



Ricerca di Sistema elettrico

# Individuazione e valutazione dei reali usi energetici nell'applicazione della Scheda PELL Edifici Scolastici

Stefano Elia, Ezio Santini

SAPIENZA - Università di Roma  
Dipartimento DIAEE  
Sezione Elettrotecnica



SAPIENZA  
UNIVERSITÀ DI ROMA

ESTENSIONE A “INDIVIDUAZIONE DI EDIFICI SCOLASTICI DI RIFERIMENTO PER DIVERSE DESTINAZIONI D'USO, APPLICAZIONE DELLA SCHEDA PELL EDIFICI SCOLASTICI ED INDIVIDUAZIONE DEI DIVERSI KPI DI RIFERIMENTO”

Stefano Elia, Ezio Santini (Università Sapienza, Dipartimento DIAEE, Sezione Elettrotecnica)

Dicembre 2018

### Report Ricerca di Sistema Elettrico

Accordo di Programma Ministero dello Sviluppo Economico - ENEA

Piano Annuale di Realizzazione 2018

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

Progetto: D.7 Sviluppo di un modello integrato di smart district urbano

Obiettivo: c. Controllo e valutazione delle infrastrutture pubbliche energivore

Responsabile del Progetto: Claudia Meloni, ENEA

Responsabile scientifico DIAEE Sapienza: Proff. Ing. Stefano ELIA, Ezio SANTINI, Sapienza

Si ringraziano:

- Arch. Gaetano Fasano e Ing. Michele Zinzi (ENEA) per la competenza, per la fattiva collaborazione e per la grande disponibilità dimostrate.
- Ing. Stefano Panatta (Sapienza) per la collaborazione tecnica ed operativa fornita al presente lavoro in fase di ricerca dati, organizzazione e sopralluogo.

## INDICE

SOMMARIO.....	4
1 INTRODUZIONE.....	5
2 DATI GENERALI E DI CONSUMO DEGLI EDIFICI .....	6
3 INDICATORI DI CONSUMO .....	16
4 IMPIANTI FOTOVOLTAICI .....	21
5 CRITICITÀ DI GESTIONE E DI INDAGINE ENERGETICA.....	24
6 CONCLUSIONI.....	26
CURRICULUM SCIENTIFICO DEL GRUPPO DI LAVORO .....	27

## Sommario

Il presente lavoro, richiesto da ENEA come estensione al Report RdS/PAR2017/054 relativo alla Ricerca di Sistema Elettrico in collaborazione con il MiSE, descrive un ampio approfondimento sulla valutazione dell'impegno energetico degli edifici ad uso scolastico nazionali.

Nella ricerca precedente, per il collaudo delle schede di indagine energetica, per l'approfondimento tecnico richiesto all'interno di ogni edificio, per il ridotto tempo utile alla ricerca dati, era stato richiesto di limitare il lavoro a 15 edifici scolastici.

La ricerca, descritta in questo documento, è volta non tanto ad approfondire lo studio del singolo edificio quanto a ricavare i dati di consumo energetico di ben 70 edifici.

I dati di consumo qui riportati vengono correlati a tutte le principali variabili relative al sistema edificio-impianto e consentono di calcolare, in maniera molto più accurata, gli indicatori di consumo sull'intero territorio nazionale.

Particolare attenzione viene posta nell'analizzare i sistemi fotovoltaici, nonché le relative quantità energetiche, presenti su numerosi edifici. Questo per delineare uno scenario di consumo strettamente rispondente alla realtà e quindi comprendente anche la quota parte di energia autoprodotta ed autoconsumata.

Si presenta infine una stima del livello di producibilità, quindi di rendimento, dei sistemi fotovoltaici installati.

Vengono infine riassunte le principali criticità, sia per la fase di ricerca dati che per quella di organizzazione delle informazioni, ed infine proposte le linee guida generali per la soluzione dei problemi riscontrati.

## 1 Introduzione

Per introdurre il lavoro oggetto della presente relazione è necessario presentare una breve premessa sul lavoro precedente. Il Ministero dello Sviluppo Economico ed ENEA hanno stipulato un accordo di programma sulla Ricerca di Sistema Elettrico per l'anno 2017. La struttura dipartimentale di Ingegneria Elettrotecnica dell'Università Sapienza ha partecipato a tale azione di ricerca sulle seguenti parti:

1. adattamento finale delle schede ENEA per l'indagine energetica degli edifici scolastici e prova delle stesse su 15 diversi edifici scolastici con diverse situazioni climatiche;
2. calcolo degli indicatori di consumo statistici aggiornati, su diverse zone climatiche, per gli edifici ad uso scolastico indagati.

Il lavoro di ricerca precedente fa riferimento alla valutazione dei consumi energetici di tutte le tipologie di complesso edilizio adibito ad uso scolastico. L'analisi energetica si intende sempre effettuata a tutto campo, sia nel settore elettrico che in quello termico; di fatto oggi esiste una complessa commistione di impianti elettrici e termici che non permette di scindere l'indagine energetica in diversi settori. La fase di indagine energetica è stata supportata dalle schede informative di rilevazione dati per le scuole, denominate "Schede PELL", prodotte da ENEA. Il lavoro di ricerca dell'anno 2017 termina con la stesura della relativa relazione tecnica, inclusiva di alcune linee guida sul miglioramento delle schede di indagine e delle strategie di ricerca dati. Tale precedente lavoro, a causa della necessità di approfondire al meglio lo stato edile ed energetico di alcune strutture, non ha permesso di indagare più di 15 unità. Per tale motivo gli indicatori di consumo sono risultati appena sufficienti a delineare la condizione media nazionale di utilizzazione dell'energia.

Per quanto appena espresso, l'estensione al precedente lavoro di ricerca ed oggetto di questa relazione, ha lo scopo di dare completezza alle seguenti parti:

1. riorganizzazione dello staff di collaboratori in funzione delle necessità gestionali e di segreteria dedicate alla ricerca dati;
2. ricerca di ulteriori contatti amministrativi e tecnici nei principali uffici statali che gestiscono il patrimonio edilizio scolastico, lavoro necessario all'ottenimento dei dati tecnici di edificio e di consumo;
3. gestione dei contatti tecnici con il GSE per l'ottenimento dei dati energetici relativi agli impianti fotovoltaici posizionati su numerosi edifici scolastici;
4. individuazione di una base di partenza di circa 250 edifici scolastici, con diverse destinazioni d'uso didattiche, per ottenerne con certezza almeno 50 completi di informazioni tecniche e dati di consumo (il rendimento degli enti/edifici in merito alla collaborazione e fornitura dei dati, appena sperimentato nel lavoro precedente, risulta paria circa 0.20);
5. richiesta dei dati energetici ai relativi uffici addetti alla gestione dei plessi scolastici o direttamente ai dirigenti scolastici stessi;
6. valutazione e verifica della congruenza e completezza delle informazioni e dei dati reperiti;
7. calcolo degli indicatori di consumo aggiornati;
8. valutazione della situazione generale e del rendimento degli impianti fotovoltaici;
9. stesura della presente relazione contenente gli indicatori aggiornati, i dati sulla produzione da fotovoltaico e le conclusioni generali sul lavoro svolto.

## 2 Dati generali e di consumo degli edifici

I dati relativi alle 15 scuole indagate e descritte nel precedente lavoro del 2017 non sono sufficienti per caratterizzare con adeguata precisione il reale fabbisogno energetico degli edifici ad uso scolastico, questo sull'intero territorio nazionale. Contemporaneamente si rileva una variabilità eccessiva sui valori degli indicatori di consumo. Al fine di migliorare la valutazione statistica dei dati si studiano e si riportano di seguito i valori risultanti dall'indagine finale che raggiunge ben 70 edifici.

A seguire sono presentate le tabelle con gli indicatori di consumo di tutti i plessi scolastici valutati, questi sono calcolati in funzione delle principali grandezze dimensionali relative all'edificio come volume e superficie.

Per ciascuna zona climatica viene quindi riportato l'indicatore medio relativo al consumo di energia elettrica, gas o energia termica (si ricorda che alcuni edifici, anche se in numero limitatissimo, sono serviti da un sistema di teleriscaldamento che fornisce acqua calda che viene contabilizzata con un conta-calorie).

A causa della mancanza di dati affidabili, in alcune scuole non è possibile fornire entrambi gli indicatori di consumo, sia per l'elettrico sia per il termico. Dove è presente il teleriscaldamento i consumi vengono misurati in Mcal anno, quindi gli indicatori vengono indicati in Mcal/mq e Mcal/mc.

I dati reperiti vengono di seguito presentati ordinati in tabelle per fornire un raggruppamento logico tra di essi, una facile relazione con l'edificio di interesse e per facilitare il confronto e la creazione di statistiche tra i dati stessi.

Di seguito, anzitutto, la tabella 2.1 con l'elenco delle scuole indagate con la tipologia di destinazione d'uso e la collocazione climatica.

**Tab.2.1 – Dati scuole, dati generali**

	Scuola	Tipo scuola	Comune	Indirizzo	Zona climatica	Gradi giorno
1	I.C. Salvatore Raiti	Inf/elem/media	Siracusa	Via Pordenone, 2	B	799
2	I.C. 14° Karol Wojtyła	Elem/media	Siracusa	Via Tucidide, 5	B	799
3	I.C. Salvatore Chindemi	Inf/elem/media	Siracusa	Via Basilicata,1	B	799
4	I.C. E. Vittorini	Inf/elem/media	Siracusa	Via Regia Corte, 15	B	799
5	S.M. Archia	Media	Siracusa	Via Asbesta, s.n	B	799
6	I.S. Enrico Mattei	Superiore	Caserta	Via Settembrini, 12	C	1.013
7	I.T. Giulio Cesare Falco	Superiore	Capua (CE)	Via G.C. Falco,1	C	1.091
8	I.T.E.S. Leonardo Da Vinci	Superiore	S.Maria Capua Vetere (CE)	Via C. Santagata,18	C	1.113
9	L.S. Enrico Fermi	Superiore	Aversa (CE)	Via Enrico Fermi, 5	C	1.119
10	I.T.S. Carlo Andreozzi	Superiore	Aversa (CE)	Via Europa, 269	C	1.119
11	I.S.I.S.S. Taddeo da Sessa	Superiore	S. Aurunca (CE)	Viale Trieste, 99	C	1.355
12	I.S.I.S.S. G.B Novelli	Superiore	Marcianise (CE)	Via Novelli,1	C	1.107
13	L.C. Pietro Giannone	Superiore	Caserta	Corso Giannone, 96	C	1.013
14	L.C. Giordano Bruno	Superiore	Maddaloni (CE)	Via G. Bruno, 9	C	978
15	L.C. D.Cirillo	Superiore	Aversa (CE)	Via E. Corcione, 88	C	1.119
16	S.M. Vicentini-Della Porta	Media	Chieti	Via Don Minzoni	D	1.556
17	S.I. Villaggio Celdit	Infanzia	Chieti	Via Bosio	D	1.556
18	S.E. Salvaiezzi	Elem/infanzia	Chieti	Via S. D'Acquisto	D	1.556
19	S.E. Brecciarola	Elementare	Chieti	Via Saline,1	D	1.556
20	S.I. Brecciarola	Infanzia	Chieti	Via Saline, 9	D	1.556
21	S.E. Via Amiterno	Elementare	Chieti	Via Amiterno	D	1.556
22	S.I. Madonna degli Angeli	Infanzia	Chieti	Via delle robinie, 5	D	1.556
23	S.I. Santa Barbara	Infanzia	Chieti	Via Pacchetti, 21	D	1.556

24	S.I. Tricalle	Infanzia	Chieti	Via dei Frentani, 24	D	1.556
25	S.E. Tricalle	Elementare	Chieti	Via dei Frentani	D	1.556
26	S.E. Via Lanciano	Elementare	Chieti	Via Lanciano, 3	D	1.556
27	S.E. Via Bosio	Elementare	Chieti	Via Bosio	D	1.556
28	I.T.C. Vincenzo Arangio Ruiz	Superiore	Roma	Viale Africa, 109	D	1.415
29	L.S. Aristotele	Superiore	Roma	Via Sommozzatori, 50	D	1.415
30	I.I.S.S. L.B. Alberti	Superiore	Roma	Via V.Brancati,19	D	1.415
31	I.P.S.S.S. Edmondo De Amicis	Superiore	Roma	Via Galvani, 6	D	1.415
32	L.C. Francesco Vivona	Superiore	Roma	Via della Fisica,14	D	1.415
33	I.T.I.S. J. Von Neumann	Superiore	Roma	Via del tufo, 27	D	1.415
34	I.T.C. Di Vittorio	Superiore	Roma	Via Teano, 223	D	1.415
35	S.M. Ramiro Ortiz	Media	Chieti	Via Teramo	D	1.556
36	I.C. Vicovaro	Media/infanzia	Vicovaro (RM)	Via Mazzini,1	D	1.891
37	S.E. Cesarii	Elementare	Chieti	Via Paolucci 16	D	1.556
38	S.E. Via Arniense	Elementare	Chieti	Via Arniense, 2	D	1.556
39	S.E. Villaggio Celdit	Elementare	Chieti	Via Pescara	D	1.556
40	L.C. Bertrand Russell	Superiore	Roma	Via Tuscolana, 208	D	1.415
41	L.S. Francesco D'Assisi	Superiore	Roma	Via C.Durante, 11	D	1.415
42	L.C. Francesco Vivona (succursale)	Superiore	Roma	Via V.Brancati, 20	D	1.415
43	S.E. A. Manzoni	Elementare	Torino	Corso Svizzera, 59	E	2.617
44	S.M. C.A. Modigliani / S.E. Mazzarello	Media/Elem	Torino	Via Ignazio Collino, 4	E	2.617
45	S.M. Ignazio Vian	Media	Torino	Via Stampini, 25	E	2.617
46	S.M. Drovetti / S.I. Quaranta	Media/infanzia	Torino	Via Bardonecchia, 34	E	2.617
47	S.I. Turoldo	Infanzia	Torino	Via delle Magnolie, 15	E	2.617
48	Scuola media Ugo Foscolo	Media	Torino	Via G. Piazza, 57	E	2.617
49	S.M. F. Casadio	Media	Ravenna	Piazza 22 giugno	E	2.227
50	S.M. Corrado Viali	Media	Ravenna	Via Fratelli Biancoli, 11	E	2.227
51	S.M. Don G. Minzoni	Media	Ravenna	Via Cicognani, 8	E	2.227
52	S.M. Camillo Corradini	Media	Avezzano (AQ)	Via Corradini,132	E	2.561
53	S.M. E. Fermi / S.E. G. Mazzini	Media/elem	Avezzano (AQ)	Via Fermi, 68	E	2.561
54	S.M. L. Marini	Media	Avezzano (AQ)	Via Pereto	E	2.561
55	S.M. G. Perotti	Media	Torino	Via Tofane, 22	E	2.617
56	S.M. F. Maritano	Media	Torino	Via Marsigli, 25	E	2.617
57	S.M. Nievo	Media	Torino	Via Mentana,14	E	2.617
58	S.M. A. Meucci	Media	Torino	Via Revel, 8	E	2.617
59	S.M. Aldo Palazzeschi	Media	Torino	Via Lancia,140	E	2.617
60	I.C. Alighieri-Kennedy	Media	Torino	Via Passoni, 9	E	2.617
61	S.E. A. Persia	Elementare	Avezzano (AQ)	Via B. Cairoli, 57	E	2.561
62	S.I. G. Ciancusi	Infanzia	Avezzano (AQ)	Via De Gasperi	E	2.561
63	S.I. Don Bosco	Infanzia	Avezzano (AQ)	Via Cav. di V.Veneto	E	2.561
64	I.P.A. G. Donadio	Superiore	Dronero (CN)	Via Val Maira, 19	F	3.086
65	I.T.C. Bonelli	Superiore	Cuneo	Viale degli Angeli,12	F	3.012
66	I.P.S.S.C.T. Sebastiano Grandis	Superiore	Cuneo	Via IV Novembre	F	3.012
67	I.T.G. + I.P.S.I.A. Virginio Donadio	Superiore	Cuneo	Via Savigliano, 25	F	3.012



68	L.C. / L.S. G. Peano - S. Pellico	Superiore	Cuneo	Via Monte Zovetto, 8	F	3.012
69	L.A. Ego Bianchi	Superiore	Cuneo	Corso De Gasperi, 11	F	3.012
70	S.I. Sacra Famiglia	Infanzia	Cuneo	Via Mazzini, 3	F	3.012

A seguire, si presenta la tabella 2.2 con i dati tecnici relativi alla struttura che è stato possibile reperire. La maggior parte dei dati tecnici di dettaglio avanzato sui materiali, specialmente sulle trasmittanze, risultano praticamente irrimediabili.

**Tab.2.2 – Dati scuole, edificio**

	Scuola	Anno di costruzione	Struttura	Copertura	Infissi	Stato
1	I.C. Salvatore Raiti	1981-1991	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
2	I.C. 14° Karol Wojtyła	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Scorrevole in alluminio	Buono
3	I.C. Salvatore Chindemi	/	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
4	I.C. E. Vittorini	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Scorrevole in alluminio	Buono
5	S.M. Archia	/	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
6	I.S. Enrico Mattei	1965	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
7	I.T. Giulio Cesare Falco	1946-1980	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
8	I.T.E.S. Leonardo Da Vinci	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Scorrevole in alluminio	Mediocre
9	L.S. Enrico Fermi	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Scorrevole in alluminio	Mediocre
10	I.T.S. Carlo Andreozzi	1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Scorrevole in alluminio	Buono
11	I.S.I.S.S. Taddeo da Sessa	1946-1980	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Scorrevole in alluminio	Buono
12	I.S.I.S.S. G.B Novelli	1946-1980	Misto c.a. e muratura / muro portante	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
13	L.C. Pietro Giannone	/	Misto c.a. e muratura / muro portante	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
14	L.C. Giordano Bruno	/	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo senza taglio termico	Mediocre
15	L.C. D. Cirillo	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Scorrevole in alluminio	Mediocre
16	S.M. Vicentini-Della Porta	/	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo senza taglio termico	Mediocre
17	S.I. Villaggio Celdit	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
18	S.E. Salvaiezzi	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
19	S.E. Brecciarola	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
20	S.I. Brecciarola	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
21	S.E. Via Amiterno	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Scorrevole in alluminio	Buono
22	S.I. Madonna degli Angeli	/	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Metallo senza taglio termico	Mediocre



23	S.I. Santa Barbara	/	Misto c.a. e muratura portante	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
24	S.I. Tricalle	/	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
25	S.E. Tricalle	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
26	S.E. Via Lanciano	1935	Muratura portante	Piana	Metallo senza taglio termico	Buono
27	S.E. Via Bosio	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo senza taglio termico	Buono
28	I.T.C. Vincenzo Arangio Ruiz	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
29	L.S. Aristotele	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
30	I.I.S.S. L.B. Alberti	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
31	I.P.S.S.S. Edmondo De Amicis	Ante 1945	Muratura portante	A falde	Metallo senza taglio termico	Mediocre
32	L.C. Francesco Vivona	Ante 1945	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo senza taglio termico	Ottimo
33	I.T.I.S. J. Von Neumann	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
34	I.T.C. Di Vittorio	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico 50%	Cattivo
35	S.M. Ramiro Ortiz	1976	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo senza taglio termico	Mediocre
36	I.C. Vicovaro	1966	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
37	S.E. Cesarii	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
38	S.E. Via Arniense	Ante 1945	Muratura portante	A falde	Legno	Buono
39	S.E. Villaggio Celdit	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
40	L.C. Bertrand Russell	1930	Muratura portante	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
41	L.S. Francesco D'Assisi	1967	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
42	L.C. Francesco Vivona (succursale)	1946-1980	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Metallo senza taglio termico	Mediocre
43	S.E. A. Manzoni	1979	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
44	S.M. C.A. Modigliani / S.E. Mazzarello	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo senza taglio termico	Mediocre
45	S.M. Ignazio Vian	1981-1991	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
46	S.M. Drovetti / S.I. Quaranta	1981-1991	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
47	S.I. Turollo	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
48	S.M. Ugo Foscolo	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
49	S.M. F. Casadio	1946-1980	Misto c.a. e muratura con pannelli prefabbricati	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
50	S.M. Corrado Viali	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
51	S.M. Don G. Minzoni	1981-1991	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	Piana	Metallo senza taglio termico	Buono

52	S.M. Camillo Corradini	Ante 1945	Muratura portante	A falde	Legno con taglio termico	Mediocre
53	S.M. E. Fermi / S.E. G. Mazzini	Ante 1945	Muratura portante	A falde	Legno con taglio termico	Mediocre
54	S.M. L. Marini	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Mediocre
55	S.M. G. Perotti	1971	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo senza taglio termico	Buono
56	S.M. F. Maritano	1977	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo senza taglio termico	Buono
57	S.M. Nievo	1974	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
58	S.M. A. Meucci	Ante 1945	Muratura portante	A falde	Legno con taglio termico	Buono
59	S.M. Aldo Palazzeschi	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Scorrevole in alluminio	Buono
60	I.C. Alighieri-Kennedy	1946-1980	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Buono
61	S.E. A. Persia	2016	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	A falde	Metallo con taglio termico	Ottimo
62	S.I. G. Ciancusi	2015	Misto c.a. e pannelli prefabbricati	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
63	S.I. Don Bosco	1946-1980	Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo senza taglio termico	Buono
64	I.P.A. G. Donadio	Ante 1945	Muratura portante	A falde	Metallo senza taglio termico	Mediocre
65	I.T.C. Bonelli	Ante 1945	Muratura portante	Piana	Legno/Metallo senza taglio termico	Buono
66	I.P.S.S.C.T. Sebastiano Grandis	1940	Misto c.a. e muratura	Piana / Falde	Metallo senza taglio termico	Buono
67	I.T.G. + I.P.S.I.A. Virginio Donadio	1800	Muro portante, vincolato, centro storico	A falde	Legno	Buono
68	L.C. / L.S. G. Peano - S. Pellico	1930	Muro portante / Misto c.a. e muratura	A falde	Metallo con taglio termico	Buono
69	L.A. Ego Bianchi	1970	Misto c.a. e muratura	Piana	Metallo con taglio termico	Mediocre
70	S.I. Sacra Famiglia	1950	Muratura portante	A falde	Metallo con taglio termico	Buono

Nella tabella 2.3 si presentano le informazioni rese disponibili sui principali utilizzatori, maggiormente energivori, ad oggi installati negli edifici.

**Tab.2.3 – Dati scuole, utilizzatori**

	Scuola	Altre destinazioni d'uso locali	Valvole termostatiche	Termoregolazione a zone	Tipo di illuminazione	N° di condizionatori da 1kW
1	I.C. Salvatore Raiti	Palestra	NO	NO	Lampade fluorescenti	2
2	I.C. 14° Karol Wojtyła	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	3
3	I.C. Salvatore Chindemi	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	3
4	I.C. E. Vittorini	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	6
5	S.M. Archia	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	1

6	I.S. Enrico Mattei	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	13
7	I.T. Giulio Cesare Falco	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	6
8	I.T.E.S. Leonardo Da Vinci	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	9
9	L.S. Enrico Fermi	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	10
10	I.T.S. Carlo Andreozzi	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	27
11	I.S.I.S.S. Taddeo da Sessa	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	5
12	I.S.I.S.S. G. B. Novelli	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	11
13	L.C. Pietro Giannone	Palestra, laboratori, biblioteca	SI	NO	Lampade fluorescenti	4
14	L.C. Giordano Bruno	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	8
15	L.C. D. Cirillo	Palestra	NO	NO	Lampade fluorescenti	10
16	S.M. Vicentini-Della Porta	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0
17	S.I. Villaggio Celdit	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	0
18	S.E. Salvaiezzi	Laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	0
19	S.E. Brecciarola	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	0
20	S.I. Brecciarola	Nessuna	NO	NO	Lampade fluorescenti	0
21	S.E. Via Amiterno	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0
22	S.I. Madonna degli Angeli	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	0
23	S.I. Santa Barbara	Nessuna	/	NO	/	0
24	S.I. Tricalle	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	0
25	S.E. Tricalle	Biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0
26	S.E. Via Lanciano	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0
27	S.E. Via Bosio	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0
28	I.T.C. Vincenzo Arangio Ruiz	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	14
29	L.S. Aristotele	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade led	9
30	I.I.S.S. L.B. Alberti	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade led	0
31	I.P.S.S.S. Edmondo De Amicis	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	14
32	L.C. Francesco Vivona	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	13
33	I.T.I.S. J. Von Neumann	Palestra, laboratori	SI, sul 20%	NO	Lampade fluorescenti	
34	I.T.C. Di Vittorio	Palestra, laboratori	SI, sul 20%	NO	Lampade fluorescenti	5
35	S.M. Ramiro Ortiz	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0

36	I.C. Vicovaro	Palestra	NO	NO	Lampade fluorescenti	0
37	S.E. Cesarii	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	
38	S.E. Via Arniense	/	/	NO	Lampade fluorescenti	0
39	S.E. Villaggio Celdit	Palestra	NO	NO	Lampade fluorescenti	2
40	L.C. Bertrand Russell	Palestra, laboratori, biblioteca	NO	NO	Lampade fluorescenti	10
41	L.S. Francesco D'Assisi	Palestra	SI, sul 30%	NO	Lampade fluorescenti	0
42	L.C. Francesco Vivona (succursale)	Laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	7
43	S.E. A. Manzoni	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0
44	S.M. C. A. Modigliani / S. E. Mazzarello	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0
45	S.M. Ignazio Vian	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0
46	S.M. Drovetti / S.I. Quaranta	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	0
47	S.I. Turollo	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	0
48	Scuola media Ugo Foscolo	Palestra	NO	NO	Lampade fluorescenti	3
49	S.M.F. Casadio	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	0
50	S.M. Corrado Viali	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	0
51	S.M. Don G. Minzoni	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	0
52	S.M. Camillo Corradini	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0
53	S.M. E. Fermi / S.E. G. Mazzini	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0
54	S.M. L. Marini	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0
55	S.M. G. Perotti	Palestra, laboratori, biblioteca	NO	NO	Lampade fluorescenti	0
56	S.M. F. Maritano	Palestra, laboratori, biblioteca	NO	NO	Lampade fluorescenti	0
57	S.M. Nievo	Palestra	/	NO	Lampade fluorescenti	0
58	S.M. A. Meucci	Palestra, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0
59	S.M. Aldo Palazzeschi	Laboratori	/	NO	/	0
60	I.C. Alighieri-Kennedy	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	1
61	S.E. A. Persia	Palestra, laboratori, biblioteca	/	SI	Lampade led	/
62	S.I. G. Ciancusi	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	/
63	S.I. Don Bosco	Nessuna	/	NO	Lampade fluorescenti	0
64	I.P.A. G. Donadio	Nessuna	NO	NO	Lampade fluorescenti	0
65	I.T.C. Bonelli	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0

66	I.P.S.S.C.T. Sebastiano Grandis	Palestra, laboratori, biblioteca	/	NO	Lampade fluorescenti	0
67	I.T.G. + I.P.S.I.A. Virginio Donadio	Palestra, laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	0
68	L.C. / L.S. G. Peano - S. Pellico	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	0
69	L.A. Ego Bianchi	Palestra, laboratori	NO	NO	Lampade fluorescenti	0
70	S.I. Sacra Famiglia	Laboratori	/	NO	Lampade fluorescenti	0

In tabella 2.4 vengono mostrati i dati essenziali per la valutazione del consumo energetico, elettrico e termico, degli edifici indagati.

**Tab.2.4 – Dati scuole, energia**

	Scuola	Energia elettrica da rete [kWh/anno]	Potenza FV [kWp]	Energia prodotta da FV [kWh/anno]	Energia auto consumata da FV [kWh/anno]	Energia elettrica totale (rete+FV) [kWh/anno]	Energia termica [Smc/anno]	Energia termica [Mcal/anno]
1	I.C. Salvatore Raiti	69995	FV non presente	0	0	69995	Non nota	0
2	I.C. 14° Karol Wojtyla	66725	FV non presente	0	0	66725	Non nota	0
3	I.C. Salvatore Chindemi	66710	FV non presente	0	0	66710	Non nota	0
4	I.C. E. Vittorini	91855	FV non presente	0	0	91855	Non nota	0
5	S.M. Archia	64960	FV non presente	0	0	64960	Non nota	0
6	I.S. Enrico Mattei	98790	9,1	Non nota	Non nota	Non nota	13046	0
7	I.T. Giulio Cesare Falco	103851	FV non presente	0	0	103851	20482	0
8	I.T.E.S. Leonardo Da Vinci	89022	FV non presente	0	0	89022	12320	0
9	L.S. Enrico Fermi	178150	FV non presente	0	0	178150	12170	0
10	I.T.S. Carlo Andreozzi	179142	FV non presente	0	0	179142	17058	0
11	I.S.I.S.S. Taddeo da Sessa	95107	FV non presente	0	0	95107	13979	0
12	I.S.I.S.S. G.B. Novelli	70159	FV non presente	0	0	70159	18293	0
13	L.C. Pietro Giannone	68200	FV non presente	0	0	68200	8699	0
14	L.C. Giordano Bruno	63628	FV non presente	0	0	63628	5616	0
15	L.C. D. Cirillo	85175	FV non presente	0	0	85175	8316	0
16	S.M. Vicentini -Della Porta	19083	Non nota	Non nota	Non nota	Non noto	23071	0
17	S.I. Villaggio Celdit	3105	FV non presente	0	0	3105	3934	0
18	S.E. Salvaiezzi	22567	FV non presente	0	0	22567	22543	0
19	S.E. Brecciarola	6899	FV non presente	0	0	6899	3163	0
20	S.I. Brecciarola	6107	FV non	0	0	6107	3000	0

			presente					
21	S.E. Via Amiterno	21400	FV non presente	0	0	21400	11100	0
22	S.I. Madonna degli Angeli	2000	FV non presente	0	0	2000	3500	0
23	S.I. Santa Barbara	2600	FV non presente	0	0	2600	2400	0
24	S.I. Tricalle	9300	FV non presente	0	0	9300	2900	0
25	S.E. Tricalle	24500	FV non presente	0	0	24500	7500	0
26	S.E. Via Lanciano	32000	FV non presente	0	0	32000	13800	0
27	S.E. Via Bosio	4900	FV non presente	0	0	4900	7500	0
28	I.T.C. Vincenzo Arangio Ruiz	121454	19.51	26039	23081	144535	30.500	0
29	L.S. Aristotele	57098	19.50	24103	11766	68864	14.810	0
30	I.I.S.S. L.B. Alberti	34758	18.50	19000	9500	44258	11464	0
31	I.P.S.S.S. Edmondo De Amicis	80200	FV non presente	0	0	80200	53438	0
32	L.C. Francesco Vivona	82900	FV non presente	0	0	82900	20372	0
33	I.T.I.S. J. Von Neumann	175800 (fonte Città Metropolitana Roma) 195082 (fonte GSE)	9.68	11663 (fonte Città Metropolitana Roma) 12700 (fonte GSE)	11663 (fonte Città Metropolitana a Roma) 12700 (fonte GSE)	187463 (fonte Città Metropolitana Roma) 207782 (fonte GSE)	56292	0
34	I.T.C. Di Vittorio	88301	18.72	21715	19243	107544	26604	0
35	S.M. Ramiro Ortiz	40915	Non nota	Non nota	Non nota	Non noto	18230	0
36	I.C. Vicovaro	49000	27	Mai collegato alla rete	0	49000	13300	0
37	S.E. Cesarii	54010	19	25839	16265	70275	12263	0
38	S.E. Via Arniense	32511	16,9	Non nota	Non nota	Non noto	14495	0
39	S.E. Villaggio Celdit	19404	16,9	22179	9327	28731	16389	0
40	L.C. Bertrand Russell	212700 (fonte CMR) 136000 (Fonte GSE)	18	19278 (fonte CMR) 23200 (fonte GSE)	17127 (fonte CMR) 21200 (fonte GSE)	229827 (fonte CMR) 157200 (Fonte GSE)	34800	0
41	L.S. Francesco D'Assisi	26611	12,7	14180	6476	33087	10847	0
42	L.C. Francesco Vivona (succursale)	33000	17,4	21600	9800	42800	24000	0
43	S.E. A. Manzoni	102114	21,5	20912	16565	118679	0	522243
44	S.M. C.A. Modigliani / S.E. Mazzarello	144410	19,8	22446	15135	159545	Non nota	0
45	S.M. Ignazio Vian	55523	19,8	22446	16981	72504	50821	0
46	S.M. Drovetti / S.I. Quaranta	91124	21,5	22242	16735	107859	0	766100
47	S.I. Turollo	21461	19,8	22446	15578	37039	0	223462
48	Scuola media Ugo Foscolo	154188	FV non presente	0	0	154188	Non nota	0

49	S.M. F. Casadio	41891	FV non presente	0	0	41891	23265	0
50	S.M. Corrado Viali	47064	FV non presente	0	0	47064	35800	0
51	S.M. Don G. Minzoni	151900	FV non presente	0	0	151900	88000	0
52	S.M. Camillo Corradini	36000	FV non presente	0	0	36000	30800	0
53	S.M. E. Fermi / S.E. G. Mazzini	35000	FV non presente	0	0	35000	58700	0
54	S.M. L. Marini	36700	16	15800	10000	46700	33000	0
55	S.M. G. Perotti	55847	FV non presente	0	0	55847	0	383319
56	S.M. F. Maritano	50485	FV non presente	0	0	50485	0	488833
57	S.M. Nievo	100320	FV non presente	0	0	100320	59904	0
58	S.M. A. Meucci	36768	FV non presente	0	0	36768	22598	0
59	S.M. Aldo Palazzeschi	74595	FV non presente	0	0	74595	0	368054
60	I.C. Alighieri-Kennedy	127253	19,8	22446	21338	148591	0	667200
61	S.E. A. Persia	32800	50	0	0	32800	3900	0
62	S.I. G. Ciancusi	16463	6	0	0	16463	16531	0
63	S.I. Don Bosco	7200	FV non presente	0	0	7200	1100	0
64	I.P.A. G. Donadio	159000	FV non presente	0	0	159000	70000	0
65	I.T.C. Bonelli	120300	FV non presente	0	0	120300	70000	0
66	I.P.S.S.C.T. Sebastiano Grandis	99900	FV non presente	0	0	99900	69600	0
67	I.T.G. + I.P.S.I.A. Virginio Donadio	179200	FV non presente	0	0	179200	141000	0
68	L.C. / L.S. G. Peano-S. Pellico	160800	FV non presente	0	0	160800	160000	0
69	L.A. Ego Bianchi	82351	14,4	Non nota	Non nota	Non nota	58900	0
70	S.I. Sacra Famiglia	49500	19,9	24620	16300	65800	68000	0

NOTA: gli edifici Persia (n°61) e Ciancusi (n°62), entrambi di Avezzano, denotano una produzione da fotovoltaico nulla per nuovo impianto in fase di attivazione.



### 3 Indicatori di consumo

Nella tabella 3.1 vengono riassunti gli indicatori di consumo energetico, sia elettrico sia termico, per tutti gli edifici indagati. Relativamente all'energia termica assorbita vengono riportati due diversi conteggi in quanto alcuni edifici trovano installata una caldaia a GAS mentre altri, rari, sono serviti da un sistema di teleriscaldamento.

**Tab.3.1 – Dati scuole, indicatori**

	Scuola	Zona climatica	Indicatori energia elettrica [kWh/mq]	Indicatori energia elettrica [kWh/mc]	Indicatori gas [Smc/mq]	Indicatori gas [Smc/mc]	Indicatori energia termica [Mcal/mq]	Indicatori energia termica [Mcal/mc]
1	I.C. Salvatore Raiti	B	15,55	5	/	/	/	/
2	I.C. 14° Karol Wojtyla	B	18,03	5,96	/	/	/	/
3	I.C. Salvatore Chindemi	B	19,62	6,35	/	/	/	/
4	I.C. E. Vittorini	B	13,12	4,59	/	/	/	/
5	SM Archia	B	12,99	4,19	/	/	/	/
6	I.S. Enrico Mattei	C	/	/	2,29	0,72	/	/
7	I.T. Giulio Cesare Falco	C	16,48	4,48	3,25	0,88	/	/
8	I.T.E.S. Leonardo Da Vinci	C	13,7	4,14	1,9	0,57	/	/
9	L.S. Enrico Fermi	C	11,42	3,79	0,78	0,26	/	/
10	I.T.S. Carlo Andreozzi	C	14,93	5,07	1,42	0,48	/	/
11	I.S.I.S.S. Taddeo da Sessa	C	17,61	6,34	2,59	0,93	/	/
12	I.S.I.S.S. G.B. Novelli	C	17,99	5,85	4,69	1,52	/	/
13	L.C. Pietro Giannone	C	15,16	3,79	1,93	0,48	/	/
14	L.C. Giordano Bruno	C	12,12	3,98	1,07	0,35	/	/
15	L.C. D.Cirillo	C	13,31	4,44	1,3	0,43	/	/
16	S.M. Vicentini-Della Porta	D	/	/	5,13	1,54	/	/
17	S.I. Villaggio Celdit	D	5,18	1,73	6,56	2,19	/	/
18	S.E. Salvaiezzi	D	7,78	2,65	7,77	2,65	/	/
19	S.E. Brecciarola	D	13,02	4,06	5,97	1,86	/	/
20	S.I. Brecciarola	D	12,21	3,59	6	1,76	/	/
21	S.E. Via Amiterno	D	7,13	2,38	3,7	1,23	/	/
22	S.I. Madonna degli Angeli	D	5	1,67	8,75	2,92	/	/
23	S.I. Santa Barbara	D	7,43	2,36	6,86	2,18	/	/
24	S.I. Tricalle	D	13,29	3,32	4,14	1,04	/	/
25	S.E. Tricalle	D	10,21	3,4	3,13	1,04	/	/
26	S.E. Via Lanciano	D	10,67	3,2	4,6	1,38	/	/
27	S.E. Via Bosio	D	4,9	1,63	7,5	2,5	/	/
28	ITC Vincenzo Arangio Ruiz	D	18,07	4,13	3,81	0,87	/	/
29	L.S. Aristotele	D	22,95	5,18	4,94	1,11	/	/
30	I.I.S.S. L.B. Alberti	D	14,75	3,6	3,82	0,93	/	/
31	I.P.S.S.S. Edmondo De Amicis	D	11,79	2,14	7,86	1,43	/	/
32	L.C. Francesco Vivona	D	13,82	4,3	3,4	1,06	/	/
33	I.T.I.S. J. Von Neumann	D	11,97	3,41	3,41	1,02	/	/
34	I.T.C. Di Vittorio	D	5,86	1,68	1,45	0,41	/	/
35	S.M. Ramiro Ortiz	D	/	/	4,56	1,52	/	/

36	I.C. Vicovaro	D	20,42	6,81	5,54	1,85	/	/
37	S.E. Cesarii	D	14,95	4,69	2,61	0,82	/	/
38	S.E. Via Arniense	D	/	/	4,68	1,16	/	/
39	S.E. Villaggio Celdit	D	8,98	3,19	5,12	1,82	/	/
40	L.C. Bertrand Russell	D	15,44	2,78	2,78	0,7	/	/
41	L.S. Francesco D'Assisi	D	8,27	2,69	2,71	0,88	/	/
42	L.C. Francesco Vivona (succursale)	D	11,26	3,75	6,32	2,11	/	/
43	S.E. A. Manzoni	E	18,84	4,75	/	/	82,9	20,89
44	S.M. C.A. Modigliani / S.E. Mazzarello	E	10,64	3,47	/	/	/	/
45	S.M. Ignazio Vian	E	8,06	3,18	5,65	2,23	/	/
46	S.M. Drovetti / S.I. Quaranta	E	17,12	3,23	/	/	121,6	22,94
47	S.I. Turoldo	E	16,84	4,21	/	/	101,57	25,39
48	Scuola media Ugo Foscolo	E	12,54	4,18	/	/	/	/
49	S.M. F. Casadio	E	11,97	3,64	6,65	2,02	/	/
50	S.M. Corrado Viali	E	14,26	4,71	10,85	3,58	/	/
51	S.M. Don G. Minzoni	E	12,66	4,16	7,33	2,41	/	/
52	S.M. Camillo Corradini	E	13,64	3	11,67	2,57	/	/
53	S.M. E. Fermi / S.E. G. Mazzini	E	8,97	1,99	15,05	3,34	/	/
54	S.M. L. Marini	E	13,54	3,89	9,57	2,75	/	/
55	S.M. G. Perotti	E	9,31	3,29	/	/	63,89	22,55
56	S.M. F. Maritano	E	5,61	1,86	/	/	54,31	18,04
57	S.M. Nievo	E	12,54	4,18	7,49	2,5	/	/
58	S.M. A. Meucci	E	7,35	1,47	4,52	0,9	/	/
59	S.M. Aldo Palazzeschi	E	12,86	3,95	/	/	63,46	19,47
60	I.C. Alighieri-Kennedy	E	11,34	3,03	/	/	50,93	13,62
61	S.E. A. Persia	E	14,4	3,71	1,71	0,44	/	/
62	S.I. G. Ciancusi	E	11,2	2,79	11,25	2,8	/	/
63	S.I. Don Bosco	E	16,74	4,8	2,56	0,73	/	/
64	I.P.A. G. Donadio	F	19,88	9,64	8,75	4,24	/	/
65	I.T.C. Bonelli	F	13,37	3,25	7,78	1,89	/	/
66	I.P.S.S.C.T. Sebastiano Grandis	F	14,27	4,34	9,94	3,03	/	/
67	I.T.G. + I.P.S.I.A. Virginio Donadio	F	16,29	5,69	12,82	4,48	/	/
68	L.C. / L.S. G. Peano - S. Pellico	F	17,87	3,57	17,78	3,56	/	/
69	L.A. Ego Bianchi	F	/	/	11,78	3,68	/	/
70	S.I. Sacra Famiglia	F	13,71	3,66	14,17	3,78	/	/

NOTE

- Gli indicatori dell'edificio scolastico Di Vittorio di Roma (n°34) si discostano dalla media in maniera significativa in quanto parte dell'edificio (circa 30%) non viene utilizzata e risulta in parziale stato di abbandono.
- Negli edifici scolastici Enrico Mattei di Caserta (n°6), Vicentini Della Porta di Chieti (n°16), Ramiro Ortiz di Chieti (n°35), Via Arniense Chieti (n°38) e Bianchi di Cuneo (n°69) non è stato possibile

calcolare l'indicatore di consumo elettrico a causa della non reperibilità dei dati sull'autoconsumo da fotovoltaico.

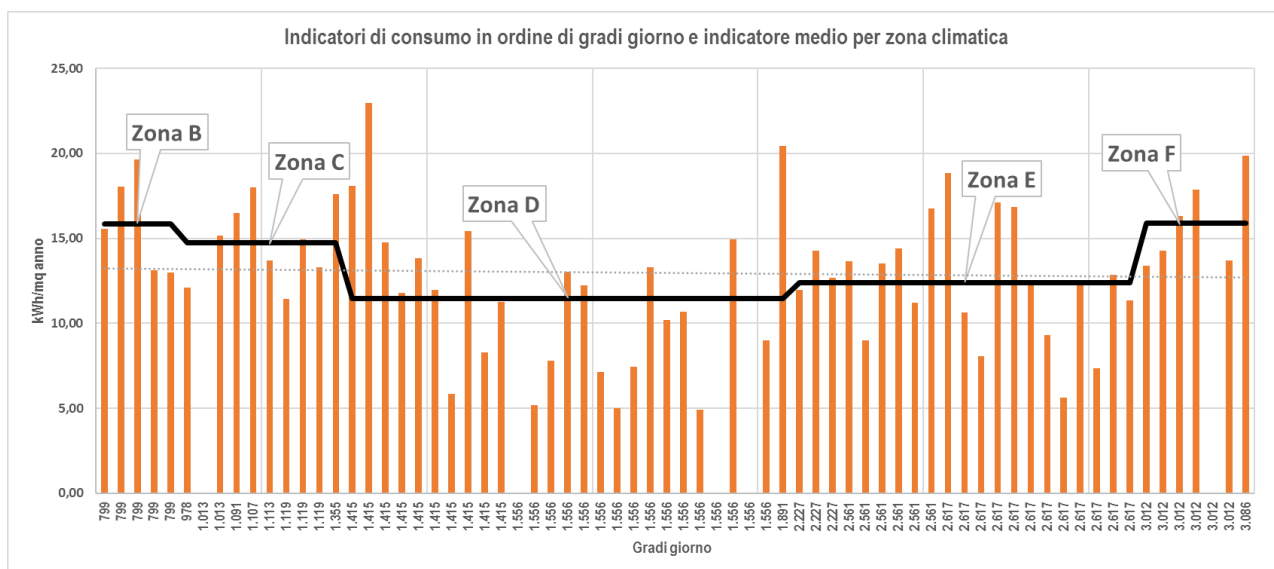
- Negli edifici Modigliani/Mazzarello di Torino (n°44), Ugo Foscolo di Torino (n°48) ed in tutti quelli indagati per la zona climatica B non vengono riportati gli indicatori di consumo per la parte termica a causa della non reperibilità del dato.

Viene di seguito proposta la tabella 3.2 che riassume gli indicatori di consumo medi suddivisi in funzione delle diverse zone climatiche. Per la zona climatica A, relativa essenzialmente a Lampedusa, isola sicuramente impegnata su altre importanti priorità, nonostante l'impegno profuso, non è stato possibile ottenere dati e quindi calcolare gli indicatori.

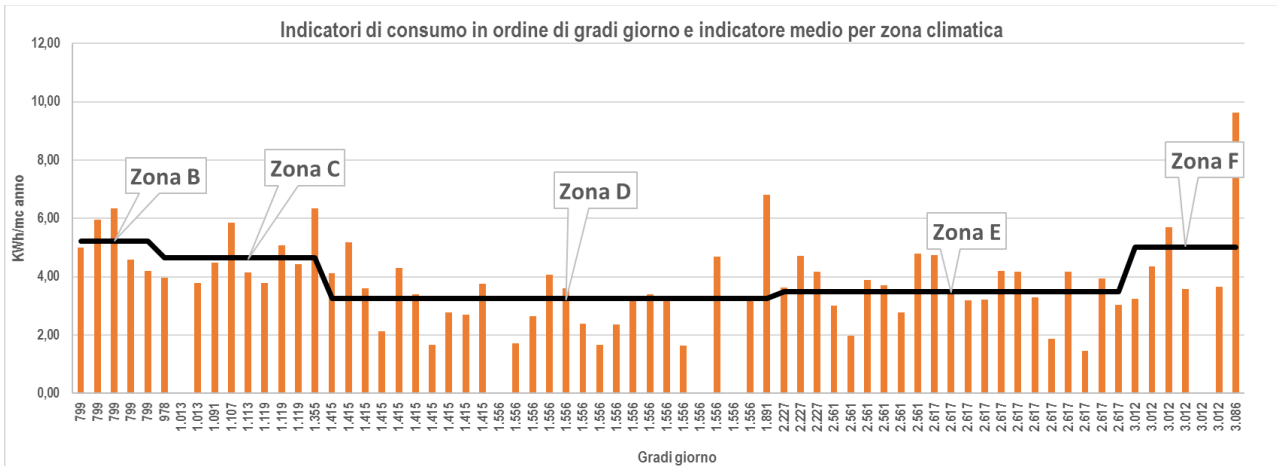
**Tab.3.2 – Indicatori di consumo medi**

	Indicatori energia elettrica [kWh/mq]	Indicatori energia elettrica [kWh/mc]	Indicatori gas [Smc/mq]	Indicatori gas [Smc/mc]	Indicatori energia termica [Mcal/mq]	Indicatori energia termica [Mcal/mc]
Zona B	15,86	5,22	/	/	/	/
Zona C	14,75	4,65	2,12	0,66	/	/
Zona D	11,47	3,26	4,93	1,48	/	/
Zona E	12,40	3,50	7,86	1,88	76,95	20,41
Zona F	15,90	5,02	11,86	3,52	/	/

Nelle seguenti figure 3.1 e 3.2 sono rappresentati gli indicatori di consumo energetico elettrico, disposti in ordine di gradi giorno, rispettivamente in funzione della superficie e del volume delle strutture.

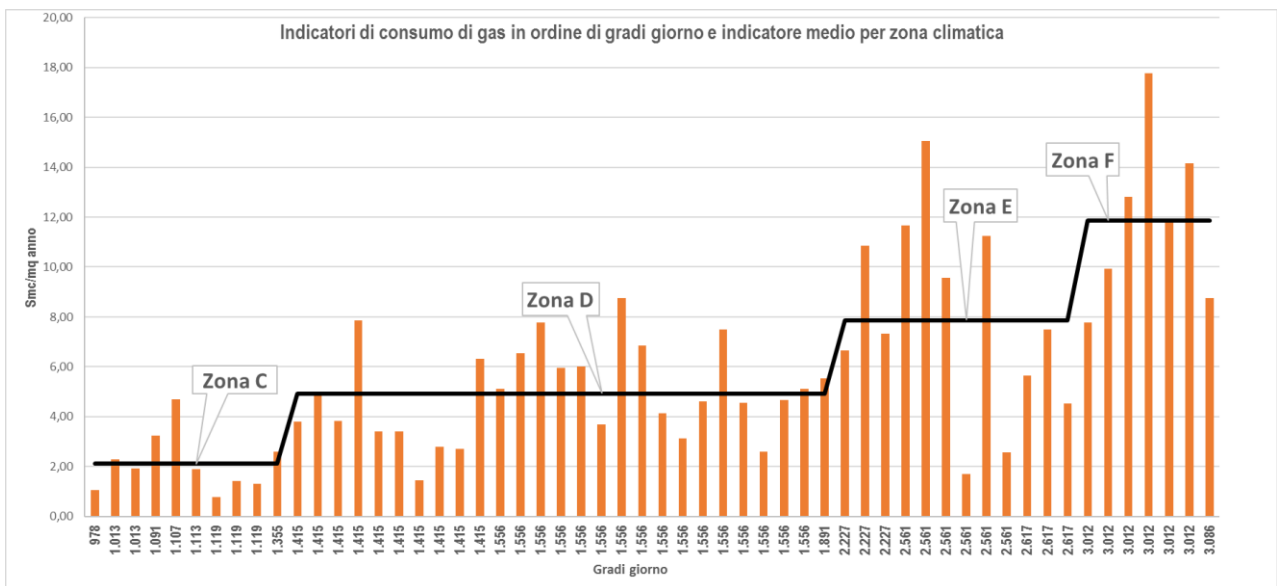


**Fig.3.1 – Indicatori di consumo di energia elettrica in funzione della superficie**



**Fig.3.2 – Indicatori di consumo di energia elettrica in funzione del volume**

Nelle figure 3.3 e 3.4 vengono rappresentati gli indicatori di consumo energetico termico, disposti in ordine di gradi giorno, rispettivamente in funzione della superficie e del volume delle strutture. In questo caso vengono escluse le strutture dotate di teleriscaldamento, sia perché in quantità ridottissima rispetto a quelle che utilizzano GAS metano sia perché i dati non sono paragonabili con gli altri in assenza di noti rendimenti di conversione e di trasporto dell'energia termica.



**Fig.3.3 – Indicatori di consumo di gas in funzione della superficie**

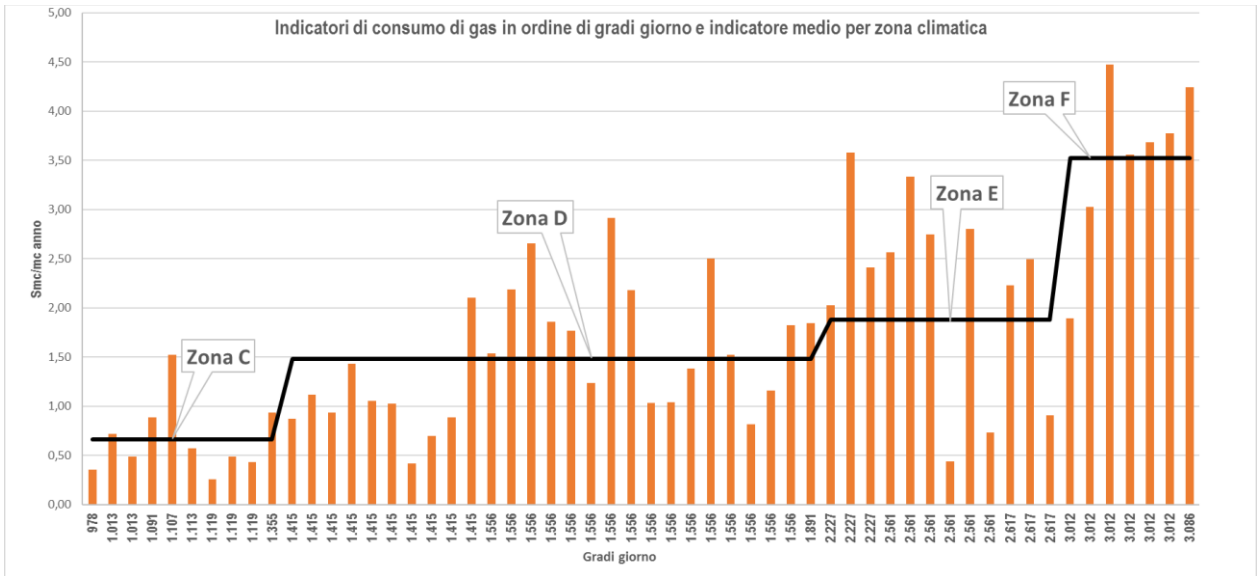


Fig.3.4 – Indicatori di consumo di gas in funzione del volume

## 4 Impianti fotovoltaici

La presente estensione al lavoro di ricerca ha permesso di verificare in maniera approfondita anche i dati di producibilità e di autoconsumo degli impianti fotovoltaici.

Grazie ai dati forniti dal GSE e da Città Metropolitana di Roma è stato anzitutto possibile valutare la producibilità degli impianti installati sugli edifici scolastici, questo è stato fatto confrontando l'energia prodotta nel 2017 con l'energia stimata tramite le statistiche del gestore di rete (tabella 4.1).

Per ogni kW di potenza installata vengono prodotti in media, 1.100 kWh nelle regioni settentrionali, 1300 kWh nelle regioni centrali e 1.500 kWh in quelle meridionali (fonte GSE).

Soltanto in 6 casi è stata persa più del 10% dell'energia totale, il massimo negativo è stato raggiunto all'Istituto Marini di Avezzano con il 24% di perdita. In molti casi invece l'energia prodotta supera quella stimata. Nel caso dell'istituto di Vicovaro si riscontra una perdita del 100% dell'energia in quanto l'impianto non è mai stato allacciato alla rete.

**Tab.4.1 – Confronto tra energia stimata e prodotta degli impianti fotovoltaici**

Scuola	Comune	Potenza installata (kWp)	Energia prodotta (kWh/anno)	Energia stimata (kWh/anno)	Differenza (kWh/anno)	Differenza (%)
S.E. A. Manzoni	Torino	21,5	20912	23650	-2738	-11,58
S.M. C.A. Modigliani / S.E. Mazzarello	Torino	19,8	22446	21780	666	3,06
S.M. Ignazio Vian	Torino	19,8	22446	21780	666	3,06
S.M. Drovetti / S.I. Quaranta	Torino	21,5	22242	23650	-1408	-5,95
S.I. Turoldo	Torino	19,8	22446	21780	666	3,06
I.T.C. Vincenzo Arangio Ruiz	Roma	19,51	26213	25363	850	3,35
L.S. Aristotele	Roma	19,5	24103	25350	-1247	-4,92
I.I.S.S. L.B. Alberti	Roma	18,5	19000	24050	-5050	-21,00
I.T.I.S. J. Von Neumann	Roma	9,68	11663	12584	-921	-7,32
I.T.C. Di Vittorio	Roma	18,72	21715	24336	-2621	-10,77
I.C. Alighieri-Kennedy	Torino	19,8	22446	21780	666	3,06
S.I. Sacra Famiglia	Cuneo	19,9	24620	21890	2730	12,47
S.E. Cesarii	Chieti	19	25839	24700	1139	4,61
S.E. Villaggio Celdit	Chieti	16,9	22179	21970	209	0,95
L.C. Bertrand Russel	Roma	18	23111	23400	-4400	-1,24
L.S. Francesco D'Assisi	Roma	12,7	14180	16510	-2330	-14,11
L.C. Francesco Vivona (succursale)	Roma	17,4	21600	22620	-1020	-4,51
S.M. L. Marini	Avezzano	16	15800	20800	-5000	-24,04
I.C. Vicovaro	Vicovaro	27	0	35100	-35100	-100,00
<b>TOTALE</b>		<b>355,01</b>	<b>382961</b>	<b>433093</b>	<b>-50132</b>	<b>-11,58</b>

Altro dato interessante, riassunto in Tab.4.2, in è la percentuale di autoconsumo dell'energia prodotta dagli impianti fotovoltaici installati in copertura.

**Tab.4.2 – Autoconsumo energia prodotta da fotovoltaico**

	Scuola	Comune	Potenza Installata (kWp)	Energia prodotta (kWh/anno)	Energia autoconsumata (kWh/anno)	Autoconsumo (%)
1	I.T.I.S. J. Von Neumann	Roma	9,68	11663	11663	100,0
2	I.C. Alighieri-Kennedy	Torino	19,8	22446	21338	95,1
3	L.C. Bertrand Russel	Roma	18	19000	17000	89,5
4	I.T.C. Vincenzo Arangio Ruiz	Roma	19,51	26213	23254	88,7
5	I.T.C. Di Vittorio	Roma	18,72	21715	19243	88,6
6	S.E. A. Manzoni	Torino	21,5	20912	16565	79,2
7	S.M. Ignazio Vian	Torino	19,8	22446	16981	75,7
8	S.M. Drovetti / S.I. Quaranta	Torino	21,5	22242	16735	75,2
9	S.I. Tuoldo	Torino	19,8	22446	15578	69,4
10	S.M. C. Alvaro Modigliani / S.E. Mazzarello	Torino	19,8	22446	15135	67,4
11	S.M. Sacra Famiglia	Cuneo	19,9	24620	16300	66,2
12	S.M. L. Marini	Avezzano	16	15800	10000	63,3
13	S.E. Cesarii	Chieti	19	25839	16265	62,9
14	I.I.S.S. L.B. Alberti	Roma	18,5	19000	9500	50,0
15	L.S. Aristotele	Roma	19,5	24103	11766	48,8
16	L.S. Francesco D'Assisi	Roma	12,7	14180	6476	45,7
17	L.C. Francesco Vivona (succursale)	Roma	17,4	21600	9800	45,4
18	S.E. Villaggio Celdit	Chieti	16,9	22179	9327	42,1

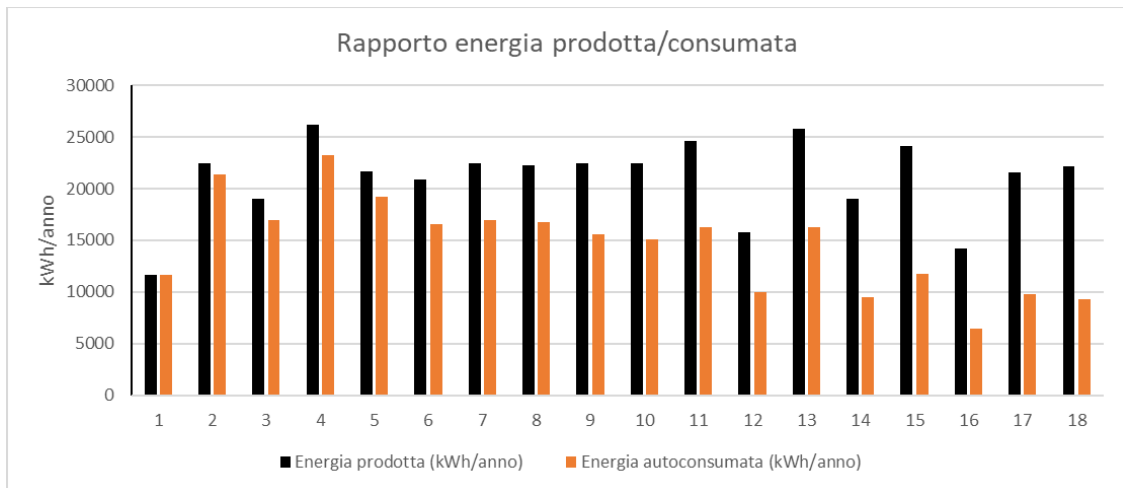
Nel grafico di figura 4.1 viene rappresentata (in rosso) l'energia auto consumata rispetto a quella totale autoprodotta (in nero). I dati dei 18 impianti fotovoltaici verificati vengono riportati in ordine di autoconsumo decrescente.

Da notare come in alcuni casi vi sia un autoconsumo pari, o molto vicino, alla produzione totale; situazione non tecnicamente realizzabile in quanto i plessi scolastici rimangono statisticamente chiusi per almeno il 25% dei giorni dell'anno. Considerando che la potenza installata è molto più grande del fabbisogno generale dell'edificio (inclusi eventuali appartamenti di custodi e servizi diversi) si consiglia un approfondimento tecnico nel particolare sito.

Inoltre, tra le anomalie rilevate, alcuni dati numerici risultano identici su edifici diversi. Per tale motivo si sospetta una lavorazione o trasmissione dei dati con scambio accidentale tra dati misurati e dati stimati al netto del conguaglio.

Si rende quindi ancora più essenziale consigliare di impiegare personale tecnico in ogni edificio che possa basare l'analisi e la gestione energetica su misure proprie oltre che su quelle del distributore, sulla perfetta conoscenza delle modalità di misura, degli accordi contrattuali, di fatturazione e di scambio di energia con la rete.





**Fig.4.1 – Confronto tra energia prodotta da fotovoltaico ed autoconsumata**

## 5 Criticità di gestione e di indagine energetica

Numerose le criticità di indagine rilevate in corso d'opera, vengono di seguito brevemente elencate. Queste risultano particolarmente costrittive per la conoscenza dei dati tecnici ed energetici, specialmente per i lunghissimi tempi necessari alla raccolta delle informazioni e per la complessità burocratica.

- Ogni azione di richiesta dati deve seguire un lungo iter autorizzativo legato alla riservatezza dei dati.
- I dati tecnici di edificio, a cominciare da superfici e volumi, non sono noti e per averli si rendono spesso necessari lunghi e complessi procedimenti di indagine presso i diversi enti che li detengono.
- Le caratteristiche tecniche dei materiali da costruzione impiegati, porte ed infissi inclusi, risultano praticamente impossibili da ricavare. Nessuno sa indicare come e dove reperirli e se siano noti. Si è compreso che procedendo a ricerche di lungo tempo presso il dipartimento edilizia del comune di riferimento o presso il catasto probabilmente si sarebbe potuta ricavare qualche informazione progettuale su alcuni edifici; in ogni caso troppo poco per avere un dettaglio completo sul campione di edifici analizzato in questo lavoro. Inoltre non viene quasi mai tenuta traccia dei materiali impiegati in fase di ristrutturazione o modifica del complesso edificio-impianto.
- Spesso non sono disponibili neanche i dati generali come superfici e volumi, molte informazioni devono faticosamente essere reperite telefonando a tutti gli attori coinvolti nella gestione o nell'utilizzo, spesso arrivando anche a contattare dirigenti, DSGA, custodi, etc.
- Spesso la segreteria non è in grado di fornire dati certi sull'orario di apertura e sull'impegno orario di aule, palestre, biblioteche ed altri spazi. Talvolta, risultando alcuni spazi ceduti in gestione ad associazioni o ad altre organizzazioni non è ben noto l'uso che ne fanno sia in termini di orari che di energia. Questo è uno dei motivi per cui numerose scuole sono state scartate dalla presente ricerca, proprio a causa della mancanza di dati certi, riducendo in questo caso il campione a sole 70 unità.
- In nessun edificio vengono installati misuratori di energia, tantomeno suddivisi per ogni singola tipologia di utilizzatore. Le amministrazioni non conoscono lo stato di utilizzo e di rendimento del sistema impianto, pertanto non risulta possibile ai gestori pianificare corretti interventi di ottimizzazione energetica. Inoltre non è possibile per il corpo docente una corretta opera di sensibilizzazione degli allievi mediante l'analisi del consumo energetico dell'edificio.
- Sono disponibili esclusivamente dati energetici generali al contatore.
- Anche per conoscere i dati relativi agli impianti fotovoltaici è necessario contattare enti diversi, in questo caso il GSE, specialmente perché non tutti i gestori registrano ed organizzano i dati su autoproduzione ed autoconsumo.
- Talvolta si rileva che i dati forniti da alcuni enti, sia parziali che aggregati, non coincidono con i corrispondenti dati di altri enti. Si rende necessaria maggiore attenzione sull'affidabilità delle fonti, dell'archiviazione e della lavorazione dei dati. Purtroppo si sottolinea come alcuni dati tecnici energetici vengano trattati da persone non esperte del settore con la conseguente possibilità di errata interpretazione delle fatture.
- I sistemi di illuminazione sono abbastanza datati e denotano un rendimento scarso. In poche scuole si è semplicemente proceduto alla sostituzione delle lampade a scarica con quelle a LED ma non di più. Non è possibile effettuare misure di illuminamento in quanto i sopralluoghi possono essere effettuati solo di giorno. Non si ha notizia di verifiche effettuate nel tempo. L'esperienza dà comunque evidenza di una condizione di illuminamento spesso appena sufficiente. Anche in caso di interventi di miglioramento o sostituzione del sistema di illuminazione non vengono detenute informazioni tecniche su date di installazione, caratteristiche degli apparecchi e consumi. Infine non viene effettuata nessuna analisi di miglioramento, né quantitativa né qualitativa, post intervento.
- Il personale gestionale dell'edificio non ha accesso alla centrale termica ed ai locali tecnici, neanche per i casi di emergenza. Risulta complicato accedere all'impianto e conoscere la logica di regolazione del sistema. Il personale che gestisce le attività didattiche non può effettuare alcuna regolazione sul sistema di riscaldamento. In numerosi casi viene lamentata una accensione inutile anche durante gli orari di chiusura, di utilizzo parziale dell'edificio e talvolta di festività. Talvolta viene lamentato un spegnimento anticipato con conseguente bassa temperatura nelle ultime ore di

utilizzo. Risulta quindi molto difficile per l'amministrazione gestire al meglio il sistema di riscaldamento.

- Praticamente in nessun edificio sono presenti manopole termostate sui radiatori, sane e funzionanti. Non è possibile confrontare i consumi degli edifici dotati delle suddette manopole con quelli che non ne sono dotati. Sarebbe importante poter confermare la validità energetica di tali componenti anche negli edifici scolastici. In pochi impianti sono state trovate dette valvole, queste sono risultate quasi tutte rotte o vandalizzate.
- Spesso non vengono sanate correttamente, mediante interventi edili o impiantistici, gravi situazioni di malessere termo igrometrico; generalmente si prendono provvedimenti arrangiati, spesso con impiego di stufe, climatizzatori, ventilatori, ombreggiamenti ed altro, tutti aggiunti con tecniche di fortuna, senza mai provvedere alla effettiva soluzione del problema e spesso senza che l'ente gestore ne abbia notizia. Di tutte le modifiche effettuate in tale maniera non si hanno informazioni sulle date di installazione/modifica, sui tempi di utilizzo e sui relativi costi energetici.
- La lunga e faticosa raccolta di dati ed informazioni utili è favorita esclusivamente dai pochi gestori e dirigenti volenterosi (20% circa del totale) che comprendono l'importanza del risparmio energetico e del miglioramento del benessere negli ambienti di lavoro. Per procedere ad una corretta gestione del sistema edificio è certamente necessario aumentare l'opera di sensibilizzazione e dare obbligo a tutte le strutture scolastiche di detenere, trattare e fornire i dati in maniera diretta. Di fatto si rileva come per ricavare i dati di 70 edifici sia stato necessario preparare la lavorazione per circa 250 fabbricati, aprire collaborazioni ufficiali con 55 diversi comuni (di cui 9 andate a buon fine), tenere relazioni tecniche con 100 diverse persone addette alla gestione, contattare una media di 3 diverse figure per ogni edificio scolastico e superare un livello di comunicazioni (e-mail e telefonate) superiore a 500 unità.
- Risulta assente una corretta archiviazione delle informazioni tecniche che definiscono la storia tecnica dell'edificio e dell'impianto. Anche il personale tecnico che gestisce direttamente la scuola non è in possesso dei dati tecnici generali. Ogni informazione necessaria per la presente ricerca deve essere faticosamente reperita interrogando tutti gli enti e tutti gli attori coinvolti, fino ad arrivare a dover contattare anche il vecchio custode già in pensione.
- La conoscenza dei dati relativi alla producibilità da fonte rinnovabile sono sconosciuti alla segreteria della scuola. Al massimo risulta noto che esiste un sistema fotovoltaico installato sul tetto ma del quale non si ha alcuna informazione tecnica. Anche negli edifici in cui è installato il monitor di produzione da fotovoltaico nell'androne della scuola non se ne conosce con chiarezza la funzione; solo raramente in qualche istituto tecnico alcuni professori volenterosi fanno fare delle esercitazioni su tale sistema di produzione e di misura. Talvolta i dati di produzione da fotovoltaico risultano sconosciuti anche all'ente che gestisce il patrimonio; per tale motivo risulta spesso necessaria una richiesta contemporanea di accesso ai dati anche presso il GSE.
- Si comprende quindi come il DSGA possa essere la figura più adatta a detenere e fornire sia i dati del fabbricato sia quelli di consumo energetico. Contemporaneamente si rileva come risulti spesso già operato di impegni gestionali e generalmente non dotato di adeguata formazione tecnica. Solo in alcuni edifici è stato possibile trovare casualmente un DSGA con precedente formazione tecnica che è risultato di grande aiuto nella ricerca dei dati.

La maggior parte delle disfunzioni rilevate, tanto in fase di gestione quanto in fase di indagine energetica, sono tutte riconducibili alla totale assenza di gestione tecnica all'interno dell'edificio.

In conclusione si ritiene assolutamente necessario impiegare una figura tecnica all'interno di ogni edificio scolastico, dotata di buone conoscenze impiantistiche ed energetiche, che possa collaborare giornalmente ed attivamente alla gestione del sistema edificio-impianto. Il responsabile tecnico di edificio dovrebbe conservare le documentazioni di progetto, i dati tecnici dell'edificio, dell'impianto, dei sistemi tecnologici installati e di tutti i dati di consumo. Il responsabile dovrebbe, oltre alla gestione delle manutenzioni e della funzionalità dei sistemi di bordo, gestire e regolare il sistema energetico ottimizzando il rapporto costi-benefici.

## 6 Conclusioni

Nell'ambito del presente lavoro è stato raggiunto l'obiettivo di ampliare la precedente ricerca, relativa al piano del 2017, per la valutazione energetica degli edifici ad uso scolastico, mediante l'estensione della raccolta dati energetici a ben 70 edifici.

Il lavoro di gestione dei contatti e di raccolta dei dati, ha permesso di valutare in maniera più accurata gli indicatori di consumo energetico. Nel precedente lavoro, a causa della necessità di collaudare le schede di indagine e di effettuare sopralluoghi tecnici, la quantità degli edifici era stata limitata a 15 unità.

La ricerca descritta in questo documento si riassume brevemente nelle seguenti fasi:

- scelta di circa duecentocinquanta scuole su cui effettuare la raccolta dati (quantità sovrabbondanti ma necessarie proprio per aver appena valutato la risposta fattiva al lavoro di indagine in circa il 20% dei casi totali);
- contatto con gli enti responsabili della gestione del patrimonio edilizio (comuni e città metropolitane) e gestione delle pratiche per ottenere i dati di consumo;
- contatto con il GSE e gestione delle pratiche per ricevere i dati energetici relativi agli impianti fotovoltaici presenti su numerosi edifici;
- contatto con i dirigenti scolastici e con buona parte del personale impiegato per ricavare le informazioni tecniche aggiuntive;
- raccolta dei dati da tutte le figure coinvolte, riorganizzazione, verifica della congruità ed organizzazione degli stessi;
- valutazione e studio dei casi elaborati;
- calcolo degli indicatori di consumo aggiornati;
- studio della situazione di producibilità degli impianti fotovoltaici;
- stesura della presente relazione contenente le linee guida per la messa a punto finale del sistema di indagine e di supervisione energetica.

Gli obiettivi raggiunti nel presente lavoro sono i seguenti:

1. sono state approfondite le situazioni energetiche degli edifici già oggetto della precedente ricerca comprendendone al meglio la situazione del complesso edificio-impianto;
2. sono stati valutati dal punto di vista energetico ben 70 edifici ad uso scolastico;
3. sono stati quindi calcolati gli indicatori di consumo aggiornati, con una precisione adeguata, sull'intero territorio nazionale;
4. viene mostrata la situazione di producibilità media degli impianti fotovoltaici installati sui tetti degli edifici, indicando in aggiunta le principali criticità rilevate;
5. viene riassunto l'intero lavoro in questa relazione, con l'aggiunta di alcune linee guida ritenute importanti per il futuro.

## Curriculum scientifico del gruppo di lavoro

### STEFANO ELIA (DIAEE)

Stefano Elia è laureato e Dottore di Ricerca in Ingegneria Elettrotecnica. Al momento è impiegato presso il Dipartimento di Ingegneria Elettrotecnica dell'Università Sapienza di Roma come assegnista di ricerca e professore a contratto. E' stato titolare e responsabile tecnico di una impresa di progettazione ed installazione di impianti elettrici e tecnologici. Ricercatore in numerosi progetti tecnologici e di risparmio energetico con Sapienza e importanti enti e società come ENEA, CONSIP, TRENITALIA, RFI, Esercito, Marina Militare, CONI, ISED, CNR, etc. E' un consulente esperto sui sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili e sulle strategie di risparmio energetico. Ha lavorato nel settore dell'energia con importanti società di consulenza come la Booz Hallen & Hamilton e l'Arthur Andersen. Stefano è un docente di impianti elettrici e un addestratore di addetti ai lavori ed utenti, con particolare riferimento alla sicurezza, anche per l'Associazione Installatori di Impianti Italiana (Assistal/Confindustria). Ha quindici anni di esperienza nell'addestramento ai lavori elettrici ad elevato rischio: sotto tensione, in quota, su fune e nei luoghi confinati. E' stato impegnato anche come docente di sistemi elettrici di potenza e di sicurezza per ingegneri dell'Esercito e della Marina Militare italiani. Stefano è inoltre consulente ed addestratore di addetti ai lavori per numerose grandi società di installazione impianti come Engie, Siram, Gemmo, Manutencoop, etc. E' stato anche docente di sistemi elettrici e di impianti di produzione presso l'Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma. Stefano ha almeno venti anni di esperienza di laboratorio di elettromeccanica: progettazione, costruzione di prototipi, riparazione e misure. Stefano ha all'attivo 25 pubblicazioni internazionali.

E-Mail: stefano.elia@uniroma1.it - Mobile: +39 347 3654828

### EZIO SANTINI

Ingegnere elettrotecnico. Professore di ruolo di prima fascia presso la facoltà di Ingegneria Civile e Industriale di Sapienza - Università di Roma. Afferisce al Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale, Elettrica ed Energetica (DIAEE).

È il coordinatore della Sezione Elettrica del DIAEE. È il titolare dei corsi ufficiali della Facoltà di Ingegneria: "Macchine Elettriche", "Macchine e Azionamenti Elettrici", "Cad e tecnologie di apparati elettromeccanici". I suoi temi di ricerca: Macchine elettriche – azionamenti elettrici - CAD elettromagnetico - costruzioni elettromeccaniche - produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile - energy management – normativa – analisi tecnico-economiche. Dal 2002 al 2005 e dal 2011 al 2014 è stato il presidente del Corso di laurea in Ingegneria Elettrotecnica di SAPIENZA – Università di Roma. Dal 2009 al 2014 è stato delegato del Rettore di SAPIENZA – Università di Roma per l'accoglienza degli Studenti e per i rapporti con il territorio. E' il proprietario del copyright per il software "Amadeus", un package applicativo per la analisi agli elementi finiti di dispositivi elettrici e magnetici. Nel 2010 è stato lo Scientific Chairman dell'ICEM, conferenza tenutasi a Roma dal 5 al 9 Settembre, il più grande evento mondiale del settore. Ha coordinato ed ha partecipato a numerosi progetti di ricerca nazionali ed internazionali. È il presidente del comitato tecnico-scientifico dell'Assistal sezione di Roma, la associazione di Confindustria che rappresenta le aziende installatrici di impianti tecnologici. Ha coordinato ed ha partecipato ad attività di ricerca e di consulenza svolte in collaborazione con un grande numero di Aziende ed istituzioni italiane e straniere: Acea, Ansaldo, Atac/Roma, Booz-Hallen Hamilton, BTicino, Cofathec/Cofely, Electroconsult, ENEA, ENEL, Erg-Renew, International Power, Marina Militare Italiana, numerosi Ministeri e Dipartimenti, Technip, Telecom Italia, Terna, Trenitalia, Salini, Siram. Ha al suo attivo circa duecento pubblicazioni scientifiche su riviste internazionali e su proceedings di congressi internazionali. E' titolare di quattro brevetti internazionali. Ha scritto quattro libri in lingua italiana su tematiche di natura tecnica.

E-Mail: ezio.santini@uniroma1.it - Mobile: +39 347 3562560