

SCUOLE SOSTENIBILI: l'esempio di Firenze



L'INTERO ITER PROGETTUALE E COSTRUTTIVO DELLA SCUOLA PRIMARIA "ITALO CALVINO" È STATO CURATO DAI TECNICI DELLA DIREZIONE SERVIZI TECNICI DEL CAPOLUOGO TOSCANO, CHE SI OCCUPANO ANCHE DELLA SUA GESTIONE ENERGETICA EFFICIENTE.

L' stato di conservazione dell'edilizia scolastica è una criticità a livello nazionale: sulla base dei dati della relativa anagrafe - presentata lo scorso agosto dal Ministero dell'Istruzione e completa al 92% - si tratta di 42.292 edifici di cui 33.825 effettivamente in funzione, mentre il resto risulta dismesso, in ristrutturazione o in costruzione. Oltre il 55% delle scuole italiane - frequentate ogni giorno da quasi 8

Ingresso principale della Scuola Primaria "Italo Calvino" a Firenze: a destra si trovano la nuova centrale termica, con canna fumaria e collettori solari termici, realizzata come ampliamento della centrale preesistente.



milioni di alunni e da 1 milione di insegnanti e altre figure professionali - è stato costruito più di 40 anni fa, ma anche quelle più recenti presentano diffuse e significative problematiche in materia di sicurezza, rispondenza alle normative ed efficienza energetica. In massima parte, infatti, si tratta di immobili di proprietà degli enti pubblici locali che, anche solo per le attività di manutenzione ordinaria e gestione, devono fare i conti

con risorse estremamente scarse. In questo scenario - appena scalfito dai recenti finanziamenti governativi (3,5 miliardi di euro per circa 3.500 interventi di manutenzione, messa a norma ed efficientamento energetico, più 300 milioni di euro per la costruzione di 30 nuove scuole) - si distinguono alcune realtà particolarmente sensibili al problema, come il Comune di Firenze. La nuova scuola primaria a Cintoia

I PROTAGONISTI DELL'IMPIANTO

Committente

Comune di Firenze

Direzione Servizi Tecnici

Servizio Supporto Tecnico ai Quartieri ed Impianti Sportivi

Direttore

ing. Michele Mazzoni

Dirigente, Responsabile del procedimento

ing. Alessandro Dreoni

Progetto architettonico

ing. Riccardo Ricci, geom. Marco Noferi, geom. Giovanna Grazzini, arch. Daniele Squilloni, arch. Teresa Lovascio (consulente)

Progetto impianti meccanici

ing. Filippo Cioni, p.i. Lorenzo Cappugi, p.i. L. Mazzetti, p.i. David Cionini, p.i. Sandro Faggi, p.i. Giovanni Pagano

Progetto impianti elettrici

p.i. Valter Masini, p.i. Fabio Calonaci, p.i. Martino Pinzauti

Direzione lavori

ing. Riccardo Ricci

Strutture

ing. Lorenzo Boganini

Architettura

geom. Massimo Segulian (dir. operativo), geom. Fabiano Cassioli (isp. di cantiere), geom. Marco Noferi (isp. di cantiere)

Impianti meccanici

ing. Filippo Cioni (coordinamento dir. op.), p.i. Leonardo Mazzetti (supporto d.l.), p.i. David Cionini (isp. di cantiere parte elettrica), p.i. Sandro Faggi (isp. di cantiere parte elettrica)

Impianti termici

p.i. Lorenzo Cappugi (dir. operativo), geom. Giovanni Pagano (isp. di cantiere)

Impianti idraulici e antincendio

geom. Simone Rossi (dir. operativo), p.a. Claudio Pollastrini (isp. di cantiere)

Impianti elettrici

p.i. Valter Masini (isp. di cantiere), p.i. Fabio Calonaci (isp. di cantiere), p.i. Martino Pinzauti (isp. di cantiere)

Sicurezza in fase progettazione

geom. Marco Noferi

Impresa

CCC Consorzio Cooperativa Costruttori, CMSA Cooperativa Muratori Sterratori e Affini di Montecatini

Progetto esecutivo strutturale

Tre Erre Ingegneria

I fornitori

Building management system: Sauter

Elettropompe, collettori solari, bollitore: Wilo

Caldaie: Thermanal

Pavimenti radianti: Eurotherm

Gruppo frigorifero, unità trattamento aria: Rhoss

Diffusori: FCR

Quadri elettrici: BTicino



Veduta interna di una delle aule didattiche: l'impianto VMC immette l'aria di rinnovo attraverso diffusori dotati di microugelli rotabili, integrati nei controsoffitti, mentre la ripresa avviene da bocchette a parete.

Una scuola in legno

L'obiettivo principale dell'intervento consisteva nella sostituzione del preesistente edificio scolastico, costruito negli anni Settanta ma ormai inadeguato alle attività ospitate sia sotto il profilo strutturale - considerando anche la non rispondenza ai requisiti di sicurezza antisismica - sia dal punto di vista delle dotazioni spazio-funzionali.

Scartata la possibilità di una radicale ristrutturazione dell'edificio, ne è stata decisa la completa demolizione (con la sola eccezione delle murature degli interrati, mantenute per fini statici) e la costruzione di una nuova scuola, in grado di rispondere alle attuali esigenze dell'intero plesso scolastico.

Oltre alla previsione di nuove dotazioni spazio-funzionali (sala riunioni, laboratori didattici, ecc.), per la progettazione i tecnici comunali hanno fatto riferimento alle linee guida sviluppate per il precedente progetto della Scuola per l'Infanzia "Luigi Capuana", anch'essa concepita secondo i principi dell'edilizia bio-ecologica ed entrata in attività nel 2014.

Inserita in un plesso scolastico comprendente altri quattro fabbricati, la nuova scuola primaria è stata realizzata con le seguenti tecnologie costruttive:

– quartiere alla periferia ovest della città – è infatti frutto delle competenze professionali e dell'impegno profuso da decine fra tecnici e dirigenti dell'amministrazione, che hanno sviluppato il progetto e ne hanno seguito in prima persona la realizzazione. L'edificio risponde a consolidati prin-

cipi di sostenibilità edilizia: è concepito per assicurare il migliore comfort agli utenti e per minimizzare i costi delle attività di manutenzione e gestione, anche energetica, mediante soluzioni costruttive e tecnologie che rappresentano lo stato dell'arte in tema di edilizia non solo scolastica.

Centrali, reti, terminali

La vecchia scuola era dotata di una caldaia a gas metano, sovradimensionata e a bassa efficienza energetica, che alimentava esclusivamente una rete di termosifoni e un bollitore per la produzione dell'acqua calda sanitaria, più l'unità termoventilante presente nella palestra. Ecco le condizioni di progetto: inverno T -5 °C, u.r. 80%; estate T 35 °C, u.r. 40%.

La nuova centrale termica sorge a fianco di quella preesistente, a formare un fabbricato tecnico monopiano posto in prossimità dell'ingresso alla scuola. La produzione dei fluidi caldi è appannaggio di due caldaie del tipo a condensazione (rispettivamente da 146 kW e da 291 kW), con bruciatore modulante (10÷100%) alimentato a gas metano (con possibilità di utilizzazione del gasolio).

I 5 collettori solari (superficie esposta complessiva: 10 m²; inclinazione 40°), situati sulla copertura della centrale e attestati

su un bollitore (1,25 m³) provvedono all'integrazione da fonte rinnovabile di oltre il 50% del fabbisogno termico per l'acqua calda sanitaria. Pressurizzati da elettropompe a portata variabile, i collettori termici principali transitano a soffitto negli interrati e impiegano i cavedi verticali per distribuire il fluido a bassa temperatura nei diversi locali, tutti dotati di pavimenti radianti (T acqua 35÷30 °C) tranne i servizi igienici (T acqua 70÷60 °C), equipaggiati con radiatori.

Le tubazioni della centrale termica sono tutte in acciaio inox; solo quelle dell'impianto solare termico sono in rame. Situate nei due locali tecnici del sottotetto, le 3 unità di trattamento dell'aria primaria sono dedicate al ricambio igienico dell'aria. Tutte le u.t.a. sono dotate di filtri a tasche rigide F7, umidificatori a vapore del tipo a elettrodi immersi e recuperatori di calore del tipo entalpico (efficienza 50÷61%).



Riccardo Ricci, co-progettista architettonico e direttore dei lavori: «L'impiego di una struttura portante in legno, del tipo X-Lam, ovvero realizzata con pannelli prefabbricati a strati multipli incrociati, presuppone un'attenta progettazione di tutti gli aspetti architettonici e tecnologici. I manufatti arrivano in cantiere già conformati secondo le previsioni e non è praticamente possibile effettuare varianti in corso d'opera, né compiere interventi invasivi durante la fase di esercizio dell'edificio».



Lorenzo Cappugi, co-progettista e direttore operativo degli impianti termici: «La progettazione degli impianti termici è stata sviluppata con l'obiettivo di assicurare le migliori condizioni di comfort durante l'intera durata dell'anno, ricorrendo a soluzioni per il contenimento dei consumi come l'impiego di unità di trattamento dell'aria - finalizzate al solo ricambio igienico dell'aria - equipaggiate con recuperatori di calore e predisposte per il free cooling».



Martino Pinzauti, co-progettista e ispettore di cantiere degli impianti elettrici: «La nuova scuola è equipaggiata anche con moduli fotovoltaici sulla copertura rivolta a sud (20 kWp complessivi), e da un sistema di regolazione automatica dell'intensità dei corpi illuminanti a led, regolato da sensori di presenza e di luminosità».

- solaio di base in laterocemento, sul quale è impostato il cordolo in profilati d'alluminio che sostiene le strutture portanti;
- elementi strutturali in legno (pareti verticali e solai) realizzati con il sistema X-Lam, protetti da strati termofonisolanti in fibra naturale utili

- per massimizzare l'inerzia termica dell'involucro ;
- facciate con rivestimento a cappotto in pannelli di fibra naturale e serramenti in legno dotati di vetrocamere basso-emissive, con aperture ombreggiate da aggetti e frangisole;
- copertura ventilata con rivestimen-

- to in lamiera aggraffata;
- pavimentazioni, partizioni interne e controsoffitti realizzati a secco.

Costata complessivamente 5.264.000 euro e certificata in classe energetica A (prestazione globale 4,44 kWh/m²a), la scuola è stata pensata non solo per permettere

Ecco le loro principali caratteristiche:

- per i locali al piano terreno: mandata 6.300 m³/h; ripresa 5.900 m³/h;
- per i locali al primo piano: mandata 5.600 m³/h; ripresa 5.100 m³/h;
- refettorio al primo piano: mandata 3.000 m³/h; ripresa 2.500 m³/h.

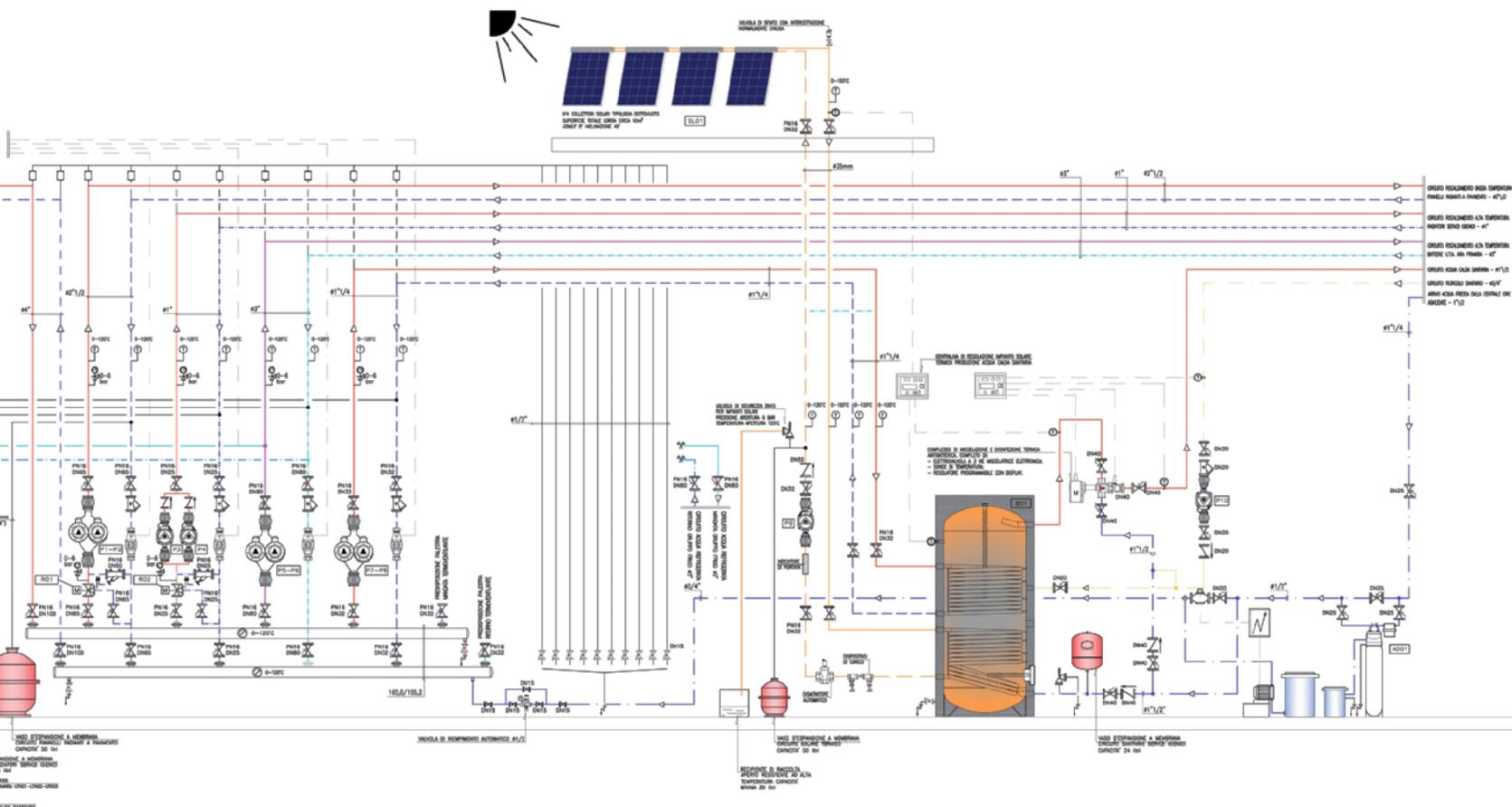
La distribuzione dell'aria di rinnovo è affidata a canali in lamiera zincata termoisolati, più diffusori a microugelli rotabili, integrati nei controsoffitti, e un canale circolare metallico microforato ad alta induzione, sospeso a vista al soffitto del refettorio.

In tutti i locali serviti dall'impianto VMC la ripresa è affidata a bocchette a parete, tranne nell'aula insegnanti e nei laboratori forniti di griglie a soffitto; i servizi igienici dispongono di estrattori. A integrazione dell'impianto VMC, un gruppo frigorifero condensato ad aria ed equipaggiato con compressori ermetici scroll (potenza AH: 60 kW) si occupa dell'abbattimento dei carichi sensibili, impiegando le batterie delle u.t.a. (T acqua 7÷12 °C).

La regolazione locale è affidata a termostati in ambiente, ma attraverso il sistema di telegestione Sauter i tecnici comunali sono in grado di controllare dal proprio ufficio le condizioni microclimatiche dei singoli locali, intervenire sul funzionamento degli impianti e visualizzare avvisi e allarmi.

Gli impianti idrici sono distinti fra le utenze potabili e non potabili (servizi igienici), queste ultime alimentate da 6 serbatoi ipogei (5 m³ ciascuno) nei quali, previa filtrazione, sono convogliate le acque di precipitazione raccolte dalle coperture.

Tutte le reti di adduzione, realizzate in materiale composito, e di scarico dei servizi igienici sono accessibili attraverso stretti cavedi (larghezza circa 60 m) accessibili dall'interno dell'edificio, che permettono l'effettuazione di controlli e interventi sugli impianti senza interessare i locali a disposizione degli utenti.



dei pavimenti, composti da pannelli in gessofibra: si tratta di una soluzione estremamente flessibile, che permette di realizzare in breve tempo lo strato di supporto.

Anche in questo caso il processo costruttivo è stato impostato per permettere lo svolgimento in rapida sequenza delle attività successive: fresatura della superficie per l'alloggiamento delle serpentine dei pavimenti radianti, installazione delle tubazioni e collegamento ai vari collettori, posa della pavimentazione e delle contropareti, ecc.

I lavori sono durati complessivamente 320 giorni e si sono conclusi lo scorso agosto, nei tempi previsti - considerando anche alcune opere aggiuntive quali, ad esempio, il recupero degli spazi interrati e le sistemazioni esterne. La telegestione è entrata in servizio pochi giorni prima dell'accensione degli impianti

e, attualmente, stiamo completando le verifiche e le regolazioni del funzionamento degli impianti».

In sede di appalto, fra le varianti migliorative proposte dalle imprese vincitrici (CCC Consorzio Cooperativa Costruttori e CMSA Cooperativa Muratori Sterratori e Affini di Montecatini) si segnalano l'impianto solare termico, l'impianto VMC con il gruppo frigorifero e il sistema di recupero delle acque meteoriche, comprensivo di reti per la distribuzione dell'acqua non potabile.

Come è fatta

Dimensionato per accogliere circa 280 alunni e il personale scolastico necessario, l'edificio scolastico (superficie utile circa 3.500 m²; volumetria circa 17.300 m³) presenta un impianto planimetrico pressoché rettangolare (profondità del corpo costruito 21,5 m) e si sviluppa su due

livelli fuori terra (altezza variabile da 10,20 m a 12 m), più l'interrato e il sottotetto adibiti a spazi di supporto (magazzini e locali tecnici).

Nel nuovo fabbricato sono presenti complessivamente 12 aule didattiche (circa 50 m² ciascuna), 9 laboratori didattici, sala lettura e sala professori, un ampio ambiente per riunioni e attività collettive, oltre a locali per le funzioni di supporto (portineria, cucinetta e refettorio, depositi, spogliatoi, ecc.) e ai servizi igienici. La palestra è stata mantenuta e sarà oggetto di un successivo intervento di ristrutturazione, che interesserà anche la realizzazione di collegamenti coperti con alcune delle scuole limitrofe.

Fra i vincoli esistenti, la scelta di insistere sull'area già occupata dalla vecchia scuola ha consentito di risparmiare suolo e ridurre le lavorazioni, senza precludere la possibilità di articolare liberamente i volumi



I tracciati per la posa delle tubazioni dei pavimenti radianti sono stati eseguiti in tempi brevissimi, direttamente sui pannelli del sottofondo realizzati in fibrogesso e posati a secco, utilizzando una semplice fresatrice (Comune di Firenze).



Vista ravvicinata dei collettori nella centrale termica: con il sistema e i dispositivi Sauter (apparecchi di colore giallo) è possibile ottimizzare il funzionamento dell'intero apparato per il riscaldamento e la VMC, anche in remoto.



edificati a vantaggio di un'immagine architettonica semplice e piacevole. Il ricorso alla struttura portante prefabbricata in legno ha permesso di coniugare aspetti significativi dal punto di vista tecnico e prestazionale: eccellente risposta alle sollecitazioni sismiche e agli incendi, sostenibilità e riciclabilità dei materiali, elevata capacità termoacustica e traspirabilità selettiva delle strutture, leggerezza complessiva del manufatto, impiego di materiali di finitura bio-ecologici e – fatto da non sottovalutare – rapidità nella realizzazione.

Telegestione: il servizio

Nell'ambito del gruppo di progettazione degli impianti termoidraulici, coordinato dall'ing. Filippo Cioni, il p.i. Lorenzo Cappugi si è occupato anche della direzione operativa in cantiere per la parte termica: «Nelle

Grazie al contributo di 5 collettori termici posti sulla copertura della nuova centrale impiantistica, la produzione dell'acqua calda sanitaria è per oltre il 50% appannaggio della fonte rinnovabile solare.

intenzioni dell'amministrazione, la nuova scuola vuole essere una struttura aperta ad attività extra-scolastiche, anche in orari diversi rispetto a quelli riservati dell'insegnamento e nei mesi estivi, durante i quali la didattica è sospesa.

Di conseguenza la progettazione degli impianti termici è stata sviluppata con l'obiettivo di assicurare le migliori condizioni di comfort durante l'intera durata dell'anno, ricorrendo a soluzioni per il contenimento dei consumi come l'impiego di unità di trattamento dell'aria - finalizzate al solo ricambio igienico dell'aria - equipaggiate con recuperatori di calore e predisposte per il free cooling.

Quando la temperatura dell'aria lo consente, perciò principalmente nelle stagioni di transizione, si utilizza l'aria esterna per mantenere condizioni termigrometriche ottimali, sfruttando il free cooling anche durante la notte per raffrescare gli ambienti.

La scuola dispone inoltre di un gruppo frigorifero, utilizzato principalmente per abbattere i carichi sensibili connessi alla ventilazione di



Una delle tre u.t.a. situate nei locali tecnici del sottotetto: dedicate al ricambio igienico dell'aria, sono equipaggiate con filtri F7, umidificatori a vapore a elettrodi immersi e recuperatori di calore entalpici.

Uno dei cavedi tecnici posti fra le contropareti che separano i locali per servizi igienici destinati agli alunni: largo circa 60 cm, il vano è accessibile dall'interno dell'edificio e permette l'effettuazione delle operazioni di manutenzione.

Il sistema di regolazione

La regolazione dell'intero apparato impiantistico termico, VMC e a.c.s. (generatori di calore, accumuli e reti, gruppo frigorifero e Uta) e delle condizioni operative degli ambienti è affidata a un building management system prodotto da Sauter ed è supervisionata da remoto dai tecnici del comune.

La centrale termica e le u.t.a. al servizio dei piani terra e primo sono regolate mediante centraline DDC Modulo 5 integrate via web server, con possibilità di lettura e scrittura dei parametri e di visualizzazione delle relative pagine grafiche.

La stazione d'automazione modulare Modu525 è concepita per le funzioni di regolazione, comando, sorveglianza e ottimizzazione degli impianti HVAC. Il dispositivo è espandibile con 8 moduli I/O (fino a 154 ingressi/uscite) e con moduli di comunicazione per il collegamento esterno.

La comunicazione avviene tramite BACnet/IP (EN ISO 16484-5) e server di rete integrato. La programmazione/parametrizzazione è effettuata tramite pc con software CASE Suite (sulla base di IEC 61131-3). La stazione è dotata di biblioteche tecniche di regolazione, funzioni orologio, calendario e registrazione dei dati ed è equipaggiabile con unità di servizio/segnalazione locali. Negli ambienti della scuola la regolazione del funzionamento dei pannelli radianti avviene in automatico attraverso regolatori ambiente Sauter NRT, posizionati a parete nei diversi locali, sulla base degli orari e delle temperature impostate per ciascuno di essi, che agiscono sulle testine dell'impianto di riscaldamento a pavimento. I regolatori NRT sono collegati tra loro tramite cavo BUS e arrivano anch'essi alla centralina Modulo 5, consentendo anche in questo caso la visualizzazione e la gestione tramite web, in remoto, di tutti i parametri relativi al funzionamento degli apparati impiantistici.





Schermata relativa a una delle u.t.a.: la Scuola Calvino è fra i primi edifici gestiti dall'amministrazione comunale attraverso il sistema Sauter Modulo 5, che sarà progressivamente esteso ad altri fabbricati (Comune di Firenze).

ricambio. Non si tratta di un vero e proprio condizionamento ma, date le elevate temperature che si registrano a Firenze in estate, il suo contributo non è trascurabile».

Quali sono gli aspetti più interessanti del nuovo sistema di gestione?

«Attualmente gestiamo circa 400 edifici di proprietà comunale, di cui circa l'80% è ancora telegestito in remoto attraverso un sistema chiuso, che non ci restituisce informazioni sufficientemente dettagliate né ci permette di intervenire sulle regolazioni con il livello di efficacia desiderato.

Il nuovo sistema Sauter, al contrario, consente di controllare le condizioni termiche di ciascun locale, di verificare il funzionamento dei diversi

componenti dell'impianto e di regolare il funzionamento di dispositivi e reti, massimizzando il contenimento dei consumi energetici senza pregiudizio per il comfort degli utenti.

Oltre alla Scuola Calvino, attualmente solo un altro edificio è equipaggiato con il sistema

Modulo 5, che presto sarà esteso ad altri tre edifici. In prospettiva l'uso del sistema Sauter interesserà non solo i nuovi interventi – ad esempio, stiamo lavorando al rinnovamento degli impianti a Palazzo Vecchio, la principale sede municipale – ma anche agli altri edifici di nostra competenza».

Il p.i. Martino Pinzauti ha partecipato alla progettazione degli impianti elettrici ed è stato ispettore di cantiere:

«La nuova scuola è equipaggiata anche con moduli fotovoltaici sulla copertura rivolta a sud (20 kWp complessivi), e da un sistema di regolazione automatica dell'intensità dei corpi illuminanti a led, regolato da sensori di presenza e di luminosità. Oltre all'apporto energetico proveniente da fonte rinnovabile, l'impianto illuminotecnico permette di mantenere condizioni ottimali di luce, naturale e artificiale, contenendo i consumi. Si tratta di un sistema efficiente, economico ed ecologico che ha stimolato la curiosità dei piccoli utenti e che, di conseguenza, offre anche un contributo concreto alla crescita della sensibilità verso gli aspetti ambientali».