

PALAZZO VERDE

E1436

Via del Molo 65°, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3



Luglio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER



COMUNE DI GENOVA

ATI:



(mandataria)



(mandante)

PALAZZO VERDE
E1436
Via del Molo 65°, Genova

RAPPORTO DI DIAGNOSI ENERGETICA

FONDO KYOTO - SCUOLA 3
Luglio 2018

COMUNE DI GENOVA
STRUTTURA DI STAFF - ENERGY MANAGER

Comune di Genova – Area Tecnica – Struttura di Staff Energy Manager
Via Di Francia 1 – 18° Piano Matitone – 16149 – Genova
Tel 010 5573560 – 5573855; energymanager@comune.genova.it; www.comune.genova.it

Energynet s.r.l.
Viale Muratori 201 – 41124 – Modena
Tel 059 211085 – info@energynet.it

More Energy s.r.l.
Via Ragazzi del '99 39 – 42124 - Reggio Emilia
Tel. 0522 516610 – info@more-energy.it

REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI

Revisione	Data	Realizzazione	Revisione	Approvazione	Descrizione
00	9/07/2018	Emanuele Schiavone	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Prima Pubblicazione
B	26/07/2018	Emanuele Schiavone	Irene Paradisi Luigi Guerra	Saverio Magni	Seconda pubblicazione a seguito della Revisione PA del 12/07/2018

Nell'ambito del servizio di Audit e Diagnosi Energetica, denominato Fondo Kyoto - Scuola 3, il presente documento si pone l'obiettivo di supportare la redazione del rapporto di diagnosi energetica attraverso la predisposizione di un modello di relazione standardizzato. Qualsiasi parere, suggerimento d'investimento o giudizio su fatti, persone o società contenuti all'interno di questo documento è di esclusiva responsabilità del soggetto terzo che lo utilizza per emanare tale parere, suggerimento o giudizio.

Il Comune di Genova non si assume alcuna responsabilità per le conseguenze che possano scaturire da qualsiasi uso di questo documento da parte di terzi. Questo documento contiene informazioni riservate e di proprietà intellettuale esclusiva. E' vietata la riproduzione totale o parziale, in qualsiasi forma o mezzo e di qualsiasi parte del presente documento senza l'autorizzazione scritta da parte del Comune di Genova.

INDICE	
PAGINA	
REGISTRO REVISIONI E PUBBLICAZIONI	3
INDICE.....	I
EXECUTIVE SUMMARY	I
1 INTRODUZIONE	1
1.1 PREMessa	1
1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA	1
1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO.....	1
1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO.....	2
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO	3
1.6 STRUTTURA DEL REPORT	6
2 DATI DELL'EDIFICIO.....	7
2.1 INFORMAZIONI SUL SITO	7
2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO	7
2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI 'INTERVENTI.....	8
2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO.....	9
3 DATI CLIMATICI	11
3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO.....	11
3.2 DATI CLIMATICI REALI.....	12
3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO	12
4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI	14
4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO.....	14
4.1.1 <i>Involucro opaco</i>	14
4.1.2 <i>Involucro trasparente</i>	15
4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/ CLIMATIZZAZIONE INVERNALE.....	17
4.2.1 <i>Sottosistema di emissione</i>	17
4.2.2 <i>Sottosistema di regolazione</i>	17
4.2.3 <i>Sottosistema di distribuzione</i>	18
4.2.4 <i>Sottosistema di generazione</i>	19
4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA	19
4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE	20
4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE	20
5 CONSUMI RILEVATI	22
5.1.1 <i>Energia termica</i>	22
5.1.2 <i>Energia elettrica</i>	23
5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI	26
6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO.....	30
6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO	30
6.1.1 <i>Validazione del modello termico</i>	31
6.1.2 <i>Validazione del modello elettrico</i>	32
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI.....	32
6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI.....	34
7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO.....	36
7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI	36
7.1.1 <i>Vettore termico</i>	36
7.1.2 <i>Vettore elettrico</i>	36
7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI.....	39
7.3 COSTI DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICIO ED IMPIANTI.....	ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.



8	IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA	40
8.1	DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI	40
8.1.1	<i>Involucro edilizio</i>	40
9	VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA.....	44
9.1	ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	44
9.2	ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI	46
9.3	IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO	52
10	CONCLUSIONI	54
10.1	RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA	54
10.2	CONCLUSIONI E COMMENTI.....	54
	ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA.....	A
	ALLEGATO B – ELABORATI	A
	ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA	1
	ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI	1
	ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI	1
	ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE	1
	ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA	1
	ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI.....	1
	ALLEGATO I – DATI CLIMATICI.....	1
	ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT.....	1
	ALLEGATO K – SCHEDE ORE.....	1
	ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI	1
	ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK.....	1
	ALLEGATO N – CD-ROM	1

EXECUTIVE SUMMARY

Caratteristiche dell'edificio oggetto della DE

Tabella 0.1 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1500
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	761,71
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1654,60
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4354,23
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.825,36
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.825,36
Tipologia generatore riscaldamento		Riscaldamento tramite resistenza elettrica de fan-coils
Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	72,0
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Energia Elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO ₂ di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	37,85
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{th} /anno]	-
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	-
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	81.055
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	20.218

Nota (1): Valori di Baseline

Descrizione delle Misure di efficienza energetica proposte:

- EEM 1: Isolamento pareti verticali con cappotto interno
- EEM 2: Sostituzione infissi
- EEM 3: installazione lampade a LED

Tabella 0.2 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria delle misure di efficienza energetica proposte e degli scenari ottimali, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	%Δ _E	%Δ _{CO₂}	ΔC _E	ΔC _{MO}	ΔC _{MS}	I ₀	TRS	TRA	n	VAN	TIR	IP
	[%]	[%]	[€/anno]	[€/anno]	[€/anno]	[€]	[anni]	[anni]	[anni]	[€]	[%]	[-]
EEM 1	16,1%	16,1%	3.524	0	0	44.360	6,8	8,7	30	35.882	13,0%	0,81
EEM 2	4,3%	4,3%	949,3	0	0	28.617	26,4	43,9	30	-9.320	0,7%	-0,33
EEM 3	3,1%	3,1%	677,5	0	0	28.193	11,4	12,2	8	-10.004	-15,6%	-0,35

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica non è stato possibile la definizione di scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la

*E1436 – PALAZZO VERDE*

fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi. Questo perché nella struttura non è presente un impianto di riscaldamento a caldaia, ma gli ambienti vengono climatizzati tramite resistenza elettrica de fan-coils.

1 INTRODUZIONE

1.1 PREMESSA

Il Comune di Genova, in attuazione alle politiche di miglioramento dell'efficienza energetica degli edifici pubblici di sua proprietà, ha individuato negli edifici scolastici, la possibilità di intervenire, ai fini di ridurre i gli attuali consumi, in quanto tali edifici risultano essere particolarmente energivori.

Con DGC n. 225 del 17/09/2015 l'amministrazione ha pertanto partecipato al bando ministeriale denominato "Fondo Kyoto Scuole 3" attraverso il quale, con decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 26 Agosto 2016 n.197/CLE, è stato riconosciuto al Comune di Genova un finanziamento a tasso agevolato pari a € 1.127.506,00 per l'elaborazione delle **Diagnosi energetiche (DE)** di 204 edifici scolastici necessarie per la programmazione futura degli interventi di riqualificazione energetica degli edifici stessi.

Nell'attività di realizzazione delle DE si è fatto riferimento alla normativa tecnica ed alla legislazione riportata al Capitolo 3 del Capitolato Tecnico per la "Procedura aperta per l'affidamento del servizio di audit e diagnosi energetiche relative agli edifici scolastici di proprietà del comune di Genova finanziate ai sensi dell'ex art.9 del d.l. 91/2014 "interventi urgenti per l'efficientamento energetico degli edifici scolastici e universitari pubblici", (fondo Kyoto) - lotti 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 e 9"

1.2 SCOPO DELLA DIAGNOSI ENERGETICA

Per DE del sistema edificio-impianto s'intende pertanto una procedura sistematica finalizzata alla conoscenza degli usi finali di energia con l'individuazione e l'analisi delle eventuali inefficienze o criticità energetiche di un edificio e degli impianti presenti al suo interno.

La presente DE si inserisce in questo contesto ed analizza, pertanto, le possibili soluzioni tecniche e contrattuali, che potrebbero portare alla realizzazione di interventi di miglioramento dell'efficienza energetica volti ad una riduzione dei consumi e ad un conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂.

La DE è, inoltre, il principale strumento per la valutazione della fattibilità tecnica ed economica di **misure di miglioramento dell'efficienza energetica (Energy Efficiency Measures - EEM)** negli edifici e rappresenta un valido punto di partenza per la realizzazione di **contratti di prestazione energetica (Energy Performance Contract – EPC)**.

Scopo della DE è quindi definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 o a 15 anni.

1.3 RIFERIMENTO E CONTATTI AUDITOR E PERSONALE COINVOLTO

La presente DE è stata eseguita dalla Energynet s.r.l., parte di ATI costituita da Energynet s.r.l. o More Energy s.r.l.. Il responsabile per il processo di audit dell'ATI è l'ing. Saverio Magni, soggetto certificato Esperto in Gestione dell'Energia (EGE) ai sensi della norma UNI CEI 11339.

Figura 1.1 - Vista della facciata esposta a Nord-Est



In Tabella 1.1 sono riportati i nominativi di tutti i soggetti coinvolti nelle varie fasi di svolgimento della DE.

Tabella 1.1 – Soggetti coinvolti nella realizzazione del processo di Audit

NOME E COGNOME	RUOLO	ATTIVITÀ SVOLTA
Silvia Scarcelli Lara Nuara	Tecnico del rilievo	Sopralluogo in sito
Irene Paradisi Lara Nuara	Tecnico dell'analisi preliminare	Elaborazione dei dati relativi ai consumi energetici
Emanuele Schiavone	Tecnico del calcolo energetico	Elaborazione dei dati geometrici ed alla creazione del modello energetico
Lara Nuara	Tecnico del report di diagnosi	Redazione report di diagnosi energetica
Irene Paradisi	Responsabile involucro	Revisione report di diagnosi energetica
Luigi Guerra	Responsabile impianti	Revisione report di diagnosi energetica
Saverio Magni	EGE	Approvazione report di diagnosi energetica

1.4 IDENTIFICAZIONE DELL'EDIFICIO

L'immobile oggetto della DE, catastalmente individuato al NCEU F. GEA/84 Mapp. 36,37,45 Sub. 2,2,2 è sito nel Comune di Genova. L'edificio è di proprietà del Comune di Genova ed è attualmente adibito a centro di informazione ed educazione sull'ambiente.

Figura 1.2 – Ubicazione dell'edificio



Nella seguente tabella sono riportate le principali caratteristiche geometriche ed impiantistiche dell'edificio.

Tabella 1.2 - Tabella riepilogativa dei dati dell'edificio

PARAMENTO	U.M.	VALORE
Anno di costruzione edificio		1500
Anno di ristrutturazione		n.d.
Zona climatica		D
Destinazione d'uso		E.7 Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
Superficie utile riscaldata	[m ²]	761,71
Superficie disperdente (S)	[m ²]	1654,60
Volume lordo riscaldato (V)	[m ³]	4354,23
Rapporto S/V	[1/m]	0,38
Superficie netta aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1410,72
Superficie lorda aree interne (scaldate e non scaldate)	[m ²]	1.825,36
Superficie lorda aree esterne	[m ²]	0
Superficie lorda complessiva (aree interne ed esterne)	[m ²]	1.825,36
Tipologia generatore riscaldamento		Riscaldamento tramite resistenza elettrica de fan-coils

Potenza totale impianto riscaldamento	[kW]	72,0
Potenza totale impianto raffrescamento	[kW]	-
Tipo di combustibile		Energia Elettrica
Tipologia generatore Acqua Calda sanitaria (ACS)		Boiler Elettrici
Emissioni CO2 di riferimento ⁽¹⁾	[t/anno]	37,85
Consumo di riferimento Gas Metano ⁽¹⁾	[kWh _{it} /anno]	-
Spesa annuale Gas Metano ⁽¹⁾	[€/anno]	-
Consumo di riferimento energia elettrica ⁽¹⁾	[kWh _{el} /anno]	81.055
Spesa annuale energia elettrica ⁽¹⁾	[€/anno]	20.218

Nota (1): Valori di Baseline

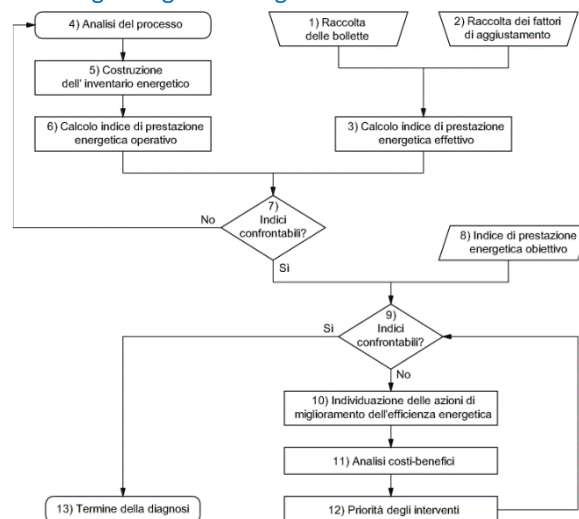
1.5 METODOLOGIA DI LAVORO

La procedura di realizzazione della DE si è sviluppata nelle seguenti fasi operative:

- a) Acquisizione della documentazione utile, fornita dalla PA, come riportato all'Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza; **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**
- b) Analisi del quadro normativo di riferimento, incluso la verifica dei vincoli ambientali, storici, archeologici e paesaggistici interferenti sull'immobile interessato dall'intervento;
- c) Visita agli edifici, effettuata in data 06/12/2017 con verifica degli elaborati forniti e rilievo dei dati relativi alle caratteristiche degli elementi disperdenti ed impiantistici costituenti il sistema edificio-impianto;
- d) Visita alla centrale termica e/o frigorifera, con il supporto del personale incaricato della conduzione e manutenzione degli impianti e rilevamento dei dati utili;
- e) Preparazione e compilazione delle schede di Audit previste per la diagnosi di livello II di cui all'appendice A delle LGEE - Linee Guida per l'Efficienza Energetica negli Edifici - sett. 2013 - elaborato da AiCARR per Agesi, Assistal, Assopetroli e Assoenergia, e riportate all'Allegato J – Schede di audit;
- f) Elaborazione del comportamento termico ed elettrico dell'edificio, realizzata utilizzando il software commerciale Edilclima EC700 versione 8.17.49 in possesso di certificato di conformità rilasciato dal Comitato Termotecnico Italiano (CTI) n. 73 ai sensi del D.lgs. 192/05 e s.m.i. e riportato all'Allegato F – Certificato CTI Software;
- g) Analisi dei profili annuali di consumi e costi dei servizi energetici reali dell'edificio, comprensivi della fornitura dei vettori energetici sia elettrici che di gas e degli oneri di O&M, relativamente alle annualità 2014-2015-2016;
- h) Analisi dei dati climatici reali del sito ove è ubicato l'edificio con conseguente calcolo dei Gradi Giorno reali (GG_{real}), utilizzando le temperature esterne rilevate dalla stazione meteo Genova – Centro Funzionale e riportati all'Allegato I – Dati climatici;
- i) Individuazione della “baseline termica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) tramite opportuna ripartizione del consumo di combustibile tra le varie utenze a servizio dell'edificio e destagionalizzazione dello stesso, utilizzando i relativi GG reali (GG_{real}), e conseguente normalizzazione secondo i GG di riferimento (GG_{rif});
- j) Individuazione della “baseline elettrica” di riferimento (e relative emissioni di CO₂) calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per tre le annualità 2014, 2015, 2016;
- k) Validazione del modello elaborato mediante il confronto con le baseline energetiche, al fine di ottenere uno scostamento inferiore al 5%;
- l) Analisi delle possibili EEM necessarie per la riqualificazione energetica del sistema edificio-impianto analizzando gli aspetti tecnici, energetici, ed ambientali.

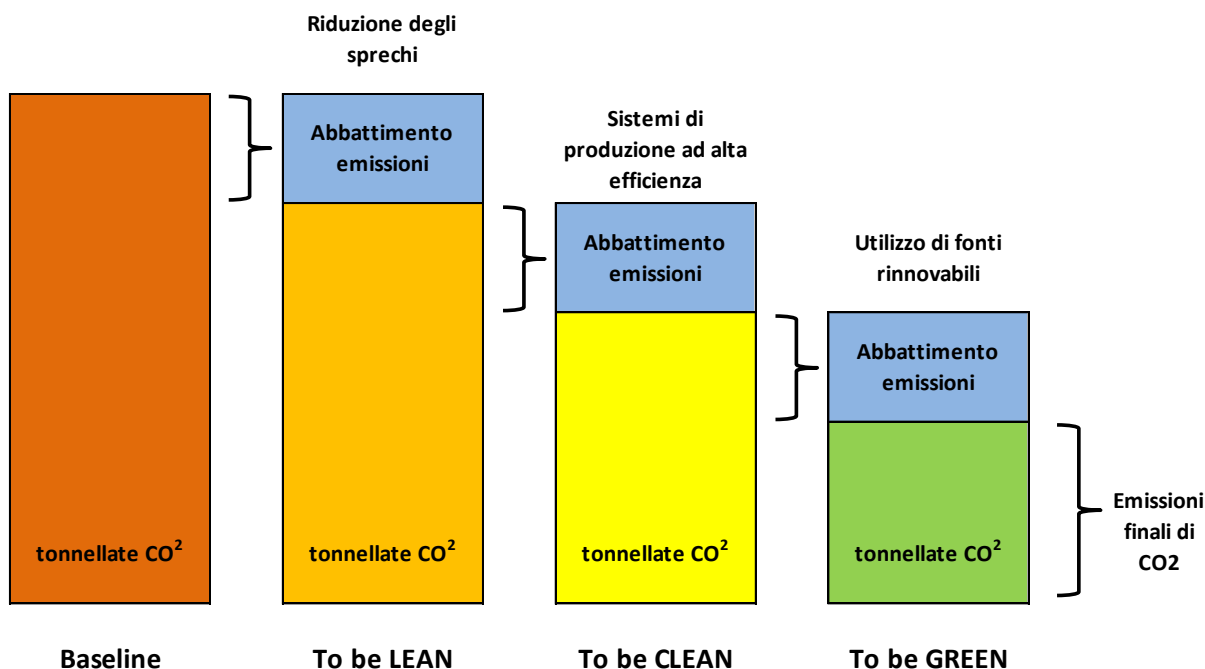
- m) Simulazione del comportamento energetico dell'edificio a seguito dell'attuazione delle varie EEM proposte singolarmente, ed individuazione della nuova classe energetica raggiungibile;
- n) Definizione di due scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposte al fine di conseguire un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi energetiche e tempi di ritorno inferiori uguale rispettivamente a 25 e a 15 anni.
- o) Analisi costi-benefici e di redditività finanziaria derivanti dalla realizzazione delle EEM previste singolarmente, con riferimento ai principali indicatori finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- p) Valutazione economico-finanziaria dei due scenari ottimali previsti, a partire dal "baseline di costi" e con riferimento ai principali indicatori finanziari e di sostenibilità finanziari ed ai possibili sistemi di incentivazione;
- q) Identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso un Energy Performance Contract, con lo scopo di analizzare il possibile interesse nella realizzazione degli interventi studiati, tramite l'intervento di una ESCo;
- r) Realizzazione di una relazione tecnica descrittiva di dettaglio dell'analisi effettuata (Rapporto di DE);
- s) Realizzazione di un report dei Benchmark.

Figura 1.3 – Schema metodologia diagnosi energetica ai sensi della norma UNI CEI 16247



Per la definizione di soluzioni integrate, la priorità con cui sono state analizzate la combinazione di possibili EEM è quella definita dal modello di gerarchia energetica riportato in Figura 1.4

Figura 1.4 - Principio della Gerarchia Energetica



Secondo tale modello possono essere definite delle strategie di intervento al fine di conseguire un efficace riduzione dei consumi energetici e conseguente abbattimento delle emissioni di CO₂, secondo tre livelli consequenziali:

- **To be Lean:** Utilizzo di EEM che limitino gli sprechi ed ottimizzino il funzionamento del sistema edificio-impianto (es: illuminazione a led, coibentazione strutture, efficientamento serramenti, termoregolazione, variazioni nelle modalità di utilizzo, ecc.);
- **To be Clean:** Aumento dell'efficienza dei sistemi di produzione in loco dell'energia tramite lo sfruttamento di tecnologie ad alto rendimento (es: sostituzione generatore di calore con uno ad alta efficienza, chiller ad alta efficienza, teleriscaldamento, teleraffrescamento, cogenerazione);
- **To be Green:** Produzione di energia da fonti rinnovabili (es: pompe di calore, fotovoltaico, ecc.).

Secondo questo modello di gerarchia energetica non è raccomandato riqualificare gli impianti di generazione della climatizzazione e gli impianti rinnovabili se non a partire da rinnovate e ridotte condizioni del fabbisogno energetico, conseguenti all'adozione di EEM preliminari atte a ridurre il fabbisogno energetico primario.

Per tanto, nel caso di soluzioni integrate, dapprima si è valutata la fattibilità di ridurre gli sprechi mediante misure sull'involucro e sulla domanda d'utenza (anche relativamente ai sistemi di emissione, regolazione, distribuzione, accumulo), partendo dal baseline e a approdando a un nuovo valore di baseline ridotto, ("to Be Lean"). In seguito, da questo valore ridotto di baseline si è valutato il dimensionamento delle apparecchiature e il risparmio conseguibile dapprima dalla riqualificazione degli impianti di generazione per la climatizzazione e, dopo, dall'installazione di tecnologie di generazione da fonti rinnovabili.

Una volta esaminate le possibili EEM si è realizzata una analisi economica delle stesse, ponendo particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc) individuando i principali indicatori economici d'investimento di seguito elencati:

- TRS (Tempo di rientro semplice);
- TRA (Tempo di rientro attualizzato);
- VAN (Valore attuale netto);

- TIR (Tasso interno di rendimento);
- IP (indice di profitto).

Inoltre per i soli scenari ottimali, si è provveduto alla formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo (PEF) ed alla valutazione della sostenibilità finanziaria, utilizzando i seguenti indicatori di bancabilità:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo;
- LLCR (Loan Life Cover Ratio) medio di periodo.

La definizione di bancabilità delle EEM viene associata agli scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Si è poi individuata una possibile tipologia di contratto che potesse rendere realizzabili le EEM identificate, ipotizzando la partecipazione di ESCo attraverso l'utilizzo di contratti EPC.

Dal punto di vista dell'individuazione dei capitali per la realizzazione delle misure, si è invece posta l'attenzione sulle varie alternative finanziarie, individuando nel **Finanziamento Tramite Terzi (FTT)** una valida opportunità, nel caso in cui la PA non abbia le risorse necessarie a sostenere gli investimenti per la riqualificazione energetica dell'edificio.

1.6 STRUTTURA DEL REPORT

Il presente rapporto di DE, con riferimento all'Appendice J della norma UNI CEI EN 16247-2:2014, è stato articolato nelle seguenti parti:

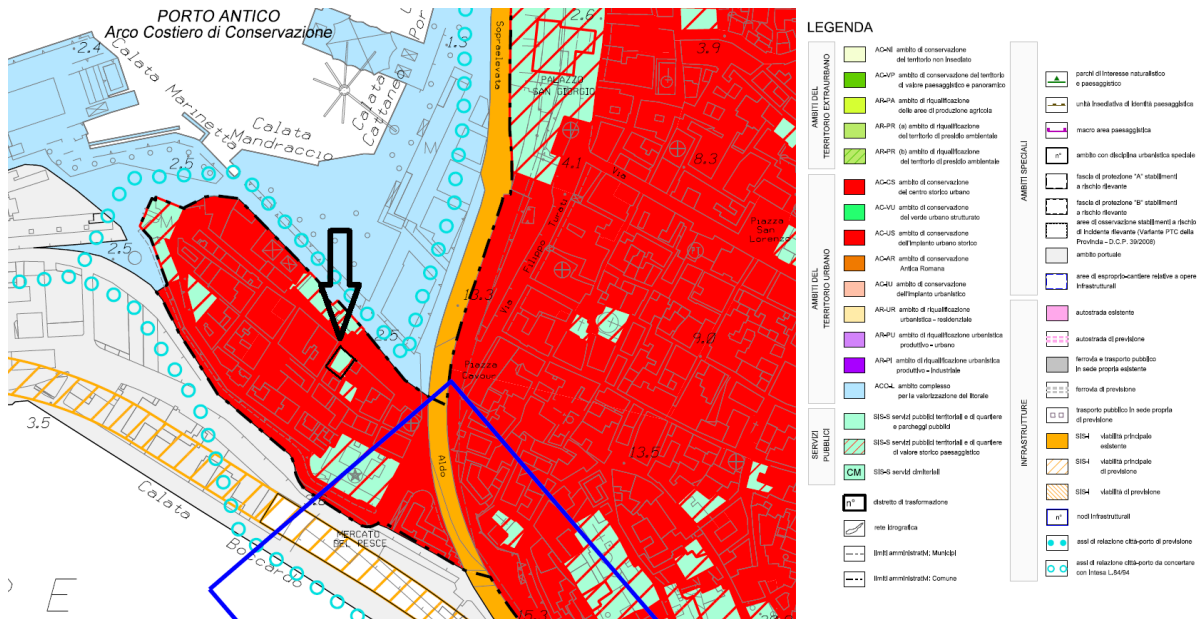
- Una prima parte nella quale sono descritti lo scopo ed i confini della DE e le metodologie di analisi adottate;
- Una seconda parte in cui sono riportate le informazioni dell'edificio rilevate in sede di sopralluogo e le valutazioni effettuate al fine di identificare le caratteristiche tecniche dei componenti del sistema edificio-impianto.
- Una terza parte contenente l'analisi dei consumi storici dell'edificio oggetto della DE, con la conseguente identificazione degli indici di prestazione energetica effettivi;
- Una quarta parte relativa alla definizione del modello energetico, e del procedimento di convalida dello stesso, al fine di renderlo conforme a quanto identificato nell'analisi dei consumi storici;
- Una quinta parte in cui sono descritte le caratteristiche tecniche ed i costi delle EEM proposte e gli scenari ottimali, individuabili tramite la valutazione dei risultati dell'analisi economico-finanziaria.
- Una parte conclusiva contenente i risultati dell'analisi ed i suggerimenti dell'Auditor per l'attuazione degli scenari proposti da parte della PA, definendo le opportune priorità di intervento.

2 DATI DELL'EDIFICIO

2.1 INFORMAZIONI SUL SITO

Lo strumento urbanistico vigente, il [P.U.C approvato con DD n° 2015/118.0.0./18 con entrata in vigore il 3/12/2015, classifica l'edificio oggetto della DE in zona SIS-S servizi pubblici territoriali e di quartiere di valore storico e paesaggistico.

Figura 2.1 - Particolare estratto dal Piano Urbanistico Comunale



2.2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE, SOCIO-ECONOMICO E DESTINAZIONE D'USO

L'edificio ove è ubicato il Palazzo Verde risale all'incirca al 1500, è stato interamente ristrutturato successivamente per essere adibito a Centro di informazione ed educazione sull'ambiente, pertanto ai sensi del DPR 412/93, attualmente ricade nella destinazione d'uso E.7 - Edifici adibiti ad attività scolastica.

Ai fini dell'esecuzione degli interventi di efficientamento energetico non sarà comunque necessario apportare varianti agli strumenti urbanistici né provvedere ad espropri o a variazioni di proprietà.

Questo nuovo spazio ha il compito di sensibilizzare la cittadinanza – in modo particolare le giovani generazioni – sui temi cruciali del risparmio energetico.

Un vero e proprio "palazzo verde", in stretto e vitale collegamento con il territorio, uno "spazio intelligente" in cui vengono organizzati laboratori per gruppi, scuole, famiglie e viene svolta un'attività educativa e comunicativa su questioni fondamentali e di estrema attualità come la riduzione, la prevenzione e il riciclo dei rifiuti.

L'edificio ospitante il complesso oggetto della DE è [Figura 2.2 - Vista satellitare dell'edificio \(Fonte: Google Earth\)](#)

costituito complessivamente da tre piani fuori terra, nei quali si sviluppano le varie arie espositive e tutte le attività collegate all'utilizzo della struttura.

Nella Tabella 2.1 sono riassunte le destinazioni d'uso delle varie aree e le relative superfici.

Le planimetrie utilizzate nella valutazione sono riportate in Allegato B – Elaborati.



Tabella 2.1 - Suddivisione in piani dell'edificio

PIANO	UTILIZZO	U.M.	SUPERFICIE LORDA COMPLESSIVA ⁽²⁾	SUPERFICIE UTILE RISCALDATA ⁽³⁾
Primo	Aule	[m ²]	200,5	144,5
Secondo	Aule	[m ²]	421,8	308,6
Terzo	Aule	[m ²]	421,8	308,6
TOTALE		[m²]	1044,1	761,7

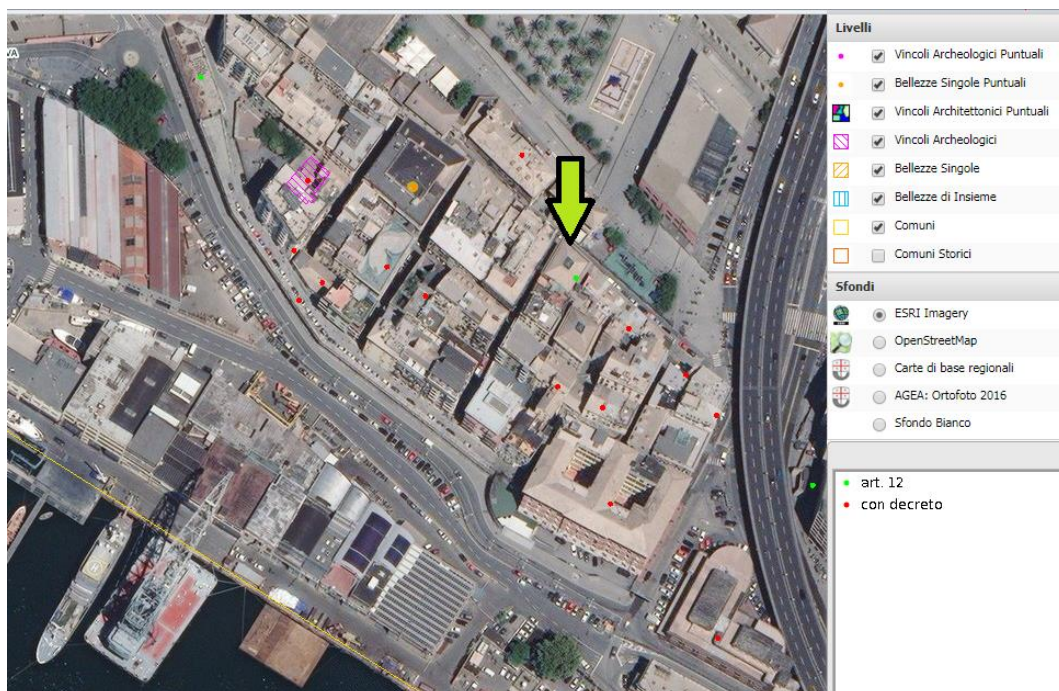
Nota (2): Superficie lorda comprensiva delle zone interne climatizzate e non climatizzate, valutate a partire dalle planimetrie progettuali, opportunamente verificate in fase di sopralluogo

Nota (3): Superficie utile valutata ai fini della creazione del modello energetico

2.3 VERIFICA DEI VINCOLI INTERFERENTI SULLE PARTI DELL'IMMOBILE INTERESSATE DAGLI INTERVENTI

Dalla carta dei vincoli risulta che l'edificio presenta un vincolo Architettonico Puntuale.

Figura 2.3 - Particolare estratto dalla carta dei vincoli






Nell'analisi delle EEM si è quindi resa necessaria l'identificazione delle possibili interferenze con i vincoli presenti.

Tabella 2.2 - Misure di efficienza energetica individuate e valutazione delle interferenze con gli attuali vincoli

MISURA DI EFFICIENZA ENERGETICA	VINCOLO INTERESSATO	VALUTAZIONE INTERFERENZA ⁽⁴⁾	MISURA DI TUTELA DA ADOTTARE
EEM 1: Isolamento delle pareti esterne	Architettonico		Tramite isolamento interno e previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 2: Isolamento Coperture e sottotetto	Architettonico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 3: Sostituzione vecchi serramenti in legno	Architettonico		Previo parere della Soprintendenza per i beni architettonici e paesaggistici
EEM 4: Installazione valvole termostatiche	-		-
EEM 5: Sostituzione lampade con LED	-		-
EEM 6: Sostituzione caldaia	-		-

Nota (4): Legenda livelli di interferenza:

	Non perseguibile
	Perseguibile tramite adozione misure di tutela indicate
	Interferenza nulla

Nessuna delle misure precedentemente indicate presenta interferenze con gli aspetti geologici, geotecnici, idraulici o idrogeologici della zona.

2.4 MODALITÀ DI GESTIONE E MANUTENZIONE DI EDIFICI ED IMPIANTO

Durante la fase di sopralluogo è stato possibile rilevare gli orari di effettivo funzionamento dell'edificio, intesi come gli orari di espletamento delle lezioni e gli orari di effettiva presenza del personale all'interno dell'edificio scolastico.

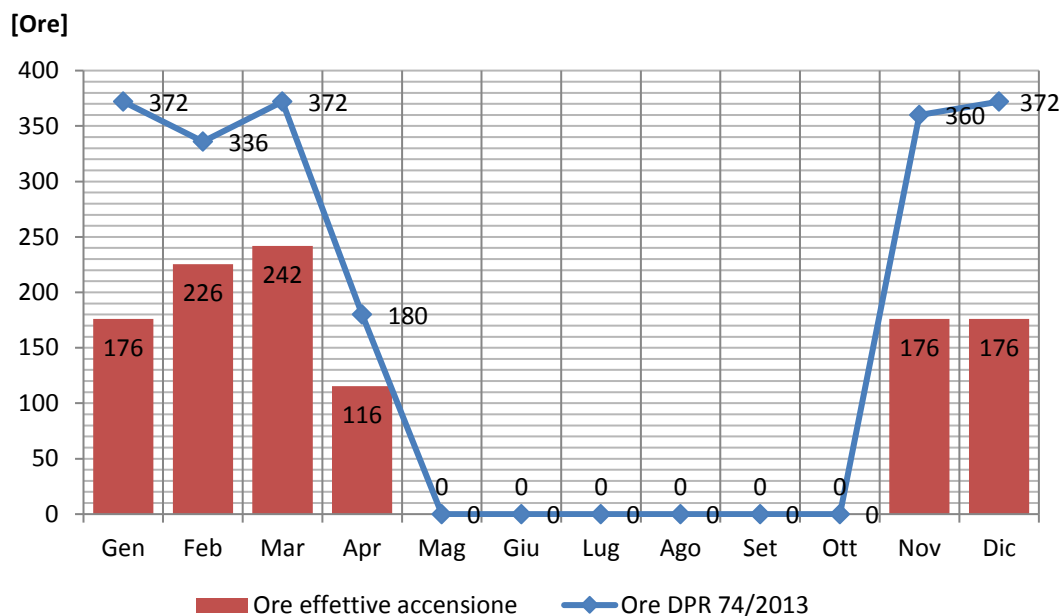
Nella Tabella 2.3 sono pertanto riportati gli orari di funzionamento dell'edificio e gli orari di funzionamento degli impianti termici.

Tabella 2.3 – Orari di funzionamento dell'edificio e orari di funzionamento degli impianti termici.

PERIODO	GIORNI SETTIMENALI	ORARIO FUNZIONAMENTO EDIFICIO	ORARIO FUNZIONAMENTO IMPIANTO
Dal 1 Settembre al 31 Luglio	dal lunedì al venerdì	7:30 – 19:30	NON PRESENTE

Dall'analisi effettuata è emerso che non è presente un impianto di riscaldamento a gas, ma i locali in inverno vengono climatizzati tramite resistenza elettrica de fan-coil.

Figura 2.4 – Andamento mensile delle ore effettive di utilizzo de fan-coil



Dall'analisi effettuata è emerso che, nel periodo invernale, gli orari di funzionamento dei fan-coils sono strettamente correlati agli orari di occupazione della struttura.

3 DATI CLIMATICI

3.1 DATI CLIMATICI DI RIFERIMENTO

L'edificio oggetto della DE è ubicato nel Comune di Genova, il quale ricade nella zona climatica D, a cui corrispondono 1435 **Gradi Giorno(GG)** (D.P.R. 412/93 - allegato A) ed una stagione di funzionamento degli impianti di riscaldamento compresa tra il 1 Novembre e il 15 Aprile con un periodo di accensione consentito degli impianti di 12 ore al giorno (DPR 74/2013).

Le medie mensili delle temperature esterne medie giornaliere caratteristiche del Comune, così come definite dalla norma UNI 10349:2016, sono riportate nella Tabella 3.1.

Tabella 3.1 – Temperature esterne giornaliere medie mensili [°C] (UNI 10349:2016)

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUGL	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
10,4	10,5	11,1	15,3	18,7	22,4	24,6	23,6	22,2	18,2	13,3	10,0

Tali temperature sopra indicate sono quelle utilizzate per la creazione del modello energetico termico, a cui corrispondono 1421 GG di riferimento, valutati in condizioni standard di utilizzo dell'edificio, come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione dell'impianto termico, pertanto si è ottenuto un valore di 810 GG calcolati su 106 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile riportata in Tabella 3.1.

I GG così calcolati definiscono i GG_{rif} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Tabella 3.2 – Profili mensili dei GG_{rif}

Mese	GIORNI MENSILI	TEMPERATURA ESTERNA UNI 10349:2016 [°C]	GIORNI RISCALDAMENTO [g/m]	GG	GIORNI DI UTILIZZO [g/m]	GIORNI RISCALDAMENTO EFFETTIVI [g/m]	GG _{rif}	PROFILO DI INCIDENZA
Gennaio	31	10,4	n/d	298	20	17	163	18%
Febbraio	28	10,5	n/d	266	20	20	193	22%
Marzo	31	11,1	n/d	276	21	22	193	21%
Aprile	30	15,3	n/d	71	20	11	54	6%
Maggio	31	18,7	n/d	-	21	-	-	0%
Giugno	30	22,4	n/d	-	20	-	-	0%
Luglio	31	24,6	n/d	-	20	-	-	0%
Agosto	31	23,6	n/d	-	-	-	-	0%
Settembre	30	22,2	n/d	-	20	-	-	0%
Ottobre	31	18,2	n/d	-	21	-	-	0%
Novembre	30	13,3	n/d	201	20	21	138	15%
Dicembre	31	10,0	n/d	310	15	16	157	17%

TOTALE	365	16,7	n/d	1421	218	106	898	100%
--------	-----	------	-----	------	-----	-----	-----	------

3.2 DATI CLIMATICI REALI

Ai fini della realizzazione dell'analisi energetica si è resa necessaria la definizione delle condizioni climatiche reali, ovvero dei GG calcolati in funzione della temperatura esterna media oraria del sito effettivamente rilevata, con lo scopo di creare una normalizzazione dei consumi in funzione delle caratteristiche climatiche della zona.

I dati climatici utilizzati sono stati rilevati dalla centralina meteo climatica Genova-Centro Funzionale, sita in via Brigate Partigiane n°2, Genova.

Si è deciso di utilizzare come riferimento tale centraline in quanto è ubicata in una zona limitrofa all'edificio oggetto della DE.

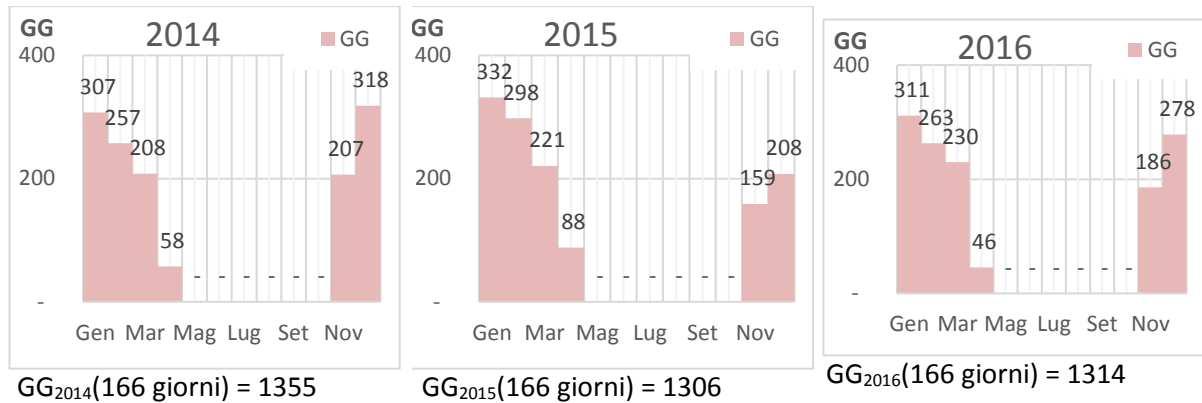
Figura 3.1 – Posizionamento della centralina meteo climatica rispetto all'edificio oggetto di DE



3.3 ANALISI DELL'ANDAMENTO DEI DATI CLIMATICI E PROFILI ANNUALI DEI GRADI GIORNO

Di seguito si riportano i valori mensili dei GG reali, calcolati in funzione delle temperature esterne medie orarie per il triennio di riferimento (2014 - 2015 - 2016), valutati come la sommatoria, estesa a tutti i giorni del periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

Figura 3.2 - Andamento mensile dei GG reali per il triennio di riferimento

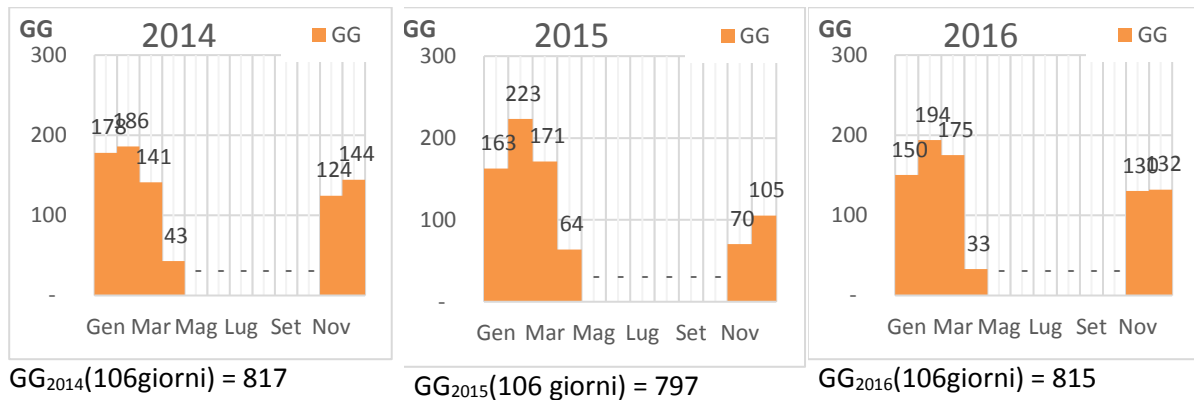


Considerando che il profilo di utilizzo degli impianti di riscaldamento prevede alcuni giorni di mancata accensione dell'impianto, come riportato nella Tabella 2.3, i GG reali sono stati ricalcolati in funzione del numero di giorni effettivi di accensione de fan-coil, pertanto si è ottenuto un valore di 810 GG calcolati su 106 giorni effettivi di utilizzo dell'impianto di riscaldamento.

Tali GG sono valutati come la sommatoria estesa ai soli giorni di effettivo utilizzo degli impianti di riscaldamento nel periodo annuale di riscaldamento compreso tra il 1 Novembre e il 15 Aprile, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura interna di 20°C e quella esterna giornaliera media mensile calcolata in funzione delle temperature orarie rilevate dalla centralina meteorologica.

I GG così calcolati definiscono i GG_{real} ai fini del processo di normalizzazione di cui al capitolo **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata..**

Figura 3.3 - Andamento mensile dei GG reali, valutati in condizioni di effettivo utilizzo degli impianti, per il triennio di riferimento



Come si può notare dai grafici sopra riportati, l'andamento dei GG reali risulta essere fortemente influenzato dall'effettivo svolgimento delle lezioni e, di conseguenza, dalle festività. I dati reali si presentano congrui a quelli indicati dal DPR, con scostamenti inferiori al 7%.

4 AUDIT EDIFICIO E IMPIANTI ELETTRICI E MECCANICI

4.1 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

4.1.1 Involucro opaco

L'involucro edilizio opaco che costituisce l'edificio è sostanzialmente composto da una struttura in calcestruzzo armato con muratura di tamponamento a sacco con paramenti in laterizio.

La copertura è a falde piane determinata da quattro facce piane inclinate. La struttura portante è realizzata tramite orditura in legno strutturale. La punta del tetto è composta da una piramide di vetro.

Figura 4.1 - Particolare della porzione di involucro



Figura 4.2 - Particolare della porzione d'involucro



Figura 4.3 - Particolare della copertura



Figura 4.4 - Particolare della copertura



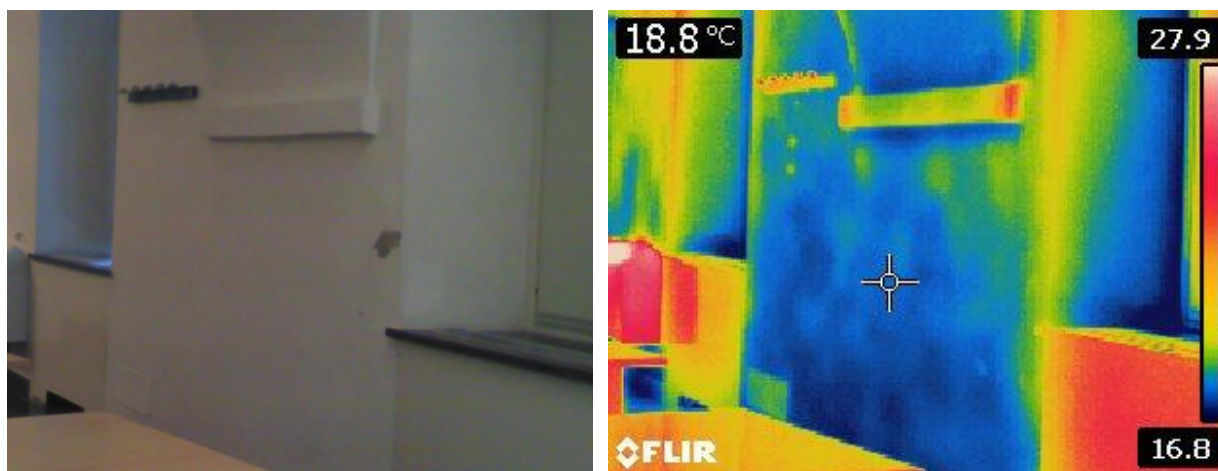
Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro opaco si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito tramite l'utilizzo di termo camera FLIR E50
- Analisi visiva

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:

- Muratura di tamponamento a sacco con paramenti in laterizio;
- Solai in laterocemento;
- Copertura a falde piane con facce inclinate.

Figura 4.5 – Rilievo termografico della parete



I dettagli delle indagini diagnostiche effettuate sono riportati all'Allegato C – Report di indagine termografica ed all'Allegato D – Report relativi ad altre prove diagnostiche strumentali.

Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro opaco riportati nella Tabella 4.1.

Tabella 4.1 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro opaco

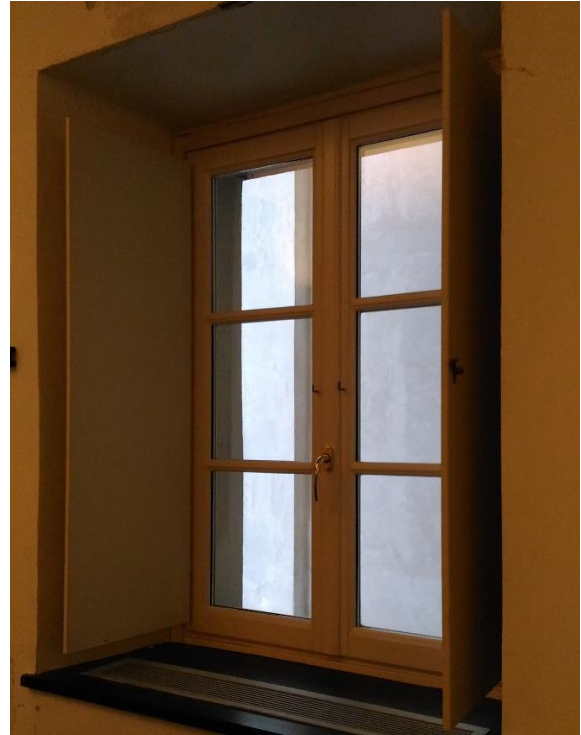
TIPO DI COMPONENTE	CODICE	SPESSORE	ISOLAMENTO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
		[cm]		[W/m ² K]	
Parete verticale	M1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M2	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M3	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Parete verticale	M4	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Sufficiente
Pavimento	P1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Buono
Soffitto	S1	Vedere allegato E	Assente	Vedere allegato E	Buono

L'elenco completo dei componenti dell'involucro opaco, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.1 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.1.2 Involucro trasparente

L'involucro trasparente che costituisce l'edificio è [Figura 4.6 - Particolare dei serramenti](#)

composto principalmente da serramenti esterni con telaio in legno e vetri doppi. Il loro stato di conservazione si presenta in buono stato.

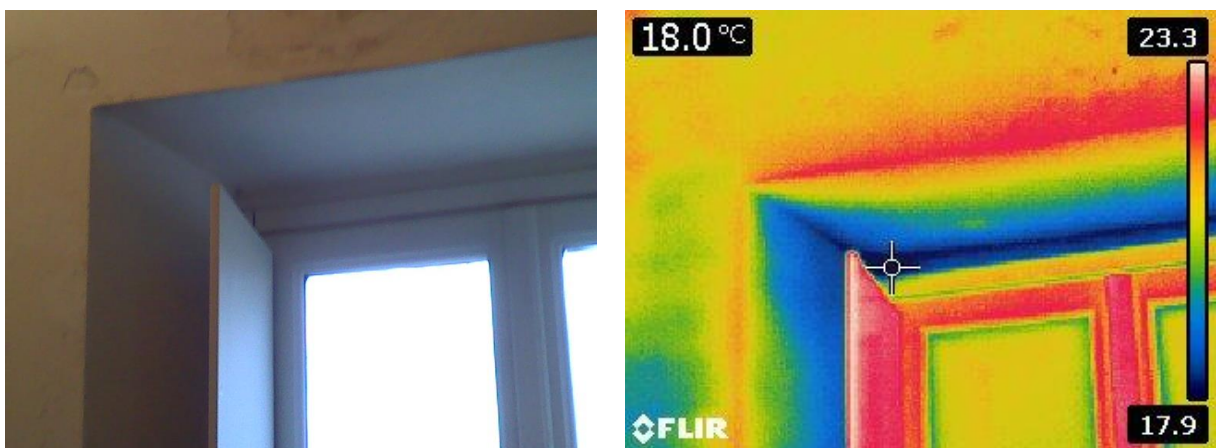


Ai fini di un'identificazione più precisa delle caratteristiche dei componenti dell'involucro trasparente si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione delle seguenti indagini diagnostiche:

- Rilievo termografico eseguito secondo le seguenti modalità;
- Analisi visiva e fotografica;
- Misurazioni con spessimetro e laser per l'individuazione di eventuali rivestimenti superficiali e trattamenti dei vetri.

La realizzazione delle suddette indagini ha portato alle seguenti conclusioni:
Serramenti con telaio in legno e vetro doppio

Figura 4.7 – Rilievo termografico dei serramenti



Dalle analisi effettuate sono stati identificati i valori di trasmittanza dei componenti dell'involucro trasparente riportati nella Tabella 4.2.

Tabella 4.2 – Trasmittanze termiche dei componenti dell'involucro trasparente

TIPO DI COMPONENTE	CODICE	DIMENSIONI [HXL]	TIPO TELAIO	TIPO VETRO	TRASMITTANZA TERMICA	STATO DI CONSERVAZIONE
--------------------	--------	------------------	-------------	------------	----------------------	------------------------

		[cm]	[W/mqK]			
Serramento verticale	W1	Vedere allegato E	Legno	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono
Serramento verticale	W2	Vedere allegato E	Legno	Vetro doppio	Vedere allegato E	Buono

L'elenco completo dei componenti dell'involucro trasparente, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 4.2 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.2 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO DI RISCALDAMENTO/CLIMATIZZAZIONE INVERNALE

L'impianto di riscaldamento degli ambienti è costituito da fan-coil a parete. La generazione di calore avviene tramite resistenza elettrica.

4.2.1 Sottosistema di emissione

Il sottosistema di emissione è costituito da fan-coil a parete installati in prevalenza in nicchie su pareti esterne.

Figura 4.8 - Particolare fan-coil



I rendimenti di emissione desunti dal modello di calcolo delle DE sono i seguenti:

Tabella 4.3 - Rendimenti del sottosistema di emissione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPOLOGIA DI TERMINALE	RENDIMENTO
Intero edificio	Fan-coil	96,8%

L'elenco dei componenti del sottosistema di emissione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.2.2 Sottosistema di regolazione

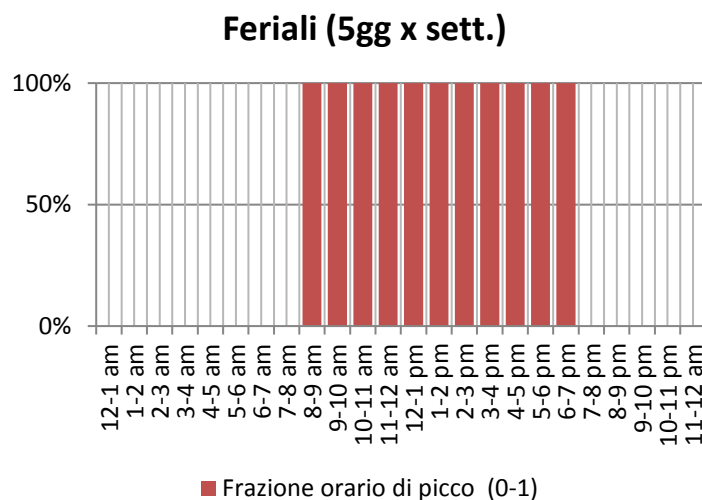
La regolazione del funzionamento dell'impianto risulta essere solo per singolo ambiente e sono presenti dei termostati a servizio del funzionamento dei fan-coils.

Figura 4.9 - Termostato ambiente a servizio dei fan-coils



L'impianto opera dal lunedì a venerdì dalle ore 08:00 alle ore 19:00.
 Di seguito sono riportati i profili orari di funzionamento degli impianti.

Figura 4.10 - Profilo di funzionamento invernale dell'impianto per gli ambienti riscaldati



Il dettaglio dei profili orari di funzionamento, rilevati in sede di sopralluogo, è riportato nella Sezione 12 dell' Allegato J – Schede di audit.

I rendimenti di regolazione desunti dal modello di calcolo delle DE sono riportati nella Tabella 4.4:

Tabella 4.4 - Rendimenti del sottosistema di regolazione per le varie zone termiche

ZONA TERMICA	TIPO DI REGOLAZIONE	RENDIMENTO
Intero Edificio	Solo per singolo ambiente	94,0%

L'elenco dei componenti del sottosistema di regolazione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.5 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.2.3 Sottosistema di distribuzione

Non è presente un sottosistema di distribuzione in quanto i fan-coil funzionano a resistenza elettrica.

Il rendimento complessivo del sottosistema di distribuzione è stato assunto nella DE pari al 100%.

L'elenco dei componenti del sottosistema di distribuzione per il riscaldamento degli ambienti, rilevati in sede di sopralluogo, e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.4 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.2.4 Sottosistema di generazione

Il generatore è alimentato dalla rete elettrica con potenza utile nominale di 72 kW.

Il rendimento complessivo del sottosistema di generazione, in regime di riscaldamento è stato assunto nella DE pari al 100%.

L'elenco dei componenti del sottosistema di generazione per il riscaldamento degli ambienti rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 6.1 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.3 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO PRODUZIONE ACQUA CALDA SANITARIA

Il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

La produzione è eseguita tramite 3 bollitori elettrici ad accumulo installati localmente nei servizi igienici a ad uso del personale.

Figura 4.11 - Particolare di un boiler elettrico usato per la produzione di acqua calda sanitaria



I rendimenti caratteristici dei sottosistemi dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria sono riportati nella Tabella 4.5.

Tabella 4.5 – Rendimenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria

SOTTOSISTEMA DI EROGAZIONE	SOTTOSISTEMA DI DISTRIBUZIONE	SOTTOSISTEMA DI RICIRCOLO	SOTTOSISTEMA DI ACCUMULO	SOTTOSISTEMA DI GENERAZIONE	RENDIMENTO GLOBALE MEDIO STAGIONALE
100%	92.6%	-	-	75%	28.7%

L'elenco dei componenti dell'impianto di produzione acqua calda sanitaria rilevati in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 7 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.4 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ELETTRICO E PRINCIPALI UTENZE ELETTRICHE

Le utenze sottese all'impianto elettrico, oltre a quelle precedentemente descritte, sono costituite essenzialmente da utenze locali quali ascensori, PC ed altri dispositivi in uso del personale e delle attività specifiche della destinazione d'uso.

Tali tipologie di utenze sono state raggruppate insieme ed identificate con la denominazione di forza elettromotrice (FEM) e sono riportate nella Tabella 4.6.

Tabella 4.6 – Elenco e caratteristiche delle altre utenze elettriche

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA NOMINALE [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]	ORE ANNUE DI UTILIZZO [ore]
Intero edificio	Tv	1	200	200	208
Intero edificio	Stampante	1	300	300	52
Intero edificio	Proiettore	2	300	600	208
Intero edificio	PC	40	200	8000	2350
Intero edificio	Stereo	2	300	600	940
Intero edificio	Stufetta	2	1000	2000	154
Intero edificio	Ascensore	1	4000	4000	291

Ai fini di un'identificazione più precisa del funzionamento dei componenti impiantistici si è proceduto, in sede di sopralluogo, alla realizzazione di indagini diagnostiche attraverso rilievo di targhette e interviste al personale.

L'elenco delle altre utenze elettriche rilevate in sede di sopralluogo e delle relative caratteristiche tecniche è riportato nella Sezione 11 dell' Allegato J – Schede di audit.

4.5 DESCRIZIONE E PRESTAZIONI ENERGETICHE IMPIANTO ILLUMINAZIONE

L'impianto di illuminazione è costituito da lampade, fari e faretti a fluorescenza (Neon) di diverse tipologie.

Figura 4.12 - Particolare dei corpi illuminanti ubicati all'interno dell'edificio.



L'elenco e le caratteristiche dei corpi illuminanti sono riportati nella Tabella 4.7.

Tabella 4.7 – Elenco e caratteristiche dei corpi illuminanti

ZONATERMICA	DESCRIZIONE	NUMERO	POTENZA UNITARIA [W]	POTENZA COMPLESSIVA [W]
-------------	-------------	--------	-------------------------	----------------------------

Intero edificio	Fluorescenza	8	18	144
Intero edificio	Fluorescenza	3	22	66
Intero edificio	Fluorescenza	6	30	180
Intero edificio	Fluorescenza	26	42	1092
Intero edificio	Fluorescenza	81	75	6075
Intero edificio	Fluorescenza	26	200	5200
Intero edificio	Fluorescenza	11	72	792

5 CONSUMI RILEVATI

Consumi energetici storici per ciascun vettore e connessione alle reti gas naturale ed elettrica
L'analisi dei consumi storici termici ed elettrici dell'edificio oggetto della DE è stata effettuata facendo riferimento al triennio 2014, 2015 e 2016.

5.1.1 Energia termica

Il vettore energetico analizzato è solo l'energia elettrica in quanto è utilizzato, oltre che per il funzionamento delle varie utenze elettriche, anche per la climatizzazione invernale della struttura e la produzione di ACS.

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica, riguardanti il riscaldamento, sono riportati nella Tabella 5.1 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.1 - Consumi annuali di energia elettrica per il triennio di riferimento – Dati forniti dalla società di distribuzione

POD	Utilizzo	2014 [kWh]	2015 [kWh]	2016 [kWh]
IT001E04049213	Riscaldamento	66.618	62.466	58.423

Confrontando l'andamento dei consumi con i GG_{real} del triennio di riferimento si può notare che l'andamento dei dati di consumo segue quello dei GG_{real} .

Considerando che i consumi di gas metano a servizio degli impianti di riscaldamento degli ambienti sono soggetti a variazioni dovute all'andamento degli effettivi dati climatici che hanno caratterizzato il triennio di riferimento, si è reso necessario riportare tali consumi ad un comportamento normalizzato e non più strettamente dipendente dalle caratteristiche climatiche dell'anno a cui si riferiscono, con lo scopo di ottenere un consumo destagionalizzato che possa poi essere utilizzato per effettuare la taratura del modello energetico di cui al capitolo 6.1.

Per effettuare tale processo di normalizzazione si sono utilizzati i GG reali del triennio di riferimento ed i GG di riferimento come valutati al Capitolo 3, definendo il fattore di normalizzazione \bar{a}_{rif} come di seguito riportato:

$$\bar{a}_{rif} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_{real,i}}{\sum_{i=1}^n GG_{real,i}}$$

Dove:

$GG_{real,i}$ = Gradi giorno valutati considerando le temperature esterne reali, nell'anno *i-esimo*, così come definiti al Capitolo 3.2;

n = numero di annualità di cui si hanno a disposizione i consumi.

$Q_{real,i}$ = Consumo termico reale per riscaldamento dell'edificio nell'anno *i-esimo*, kWh/anno.

È ora quindi possibile valutare il consumo destagionalizzato, come di seguito riportato:

$$Q_{baseline} = \bar{a}_{rif} \times GG_{rif} + \bar{Q}_{ACS} + \bar{Q}_{ALTRO}$$

GG_{rif} = Gradi giorno di riferimento utilizzati nella modellazione dell'edificio, così come definiti al Capitolo 3.1;

\bar{Q}_{ACS} = Consumo termico reale per ACS dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per l'ACS nel triennio di riferimento;

\bar{Q}_{ALTRO} = Consumo elettrico reale per altri utilizzi dell'edificio, kWh/anno, valutato come la media dei consumi per altri usi, nel triennio di riferimento.

Si sottolinea che ai fini della normalizzazione e della successiva validazione del modello energetico si utilizzeranno per la definizione dei consumi reali, $Q_{real,i}$, i consumi di gas metano forniti dalla società di distribuzione.

Tabella 5.2 – Normalizzazione dei consumi annuali di energia termica

ANNO	GG _{REAL} SU 106 GIORNI	GG _{RIF} SU 106 GIORNI	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	CONSUMO REALE RISC. [kWh]	α_{rif}	CONSUMO NORMALIZZATO A 897 GG [kWh]	CONSUMO ACS [kWh]	CONSUMO ALTRO [kWh]
2014	817	898	66.618	66.618	81,5	73.198	364	18.189
2015	797	898	62.466	62.466	78,4	70.408	364	18.189
2016	815	898	58.423	58.423	71,7	64.368	364	18.189
Media	810	898	62.502	62.502	77,2	69.319,8	364	18.189

Come si può notare dai dati, l'andamento dei consumi è stato fortemente influenzato dalle temperature esterne medie mensili rilevate nel triennio di riferimento.

Si sono pertanto definiti per il calcolo della Baseline i parametri riportati nella Tabella 5.3:

Tabella 5.3 – Individuazione della Baseline termica

GRANDEZZA	VALORE
	[Kwh]
\bar{Q}_{ACS}	364
\bar{Q}_{ALTRO}	18.189
$\bar{\alpha}_{rif} \times GG_{rif}$	69.320
$Q_{baseline}$	87.873

5.1.2 Energia elettrica

La fornitura di energia elettrica avviene tramite la presenza di un contatore il quale risulta a servizio dell'intero edificio

L'effettiva ubicazione dei contatori è rappresentata nelle planimetrie riportate all' Allegato B – Elaborati.

L'elenco delle fatture analizzate è riportato all' Allegato A – Elenco documentazione fornita dalla committenza.

L'analisi dei consumi storici di energia elettrica si basa sulla base dei kWh ottenuti dai dati di fatturazione rilevati nel triennio di riferimento. In questo caso vengono considerati sia i consumi riferiti alla climatizzazione degli ambienti e sia a quelli per altri usi.

Tali consumi annuali sono riportati nella Tabella 5.4 con indicazione dei POD di riferimento.

Tabella 5.4 – Elenco POD e relativi consumi annuali per il triennio di riferimento

POD	ZONA SERVITA	2014	2015	2016	MEDIA
		[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
IT001E04049213	Intero edificio	85.171	81.019	76.976	81.055
TOTALE		85.171	81.019	76.976	EEbaseline = 81055

L'individuazione della baseline elettrica di riferimento è calcolata sulla media aritmetica dei valori relativi ai consumi elettrici reali per il triennio di riferimento.

Si è pertanto definito un consumo $EE_{baseline}$ pari a 81055 kWh.

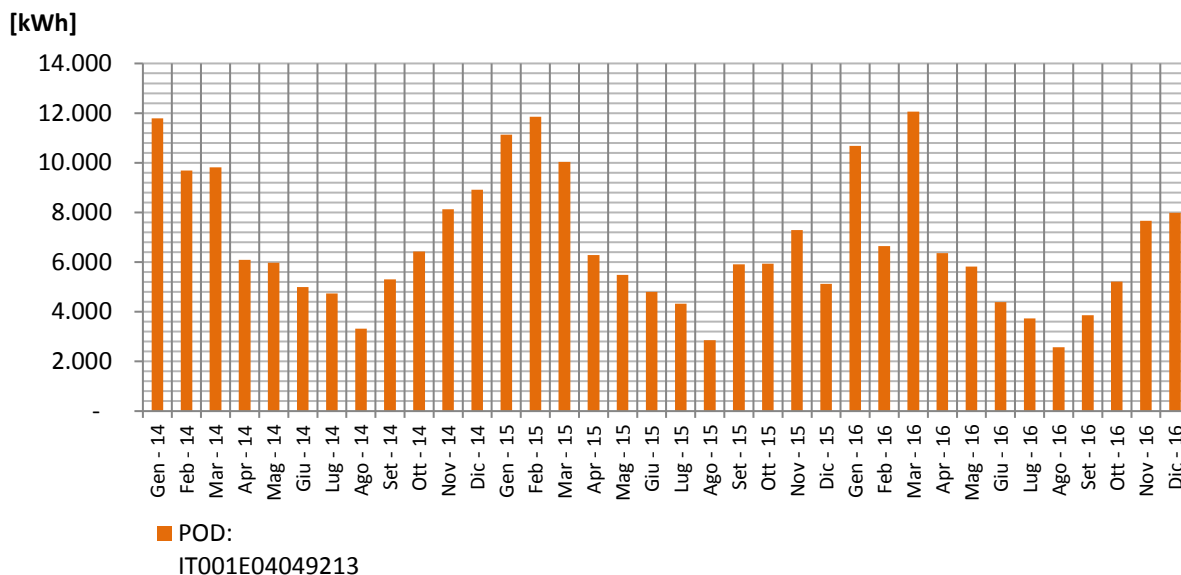
Tabella 5.5 – Consumi mensili di energia elettrica suddivisi per fasce, per il triennio di riferimento

POD: IT001E04049213	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2014	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 14	8.531	1.545	1.707	11.783
Feb - 14	6.309	1.633	1.744	9.686
Mar - 14	5.755	1.946	2.118	9.819
Apr - 14	3.788	981	1.317	6.086
Mag - 14	3.713	1.040	1.217	5.970
Giu - 14	2.751	934	1.307	4.992
Lug - 14	2.813	898	1.025	4.736
Ago - 14	1.449	731	1.137	3.317
Set - 14	3.027	1.004	1.272	5.303
Ott - 14	4.215	1.015	1.202	6.432
Nov - 14	4.954	1.275	1.899	8.128
Dic - 14	5.948	1.275	1.696	8.919
Totale	53.253	14.277	17.641	85.171
POD: IT001E04049213	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2015	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 15	8.080	1.449	1.606	11.135
Feb - 15	8.732	1.785	1.334	11.851
Mar - 15	7.145	1.531	1.354	10.030
Apr - 15	4.269	869	1.140	6.278
Mag - 15	3.353	908	1.229	5.490
Giu - 15	2.818	826	1.163	4.807
Lug - 15	2.314	822	1.183	4.319
Ago - 15	985	629	1.245	2.859
Set - 15	3.655	977	1.280	5.912
Ott - 15	3.669	1.116	1.150	5.935
Nov - 15	4.651	1.043	1.590	7.284
Dic - 15	2.914	904	1.301	5.119
Totale	52.585	12.859	15.575	81.019
POD: IT001E04049213	F1	F2	F3	TOTALE
Anno 2016	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gen - 16	7.461	1.464	1.751	10.676
Feb - 16	4.159	1.032	1.457	6.648
Mar - 16	9.123	1.441	1.492	12.056
Apr - 16	3.939	1.042	1.382	6.363
Mag - 16	3.713	859	1.247	5.819
Giu - 16	2.444	696	1.250	4.390
Lug - 16	1.842	720	1.173	3.735
Ago - 16	1.029	563	978	2.570
Set - 16	2.092	708	1.061	3.861
Ott - 16	3.090	899	1.224	5.213

Nov - 16	5.325	1.034	1.302	7.661
Dic - 16	5.581	1.177	1.226	7.984
Totale	49.798	11.635	15.543	76.976

Si riporta nella Figura 5.1 il profilo elettrico reale relativo all'utenza elettrica per il triennio di riferimento.

Figura 5.1 – Confronto tra i profili elettrici reali relativi a ciascun POD per il triennio di riferimento



Dall'analisi effettuata è stato possibile definire i profili mensili dei consumi elettrici di Baseline, valutati come la media dei valori mensili analizzati nel triennio di riferimento.

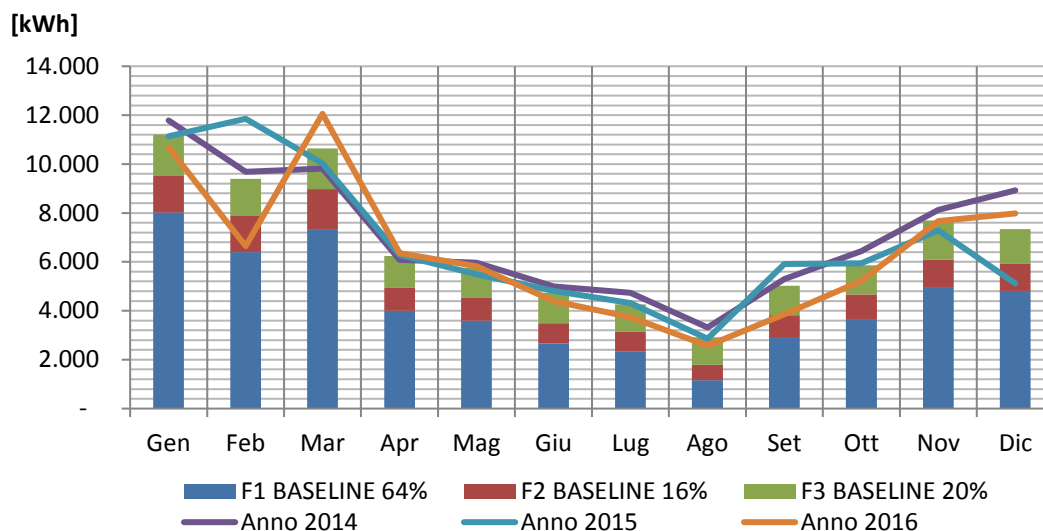
Tali valori sono riportati nella Tabella 5.6.

Tabella 5.6 – Consumi mensili di Baseline

BASELINE	F1	F2	F3	TOTALE
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]
Gennaio	8.024	1.486	1.688	11.198
Febbraio	6.400	1.483	1.512	9.395
Marzo	7.341	1.639	1.655	10.635
Aprile	3.999	964	1.280	6.242
Maggio	3.593	936	1.231	5.760
Giugno	2.671	819	1.240	4.730
Luglio	2.323	813	1.127	4.263
Agosto	1.154	641	1.120	2.915
Settembre	2.925	896	1.204	5.025
Ottobre	3.658	1.010	1.192	5.860
Novembre	4.977	1.117	1.597	7.691
Dicembre	4.814	1.119	1.408	7.341
Totale	51.879	12.924	16.253	81.055

L'andamento dei consumi elettrici mensili nel triennio di riferimento e di Baseline è riportato nel grafico in Figura 5.2.

Figura 5.2 – Confronto tra i profili mensili elettrici reali e i valori di Baseline per il triennio di riferimento



I profili di prelievo mensili nel triennio di riferimento presentano una forte riduzione nei mesi estivi, in accordo con i profili di occupazione della struttura. Sono presenti consumi anche nei mesi estivi, probabilmente dovuti alla presenza di personale nella struttura.

5.2 INDICATORI DI PERFORMANCE ENERGETICI ED AMBIENTALI

L'esito della DE deve inoltre consentire la valutazione del fabbisogno energetico caratteristico del sistema edificio-impianto ed individuare gli indicatori specifici di performance energetica ed ambientale caratteristici della prestazione energetica dell'edificio, rispetto ai consumi energetici reali.

I fattori di emissione di CO₂ utilizzati sono riportati nella Tabella 5.7 - Fattori di emissione di CO₂. Tabella 5.7.

Tabella 5.7 - Fattori di emissione di CO₂.

COMBUSTIBILE	FATTORE DI CONVERSIONE
	kgCO ₂ /kWh
Energia elettrica	* 0,467
Gas naturale	* 0,202
GPL	* 0,227
Olio combustibile	* 0,267
Gasolio	* 0,267
Benzina	* 0,249

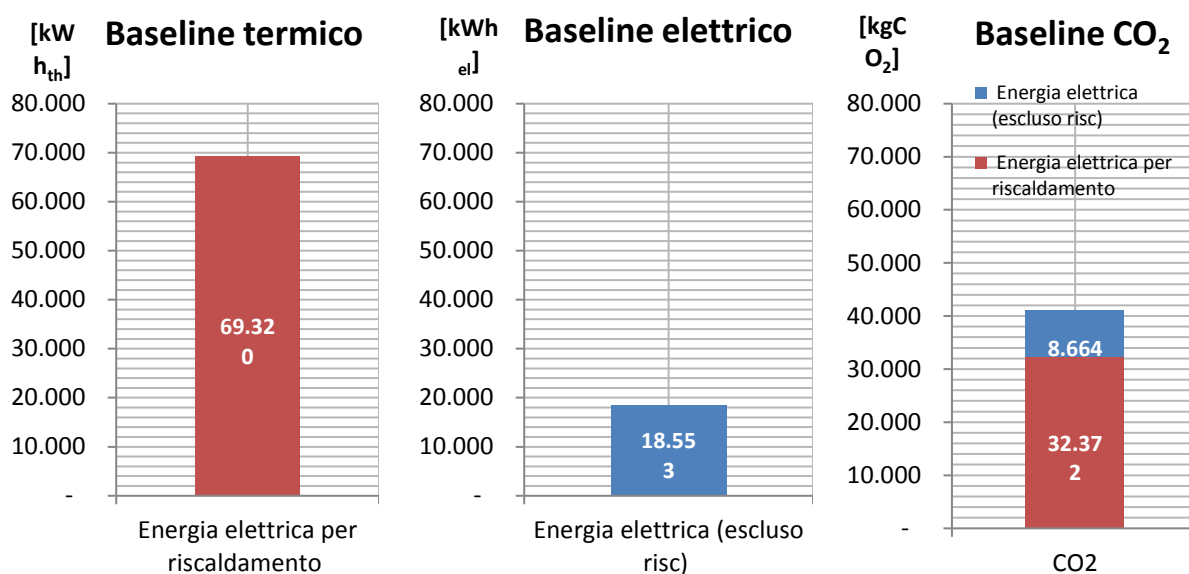
* da "Linee Guida Patto dei Sindaci" per anno 2010

Applicando tali fattori di conversione è stato possibile valutare la Baseline delle emissioni di CO₂, come riportato nella Tabella 5.8 – Baseline delle emissioni di CO₂. Tabella 5.8 e nella Figura 5.3

Tabella 5.8 – Baseline delle emissioni di CO₂.

COMBUSTIBILE	CONSUMO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE	
	[kWh]	[kgCO ₂ /kWh]	[kCO ₂]
Energia elettrica per riscaldamento	69.320	0,467	32.372

Energia elettrica (escluso risc)	18.553	0,467	8.664
----------------------------------	--------	-------	-------

Figura 5.3 – Rappresentazione grafica della Baseline dei consumi e delle emissioni di CO₂.

Ai fini del calcolo degli indici di performance è necessario effettuare la conversione dei consumi di baseline in energia primaria, utilizzando i fattori di conversione indicati dal Decreto Interministeriale 26 giugno 2015 “Applicazione delle metodologie di calcolo delle prestazioni energetiche e definizione delle prescrizioni e dei requisiti minimi degli edifici” nell’Allegato 1-Tabella 1.

Tabella 5.9 - Fattori di conversione in energia primaria dei vettori energetici

COMBUSTIBILE	F _{P,nren}	F _{P,ren}	F _{P,tot}
Energia elettrica da rete	1,95	0,47	2,42

La valutazione degli indicatori di performance è stata effettuata parametrizzando i consumi reali di Baseline di cui al Capitolo 0, in funzione dei fattori riportati nella Tabella 5.10.

Tabella 5.10 – Fattori di riparametrizzazione

PARAMETRO		VALORE	U.M.
FATTORE 1	Superficie netta riscaldata	762	m ²
FATTORE 1	Superficie netta complessiva delle aree interne (riscaldate e non riscaldate)	1.411	m ²
FATTORE 1	Volume lordo complessivo (aree interne riscaldate e non riscaldate)	7.489	m ³

Nella Tabella 5.11 e Tabella 5.12 sono riportati gli indicatori di performance valutati coerentemente con quanto riportato nella sezione 2.5 dell’Allegato J – Schede di audit.

Tabella 5.11 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria totale

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA TOTALE	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA TOTALE	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA TOTALE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica per riscaldamento	69.320	2,42	167.754	220,2	118,9	22,4	42,50	22,95	4,32

Energia elettrica (escluso risc)	18.553	2,42	44.898	58,9	31,8	6,0	11,37	6,14	1,16
TOTALE			117.684	154	83	16	30	16	3

Tabella 5.12 – Indicatori di performance calcolati con riferimento all’energia primaria non rinnovabile

VETTORE ENERGETICO	CONSUMO ENERGETICO DI BASELINE	FATTORE DI CONVERSIONE ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	CONSUMO DI ENERGIA PRIMARIA NON RINN.	INDICATORI DI CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE			INDICATORI AMBIENTALI		
				FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3	FATTORE 1	FATTORE 2	FATTORE 3
	[kWh/anno]		[kWh/anno]	[kWh/m ²]	[kWh/m ²]	[kWh/m ³]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ²]	[Kg CO ₂ /m ³]
Energia elettrica per riscaldamento	69.320	1,95	135.174	177,5	95,8	18,0	42,50	22,95	4,32
Energia elettrica (escluso risc)	18.553	1,95	36.178	47,5	25,6	4,8	11,37	6,14	1,16
TOTALE			171.352	225	121	23	54	29	5

Trattandosi di edifici scolastici, in particolare si sono determinati i due seguenti indici, definiti all’interno delle Linee Guida ENEA- FIRE “Guida per il contenimento della spesa energetica nelle scuole”

L’indicatore introdotto dalla Guida ENEA-FIRE si basa sui consumi di energia per gas naturale normalizzati in funzione dei seguenti fattori di aggiustamento:

- Fattore di forma dell’edificio, rapporto fra superficie disperdente e volume riscaldato S/V (fattore F_e);
- Ore di occupazione dell’edificio scolastico (fattore F_h);
- Gradi Giorno convenzionali della località (1435 GG) così come definiti D.P.R. 412/93 - allegato A
- Volume riscaldato (V_{risc}).

Nel caso in questione sono stati considerati i consumi di energia elettrica dedicati al riscaldamento degli ambienti.

La formula definita è sotto riportata:

$$IEN_R = \frac{\text{Consumo_annuo_riscaldamento} \times F_e \times F_h \times 1000}{GG \times V_{risc}}$$

L’indicatore di performance energetico definito dalla Guida ENEA – FIRE per i consumi di energia elettrica è un semplice indicatore normalizzato sui seguenti fattori:

- Superficie lorda ai piani dell’edificio A_p;
- Fattore F_h relativo all’orario di occupazione, così come precedentemente

La formula per il calcolo dell’indice è la seguente:

$$IEN_E = \frac{\text{Consumo_energia_elettrica} \times F_h}{A_p}$$

Tabella 5.13 – Indicatori di performance energetici

COMBUSTIBILE	IEN _R			IEN _E		
	Wh/(m ³ GG anno)			Wh/(m ³ anno)		
	2014	2015	2016	2014	2015	2016
Energia elettrica per riscaldamento	10,7	10	9,4	-	-	-
Energia elettrica totale	-	-	-	46660	44385	42170

È stato quindi possibile effettuare un raffronto con le classi di merito riportate nelle suddette Linee Guida ENEA - FIRE, ottenendo una classe di merito buona per quanto riguarda riscaldamento e insufficiente per l'energia elettrica, coerentemente con quanto riportato nell'Allegato M - Report di Benchmark.

6 MODELLO DEL FABBISOGNO ENERGETICO

6.1 METODOLOGIA DI CALCOLO ADOTTATA E VALIDAZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti è stato necessario predisporre un modello energetico (termico ed elettrico) redatto ai sensi della normativa regionale e nazionale vigente per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Relativamente all'involucro edilizio esso è stato determinato considerando le composizioni e gli spessori di ciascun elemento opaco e trasparente, i ponti termici e in generale tutti gli elementi che concorrono alla determinazione delle dispersioni e dunque del fabbisogno in accordo alle Norme UNI-TS 11300-1:2014 per il calcolo della prestazione energetica degli edifici.

Gli impianti termici ed elettrici sono stati simulati considerando le caratteristiche dei vari sottosistemi impiantistici presenti, secondo quanto previsto dalle norme UNI-TS 11300-2:2014, UNI-TS 11300-3:2010, UNI-TS 11300-4:2016, UNI-TS 11300-5:2016 e UNI-TS 11300-6:2016.

La creazione di un modello energetico dell'edificio oggetto della DE ha fornito come output un profilo di fabbisogno energetico valutato in condizioni standard di utilizzo dell'edificio come definite dal prospetto 2 della norma UNITS 11300 parte 1, considerando le temperature esterne come definite dalla norma UNI 10349:2016 e con una durata del periodo di riscaldamento come da DPR 74/2013

Nella Tabella 6.1 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio.

Tabella 6.1 – Indicatori di performance energetica e ambientali ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP _{gl}	kWh/mq anno	466,16	381,63
Climatizzazione invernale	EP _H	kWh/mq anno	413,08	332,85
Produzione di acqua calda sanitaria	EP _w	kWh/mq anno	1,81	1,46
Illuminazione artificiale	EP _L	kWh/mq anno	13,22	10,65
Trasporto di persone e cose	EP _T	kWh/mq anno	3,26	2,63
Emissioni equivalenti di CO2	CO _{2eq}	Kg/mq anno	89,96	

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.2

Tabella 6.2 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità standard di utilizzo)

FONTE ENERGETICA UTILIZZATA	CONSUMO [kWh/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Energia elettrica per riscaldamento	130.019	253.537
Energia elettrica (escluso risc)	16.709	32.583

Il modello di calcolo utilizzato deve essere validato attraverso il confronto dei fabbisogni energetici risultati dal modello con i consumi energetici di baseline, secondo il seguente criterio di congruità:

$$\frac{|E_{teorico} - E_{baseline}|}{E_{teorico}} \times 100 \leq 5\%$$

Dove:

- E_{teorico} è il fabbisogno teorico di energia dell'edificio, come calcolato dal software di simulazione;

- Nel caso di consumo termico, $E_{teorico}$ è assunto pari al fabbisogno di energia per la combustione ($Q_{gn,in}$) così come definito dalla norma UNI TS 11300 parte 2;
 - Nel caso di consumo elettrico, $E_{teorico}$ è assunto pari al fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete (EE_{in}) valutata come sommatoria dei contributi riportati nella Tabella 6.3;
- $E_{baseline}$ è il consumo energetico reale di baseline dell'edificio assunto rispettivamente pari al $Q_{baseline}$ e a $EE_{baseline}$

Tale criterio di congruità deve, pertanto, essere soddisfatto sia per il consumo termico, che per il consumo elettrico.

Tabella 6.3 – Elenco dei fabbisogni che contribuiscono alla valutazione del fabbisogno complessivo di energia elettrica prelevata dalla rete

FABBISOGNO	Corrispondenza UNI TS 11300 [kWh _{el}]
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per la produzione di ACS	$E_{W, aux, gn}$
Energia ausiliaria complessiva assorbita dal sottosistema di generazione per il riscaldamento	$E_{H, aux, gn}$
Fabbisogno di energia elettrica dell'impianto di ventilazione meccanica e dei terminali di emissione	$E_{ve,el} + E_{aux,e}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari di distribuzione (Riscaldamento e ACS)	$E_{W, aux, d} + E_{W, aux, d}$
Fabbisogno di energia elettrica per l'illuminazione interna dell'edificio	$E_{L,int}$
Fabbisogno di energia elettrica per gli ausiliari degli impianti di climatizzazione	$Q_{c,aux}$
Fabbisogno di energia elettrica per i sistemi di trasporto (+ eventuali altri carichi interni)	$E_T + E_{altro}^{(*)}$
Perdite al trasformatore	$E_{trasf}^{(*)}$
Energia elettrica esportata dall'impianto a fonti rinnovabili	$E_{exp,el}$

Nota (*) Tale contributo non è definito all'interno delle norme UNITS 11300 pertanto è stato valutato dall'Auditor sulla base dei dati di targa

6.1.1 Validazione del modello termico

A seguito della realizzazione del modello valutato secondo le modalità "Standard" di utilizzo (Asset Rating), si è provveduto ad effettuare una modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza" (Tailored Rating) così come definita al prospetto 2 della UNI TS 11300-1:2014.

Si è quindi provveduto alla simulazione dei parametri reali di utilizzo dell'edificio adattando tutti i parametri sulla base delle informazioni raccolte durante il sopralluogo.

Nella Tabella 6.4 sono riportati gli indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione dell'edificio in modalità "Adattata all'utenza".

Tabella 6.4 – Indicatori di performance energetica ricavati dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all'utenza)

INDICE DI PRESTAZIONE ENERGETICA		U.M.	ENERGIA PRIMARIA TOTALE	ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
Globale	EP_g	kWh/mq anno	273,42	220,32
Climatizzazione invernale	EP_H	kWh/mq anno	214,48	172,82
Produzione di acqua calda sanitaria	EP_w	kWh/mq anno	1,16	0,93
Illuminazione artificiale	EP_L	kWh/mq anno	15,66	12,62
Trasporto di persone e cose	EP_T	kWh/mq anno	3,70	2,98
Emissioni equivalenti di CO2	CO_{2eq}	Kg/mq anno	52,76	

Gli indici di prestazione energetica sopra riportati corrispondono ad un quantitativo annuo di vettore energetico consumato, riportato nella Tabella 6.5.

Tabella 6.5 – Consumo di vettore energetico ricavato dalla modellazione (valutazione in modalità adattata all’utenza)

FONTI ENERGETICHE UTILIZZATE	CONSUMO [kWh/anno]	CONSUMO ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE [kWh/anno]
Energia elettrica per riscaldamento	67.508	131.641
Energia elettrica (escluso risc)	18.553	36.178

La validazione del modello energetico termico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($Q_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** ed il fabbisogno teorico ($Q_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.6 – Validazione del modello energetico termico (valutazione adattata all’utenza)

$Q_{teorico}$ [kWh/anno]	$Q_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
67.508	69.320	2,7%

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello valutato in “Modalità adattata all’utenza” risulta validato.

6.1.2 Validazione del modello elettrico

La validazione del modello energetico elettrico è stata effettuata confrontando il consumo energetico di baseline ($EE_{baseline}$) così come definito al precedente capitolo 5.1.2 ed il fabbisogno teorico ($EE_{teorico}$) derivante dalla modellazione energetica.

Tabella 6.7 – Validazione del modello energetico elettrico (valutazione in modalità adattata all’utenza)

$EE_{teorico}$ [kWh/anno]	$EE_{baseline}$ [kWh/anno]	Congruità [%]
18.553	18.553	0%

Dall’analisi effettuata è emerso che il modello risulta validato.

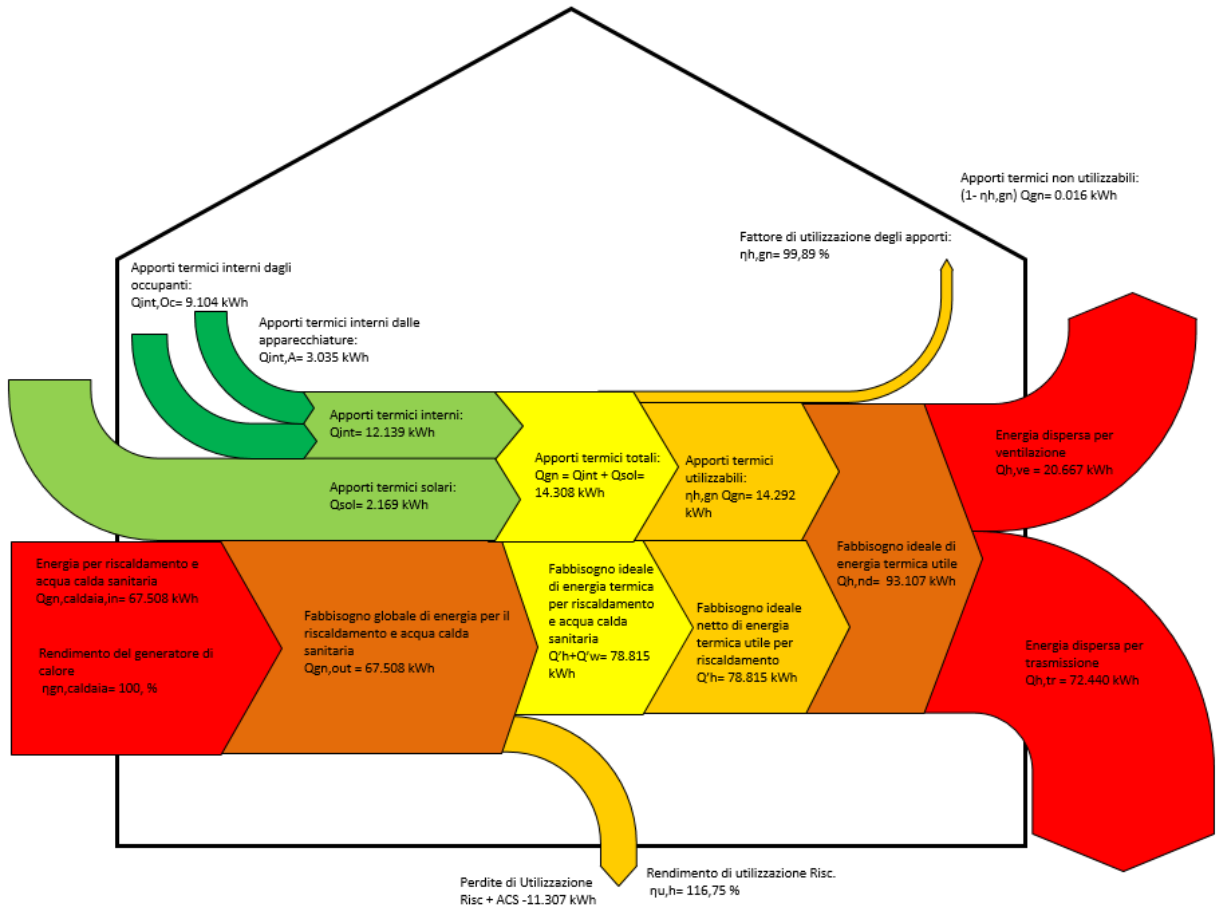
6.2 FABBISOGNI ENERGETICI

Al fine di valutare la prestazione energetica del sistema edificio-impianti si è reso necessario predisporre i risultati della modellazione energetica nella forma di un bilancio energetico che descriva l’andamento dei flussi energetici caratteristici dell’edificio in modo da valutare in maniera puntuale i consumi specifici, le criticità e gli interventi da considerare, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico per riscaldamento, sia per quanto riguarda il bilancio elettrico escluso il riscaldamento.

A conclusione della procedura di calcolo del fabbisogno di energia primaria, i risultati del bilancio energetico sono quindi stati rappresentati mediante diagrammi di Sankey.

I risultati del bilancio energetico termico sono stati rappresentati nella forma di diagramma di Sankey riportato in Figura 6.1

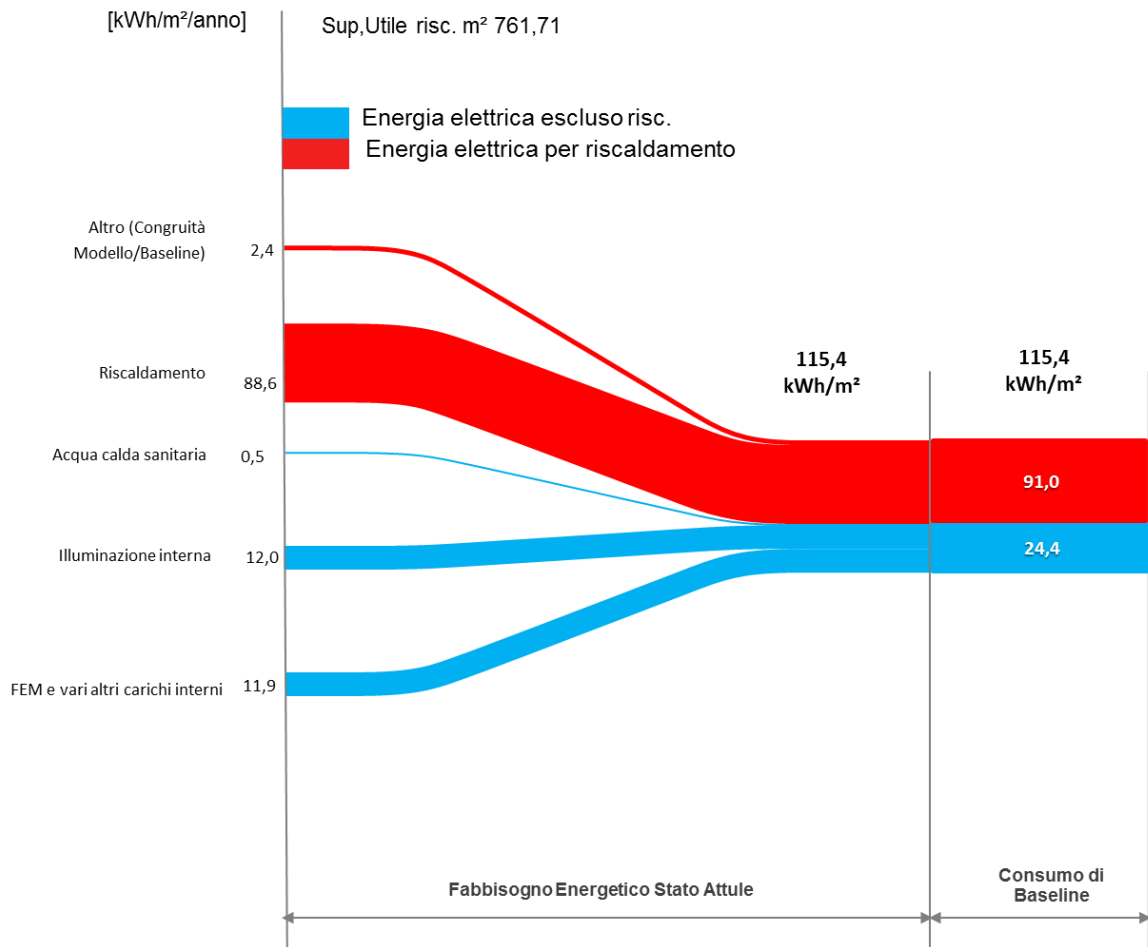
Figura 6.1 – Diagramma di Sankey relativo al fabbisogno termico dell’edificio allo stato attuale



Dal diagramma si evince che il fabbisogno ideale di energia elettrica utile per riscaldamento è dovuto principalmente alla dispersione per trasmissione.

È quindi possibile creare un bilancio energetico complessivo dell'edificio, riportato nella Figura 6.2.

Figura 6.2 – Bilancio energetico complessivo dell'edificio allo stato attuale



I consumi specifici rappresentati a bilancio sono valori indicizzati in kWh/(m² anno), sulla base delle superfici utili delle zone riscaldate.

Nel caso in cui i consumi teorici ricavati dalla modellazione siano sovrastimati rispetto alla Baseline, i consumi specifici riportati nel diagramma vengono rappresentati come dei consumi normalizzati al baseline.

Nel caso in cui, invece i consumi teorici siano inferiori rispetto alla Baseline il termine “Altro – Congruità” rappresenta la differenza per eccesso tra i consumi specifici di Baseline ed i consumi teorici.

Dall’analisi del diagramma di Sankey relativo al bilancio energetico complessivo dell’edificio è possibile notare che il consumo specifico maggiore è quello dovuto al riscaldamento dei locali, mentre, relativamente all’energia elettrica, il consumo specifico è ripartito equamente tra illuminazione e FEM, incide molto meno invece il consumo per l’acqua calda sanitaria.

6.3 PROFILI ENERGETICI MENSILI

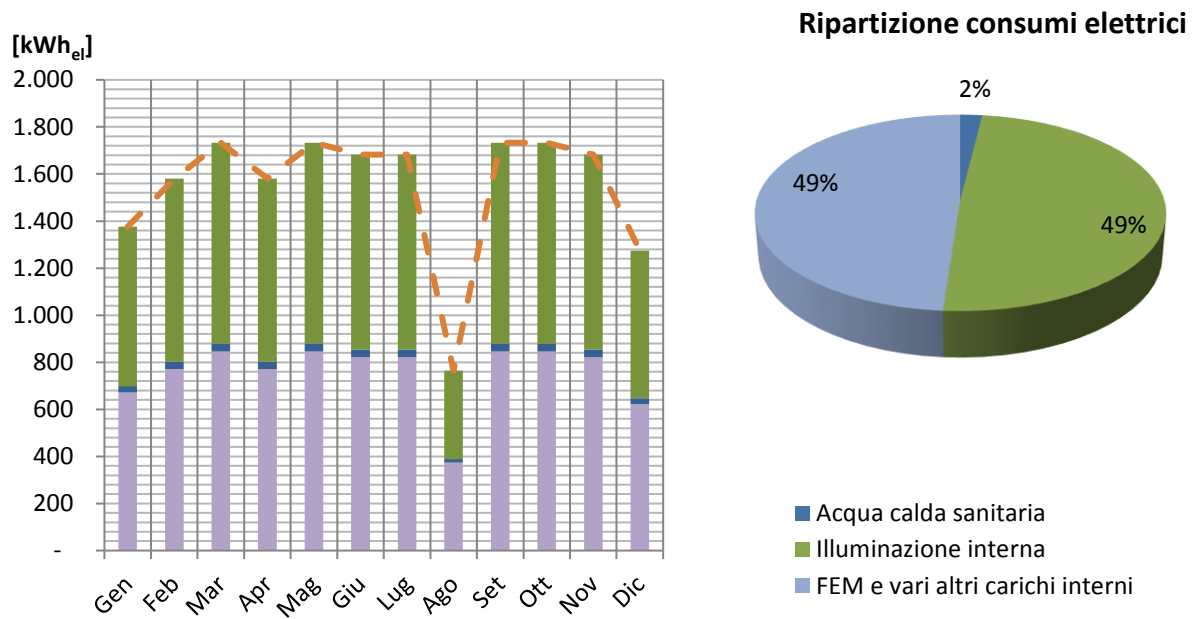
La creazione di un modello energetico consente di effettuare una più corretta ripartizione dei consumi energetici di Baseline in funzione dei diversi utilizzi presenti all’interno dell’edificio oggetto della DE.

Escludendo i consumi elettrici che interessano la climatizzazione invernale, la ripartizione dei fabbisogni di energia elettrica tra i vari utilizzi è stata effettuata in funzione degli esiti della modellazione.

Si è inoltre effettuato un confronto grafico tra i profili mensili ottenuti dalla modellazione elettrica ed i profili mensili di Baseline.

I risultati di tale valutazione sono riportati nella **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata..**

Figura 6.3 – Andamento mensile dei consumi elettrici (escluso riscaldamento) ricavati dalla modellazione energetica, ripartiti tra i vari utilizzi



Nel diagramma a sinistra si può notare come l'andamento dei consumi è concorde all'occupazione della struttura.

Il grafico a destra mostra la ripartizione dei consumi tra le varie utenze ed è evidente come l'illuminazione e FEM impieghino la quasi totalità dell'energia elettrica (escluso riscaldamento).

7 ANALISI DEI COSTI PRE-INTREVENTO

7.1 COSTI RELATIVI ALLA FORNITURA DEI VETTORI ENERGETICI

L'analisi dei costi relativi alla fornitura dei vettori energetici dell'edificio riguarda le annualità per le quali sono stati rilevati i consumi storici, pertanto si assumono come periodo di riferimento gli anni 2014 – 2015 – 2016.

7.1.1 Vettore termico

La climatizzazione invernale avviene con fan-coil tramite resistenza elettrica, pertanto l'analisi dei costi del vettore termico è stata eseguita assieme a quella del vettore elettrico.

7.1.2 Vettore elettrico

La fornitura del vettore elettrico avviene tramite un contratto per il POD IT001E04049213, stipulato direttamente dalla PA con la società di fornitura.

È stato quindi possibile effettuare un'analisi di dettaglio dei costi fatturati e delle caratteristiche del contratto di fornitura.

Nella Tabella 7.1 si riportano le principali caratteristiche del contratto di fornitura del vettore termico per gli anni di riferimento.

Tabella 7.1 – Caratteristiche dei contratti di fornitura del vettore elettrico per il triennio di riferimento

POD: IT001E04049213	2014	2015	2016
Indirizzo di fornitura			
Dati di intestazione fattura	Comune di Genova	Comune di Genova	Comune di Genova
Società di fornitura	Gala	Gala	Iren
Inizio periodo fornitura	01/01/2014		01/03/2016
Fine periodo fornitura		31/03/2016	
Potenza elettrica impegnata	200 kW	200 kW	200 kW
Potenza elettrica disponibile	200 kW	200 kW	200 kW
Tipologia di contratto	Utenza Altri Usi	Utenza Altri Usi	Utenza Altri Usi
Opzione tariffaria ⁽¹⁾			
Prezzi del fornitura dell'energia elettrica ⁽²⁾	0,078810 €/kWh ⁽³⁾	0,039430 €/ kWh ⁽⁴⁾	0,032470€/ kWh ⁽⁴⁾

Nota (1) per fatturazioni non mensili la spesa economica mensile andrà calcolata suddividendo percentualmente la spesa aggregata in base ai valori di consumo energetico mensile.

Nota (2): con prezzo di fornitura s'intende soltanto la quota variabile del servizio di acquisto e vendita, sono escluse le imposte, i corrispettivi per il dispacciamento e lo sbilanciamento, per l'uso della rete, e il servizio di misura e ogni altra voce.

Nota (3) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Gennaio

Nota (4) Corrispettivo unitario relativo alla fascia F1 del mese di Aprile

Nella Tabella 7.2 si riporta l'andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento, suddiviso nelle varie componenti.

Tabella 7.2 – Andamento del costo del vettore elettrico nel triennio di riferimento

POD: IT001E04049213	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA	ONERI DI SISTEMA	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
		PARTE FISSA	PARTE VARIABILE					

ANNO 2014	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 14	990	14	1.255	147	529	2.936	11.783	0,249
Feb - 14	514	14	679	78	283	1.568	6268	0,250
Mar - 14	739	14	1.042	123	422	2.339	9.819	0,238
Apr - 14	457	14	678	76	270	1.495	6.086	0,246
Mag - 14	449	14	635	75	258	1.430	5.970	0,240
Giu - 14	369	14	538	62	216	1.199	4.992	0,240
Lug - 14	354	14	499	59	204	1.130	4.736	0,239
Ago - 14	241	14	352	41	143	790	3.317	0,238
Set - 14	392	14	560	66	227	1.260	5.303	0,238
Ott - 14	479	14	702	80	281	1.556	6.432	0,242
Nov - 14	590	14	903	102	354	1.963	8.128	0,241
Dic - 14	641	14	1.036	111	396	2.199	8.919	0,247
Totale	6.215	165	8.882	1.022	3.582	19.865	81.753	0,243
POD: IT001E04049213	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2015	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 15	1.703	14	1.235	139	680	3.771	11.135	0,339
Feb - 15	506	14	1.179	97	395	2.191	11.851	0,185
Mar - 15	474	14	1.117	125	381	2.111	10.030	0,211
Apr - 15	355	14	1.187	97	364	2.018	6.278	0,321
Mag - 15	339	14	1.187	97	360	1.998	5.490	0,364
Giu - 15	177	14	492	60	164	908	4.807	0,189
Lug - 15	177	14	440	54	151	836	4.319	0,193
Ago - 15	120	14	294	36	102	566	2.859	0,198
Set - 15	216	14	674	74	215	1.193	5.912	0,202
Ott - 15	208	14	640	74	206	1.142	5.935	0,192
Nov - 15	262	14	821	91	262	1.450	7.284	0,199
Dic - 15	181	14	610	64	191	1.060	5.119	0,207
Totale	4.718	173	9.875	1.008	3.470	19.244	81.019	0,238
POD: IT001E04049213	QUOTA ENERGIA	ONERI DI SISTEMA PARTE FISSA	ONERI DI SISTEMA PARTE VARIABILE	IMPOSTE	IVA	TOTALE	CONSUMO FATTURATO	COSTO UNITARIO (IVA INCLUSA)
ANNO 2016	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[€]	[KWH]	[€/kWh]
Gen - 16	345	12	1.162	133	363	2.016	10.676	0,189
Feb - 16	203	12	725	83	225	1.248	6.648	0,188
Mar - 16	496	12	1.250	151	420	2.329	12.056	0,193
Apr - 16	231	12	726	80	231	1.279	6.363	0,201
Mag - 16	232	12	610	73	204	1.130	5.819	0,194

Giu - 16	187	12	463	55	158	875	4.390	0,199
Lug - 16	186	12	414	47	145	803	3.735	0,215
Ago - 16	108	12	281	32	95	529	2.570	0,206
Set - 16	193	12	429	48	150	832	3.861	0,216
Ott - 16	329	12	554	65	211	1.172	5.213	0,225
Nov - 16	555	12	864	96	336	1.862	7.661	0,243
Dic - 16	554	12	935	100	352	1.953	7.984	0,245
Totale	3.618	145	8.413	962	2.890	16.029	76.976	0,208

Nel grafico in Figura 7.1 è riportato l'andamento del costo unitario del vettore elettrico nel triennio di riferimento e per le mensilità dell'anno 2017 per cui è stato possibile ricavare i costi unitari forniti dall'AEEGSI.

Figura 7.1 – Andamento del costo unitario del vettore elettrico per il triennio di riferimento e per il 2017

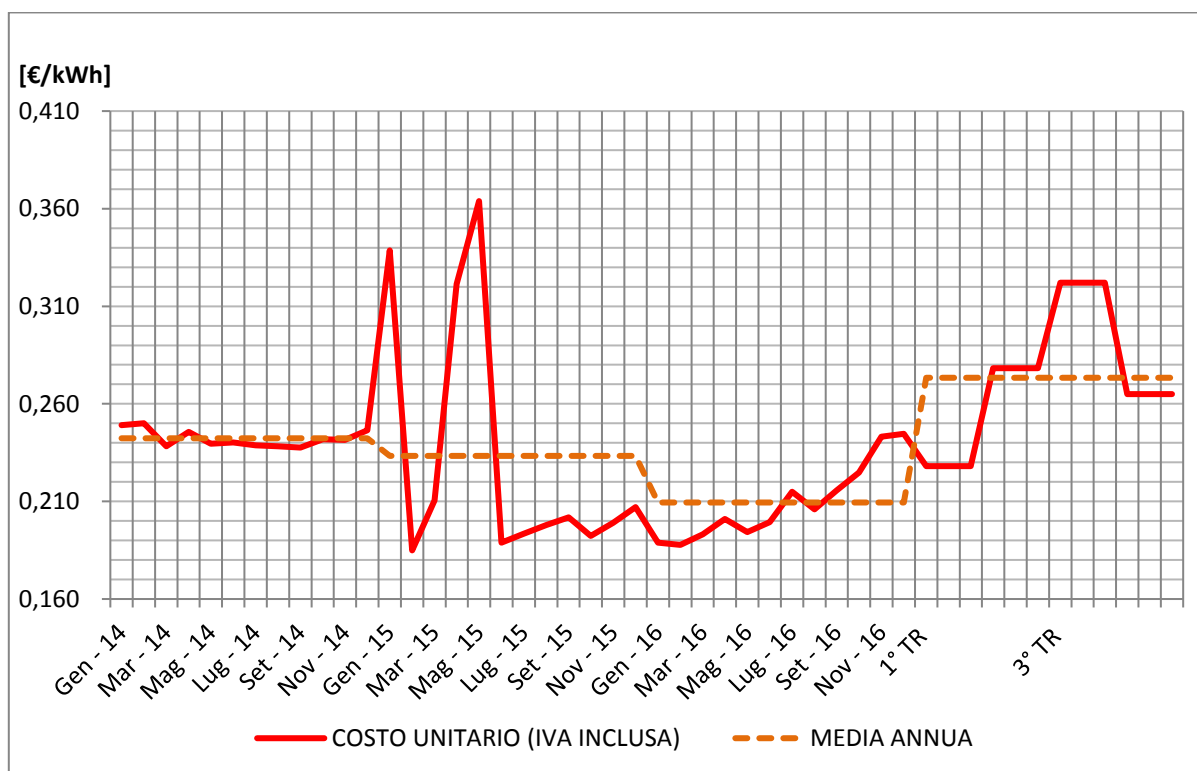
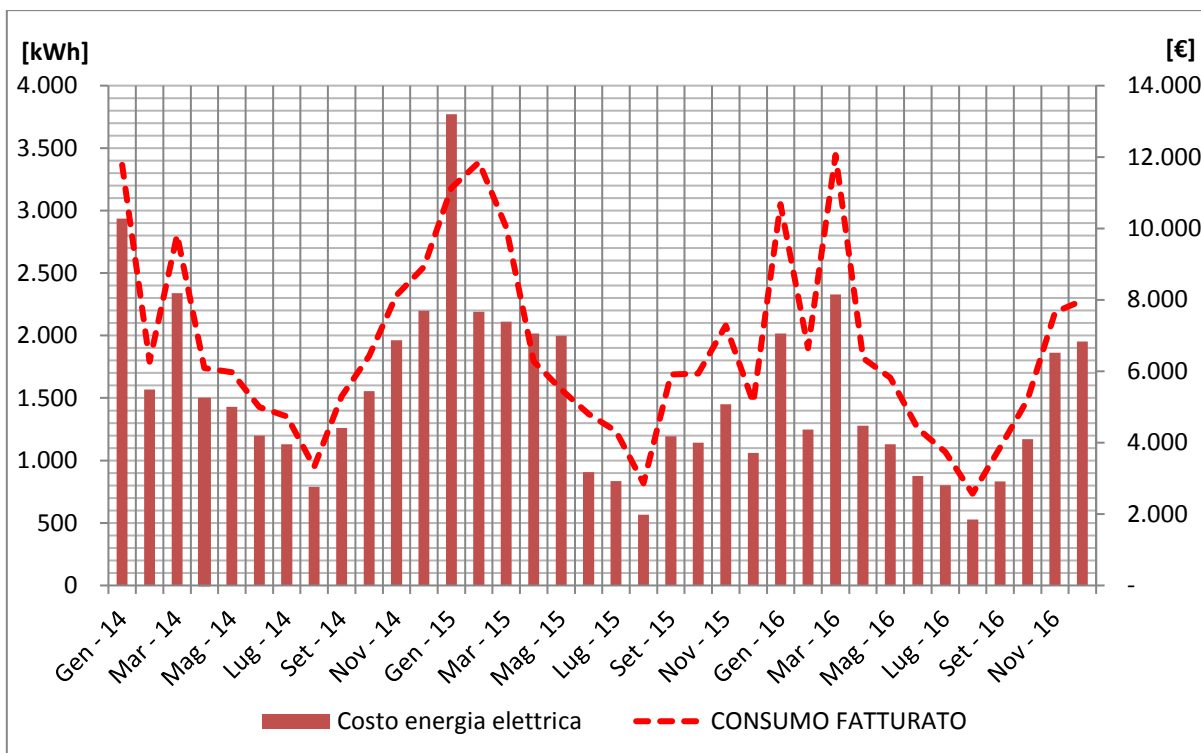


Figura 7.2 – Andamento dei consumi e dei costi dell'energia elettrica



Dall'analisi effettuata risulta evidente che l'andamento dei costi è più basso nei mesi estivi, quando l'edificio è meno occupato, mentre è più alto nei periodi di attività scolastica.

7.2 TARIFFE E PREZZI VETTORI ENERGETICI UTILIZZATI NELL'ANALISI

La valutazione dei costi consente l'individuazione delle tariffe utili – intesi come costi unitari o complessivi al netto della sola IVA – per la realizzazione dell'analisi costi-benefici.

Nella Tabella 7.3 sono sintetizzati i costi ed i consumi energetici precedentemente analizzati.

Tabella 7.3 – Sintesi dei consumi nel triennio di riferimento

ANNO	VETTORE ELETTRICO (riscaldamento più altre utenze)		
	[kWh]	[€]	[€/kWh]
2014	81.753	19.865	0,243
2015	81.019	19.244	0,238
2016	76.676	16.029	0,208
2017	85.778	21.396	0,249
Media			

Ai fini del calcolo della Baseline dei costi si sono pertanto assunti i valori di riportati nella Tabella 7.4.

Tabella 7.4 – Valori di costo individuati per il calcolo della Baseline

Definizione	Valore	U.M.
Costo unitario dell'energia elettrica	CU _{EE} 0,249	[€/kWh]

Tutti i costi indicati sono da considerarsi al lordo dell'IVA.

8 IDENTIFICAZIONE DELLE MISURE DI EFFICIENZA ENERGETICA

8.1 DESCRIZIONE, FATTIBILITÀ E PRESTAZIONI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI

8.1.1 Involucro edilizio

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto interno

Generalità

La misura prevede l'applicazione tramite incollaggio di pannelli isolanti sulla superficie interna delle pareti perimetrali. L'intervento migliora la prestazione termica dell'edificio, di conseguenza le condizioni di comfort e permette di ridurre i consumi energetici.

Il sistema è completato con intonaco di finitura.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si è scelto di utilizzare un pannello isolante in Silicato di Calcio, permeabile al vapore, antincendio, traspirabile, incombustibile (classe 0) e con conducibilità pari a 45 W/m K. Gli spessori utilizzati permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

I lavori prevedono l'installazione di impalcature per interni nei locali interessati.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM1 sono riportati nella Tabella 8.1 e nella Figura 8.1.

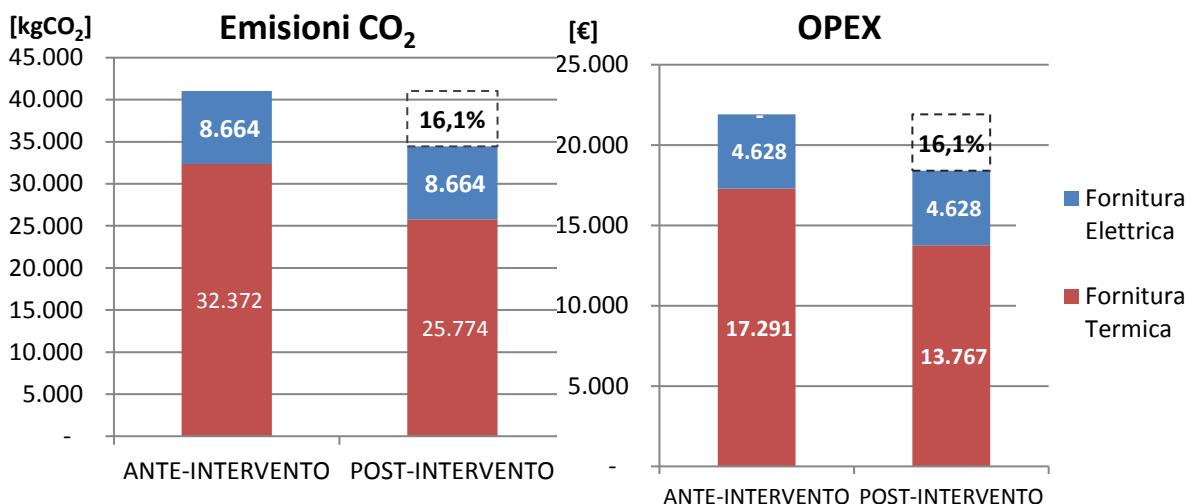
Tabella 8.1 – Risultati analisi EEM1 – Cappotto interno

CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM1 Trasmittanza pareti verticali	[W/m ² K]	Vedere Allegato E	<0,26	-
Q _{teorico}	[kWh]	67.508	53.749	20,4%
EE _{teorico}	[kWh]	18.553	18.553	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	69.320	55.192	20,4%
EE _{baseline}	[kWh]	18.553	18.553	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	32.372	25.774	20,4%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	8.664	8.664	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	41.037	34.439	16,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.291	13.767	20,4%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.628	4.628	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.919	18.395	16,1%
C _{MO}	[€]	-	-	-
C _{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	21.919	18.395	16,1%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ è 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Il costo unitario dei vettori energetici utilizzati è 0,249 [€/kWh]

Figura 8.1 – EEM1: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM2: Sostituzione degli infissi

Generalità

Nella fase di intervista al personale si è evidenziata una condizione di discomfort nelle zone vicine ai più vecchi serramenti. Si propone dunque di seguito lo smontaggio e successiva sostituzione completa di telaio e vetro di tali serramenti.

La sostituzione delle finestre consente di ottimizzare le prestazioni termiche dell'edificio, riducendo le dispersioni energetiche e conseguentemente i consumi. Inoltre è in grado di apportare benefici durante il periodo invernale, migliorando il comfort abitativo.

Caratteristiche funzionali e tecniche

I vetri e i telai scelti permettono di raggiungere una trasmittanza tale da poter accedere agli incentivi del Conto termico nel caso di installazione congiunta di valvole termostatiche.

Descrizione dei lavori

La posa deve essere svolta da addetti specializzati.

La rimozione degli infissi esistenti avviene manualmente, mentre per la ferramenta c'è bisogno di attrezzature elettriche portatili. In un secondo momento viene inserita la nuova struttura fissa, dove vengono posti in opera i telai mobili. Si posiziona quindi il vetro che viene movimentato a mano ed infilato nell'apposito alloggiamento, parte integrante dell'infisso, bloccato tramite staffetta fermavetro e sigillato internamente tramite silicone.

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM2 sono riportati nella Tabella 8.12 e nella Figura 8.12.

Tabella 8.2 – Risultati analisi EEM2 – sostituzione infissi

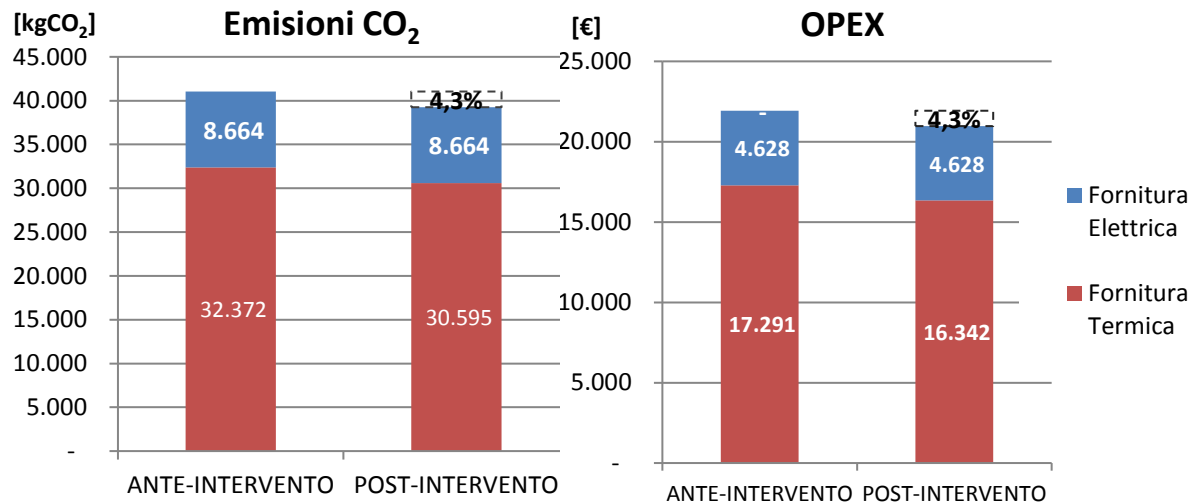
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
EEM2 Trasmittanza finestre	[W/m ² K]	Vedere Allegato E	<1,67	-
Q _{teorico}	[kWh]	67.508	63.802	5,5%
EE _{teorico}	[kWh]	18.553	18.553	0,0%
Q _{baseline}	[kWh]	69.320	65.514	5,5%
EE _{baseline}	[kWh]	18.553	18.553	0,0%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	32.372	30.595	5,5%

Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	8.664	8.664	0,0%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	41.037	39.259	4,3%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.291	16.342	5,5%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.628	4.628	0,0%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.919	20.970	4,3%
C _{MO}	[€]	-	-	-
C _{MS}	[€]	-	-	-
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]	-	-	-
OPEX	[€]	21.919	20.970	4,3%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ è 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Il costo unitario dei vettori energetici utilizzati è 0,249 [€/kWh]

Figura 8.2 – EEM2: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



EEM3: Installazione di lampade LED

Generalità

Si prevede la sostituzione delle pre-esistenti sorgenti luminose con sorgenti luminose a LED più efficienti nel rispetto dei livelli di illuminamento preesistenti.

Una maggiore efficienza luminosa consente di ridurre i consumi di energia elettrica e di aumentare la vita utile dei singoli corpi illuminanti.

Caratteristiche funzionali e tecniche

Si sostituiscono le sorgenti luminose seguenti:

- Lampade fluorescenti 1x75W con lampade LED da 47W;

Prestazioni raggiungibili

I miglioramenti ottenibili tramite l'attuazione della EEM6 sono riportati Tabella 8.3 e nella Figura 8.3.

Tabella 8.3 – Risultati analisi EEM3 – Installazione LED

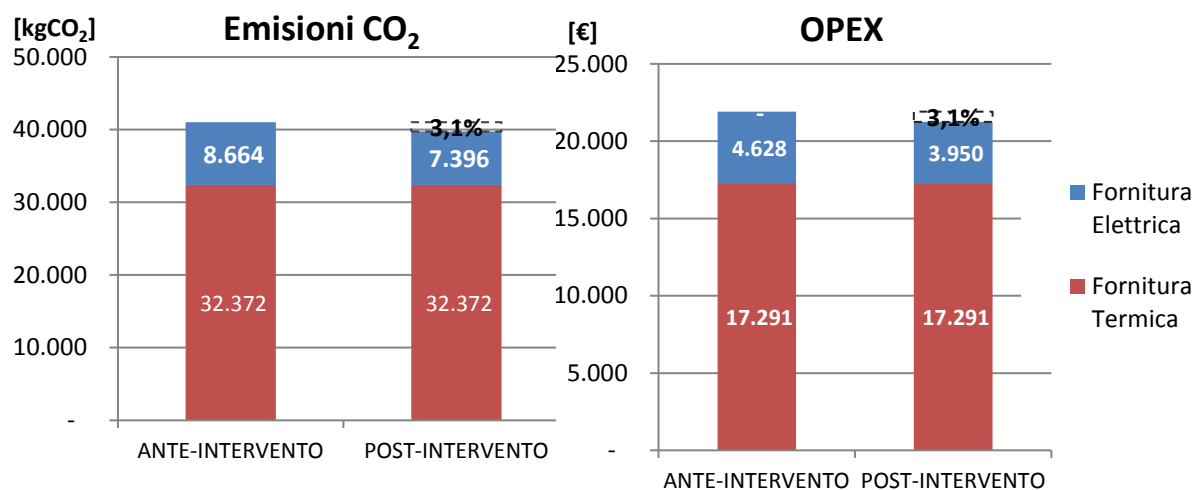
CALCOLO RISPARMIO	U.M.	ANTE-INTERVENTO	POST-INTERVENTO	RIDUZIONE DAL BASELINE
Potenza lampade	[W]	12961	10297	20,6%
Q _{teorico}	[kWh]	67.508	67.508	0,0%

EE _{teorico}	[kWh]	18.553	15.837	14,6%
Q _{baseline}	[kWh]	69.320	69.320	0,0%
EE _{Baseline}	[kWh]	18.553	15.837	14,6%
Emiss. CO2 Termico	[kgCO ₂]	32.372	32.372	0,0%
Emiss. CO2 Elettrico	[kgCO ₂]	8.664	7.396	14,6%
Emiss. CO2 TOT	[kgCO₂]	41.037	39.768	3,1%
Fornitura Termica, C _Q	[€]	17.291	17.291	0,0%
Fornitura Elettrica, C _{EE}	[€]	4.628	3.950	14,6%
Fornitura Energia, C_E	[€]	21.919	21.241	3,1%
C _{MO}	[€]			
C _{MS}	[€]			
O&M (C _{MO} + C _{MS})	[€]			
OPEX	[€]	21.919	21.241	3,1%
Classe energetica	[-]	E	E	+0 classi

Nota (x) I fattori di emissione per il calcolo delle emissioni di CO₂ è 0,467 [kgCO₂/kWh] per il vettore elettrico

Il costo unitario dei vettori energetici utilizzati è 0,249 [€/kWh]

Figura 8.3 – EEM3: Riduzione dei costi operativi e delle emissioni di CO₂ a partire dalla baseline



Acqua calda sanitaria

Non è stato previsto nessun intervento sulla sostituzione dei generatori di ACS in quanto il consumo di acqua calda sanitaria è relativamente ridotto data la destinazione d'uso dell'edificio.

9 VALUTAZIONE ECONOMICO-FINANZIARIA

9.1 ANALISI DEI COSTI DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto interno

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'interno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 80 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.1 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 1.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'interno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 80 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.1 – Analisi dei costi della EEM1 – Cappotto interno

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO	PREZZO	TOTALE	IVA	TOTALE
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	(IVA INCLUSA)	
				[€/m ² cm]	[€/m ² cm]	[€]	[%]	[€]
Isolanti di origine minerale. Pannelli in silicato di calcio, per l'isolamento termoacustico a cappotto di facciate e soffitti; permeabili al vapore, antincendio, traspirabili, incombustibili (classe 0). Lambda = 0,045 W/mK spessore da 6 a 20 cm per ogni cm	Prezzario Regione Liguria	8931,01	m2cm	€ 3,49	€ 3,17	€ 28.335,66	22%	€ 34.569,50
Malta premiscelata Rivestimento minerale per rasature armate /cappotto termico idr/m2orepellente, impermeabile e traspirante in sacchi . Resa per mano 1,8 kg.	Prezzario Regione Liguria	811,91	kg	€ 0,82	€ 0,75	€ 605,24	22%	€ 738,40
Collante cementizio per murature in cemento cellulare espanso.	Prezzario Regione Liguria	405,955	kg	€ 0,49	€ 0,45	€ 180,83	22%	€ 220,62
Impalcature per interni, realizzate con cavalletti, trabattelli, strutture tubolari, misurate in proiezione orizzontale, piani di lavoro per altezza da 2,00 a 4,00 metri.	Prezzario Regione Liguria	20,30	m2	€ 21,17	€ 19,25	€ 390,64	22%	€ 476,58
Intonaco interno in malta cementizia strato aggrappante a base di cemento portland, sabbie classificate ed additivi specifici spessore 5 mm circa.	Prezzario Regione Liguria	811,91	m2	€ 4,80	€ 4,36	€ 3.542,88	22%	€ 4.322,31
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 991,66	22%	€ 1.209,82
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 2.313,87	22%	€ 2.822,92
TOTALE (I₀– EEM1)						€ 36.361	22%	€ 44.360
Incentivi	[Conto termico]							€ 17.744,06

EEM2: Sostituzione degli infissi

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'interno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 80 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto Mise del 16/05/2016.

Tabella 9.12 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 2.

La realizzazione di tale intervento singolo, non essendo l'impianto di riscaldamento dell'edificio dotato di valvole termostatiche, non consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0.

Tabella 9.2 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U.M.	PREZZO		TOTALE		TOTALE	
				UNITARIO PREZZARIO	UNITARIO SCONTATO	(IVA ESCLUSA)	IVA	(IVA INCLUSA)	
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]	
Smontaggio e recupero delle parti riutilizzabili, incluso accantonamento nell'ambito del cantiere, di: serramenti in acciaio, PVC, alluminio, compreso telaio (misura minima 2,00 m ²)	Prezziario Regione Liguria	62,7	m ²	€ 39,61	€ 36,01	€ 2.257,77	22%	€ 2.754,48	
Finestra o portafinestra in PVC completa di vetrocamera, qualità media, con valore massimo di trasmittanza U=2,8 W/m ² K, controtelaio escluso, misurazione minima per serramento m ² 1,0 apertura ad una o due ante o a vasistas	Prezziario Regione Liguria	62,7	m ²	€ 328,90	€ 299,00	€ 18.747,30	22%	€ 22.871,71	
Controtelaio per finestre, portefinestre e simili, in legno.	Prezziario Regione Liguria	31,67333	m	€ 7,59	€ 6,90	€ 218,55	22%	€ 266,63	
Trasporto eseguito con autocarro, motocarro o simili, della portata fino a 1000 kg, di materiali di risulta da scavi e/o demolizioni, per ogni km del tratto entro i primi 5. Misurato in banco	Prezziario Regione Liguria	9,405	m ³	€ 11,77	€ 10,70	€ 100,63	22%	€ 122,77	
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 639,73	22%	€ 780,47	
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.492,70	22%	€ 1.821,09	
TOTALE (I₀ – EEM2)						€ 23.457	22%	€ 28.617	

EEM3: Installazione di lampade LED

Nella La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto Mise del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di isolamento delle strutture opache verticali dall'interno, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 80 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 400.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto MISE del 16/05/2016.

Tabella 9.13 è riportata l'analisi dei costi relativi alle EEM 3.

La realizzazione di tale intervento consentirebbe l'ottenimento degli incentivi previsti dal conto termico 2.0, i quali sono stati quantificati come descritto dagli Allegati 1 e 2 del Decreto MISE del 16/05/2016.

In particolare, l'intervento di sostituzione di corpi illuminanti con lampade a LED, di cui all'articolo 4, comma 1, lettera f), prevede una percentuale incentivata della spesa pari al 40%, un costo massimo ammissibile pari a 35 €/mq e un valore massimo dell'incentivo pari a 70.000 €.

La durata dell'incentivo è stata stimata pari ad un anno, come previsto dall'Art. 7, comma 5 del Decreto MISE del 16/05/2016.

Tabella 9.3 – Analisi dei costi della EEM2 – Sostituzione serramenti

DESCRIZIONE	FONTE PREZZO UTILIZZATO	QUANTITÀ	U. M.	PREZZO UNITARIO PREZZARIO	PREZZO UNITARIO SCONTATO	TOTALE (IVA ESCLUSA)	IVA	TOTALE (IVA INCLUSA)
				[€/n° o €/m ²]	[€/n° o €/m ²]	[€]	[%]	[€]
Proiettore orientabile da esterno / interno - lampade led 4000K 6400 Lm potenza 47 W	DEI Imp. Ele. 2017	81	cad	€ 285,30	€ 259,36	€ 21.008,45	22%	€ 25.630,31
Costi per la sicurezza	-	3%	%			€ 630,25	22%	€ 768,91
Costi progettazione (in % su importo lavori)	-	7%	%			€ 1.470,59	22%	€ 1.794,12
TOTALE (I₀ – EEM3)						€ 23.109	22%	€ 28.193
Incentivi	[Conto termico]							€ 11.277,34
Durata incentivi								1

9.2 ANALISI DI CONVENIENZA DEI SINGOLI INTERVENTI MIGLIORATIVI CONSIDERATI FATTIBILI

L'analisi di convenienza delle singole EEM analizzate è stata svolta tramite la valutazione dei principali indicatori economici d'investimento secondo il metodo dei flussi di cassa, valutando chiaramente i valori dei costi, ricavi, flussi di cassa e redditività.

Si è inoltre posta particolare attenzione nella valutazione dei possibili sistemi incentivanti applicabili agli scenari (Conto Termico, Titoli di Efficienza Energetica, ecc.), con la quantificazione dell'importo incentivabile e l'analisi dei flussi di cassa e degli indicatori finanziari con e senza il contributo degli incentivi considerati.

Gli indicatori economici d'investimento utilizzati sono:

- TRS (tempo di ritorno semplice);
- TRA (tempo di ritorno attualizzato);
- VAN (valore attuale netto);
- TIR (tasso interno di rendimento)
- IP (indice di profitto);

Essi sono così definiti:

- 1) Tempo di ritorno semplice (TRS):

$$TRS = \frac{I_0}{\overline{FC}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC} è il flusso di cassa medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento.

2) Tempo di ritorno attualizzato (TRA):

$$TRA = \frac{I_0}{\overline{FC}_{att}}$$

Dove:

- I_0 è il valore dell'investimento iniziale;
- \overline{FC}_{att} è il flusso di cassa attualizzato medio annuale, calcolato come la media aritmetica sugli anni di vita utile della somma algebrica dei costi e dei benefici generati dall'investimento, opportunamente attualizzati tramite il tasso di attualizzazione.

$$FC_{att,n} = FC_n \frac{(1+f)^n (1+f')^n}{(1+R)^n} \approx FC_n \frac{1}{(1+i)^n}$$

Dove:

- FC_n è il flusso di cassa all'anno n-esimo;
- f è il tasso di inflazione;
- f' è la deriva dell'inflazione;
- R è il tasso di sconto;
- $i = R - f - f'$ è il tasso di attualizzazione;
- $\frac{1}{(1+i)^n}$ è il fattore di annualità (FA_n).

3) Valore Attuale Netto (VAN) del progetto:

$$VAN = \sum_{j=1}^n \frac{FC_n}{(1+i)^n} - I_0$$

Dove:

- n sono gli anni di vita tecnica per la tecnologia di ciascuna EEM, o, 15 anni per lo SCN1, o, 25 anni per SCN2;

4) Tasso Interno di Rendimento (TIR), è il valore di i che rende il VAN = 0.

5) Indice di Profitto (IP):

$$IP = \frac{VAN}{I_0}$$

I tassi di interesse utilizzati per le operazioni di attualizzazione e analisi economico sono i seguenti:

- Tasso di sconto: **$R = 4\%$**
- Tasso di inflazione relativa al costo dei vettori energetici e dei servizi di manutenzione: **$f = 0.5\%$**
- Deriva dell'inflazione relativa al costo dei vettori energetici **$f'_{ve} = 0.7\%$** e dei servizi di manutenzione **$f'_m = 0\%$**

I risultati dell'analisi economica tramite flussi di cassa sono poi stati rappresentati mediante tipici grafici a farfalla, dal quale è possibile evincere i flussi di cassa cumulati di progetto, l'investimento capitale iniziale, I_0 , e il TRS.

Analogamente la rappresentazione grafica dei flussi di cassa cumulati attualizzati permetterà la visualizzazione del TRA e del VAN.

Di seguito si riportano i flussi di cassa ed i risultati dell'analisi di convenienza delle singole EEM proposte.

Il dettaglio dei calcoli è riportato all' Allegato B – Elaborati.

EEM1: Isolamento pareti verticali con cappotto interno

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 1 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.4 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM1– Isolamento pareti verticali con cappotto interno

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€ 44.360	
Oneri Finanziari % I_0	OF	3,0%	
Aliquota IVA	%IVA	22,0%	
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	3	
Vita utile	n	30	
Incentivo annuo	B	€/anno 17.744	
Durata incentivo	n_B	1	
Tasso di attualizzazione	i	3,5%	
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO	VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI	
Tempo di rientro semplice	TRS	12,2	6,8
Tempo di rientro attualizzato	TRA	16,8	8,7
Valore attuale netto	VAN	18.821	35.882
Tasso interno di rendimento	TIR	7,4%	13,0%
Indice di profitto	IP	0,42	0,81

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.1 e **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Figura 9.1 –EEM1: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

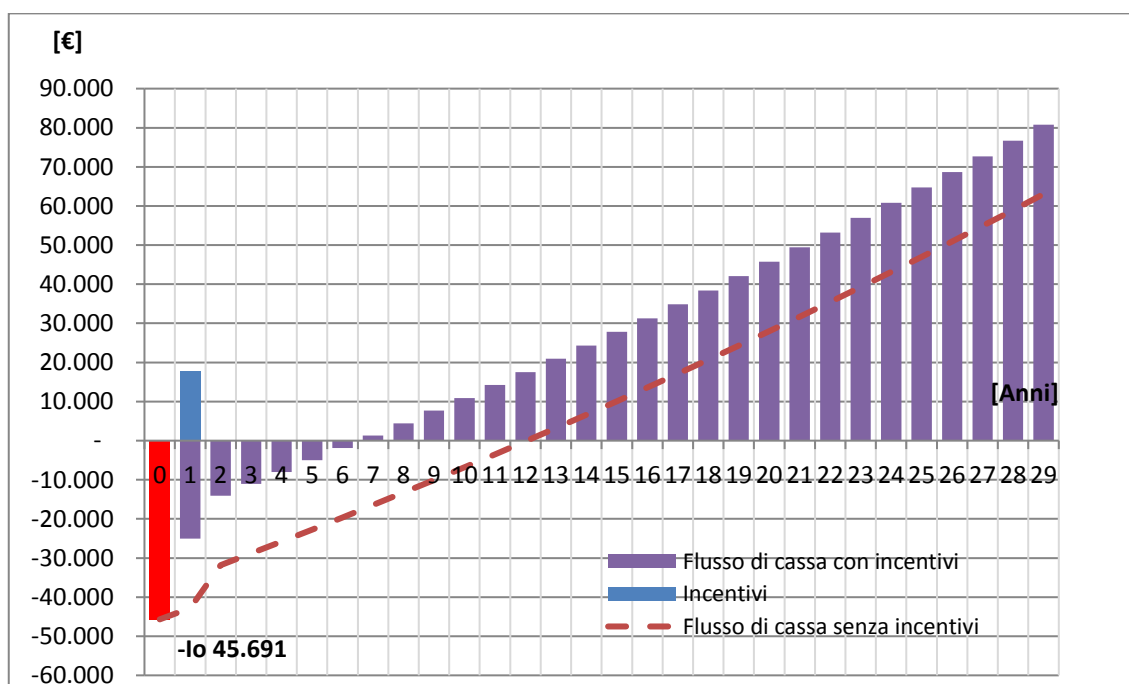
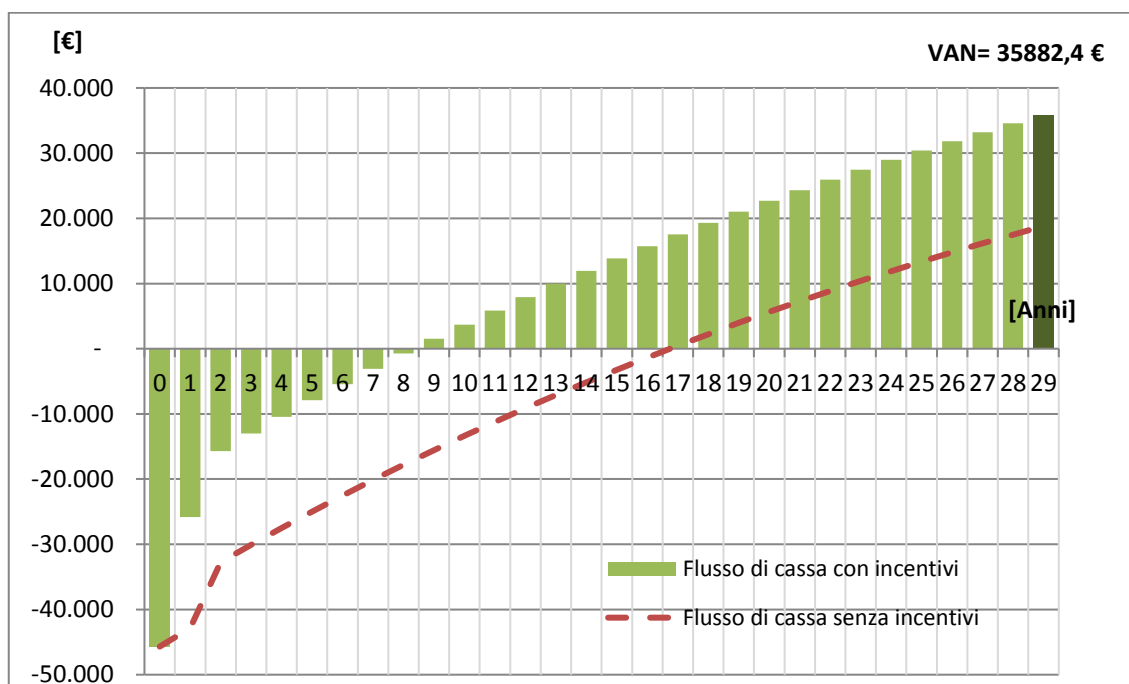


Figura 9.2 – EEM1: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo risulta essere economicamente conveniente nel caso ci siano incentivi da Conto termico.

EEM2: Sostituzione degli infissi

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 2 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.5 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM2– Isolamento pareti verticali con cappotto interno

PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE	
Investimento Iniziale	I_0	€	28.617
Oneri Finanziari % I_0	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	% IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n_{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	30
Incentivo annuo	B	€/anno	-
Durata incentivo	n_B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	26,4	26,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	43,9	43,9
Valore attuale netto	VAN	- 9.320	- 9.320
Tasso interno di rendimento	TIR	0,7%	0,7%
Indice di profitto	IP	-0,33	-0,33

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle Figura 9.13 e **Errore**. L'origine riferimento non è stata trovata.4.

Figura 9.3 –EEM2: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

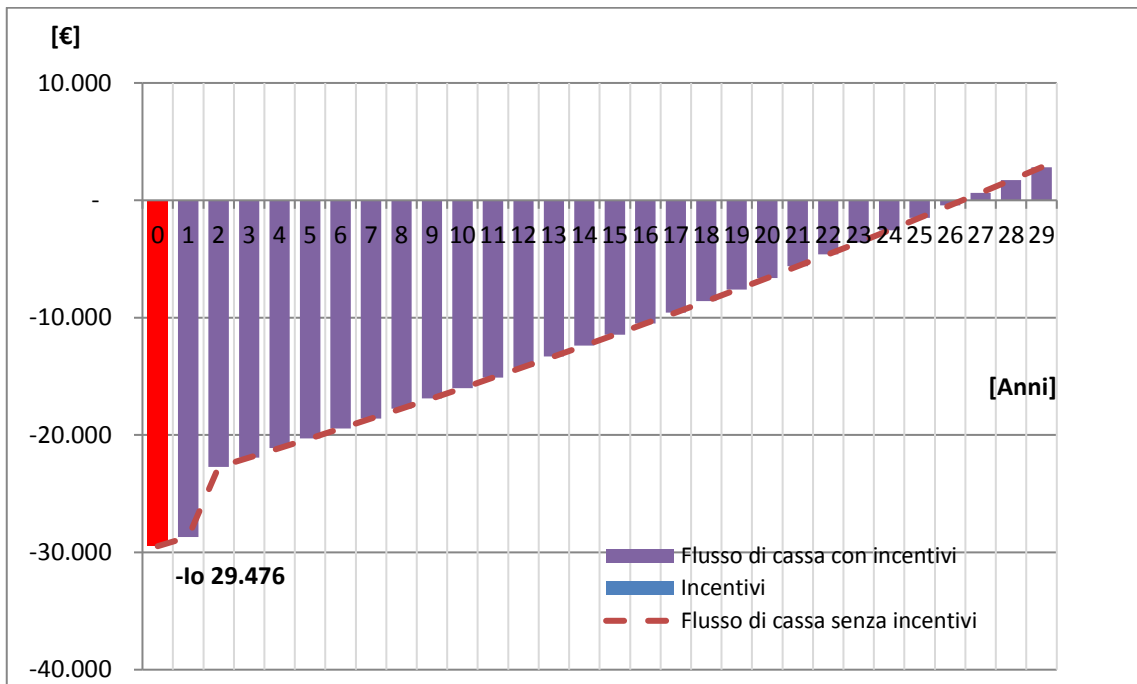
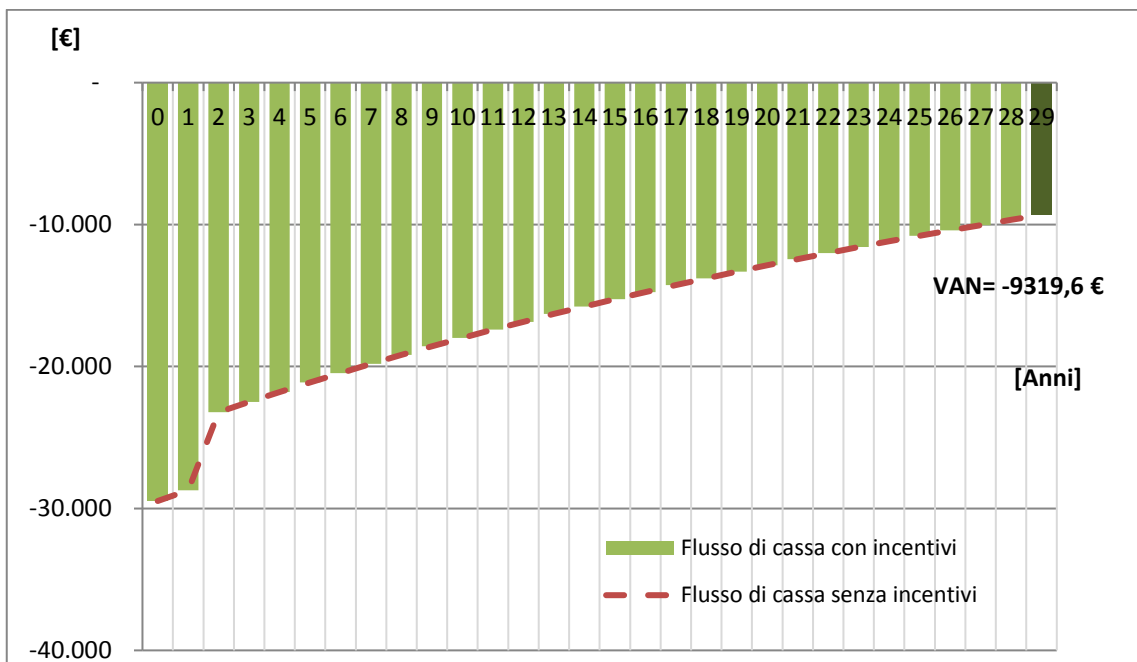


Figura 9.4 – EEM2: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



L'intervento singolo di sostituzioni serramenti non prevede incentivi da conto termico. Dall'analisi effettuata è emerso che l'intervento singolo non risulta essere economicamente conveniente.

EEM3: installazione delle lampade LED

L'analisi di convenienza effettuata per la EEM 3 porta alla valutazione dei seguenti indici finanziari:

Tabella 9.6 – Risultati dell'analisi di convenienza della EEM3– installazione lampade LED

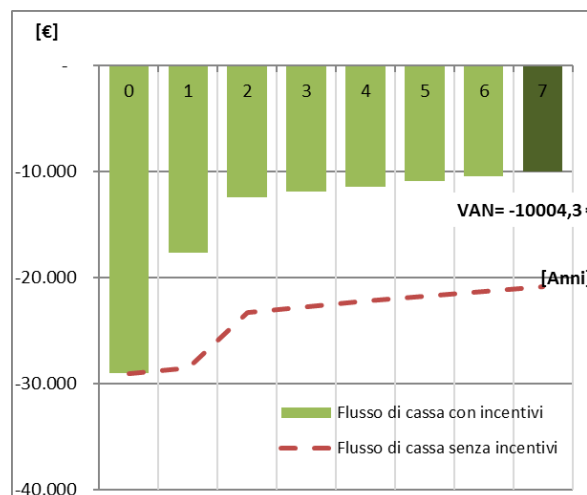
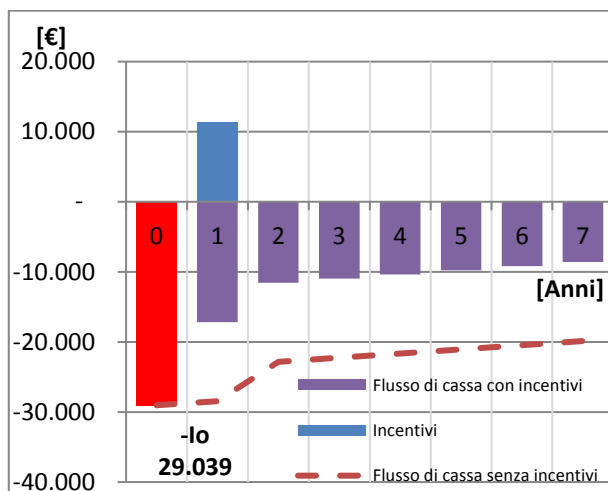
PARAMETRO FINANZIARIO	U.M.	VALORE
Investimento Iniziale	I ₀	€ 28.193

Oneri Finanziari % _{lo}	OF	[%]	3,0%
Aliquota IVA	%IVA	[%]	22,0%
Anno recupero erariale IVA	n _{IVA}	anni	3
Vita utile	n	anni	8
Incentivo annuo	B	€/anno	11.277
Durata incentivo	n _B	anni	1
Tasso di attualizzazione	i	[%]	3,5%
INDICE FINANZIARIO DI PROGETTO		VALORE SENZA INCENTIVI	VALORE CON INCENTIVI
Tempo di rientro semplice	TRS	25,4	11,4
Tempo di rientro attualizzato	TRA	28,4	12,2
Valore attuale netto	VAN	- 20.848	- 10.004
Tasso interno di rendimento	TIR	-28,2%	-15,6%
Indice di profitto	IP	-0,74	-0,35

I flussi di cassa rappresentativi dell'analisi sono riportati nelle seguenti figure:

Figura 9.5 –EEM6: Flussi di Cassa, con e senza incentivi

Figura 9.6 – EEM6: Flussi di Cassa Attualizzati, con e senza incentivi



Sintesi

La sintesi della valutazione economico – finanziaria delle EEM proposte è riportata nelle Tabella 9.7 e Tabella 9.8.

Tabella 9.7 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso senza incentivi

	SENZA INCENTIVI											
	%Δ _E [%]	%Δ _{CO2} [%]	ΔC _E [€/anno]	ΔC _{MO} [€/anno]	ΔC _{MS} [€/anno]	I ₀ [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	16,1%	16,1%	3.524	0	0	44.360	12,2	16,8	30	18.821	7,4%	0,42
EEM 2	4,3%	4,3%	949,3	0	0	28.617	26,4	43,9	30	-9.320	0,7%	-0,33
EEM 3	3,1%	3,1%	677,5	0	0	28.193	25,4	28,4	8	-20.848	-28,2%	-0,74

Oltre agli indicatori finanziari precedentemente descritti, i parametri elencati in tabella sono i seguenti:

- %Δ_E è il valore percentuale di riduzione dei consumi energetici rispetto al baseline energetico complessivo (termico + elettrico);
- %Δ_{CO2} è il valore percentuale di riduzione delle emissioni di CO2 rispetto al baseline dell'emissioni complessivo (termico + elettrico);

- Δ_{CE} è il risparmio economico annuo attribuibile alla riduzione dei consumi energetici (termico + elettrico); assume valori positivi;
- Δ_{CMO} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo per la gestione e la manutenzione ordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- Δ_{CMS} è la variazione di costo annuo attribuibile al nuovo costo previsto per la manutenzione straordinaria; assume valori positivi per un decremento e valori negativi per un incremento;
- I_0 è il valore dell'investimento iniziale per la realizzazione dell'intervento; assume valori negativi;

Tabella 9.8 – Sintesi dei risultati della valutazione economico-finanziaria, caso con incentivi

	CON INCENTIVI											
	% Δ_E [%]	% Δ_{CO_2} [%]	Δ_{CE} [€/anno]	Δ_{CMO} [€/an no]	Δ_{CMS} [€/anno]	I_0 [€]	TRS [anni]	TRA [anni]	n [anni]	VAN [€]	TIR [%]	IP [-]
EEM 1	16,1%	16,1%	3.524	0	0	44.360	6,8	8,7	30	35.882	13,0%	0,81
EEM 2 ^(*)	4,3%	4,3%	949,3	0	0	28.617	26,4	43,9	30	-9.320	0,7%	-0,33
EEM 3	3,1%	3,1%	677,5	0	0	28.193	11,4	12,2	8	-10.004	-15,6%	-0,35

Nota^(*): questo intervento non prevede incentivi da Conto termico

Dall'analisi dei risultati emerge che anche con gli incentivi non ci sono interventi singoli economicamente convenienti.

9.3 IDENTIFICAZIONE DELLE SOLUZIONI INTEGRATE D'INTERVENTO E SCENARI D'INVESTIMENTO

A seguito dell'analisi delle singole misure di efficienza energetica non è stato possibile la definizione di scenari ottimali a partire dalla combinazione delle singole EEM proposti, di cui sia stata accertata la fattibilità tecnica ed economica, che consentano un miglioramento del parametro di efficienza energetica dell'edificio superiore a due classi.

La scelta di tali scenari doveva essere effettuata a partire dai risultati riportati nella tabella di cui sopra, tramite la comparazione di VAN ed IP dei diversi casi delle singole EEM, valutati per ciascun scenario considerando una vita utile in termini di TRS accettabile e la sostenibilità finanziaria degli investimenti in termini di DSCR e LLCR.

Per fattibilità economica delle soluzioni integrate si ritengono accettabili le soluzioni che verificano i seguenti scenari economici:

- Scenario ottimale 1, (SCN1), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, TRS \leq 15 anni;
- Scenario ottimale 2, (SCN2), per il quale è sarà verificato un tempo di ritorno semplice, TRS \leq 25 anni.

Il primo scenario ottimale, con tempi di ritorno del capitale investito maggiore, permetterà la formulazione di soluzione integrate che includono interventi sull'involucro degli edifici, o più in generale, interventi tipicamente caratterizzati da tempi di ritorno lunghi, laddove, nel caso del secondo scenario ci si aspetta che gli interventi proposti interessino maggiormente investimenti per gli impianti.

La valutazione della fattibilità tecnico-economica è stata effettuata al fine di una gestione diretta da parte della PA o indiretta mediante ESCO.

Nella formulazione del Piano Economico-Finanziario indicativo degli scenari ottimali, si è assunto che i capitali per la realizzazione degli interventi siano resi disponibili da un privato, con una ripartizione dell'investimento al 20% tramite mezzi propri (equity) ed all'80% tramite finanziamento terzi

(debito). Nel calcolo del VAN di Progetto il tasso di attualizzazione i usato coincide con il WACC (costo medio ponderato del capitale) ed è posto pari al 4%, sulla base della seguente equazione:

$$WACC = Kd \times \frac{D}{D + E} \times (1 - \tau) + Ke \times \frac{E}{D + E}$$

Dove:

- Kd è costo del debito, sarà ipotizzato pari a 3.82%
- Ke è il costo dell'equity, ossia il rendimento atteso dall'investitore, sarà ipotizzato pari a 9.00%
- D è il Debito, pari a 80% di I_0
- E è l'Equity, pari a 20% di I_0
- $\frac{D}{D+E}$ è la leva finanziaria, sarà quindi pari a 80%
- τ è l'aliquota fiscale, posta pari al 27.9% essendo la somma dell'aliquota IRES, pari al 24%, e quella IRAP pari al 3,9%.

L'ultima dimensione di analisi è la valutazione della sostenibilità finanziaria. Infatti, non tutti gli investimenti economicamente convenienti risultano poi fattibili dal punto di vista finanziario. La sostenibilità finanziaria di un progetto può essere espressa anche in termini di bancabilità ricorrendo a degli indicatori capaci di valutare il margine di sicurezza su cui i soggetti finanziatori possono contare per essere garantiti sul puntuale pagamento del servizio del debito.

Per gli scenari ottimali, si è quindi proceduto ad una valutazione della sostenibilità finanziaria. Gli indicatori di bancabilità utilizzati sono:

- DSCR (Debt Service Cover Ratio) medio di periodo. Esprime la capacità dell'investimento di rimborsare il servizio del debito (capitale e interessi) per tutta la durata del finanziamento;
- LLCR (*Loan Life Cover Ratio*) medio di periodo. Esprime la capacità del progetto di generare flussi di cassa positivi dopo aver ripagato il servizio del debito.

Essi sono così definiti:

1) *Debt Service Cover Ratio* (DSCR):

$$DSCR = \frac{FCO_n}{K_n + I_t}$$

Dove:

- FCO_n sono i flussi di cassa operativi nell'anno corrente n-esimo;
- K_n è la quota capitale da rimborsare nell'anno n-esimo;
- I_n è la quota interessi da ripagare nell'anno tn-esimo.

2) *Loan Life Cover Ratio* (LLCR):

$$LLCR = \frac{\sum_{n=s}^{s+m} \frac{FCO_n}{(1+i)^n} + R}{D_n}$$

Dove:

- s è il periodo di valutazione dell'indicatore;
- $s+m$ è l'ultimo periodo di rimborso del debito;
- FCO_n è il flusso di cassa per il servizio del debito;
- D è il debito residuo (outstanding) al periodo t-esimo;
- i è il tasso di attualizzazione dei flussi di cassa;
- R è l'eventuale riserva a servizio del debito accumulata al periodo di valutazione (*Debt Reserve*).

Valori positivi (nell'intorno di 1,3) del DSCR indicano convenzionalmente la capacità dell'investimento di generare risorse sufficienti a ripagare il servizio del debito; valori maggiori di 1 del LLCR indicano la liquidità generata dal progetto dopo aver ripagato il debito. Pertanto, per la proposta di scenari ottimali bancabili sono stati considerati fattibili solo scenari che realizzino valori positivi di DSCR nell'intorno di 1,3 e valori positivi di LLCR maggiori di 1.

Nell'ambito della riqualificazione energetica degli edifici scolastici, il presente rapporto di DE sarà inoltre fondamentale per dotare la Pubblica Amministrazione (PA) di un'analisi tecnico-economica di dettaglio delle EEM identificate all'interno degli scenari ottimali, con lo scopo di consentire l'individuazione dei possibili strumenti di finanziamento delle stesse, sia tramite finanziamento proprio, sia tramite proposte di *Energy Performance Contract* (EPC) da parte di Società di Servizi Energetici (*Energy Service Company* – ESCO) abbinate all'istituto del Finanziamento Tramite Terzi (FTT). In tale ambito trova espressione l'applicazione del Partenariato Pubblico Privato (PPP).

Al fine di effettuare concretamente un'analisi finanziaria preliminare e verificare quindi gli aspetti di convenienza economica e sostenibilità finanziari degli scenari ottimali è stato presentato un modello semplificato di Piano Economico Finanziario (PEF) indicativo per ogni scenario.

Infine, si è proceduto all'identificazione dell'eventuale canone applicabile nel caso di attuazione dello scenario ottimale attraverso la partecipazione di ESCO secondo lo schema di *Energy Performance Contract* (EPC).

10 CONCLUSIONI

10.1 RIASSUNTO DEGLI INDICI DI PERFORMANCE ENERGETICA

	EP _{gl,nren}	EP _H	EP _w	EP _v	EP _c	EPL	CLASSE
	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]	[kWh/m ² anno]
STATO DI FATTO	220,32	214,48	1,16			15,66	E
EEM 1	185,10	170,77	1,16			15,66	E
EEM 2	210,83	202,70	1,16			15,66	E
EEM 3	213,37	214,48	1,16			11,00	E

10.2 CONCLUSIONI E COMMENTI

Si sono valutate diverse possibilità di intervento in base alla loro fattibilità tecnica ed economica, in rispetto delle norme attualmente vigenti e di eventuali vincoli presenti sull'edificio oggetto di studio e non sono state individuate soluzioni ottimali che rispettassero i requisiti richiesti, ovvero tempi di ritorno di 15 e 25 anni e miglioramento delle prestazioni energetiche dell'edificio di due classi energetiche. Le cause sono dovute all'assenza dell'impianto di riscaldamento e alla presenza di vincoli architettonici sull'involucro edilizio.

ALLEGATO A – ELENCO DOCUMENTAZIONE FORNITA DALLA COMMITTENZA

Titolo	Data	Nome file
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- generale.pdf
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- magazzini piano terra.pdf
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- magazzini piano terra.pdf
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- plan 2.pdf
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- plan 3.pdf
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- plan 3a.pdf
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- plan 4.pdf
Planimetria	29/11/2017	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- plan t.pdf
Planimetria	13/12/2013	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- AB002-Pianta Piano Terra Rev. Maggio 2002.dwg
Planimetria	13/12/2013	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- AB002-Pianta Piano Primo Rev. Maggio 2002.dwg
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- E01436.DWG
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- PIAN1.DWG
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- PIAN2.DWG
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- PIAN3.DWG
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- PIAN3A.DWG
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- PIAN4.DWG
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- PIANC.DWG
Planimetria	15/10/1997	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- PIAN.T.DWG
Fatture EE	2014	03_329878-marzo 2.pdf
Fatture EE	2014	04_329882-aprile 2.pdf
Fatture EE	2014	05_329885-maggio2.pdf
Fatture EE	2014	06_329888-giugno2.pdf
Fatture EE	2014	07_329890-luglio.pdf
Fatture EE	2014	08_387828T-Agosto.pdf
Fatture EE	2015	2015_00058401T-gennaio.pdf
Fatture EE	2015	2015_00289198E-giugno.pdf
Fatture EE	2015	2015_00316506E-agosto.pdf
Fatture EE	2015	2015_00370654E-settembre.pdf
Fatture EE	2015	2015_00422592E-ottobre.pdf
Fatture EE	2015	2015_00471342E-novembre.pdf
Fatture EE	2016	2016_00007778E-dicembre.pdf
Fatture EE	2015	32707E-marzo.pdf
Fatture EE	2014	00037760T-gennaio.pdf
Fatture EE	2014	40811T-dicembre.pdf
Fatture EE	2014	85435T-febbraio.pdf
Fatture EE	2014	102261E-Aprile.pdf
Fatture EE	2014	146168T-marzo 1.pdf
Fatture EE	2014	157120T-febbraio.pdf
Fatture EE	2014	185858E-maggio.pdf
Fatture EE	2014	189871T-aprile 1.pdf
Fatture EE	2014	234294T-maggio 1.pdf
Fatture EE	2014	240186E-giugno.pdf
Fatture EE	2014	281146T-giugno1.pdf

**E1436 – PALAZZO VERDE**

Fatture EE	2014	489780T-settembre.pdf
Fatture EE	2014	493580T-Ottobre.pdf
Fatture EE	2014	545161T-Novembre.pdf
Fatture EE	2016	Agosto 2016.pdf
Fatture EE	2016	Aprile 2016.pdf
Fatture EE	2016	Dicembre 2016.pdf
Fatture EE	2016	Febbraio 2016.pdf
Fatture EE	2016	Gennaio 2016.pdf
Fatture EE	2016	Giugno 2016.pdf
Fatture EE	2016	Luglio 2016.pdf
Fatture EE	2016	Maggio 2016.pdf
Fatture EE	2016	Marzo 2016.pdf
Fatture EE	2016	Ottobre e Novembre 2016.pdf
Fatture EE	2016	Settembre 2016.pdf
Tabulato consumi EE	20/06/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA-Tabulato consumi EE - E1436.xlsx

ALLEGATO B – ELABORATI

Titolo	Descrizione	Data	Nome file
Grafici Template		9/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoB- Grafici_Template.xlsx
Diagnosi Energetica Edilclima		9/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoA- E1436.E0001
Grafici Template		26/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revB-AllegatoB- Grafici_Template.xlsx



ALLEGATO C – REPORT DI INDAGINE TERMOGRAFICA

Titolo	Data	Nome file
Report Termografico	9/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoC-Report termografico.doc

ALLEGATO D – REPORT RELATIVI AD ALTRE PROVE DIAGNOSTICHE STRUMENTALI

Titolo	Data	Nome file



ALLEGATO E – RELAZIONE DI DETTAGLIO DEI CALCOLI

Titolo	Data	Nome file
Relazione calcolo Ediclisma	9/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoE-Relazione calcolo Ediclisma.RTF



ALLEGATO F – CERTIFICATO CTI SOFTWARE

Titolo	Data	Nome file
Certificazione conformità software CTI		DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoF- CertCTI.pdf

ALLEGATO G – ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

Titolo	Data	Nome file

ALLEGATO H – BOZZA DI APE SCENARI

Titolo	Data	Nome file



ALLEGATO I – DATI CLIMATICI

Titolo	Data	Nome file
	9/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoI-GG.xlsx



ALLEGATO J – SCHEDE DI AUDIT

Titolo	Data	Nome file
Scheda di Audit	9/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoJ-Scheda Audit.xlsx

ALLEGATO K – SCHEDE ORE

Titolo	Data	Nome file
	9/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoK-Schede ORE.pdf

ALLEGATO L – PIANO ECONOMICO FINANZIARIO SCENARI

Titolo	Data	Nome file



ALLEGATO M – REPORT DI BENCHMARK

	Titolo	Data	Nome file
	Benchmark	09/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revA-AllegatoM-Benchmark.xlsx
	Benchmark	26/07/2018	DE_Lotto.8-E1436_revB-AllegatoM-Benchmark.xlsx



ALLEGATO N – CD-ROM

[Allegare CD-ROM o altro supporto di archiviazione digitale contenente tutta la documentazione relativa al Rapporto di Diagnosi Energetica e suoi allegati, in formato WORD, EXCEL e PDF con firma digitale certificata per gli elaborati documentali e formato DWG compatibile con i più diffusi software CAD per gli elaborati grafici.]

