in quale degli stati termo-ottici presi in considerazione si trovi quest'ultimo. Effettuato il calcolo per un determinato istante temporale il software procede a calcolare quale sia il consumo energetico associato allo stato termo-ottico del componente termocromico, per poi muoversi all'istante temporale successivo. Questo procedimento è ripetuto per tutti gli istanti temporali dell'anno

Terminata questa seconda fase, tramite un post-processing dei dati energetici e di comfort è possibile calcolare gli indici annuali relativi alla prestazione energetica del modello ed ai vari aspetti del comfort visivo evidenziati in precedenza.

La differenza sostanziale rispetto a tutti i metodi di simulazione dinamica integrata disponibili al momento risiede nel fatto che questi ultimi calcolano i dati energetici e di comfort relativi a tutti gli stati termo-ottici definiti, passando poi al calcolo delle prestazioni annuali mediante una semplice somma di questi singoli stati, selezionati in base a una forzante (per il termocromico è la temperatura dello strato termocromico del componente). Questa metodologia non è in grado di tenere in considerazione i mutui effetti che hanno il dominio termico e ottico l'uno sull'altro.

Il metodo qui presentato, al contrario, tramite una programmazione complessa del procedimento di valutazione annuale, è in grado di effettuare la scelta tra gli stati termo-ottici selezionati non a posteriori, ma direttamente all'interno della simulazione. Questo consente di cambiare lo stato del vetro "in-place" ad ogni singolo istante temporale, operazione tramite la quale non solo è possibile eliminare gli errori tipici dei metodi di simulazione integrata tradizionali, ma anche considerare e valutare finalmente fenomeni che prima erano impossibili da tenere in considerazione, come la storia termica dell'edificio ed anche l'isteresi dei componenti adattivi. Un altro vantaggio di questa metodologia consiste nell'essere in grado di utilizzare per componenti adattivi forzanti relative al dominio illuminotecnico, termico ed energetico insieme,

mentre con le metodologie tradizionali era necessaria una scelta poiché forzanti relative a domini fisici differenti non potevano essere combinate tra loro.

### 3.2.3.2 Risultati

Messa a punto la metodologia si è proceduto a testarla su un caso studio costituito da un ufficio cellulare tipo (3.6m x4.5m x2.7m) con facciata vetrata orientata a sud e Window-to-Wall-Ratio (WWR) pari a 50%. Il fattore di riflessione è stato impostato pari a 80% per il soffitto, 65% per le pareti le 20% per il pavimento. Tutte le superfici sono state considerate come adiabatiche tranne la superficie che ospita la finestra, cui è stata assegnata una trasmittanza termica di  $0.24 \text{ W/m}^2\text{-K}$ . L'abbagliamento è stato valutato in un punto posizionato al centro della stanza ad un'altezza di 1.2m (come una persona seduta) guardando direttamente verso la finestra, mentre l'illuminamento orizzontale è stato valutato su una superficie posizionata a 0.75m dal pavimento (quanto una scrivania) e i cui lati distano 0.5m dalle pareti perimetrali, considerando questa zona come poco probabile per il posizionamento di una postazione di lavoro.

Il modello appena descritto è stato posizionato in tre località diverse, Abu Dhabi, negli Emirati Arabi Uniti (N  $63^\circ 10'$ , E  $14^\circ 30'$ ), Torino, in Italia (N  $45^\circ 13'$ , E  $7^\circ 39'$ ), ed Östersund, in Svezia (N  $24^\circ 25'$ , E  $54^\circ 39'$ ). Queste località sono state scelte in quanto presentano climi molto diversi fra loro e perché la differenza di latitudine tra esse è costante ( $20^\circ$  circa).

Per ognuna di queste località il modello di ufficio cellulare è stato simulato tramite il metodo sopra descritto utilizzando sia il componente termocromico sia un vetro tradizionale selettivo con fattore di trasmissione luminosa pari a 66%. È stato in questo modo possibile valutare, nei differenti climi esaminati, la performance del componente adattivo, dal punto di vista del comfort visivo e della prestazione energetica, rispetto a quella che si otterrebbe utilizzando un componente tradizionale come un vetro selettivo.

I risultati mostrano come, per quanto riguarda la prestazione energetica, non esista una tendenza comune a tutti i casi studio analizzati, in quanto a seconda del clima il vetro termocromico può migliorare o peggiorare la prestazione rispetto al vetro selettivo. Ad Abu Dhabi la prestazione energetica globale relativa a questo componente è migliore rispetto a quella relativa al termocromico, in quanto con quest'ultimo è richiesta una maggiore quantità di energia per il raffrescamento ( $+6.83 \text{ kWh/m}^2\text{-anno}$ ). Per la città di Torino si nota invece come le prestazioni energetiche dei due componenti praticamente si equivalgano, con una variazione globale di  $3.17 \text{ kWh/m}^2\text{-anno}$ . Alla latitudine di Torino si evidenzia per il componente termocromico una maggiore necessità di energia per il riscaldamento invernale, compensata però da una minore domanda di energia per il raffrescamento estivo. Infine per la città di Östersund, sebbene la variazione globale nelle prestazioni sia di soli  $3.51 \text{ kWh/m}^2\text{-anno}$ , si registra un'inversione di tendenza, con il componente termocromico che fornisce una prestazione migliore del vetro selettivo. A tutte e tre le latitudini il fabbisogno di energia per l'illuminazione non presenta una differenza significativa tra il vetro selettivo e il componente termocromico.

Se dal punto di vista della prestazione energetica non è possibile individuare una tendenza comune alle tre latitudini analizzate, ciò non risulta vero per quanto riguarda i risultati relativi al comfort visivo. In linea generale è possibile affermare che la performance del componente termocromico risulta sempre migliore di quella del vetro selettivo, anche se l'entità della variazione della prima rispetto alla seconda dipende dal clima considerato. Prendendo in esame l'abbagliamento, che risulta essere il parametro di comfort visivo più sensibile, si nota come la percentuale di tempo, durante il periodo di occupazione dell'ambiente simulato, in cui l'abbagliamento è impercettibile (condizione ottimale) aumenta sempre passando dal vetro selettivo al componente termocromico; allo stesso modo la percentuale di tempo in cui l'ufficio simulato è occupato e l'abbagliamento è intollerabile si riduce sempre passando dal caso con vetro selettivo a quello con il vetro termocromico. L'entità di queste variazioni risulta dipendere dalla localizzazione geografica, e quindi dal clima considerato. All'aumentare della latitudine si registra una minore variazione tra le prestazioni del vetro selettivo e di quello termocromico. Mentre per la città di Abu Dhabi, utilizzando il vetro termocromico si aumenta la percentuale di tempo occupato in cui l'abbagliamento è impercettibile

del 16% e si riduce quella in cui è intollerabile di oltre il 30%, nella città di Östersund quest'ultima si riduce solo del 5.5%, mentre la prima non subisce variazioni significative.

Completata questa fase ci si è concentrati sul motivo principale per cui questo metodo è nato, ovvero la valutazione dell'effetto dell'isteresi sulla prestazione energetica e di comfort visivo annuali. Per fare ciò oltre al caso studio reale, cioè il componente termocromico caratterizzato sperimentalmente, il quale presenta un'isteresi di 5°C, sono stati analizzati altri quattro casi studio, per i quali sono state assunte le stesse proprietà del caso studio reale, tranne l'ampiezza dell'isteresi, che è stata considerata pari a 0°C, 10°C, 20 °C e 30°C. Anche in questo caso le simulazioni sono state effettuate per i tre climi già utilizzati nella fase precedente.

I risultati relativi alla prestazione energetica globale mostrano come in tutti e tre i climi non siano presenti variazioni significative all'aumentare dell'ampiezza dell'isteresi. Infatti per tutte e tre le latitudini si registrano variazioni massime intorno a 1 kWh/m<sup>2</sup>-anno. Per quanto riguarda la prestazione di comfort visivo invece appare chiaro come a tutte le latitudini considerate l'ampiezza dell'isteresi influenzi fortemente le condizioni di comfort visivo annuali. Infatti maggiore è l'ampiezza dell'isteresi migliori saranno le condizioni di comfort visivo. Nel caso dell'abbagliamento, che ancora una volta risulta come il parametro più sensibile, all'aumentare della latitudine diminuisce la variazione che si registra aumentando l'ampiezza dell'isteresi. Nel caso di Abu Dhabi la percentuale di tempo occupato nella quale l'abbagliamento è impercettibile aumenta del 10% passando da un'isteresi di 0°C a una di 30°C. Per quanto riguarda Torino, effettuando lo stesso passaggio la variazione che si registra è pari al 6%, per passare infine al 4% che si può osservare nel caso di Östersund.

### 3.2.3.3 *Discussione e Conclusione*

Dalle analisi effettuate emerge come il componente analizzato, cioè un vetro termocromico, sia in grado di migliorare la prestazione energetica di un ufficio cellulare, rispetto ad un vetro selettivo (tv=66%), a latitudini intermedie ed alte, mentre a base latitudini il suo impiego, dal punto di vista energetico, risulta svantaggioso rispetto al componente tradizionale. Dal punto di vista del comfort visivo invece si evince che il componente termocromico è in grado, a tutte e tre le latitudini considerate, di migliorare le condizioni rispetto a quelle fornite da un vetro selettivo.

Passando poi allo studio dell'ampiezza dell'isteresi risulta che una maggiore isteresi, in tutti i climi analizzati, corrisponde a condizioni di comfort visivo migliori, senza per questo andare a peggiorare la prestazione energetica globale.

Gli autori non considerano il lavoro qui presentato come terminato, poiché per esplorare in maniera esaustiva questo campo sono necessari una serie di approfondimenti. Tra questi è prevista un'analisi di sensitività sui parametri di input del modello, poiché essi possono giocare un ruolo determinante sui risultati annuali. Una volta completata questa parte sarà necessario aumentare il numero di casi studio su cui applicare la metodologia, includendo tipologie di spazi, geometrie e climi differenti. Risulterebbe infine estremamente interessante sfruttare le possibilità parametriche della metodologia sviluppata non più solo per valutare le prestazioni di componenti trasparenti adattivi passivi, ma per controllare componenti adattivi attivi (vetri elettrocromici, a cristalli liquidi, fotovoltacromici, ecc) in maniera ottimale per fornire un livello adeguato di comfort visivo e ridurre contemporaneamente il fabbisogno globale di energia.

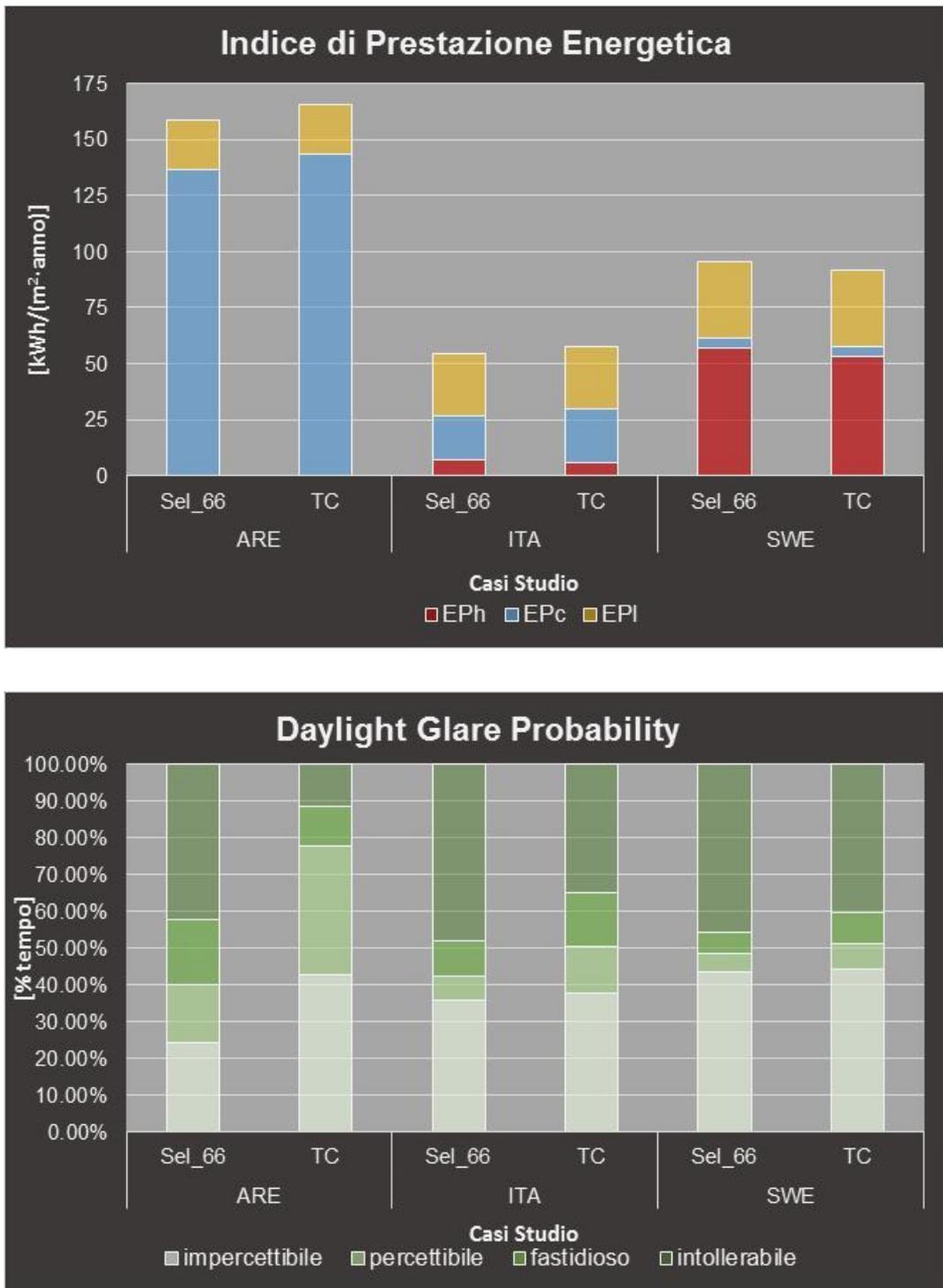
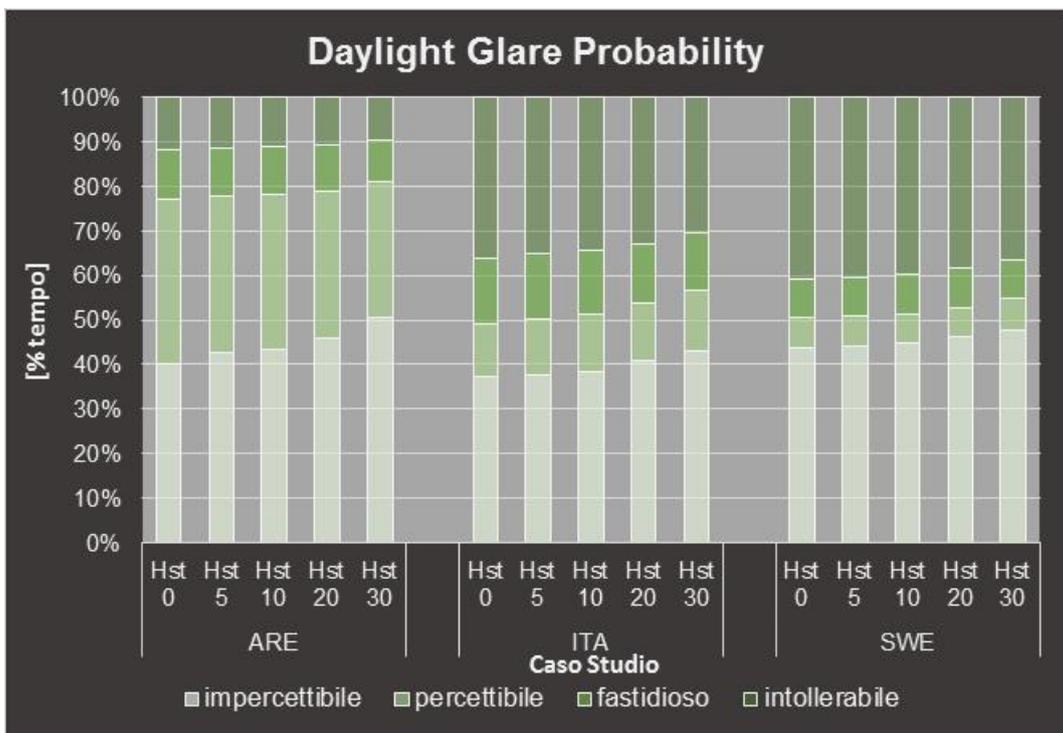
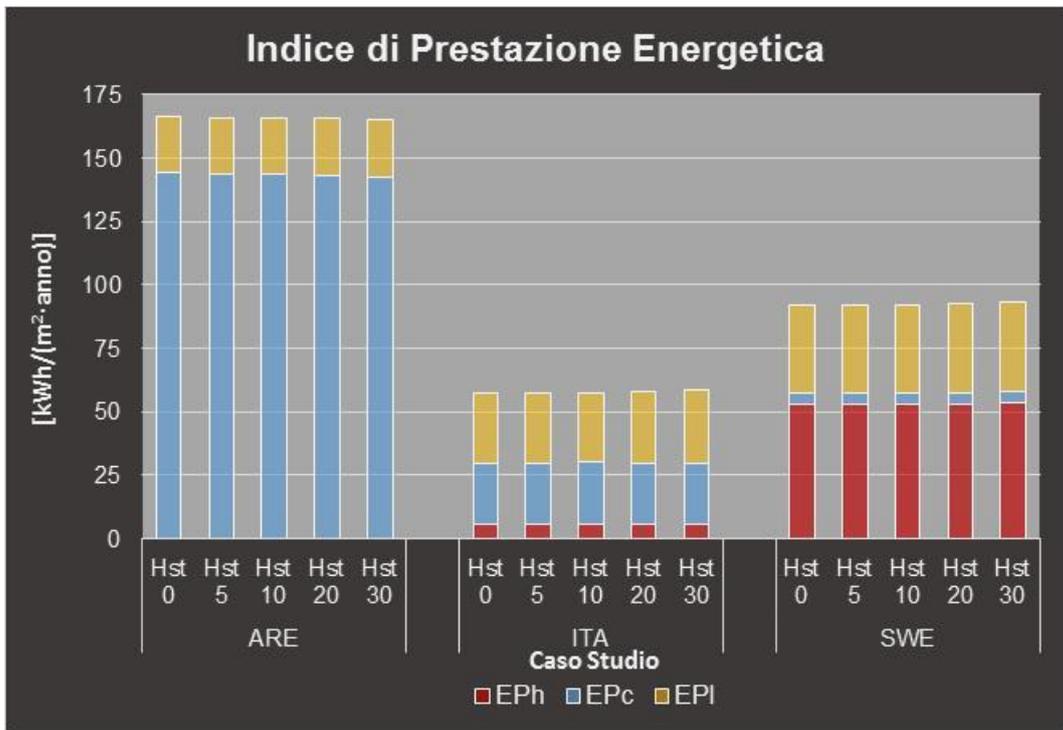


Figura 49 - Confronto tra varie ampiezze dell'isteresi del termocromico. Grafici relativi alla prestazione energetica ed al comfort visivo annuali



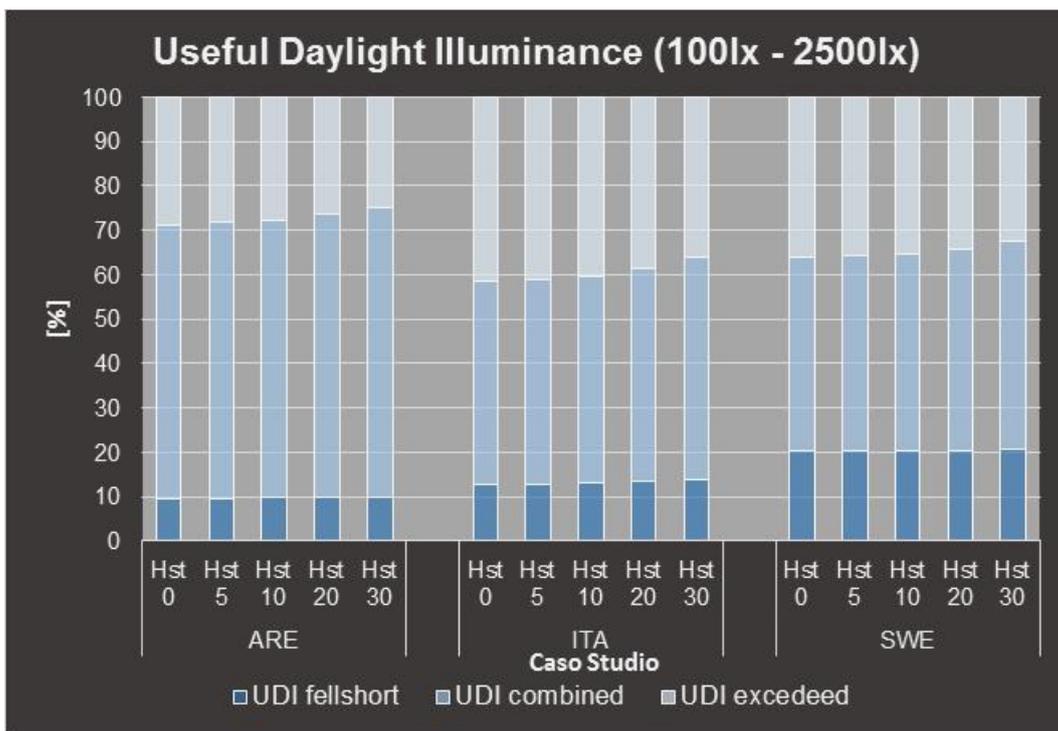


Figura 50 - Confronto tra vetro selettivo e vetro termocromico. Grafici relativi alla prestazione energetica ed al comfort visivo annuali

### 3.3 Caratterizzazione sperimentale e numerica di aerogel trasparenti monolitici per applicazioni in edilizia commerciale (Università di Perugia)

#### 3.3.1 Introduzione

Oggetto dell'attività di ricerca è la valutazione delle prestazioni ottiche, termiche ed energetiche di soluzioni vetrate avanzate per l'edilizia non residenziale con aerogel monolitico in intercapedine. L'aerogel è un solido nanoporoso a base di silice con eccellenti proprietà isolanti. Nella forma granulare ha la caratteristica di essere traslucido, a causa dello scattering della luce, mentre quello monolitico, pur risentendo degli effetti di diffusione della luce, mantiene la caratteristica di trasparenza. L'unione tra l'elevata resistenza termica e la buona trasmissione luminosa lo rende quindi un materiale particolarmente promettente nel campo degli edifici a elevate prestazioni energetiche o NZEB. Al fine di evidenziare lo stato dell'arte relativo alle prestazioni di tali soluzioni allo stato attuale e per valutare le prospettive di sviluppo nel medio termine di tali tecnologie, è stato realizzato un prototipo di vetrocamera innovativa con lastre di tipo float e aerogel monolitico in intercapedine, con uno spessore in linea con quelli delle intercapedini comunemente impiegate in edilizia (15 mm). La caratterizzazione ottica della vetrata innovativa è stata effettuata presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia con uno spettrofotometro commerciale a doppio raggio e, vista la natura del materiale, le misure hanno previsto anche l'impiego dello spettrofotometro non convenzionale disponibile presso il Centro di Ricerca ENEA Casaccia, anche al fine di valutare il decadimento angolare (a 30°) delle proprietà di trasmissione luminosa e solare. Le misure sono state elaborate ai sensi della normativa tecnica di riferimento (UNI EN 410), al fine di stimare i parametri prestazionali più significativi, quali il fattore di trasmissione visibile, il fattore di trasmissione solare diretta e l'indice di resa cromatica. È stato anche stimato, mediante un metodo approssimato, il fattore solare. Le prestazioni termiche del prototipo sono state misurate impiegando un apparato strumentale denominato Small Hot Box, un sistema originale ideato, costruito e messo a punto presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia. L'accurata caratterizzazione sperimentale ottica e termica della vetrocamera innovativa ha permesso di disporre di dati sperimentali da utilizzare in simulazioni dinamiche delle prestazioni termoenergetiche degli edifici. Le simulazioni sono

state effettuate considerando un caso di studio relativo all'edilizia non residenziale, in diverse condizioni climatiche. È stato quindi valutato l'impatto dell'aerogel monolitico sull'edificio in termini di variazione della richiesta energetica per il riscaldamento, per il raffrescamento e per l'illuminazione artificiale rispetto a soluzioni convenzionali. Infine, per lo stesso edificio, le simulazioni sono state ripetute considerando un WWR (Window to Wall Ratio) più elevato. Nel presente documento sono riassunti la metodologia di analisi e i principali risultati dello studio. Per i risultati completi e dettagliati si rimanda al rapporto tecnico esteso.

### 3.3.2 Descrizione delle attività svolte e risultati

#### 3.3.2.1 *Vetrate con aerogel monolitico: stato dell'arte*

I primi prototipi di aerogel monolitico trasparente sono stati sviluppati 20 - 30 anni fa in Svezia da Airglass AB, tuttavia questi sistemi non sono ancora entrati sul mercato e solo alcuni prototipi sono stati prodotti da laboratori a scopo di ricerca (Japan Fine Ceramics Center, Aerogel Technologies, Gyroscope, Guangdong Alison Aerogel e Surnano Aerogel Inc). Risulta ancora difficile produrre grandi lastre caratterizzate da buone proprietà di trasparenza; la fase finale di essiccazione del materiale è considerata quella critica, poiché ha un maggiore impatto in termini di consumi ed è anche quella in cui la struttura del materiale tende a crollare. Esistono a oggi due metodi principali: essiccazione a pressione ambiente e asciugatura in condizioni supercritiche. Duer e Svendsen hanno presentato un prototipo di dimensioni di 45 x 45 cm, realizzato in condizioni evacuate, interposto tra due lastre di vetro. È stato misurato un valore di conducibilità termica di 0.010 W/mK a temperatura ambiente (spessore aerogel  $15 \pm 1$  mm). La trasmissione solare è maggiore del 75% e la trasmittanza termica è dell'ordine di grandezza delle più performanti vetrate triple ( $U < 0.6$  W/m<sup>2</sup>K).

#### 3.3.2.2 *Descrizione del campione esaminato*

Al fine di poter determinare le prestazioni ottiche e termiche dell'aerogel monolitico, è stato realizzato un prototipo di vetrocamera (dimensioni 30x30 cm) costituita da due lastre vetrate float di spessore 3/16" (circa 4.7 mm) e un'intercapedine di 15 mm con aerogel monolitico (Figura 51). L' aerogel monolitico oggetto di studio è stato realizzato presso i laboratori del Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Chimica dello Union College (Schenectady, New York, United States), impiegando un processo innovativo di estrazione rapida in condizioni supercritiche, che prevede l'impiego di una pressa idraulica a caldo di tipo industriale (267 kN). Il materiale è composto da una miscela di ortosilicato tetrametile, metanolo, acqua deionizzata e ammoniaca in un rapporto molare di 1: 12: 3.6: 0.0035. La soluzione viene poi versata in uno stampo di metallo posto tra le due piastre a temperatura controllata. L'intensità della pressione applicata e i cicli di riscaldamento e raffreddamento impostati (n. 4 cicli) influenzano la dimensione del campione che si riesce ad ottenere e la qualità dell'aerogel monolitico stesso. Questo processo richiede 6 ore complete, un tempo significativamente inferiore rispetto a quello richiesto per la fabbricazione di aerogel in autoclave mediante il metodo dell'estrazione di CO<sub>2</sub>. A causa della fragilità del materiale, non è stato possibile realizzare un unico campione 30x30 cm di aerogel monolitico; 9 pezzi (6 dei quali circa 10x12 cm e i restanti 3 circa 6x10 cm) sono stati posizionati nell'intercapedine della vetrocamera, che è stata poi sigillata con silicone. L'acronimo usato per il campione è AER-DGU.



Figura 51 - Campione di vetrocamera con aerogel monolitico in intercapedine

### 3.3.3 Strumentazione e metodologia di analisi

#### 3.3.3.1 Caratterizzazione sperimentale

Sono state eseguite due distinte campagne di misura volte alla caratterizzazione ottica (trasmissione e riflessione spettrale nel range 380 nm-2300 nm): la prima, presso il Dipartimento di Ingegneria di Perugia, utilizzando lo spettrofotometro Shimadzu SolidSpec-3700, la seconda presso il Centro di Ricerca ENEA Casaccia eseguendo le analisi con lo spettrofotometro non convenzionale, dotato di una sfera integratrice con diametro di 75 cm. Le misure sono state effettuate sia sul campione assemblato con aerogel monolitico (AER- DGU) sia sulla sola lastra vetrata di contenimento (FLOAT GLASS): le caratteristiche spettrali della lastra hanno permesso di poter stimare quelle di una vetrocamera identica al prototipo, ma con aria in intercapedine, e il fattore solare del campione complessivo. La resistenza termica dei campioni è stata determinata mediante un apparato strumentale, denominato *Small Hot Box*. L'apparato segue in parte le indicazioni della UNI EN ISO 8990, ma è caratterizzato da dimensioni ridotte rispetto ad una tradizionale *Hot Box*, permettendo quindi di misurare provini omogenei di piccole dimensioni (30 cm x 30 cm). Essa è costituita da una camera calda, dotata di un cavo scaldante di lunghezza complessiva pari a 3 m, e la temperatura interna è controllata da un regolatore elettronico digitale. Il lato freddo del sistema è l'ambiente del laboratorio, completamente isolato dall'esterno e mantenuto a temperatura costante mediante il sistema di climatizzazione dell'edificio. La resistenza termica è stata valutata mediante il metodo del termoflussimetro, considerando una temperatura media di prova del campione pari a circa 35°C.

#### 3.3.3.2 Analisi numerica

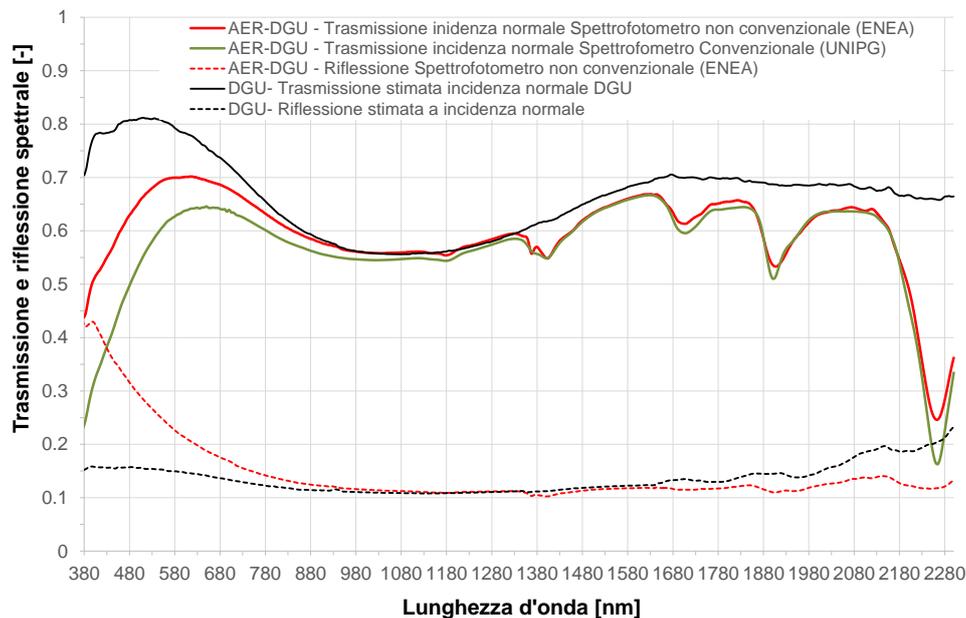
Il software scelto per il lavoro in oggetto è EnergyPlus v8.4.0. L'impatto della soluzione vetrata con aerogel monolitico in intercapedine sulla performance dell'edificio è stato valutato su un edificio di riferimento nel quale, una volta definiti in maniera univoca i parametri di input (caratteristiche costruttive dell'involucro opaco, carichi interni, ventilazione, impianto e regimi di occupazione), sono state variate le caratteristiche delle superfici vetrate, al fine di effettuare una valutazione comparativa. Nello specifico, i risultati ottenuti per la soluzione innovativa oggetto di indagine sono stati confrontati con quelli relativi allo stesso edificio con vetrate convenzionali: una vetrocamera con trattamento basso-emissivo di nuova generazione su una lastra e argon al 90% in intercapedine (acronimo LOW-E DGU; Trasmittanza termica  $U = 1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ), che rappresenta una soluzione efficace in molte condizioni climatiche, e una soluzione più performante, costituita da una vetrocamera tripla con 2 lastre con deposito basso-emissivo e argon al 90% in intercapedine (acronimo LOW-E TGU;  $U = 0.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ ). Le prestazioni energetiche sono state valutate considerando come caso di studio un edificio a uso commerciale (80x20 m) di 3 piani, ciascuno alto 3 m. L'edificio ha ampie superfici vetrate nelle facciate est e ovest. Ai fini della valutazione comparativa è stato considerato il piano intermedio, in modo da massimizzare lo scambio attraverso la vetrata e rendere minime le dispersioni attraverso le pareti opache. Le simulazioni sono state eseguite considerando diversi WWR (Window to Wall Ratio). Nel presente report di sintesi sono riportati i risultati relativi al caso

WWR=50%. Sono state considerate diverse condizioni climatiche: clima freddo (Helsinki); clima moderato (Parigi e Torino); clima caldo (Roma).

### 3.3.4 Risultati

#### 3.3.4.1 Prestazioni ottiche e termiche

In Figura 52 sono mostrati i risultati della caratterizzazione ottica (trasmissione e riflessione) ritenuti più significativi. Nello stesso grafico sono riportati anche i dati stimati (con il metodo della UNI EN 410, noti i dati misurati per la lastra Float) per una vetrocamera con le stesse lastre e aria in intercapedine (DGU).



**Figura 52 - Spettri di trasmissione e di riflessione del prototipo (Misure ENEA e confronto con spettrofotometro convenzionale) e confronto con vetrocamera con aria (dati stimati)**

L'aerogel causa una modifica della forma degli spettri di trasmissione e riflessione rispetto alla stessa vetrocamera con aria: per la trasmissione, si osserva una riduzione significativa nel visibile e nel vicino infrarosso, dopo 1350 nm; il contributo della lastra di aerogel è invece trascurabile nel range 900-1350 nm e si osservano dei picchi di assorbimento alle lunghezze d'onda di circa 1400 nm, 1700 nm e 1900 nm, tipici del materiale indagato. Considerazioni analoghe valgono per la riflessione: l'aerogel dà luogo a un incremento significativo dei valori misurati nel visibile, soprattutto in corrispondenza del blu-violetto (400-450 nm). Infine, il confronto tra le misure di trasmissione effettuate presso il Dipartimento di Ingegneria (in verde) e quelle effettuate presso ENEA (in rosso) evidenzia che gli strumenti convenzionali tendano a sottostimare, soprattutto nel range del visibile, la trasmissione di campioni complessi e diffondenti come quello in esame sebbene nel caso del monolitico la sottostima sia molto contenuta rispetto all'aerogel granulare, data la sua natura meno diffondente. Per le successive analisi sono stati quindi impiegati i dati ottici misurati presso l'ENEA. Le misure sono state elaborate ai sensi della normativa tecnica di riferimento (UNI EN 410), al fine di stimare i parametri prestazionali più significativi: il fattore di trasmissione visibile ( $\tau_v$ ) e il fattore di trasmissione solare diretta ( $\tau_e$ ) ad incidenza normale e a 30°, e l'indice di resa cromatica ( $R_a$ ), che permette una valutazione qualitativa della radiazione luminosa che attraversa la superficie vetrata e fornisce indicazioni sul comfort visivo interno (Tabella 4).

Per l'analisi dei dati si rimanda al seguito, dove i valori ottenuti sono confrontati con quelli di vetrocamere convenzionali e alternative. Si osserva comunque che il decadimento angolare della trasmissione visibile e

solare a 30° appare modesto, simile a quello di una vetrocamera convenzionale. Tuttavia, si suggerisce lo studio del comportamento ad angoli di incidenza maggiori (45° e 60°).

**Tabella 4 - Fattori di trasmissione e riflessione luminosa e solare diretta, indice di resa cromatica (UNI EN 410)**

CAMPIONE	Trasmissione luminosa $\tau_v$		Trasmissione solare diretta $\tau_e$		Riflessione luminosa $\rho_v$	Riflessione solare Diretta $\rho_{ve}$	Indice di resa cromatica $R_a$
	0°	30°	0°	30°			
AER-DGU	0.69	0.67	0.63	0.61	0.25	0.21	96

I risultati delle misure termiche sono riportati in Tabella 5, limitatamente a una delle 5 prove effettuate in diverse condizioni ambientali. La resistenza termica del prototipo (misurata da superficie a superficie) è nel range 0.72-0.74 m<sup>2</sup>K/W, a cui corrisponde una trasmittanza termica pari a 1.1 W/m<sup>2</sup>K. Sulla base dei dati misurati, la conducibilità termica stimata per la sola lastra di aerogel in intercapedine è pari a 0.021 W/mK a circa 35 °C (temperatura media del campione durante la prova).

**Tabella 5 - Risultati delle misure termiche sul campione mediante termoflussimetro per una prova**

T <sub>lato caldo</sub> [°C]	T <sub>lato freddo</sub> [°C]	$\Delta T_{aria}$ [°C]	$\Delta T_{sup}$ [°C]	Flusso $\Phi$ [W/m <sup>2</sup> ]	R <sub>totale</sub> [m <sup>2</sup> K/W]	U [W/m <sup>2</sup> K]	$\lambda_{aerogel}$ monolitico stimata a 35°C [W/mK]
46.15	27.89	18.26	16.78	22.73	0.74	1.1	0.021

La conoscenza delle caratteristiche delle lastre vetrate di contenimento e del campione complessivo ha permesso di mettere a punto un metodo approssimato per la stima delle caratteristiche ottiche ed energetiche dello strato di aerogel. Note le proprietà dell'aerogel e la conduttanza termica del campione, è stato stimato il fattore solare (g) del prototipo, secondo la procedura riportata nella norma UNI EN 410. I risultati dei calcoli sono riportati in Tabella 6. Nella stessa tabella è riportato un confronto, in termini dei parametri prestazionali ritenuti più significativi, con alcune soluzioni convenzionali (DGU, LOW-E DGU, LOW-E TGU) e con soluzioni alternative con aerogel granulare in intercapedine (10 e 20 mm di aerogel granulare), investigate in precedenti collaborazioni di ricerca tra ENEA e Dipartimento di Ingegneria.

**Tabella 6 - Confronto prestazionale ( $\tau_v, g, R_a, U$ ) tra la vetrocamera innovativa e le soluzioni alternative considerate**

Vetrata	$\tau_v$	$R_a$ [-]	$g$ [-]	U [W/m <sup>2</sup> K]
AER-DGU	0.69	96	0.70	1.0*
AER-DGU (condizioni evacuate)	0.69	96	0.70	0.6*
DGU	0.80	99	0.75	2.7
LOW-E DGU	0.76	98	0.55	1.1
LOW-E TGU	0.67	96	0.44	0.7
Vetrocamera con aerogel granulare (10 mm)	0.75	99	0.76	1.4
Vetrocamera con aerogel granulare (20 mm)	0.67	98	0.70	0.8

\* Valore riportato alla temperatura media di 10°C, corrispondente alle condizioni invernali.

L'aerogel, anche con uno spessore modesto (15 mm), produce una riduzione significativa della trasmittanza termica rispetto alla vetrocamera con aria (63%); allo stesso tempo la perdita in termini di luce visibile trasmessa è di circa il 14% e il fattore solare si mantiene elevato. Confrontando la vetrata con il LOW-E DGU, le prestazioni termiche sono di poco superiori e la trasmissione luminosa diminuisce del 9%, ma allo stesso tempo il guadagno solare si mantiene più alto ( $g=0.70$ ), situazione vantaggiosa in condizioni invernali. Per quanto riguarda la qualità della luce trasmessa dalla vetrata, l'aerogel monolitico consente di avere un'ottima resa cromatica ( $R_a=96$ ), inferiore a quella del DGU del 3%, ma paragonabile a quella di una tripla vetrata. Le soluzioni con aerogel granulare hanno una resa cromatica più elevata e allo stesso tempo  $\tau_v$  e  $g$  paragonabili, ma non consentono la visione dell'esterno essendo traslucide.

La soluzione investigata potrebbe fornire risultati più interessanti se si considerasse la prospettiva futura, ad oggi in corso di studio, di una vetrocamera con aerogel in condizioni evacuate: considerando uno spessore complessivo della vetrocamera di circa 25 mm, la trasmittanza termica stimata potrebbe raggiungere  $0.6 \text{ W/m}^2\text{K}$ , valore inferiore a quello di una vetrocamera tripla con doppio basso-emissivo e argon, che però ha uno spessore di 40 mm e un peso di circa  $30 \text{ kg/m}^2$ . Inoltre, il fattore solare della vetrocamera con aerogel è sensibilmente maggiore, con evidenti vantaggi in termini di guadagno solare in condizioni invernali.

### 3.3.4.2 Analisi numerica

L'influenza di diverse soluzioni trasparenti è stata valutata in termini di richiesta energetica per il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione artificiale, misurata in  $\text{kWh/m}^2$ . Si precisa che i dati non sono riferiti ai consumi effettivi di energia, poiché nel modello di simulazione è stato considerato un impianto ideale, senza specificare né gli elementi terminali né il sistema di generazione. La Tabella 7 riporta i valori di richiesta energetica ottenuti per le soluzioni considerate per il caso WWR pari a circa 50%. Rispetto al LOW-E DGU, la nuova soluzione investigata comporta una riduzione della richiesta per il riscaldamento significativa, dell'ordine del 5% per Helsinki e del 10% per Torino. In generale, il risparmio aumenta con la radiazione solare incidente nella località, a causa dell'elevato fattore solare di AER-DGU. Tuttavia, come prevedibile, si osserva un incremento dei fabbisogni per il raffrescamento che varia con la località considerata. I benefici in inverno si riducono considerando nel confronto la tripla vetrata (7% per la città di Torino) e, in questo caso, anche l'incremento per il raffrescamento è più evidente. Facendo l'ipotesi di condizioni evacuate, si osserva una riduzione della richiesta energetica per riscaldamento più elevata (23% per Torino), a discapito però di un incremento dell'energia richiesta in condizioni estive. Infine, la richiesta per l'illuminazione artificiale è simile per tutte le vetrate, con un modesto incremento per quella tripla.

**Tabella 7- Prestazioni energetiche dell'edificio al variare della vetrata e della località (WWR = 50%)-  
Prestazioni energetiche dell'edificio al variare della vetrata e della località (WWR = 50%)**

Città	Vetrata	Heating [ $\text{kWh/m}^2$ ]	Cooling [ $\text{kWh/m}^2$ ]	Lighting [ $\text{kWh/m}^2$ ]
HELSINKI	LOW-E DGU	52.6	5.8	8.5
	LOW-E TGU	50.3	4.4	9.0
	AER-DGU	49.9	7.3	8.8
	AER-DGU EVACUATO	45.8	9.1	8.8
TORINO	LOW-E DGU	14.8	25.2	7.0
	LOW-E TGU	14.4	22.2	7.5
	AER-DGU	13.4	27.5	7.2
	AER-DGU EVACUATO	11.3	29.9	7.2

<b>PARIGI</b>	LOW-E DGU	18.5	13.7	7.4
	LOW-E TGU	17.9	11.5	7.9
	AER-DGU	17.0	15.7	7.6
	AER-DGU EVACUATO	14.7	17.9	7.6
<b>ROMA</b>	LOW-E DGU	2.9	34.9	6.7
	LOW-E TGU	3.1	30.8	7.2
	AER-DGU	2.2	37.7	6.9
	AER-DGU EVACUATO	1.5	40.2	6.9

### 3.3.5 Conclusioni

L'accurata campagna sperimentale effettuata sul prototipo e l'analisi numerica hanno permesso di valutare le prestazioni ottiche, termiche ed energetiche allo stato attuale e le prospettive di sviluppo future di nuove soluzioni per l'edilizia non residenziale con aerogel monolitico in intercapedine. La presenza di soli 15 mm di aerogel permette di avere una trasmittanza termica di  $1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , una trasmissione luminosa di 0.69, un fattore solare elevato (0.70) e un'ottima resa cromatica (96). Infine, le simulazioni hanno evidenziato che la nuova soluzione investigata comporta una riduzione significativa della richiesta per il riscaldamento rispetto a una vetrocamera con basso-emissivo, dipendente dalle condizioni climatiche. Si osserva tuttavia un incremento dei fabbisogni per il raffrescamento, dovuto all'elevato fattore solare