

SOMMARIO

La presente tesi si basa sull'esperienza del tirocinio formativo svolto presso l'azienda S.a.ba.r. Servizi s.r.l., situata a Novellara (RE).

S.a.ba.r. Servizi è un ente del territorio reggiano di proprietà di alcuni comuni della bassa reggiana, nato come strumento di supporto per i cittadini e per la già esistente S.abar. s.p.a., la quale si occupa principalmente della gestione dei rifiuti nei comuni di Boretto, Brescello, Gualtieri, Guastalla, Luzzara, Novellara, Poviglio e Reggiolo.

Il mio percorso di tirocinio presso è stato incentrato sui progetti di efficientamento energetico condotto sulle scuole e sulle palestre di alcune dei comuni sopra citati; lo scopo principale di tali interventi è quello di ridurre i consumi energetici, tramite più moderne tecnologie e portare a conseguenti risparmi economici.

Gli interventi hanno riguardato una prima fase progettuale, una di esecuzione degli interventi studiati ed infine una terza fase di controllo e confronto tra dati progettuali e dati reali ottenuti dopo la realizzazione dell'efficientamento energetico. In particolare, sono stato indirizzato verso le ultime due fasi, concentrandomi maggiormente sul confronto finale dei dati: confronto tra i consumi reali post efficientamento e le previsioni dei consumi ottenuti in fase progettuale.

Infine, come è logico che sia, è stata eseguita un'analisi economica per valutare gli investimenti sostenuti da S.a.ba.r. Servizi.

INDICE

INTRODUZIONE	7
1. ANALISI TEORICA	9
1) IL GESTORE DEI SERVIZI ENERGETICI	9
2) CONTO TERMICO 2.0	10
1. TIPOLOGIA INTERVENTI	11
2. SOGGETTI BENEFICIARI	12
3. DISPONIBILITÀ RISORSE	13
4. METODOLOGIA DI CALCOLO DEGLI INCENTIVI	15
5. REQUISITI TECNICI	18
3) PARTICOLARITÀ DEL CT 2.0	20
1. VALVOLE TERMOSTATICHE	21
2. BRUCIATORE MODULANTE	22
3. REGOLAZIONE CLIMATICA	22
4. SISTEMI DI ILLUMINAZIONE A LED	23
4) CALDAIA A CONDENSAZIONE	25
5) LE ENERGY SERVICE COMPANY	26
6) CENNI TEORICI DI FISICA TECNICA	28
1. ENERGIA, LAVORO E CALORE	28
2. PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA	29
3. BILANCIO ENERGETICO PER SISTEMI CHIUSI	30
4. BILANCI DI MASSA ED ENERGIA PER SISTEMI APERTI	31
5. ANALISI DI COMPONENTI A FLUSSO STAZIONARIO	36
7) CENNI TEORICI PER LO SVILUPPO DEI CALCOLI	39
2. DESCRIZIONE S.A.BA.R.	41
1) STABILIMENTO	42
2) ATTIVITÀ	43
1. RECUPERO ENERGETICO	43
2. BIOGAS DEI RIFIUTI	43
3. ENERGIA TERMICA DELL'ACQUA	43
4. ENERGIA SOLARE	45
5. PRODUZIONE E VENDITA CIPPATO	47
3. EFFICIENTAMENTO ENERGETICO	49
1) CAPPOTTO ESTERNO	50

2)	SOSTITUZIONE SERRAMENTI	51
3)	ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO	52
4)	RINNOVAMENTO IMPIANTI TERMICI	52
5)	SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI	56
4.	SCUOLA PRIMARIA DI BORETTO “F.ALBERICI”	59
1)	DESCRIZIONE GENERALE	59
2)	INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO	59
1.	<i>RINNOVAMENTO IMPIANTI TERMICI</i>	59
2.	<i>SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI</i>	62
5.	SCUOLA PRIMARIA DI POVIGLIO “G.PASCOLI”	65
1)	DESCRIZIONE GENERALE	65
2)	INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO	65
1.	<i>REALIZZAZIONE CAPPOTTO ESTERNO</i>	65
2.	<i>ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO</i>	67
3.	<i>SOSTITUZIONE SERRAMENTI</i>	68
4.	<i>SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI</i>	71
6.	SCUOLA PRIMARIA DI PIEVE DI GUASTALLA “MATILDE DI CANOSSA”	73
1)	DESCRIZIONE GENERALE	73
2)	INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO	73
1.	<i>ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO</i>	73
2.	<i>SOSTITUZIONE SERRAMENTI</i>	75
3.	<i>RINNOVAMENTO IMPIANTO TERMICO</i>	76
4.	<i>SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI</i>	79
7.	SCUOLA MEDIA DI LUZZARA “E.FERMI”	81
1)	DESCRIZIONE GENERALE	81
2)	INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO	82
1.	<i>REALIZZAZIONE CAPPOTTO ESTERNO PALESTRA</i>	82
2.	<i>ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO E LABORATORI SCUOLA</i>	84
3.	<i>SOSTITUZIONE SERRAMENTI</i>	87
4.	<i>RINNOVAMENTO IMPIANTO TERMICO</i>	89
5.	<i>SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI</i>	94
8.	SCUOLA PRIMARIA DI NOVELLARA “DON MILANI”	95
1)	DESCRIZIONE GENERALE	95
2)	INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO	95
1.	<i>REALIZZAZIONE CAPPOTTO ESTERNO PALESTRA</i>	95

2.	<i>ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO</i>	98
3.	<i>SOSTITUZIONE SERRAMENTI</i>	99
4.	<i>RINNOVAMENTO IMPIANTO TERMICO</i>	101
5.	<i>SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI</i>	106
9.	CONFRONTO CONSUMI DI GAS NATURALE ED ENERGIA ELETTRICA	107
1)	DATI	108
2)	CALCOLI E SPIEGAZIONI	108
1.	<i>METODI DI CONFRONTO SVILUPPATI</i> (esempio gennaio 2017 e 2018)	112
3)	TABELLE DEI CALCOLI	115
1.	<i>BORETTO</i>	115
2.	<i>LUZZARA</i>	117
3.	<i>NOVELLARA</i>	119
4)	TABELLE E GRAFICI PER LA SCELTA DEL MODELLO	121
1.	<i>BORETTO</i>	121
2.	<i>LUZZARA</i>	124
3.	<i>NOVELLARA</i>	130
5)	CONSIDERAZIONI	133
10.	CONFRONTO REPORT FINALI	135
1)	TABELLE REPORT FINALI	136
1.	<i>BORETTO</i>	136
2.	<i>LUZZARA</i>	137
3.	<i>NOVELLARA</i>	138
4.	<i>GUASTALLA</i>	139
2)	CONSIDERAZIONI	140
3)	ANOMALIE	140
4)	SOLUZIONI	144
11.	INTERVENTI MIGLIORATIVI PROPOSTI	145
1)	INTERVENTI PROPOSTI	145
1.	<i>REGOLAZIONE E TARATURA DELLE VALVOLE TERMOSTATICHE</i>	146
2.	<i>FORMAZIONE DEL PERSONALE SCOLASTICO</i>	146
3.	<i>MONITORAGGIO COSTANTE DEI CONSUMI</i>	147
4.	<i>INSTALLAZIONE REGOLATORE AUTOMATICO DEL FLUSSO LUMINOSO</i> 148	
12.	ANALISI ECONOMICA	151
1)	DATI	152

2)	CALCOLI IEN, COSTI E RICAVI	152
3)	VAN E PAYBACK	153
4)	PEF A CONTRATTO E PEF ATTESO	153
1.	<i>IEN E CONSUMI GARANTITI</i>	153
2.	<i>COSTI GESTIONALI ANNUALI</i>	155
3.	<i>RICAVI ANNUALI</i>	156
4.	<i>VAN</i>	157
5)	NUOVO PEF PROPOSTO	170
1.	<i>IEN E CONSUMI GARANTITI</i>	170
2.	<i>COSTI GESTIONALI ANNUALI</i>	170
3.	<i>RICAVI ANNUALI</i>	171
4.	<i>VAN</i>	171
13.	CONCLUSIONI	181
14.	RINGRAZIAMENTI	184
15.	BIBLIOGRAFIA	186

INTRODUZIONE

S.a.ba.r. Servizi si è occupata del progetto di efficientamento energetico delle scuole elementari e medie dei comuni della bassa reggiana della quale essa è proprietaria; vale a dire Boretto, Brescello, Gualtieri, Guastalla, Luzzara, Novellara, Poviglio e Reggiolo.

L'efficientamento energetico consente di migliorare le prestazioni energetiche di qualsiasi edificio, riducendone i consumi;

Da un punto di vista tecnico, per efficientamento energetico si intende una riduzione di costi e consumi di energia mantenendo o addirittura migliorando le prestazioni energetiche delle scuole. Gli interventi eseguiti sono stati di differente tipo: realizzazione del cappotto perimetrale esterno, coibentazione di coperture e pavimenti sull'estradosso del solaio, montaggio di nuovi serramenti, realizzazione/sostituzione delle centrali termiche esistenti e sostituzione dei precedenti corpi illuminanti con nuovi a led.

Sotto l'aspetto economico, invece, è importante sottolineare gli importanti costi sostenuti da S.a.ba.r. Servizi per la realizzazione di questi interventi. Tuttavia, tramite alcuni enti (GSE e Regione), è possibile ottenere importanti incentivi a sostegno di spese per interventi di efficientamento.

Inoltre S.a.ba.r. Servizi si occupa anche della gestione e del monitoraggio dei consumi di gas naturale e di energia elettrica relativi agli edifici efficientati, in modo da avere un ritorno economico che negli anni possa ripagare l'investimento effettuato.

Oggetto fondamentale del percorso di tirocinio è stato la realizzazione di un modello di previsione dei consumi da applicare ad ogni scuola, il monitoraggio dei reali consumi ottenuti dopo le opere di efficientamento, ed il confronto finale tra le previsioni effettuate ed i consumi reali.

Inoltre è stata effettuata un'analisi economica dell'intervento, concentrata sull'investimento iniziale ed il periodo necessario ad ottenere il punto di pareggio.

Pertanto, effettuando un'analisi globale delle spese conseguite, è stato possibile redigere le conclusioni finali indicando aspetti positivi e criticità.

1.ANALISI TEORICA

In questo capitolo si presta attenzione a quelle considerazioni, enti, leggi, regole generali, teorie necessarie a comprendere lo svolgimento delle attività di efficientamento energetico messe in atto.

1) IL GESTORE DEI SERVIZI ENERGETICI

Il GSE (gestione servizi energetici) è una società per azioni italiana, controllata dal Ministero dell'Economia e delle Finanze, il cui scopo è quello di perseguire obiettivi di sostenibilità ambientale tramite fonti rinnovabili ed efficienza energetica.

Nel concreto, è un ente che permette di ottenere dei finanziamenti a seguito di operazioni in cui si cerca di migliorare e sfruttare al meglio fonti rinnovabili ed efficienza energetica.

Sono diversi i metodi e le norme che permettono di ottenere incentivi; nel caso specifico, è stata affrontata una profonda ristrutturazione, tecnica e edilizia, di edifici per aumentarne l'efficienza energetica.

Sono 4 i metodi messi a disposizione per ottenere finanziamenti per questo tipo di attività:

- **CERTIFICATI BIANCHI:** chiamati anche Titoli di Efficienza Energetica (**TEE**), sono titoli negoziabili che certificano i risparmi energetici conseguiti negli usi finali di energia, realizzando interventi di incremento dell'efficienza energetica. Il sistema dei CB è un meccanismo di incentivazione che si basa su un regime obbligatorio di risparmio di energia primaria per i distributori di energia elettrica e gas naturale, con più di 50.000 clienti finali.

Il contributo (attualmente pari a 100 Euro per ogni tonnellata equivalente di petrolio risparmiata - **TEP**) è finanziato attraverso un piccolo prelievo dalle tariffe di distribuzione dell'energia elettrica e del gas, stabilito dall'Autorità in modo da garantire che l'aggravio complessivo sulla bolletta energetica dei consumatori sia sempre considerevolmente inferiore al beneficio economico complessivo derivante dall'attuazione del meccanismo (da 6 a 12 volte). Il contributo permette dunque alla realizzazione degli interventi presso i consumatori finali riducendone il costo.

I soggetti volontari e i soggetti obbligati scambiano i CB sulla piattaforma di mercato gestita dal **GME** (gestore dei mercati energetici) o attraverso contrattazioni bilaterali.

- **CONTO TERMICO:** è un sistema che incentiva interventi per l'incremento dell'efficienza energetica e la produzione di energia termica da fonti rinnovabili per impianti di piccole dimensioni. I beneficiari sono principalmente le Pubbliche Amministrazioni, ma anche imprese e privati, che possono accedere a fondi per **900 milioni di euro annui**.

Grazie al Conto Termico è possibile riqualificare edifici per migliorarne le prestazioni energetiche, riducendo in tal modo i costi dei consumi e recuperando in tempi brevi parte della spesa sostenuta. Recentemente, il Conto Termico è stato rinnovato rispetto a quello introdotto dal D.M. 28/12/2012. Di fatto, oltre ad un ampliamento delle modalità di accesso e dei soggetti ammessi, sono previsti nuovi interventi di efficienza energetica. È stata inoltre rivista la dimensione degli impianti ammissibili e snellita la procedura di accesso diretto agli incentivi per apparecchi con caratteristiche già approvate e certificate.

- **BIOCARBURANTI – CERTIFICATI DI IMMISSIONE IN CONSUMO:** I biocarburanti sono combustibili ottenuti da biomasse, inclusi rifiuti e sottoprodotti e possono avere anche forma gassosa, come ad esempio il biometano che viene impiegato per i trasporti. Nati come alternativa ai carburanti fossili, i biocarburanti sostenibili rappresentano oggi la risposta più concreta per **ridurre le emissioni di CO2** derivanti dal settore dei trasporti.

Vengono riconosciuti finanziamenti per quegli enti che riescono ad aumentare l'utilizzo di biocarburanti con conseguente diminuzione di consumo di combustibili fossili, riducendo pertanto le emissioni di CO2.

Il 28% delle emissioni totali di gas serra in atmosfera sono rappresentate dalla CO2 (anidride carbonica) prodotta dal trasporto su gomma. Per ridurre gli impatti di queste emissioni l'Italia ha fissato l'obiettivo di utilizzo di biocarburanti rinnovabili nei trasporti che dovrà essere pari al 10% entro il 2020 (nel 2016 tale valore era pari al 3,5%).

- **COGENERAZIONE AD ALTO RENDIMENTO:** La cogenerazione è la **produzione combinata**, in un unico processo, di energia elettrica e di calore utilizzabile per riscaldamento e/o per processi produttivi e industriali. Questo approccio permette agli impianti di raggiungere livelli elevatissimi di efficienza, sfruttando al meglio le risorse energetiche.

Per le unità di **cogenerazione** riconosciute **ad Alto Rendimento (CAR)** è previsto l'accesso al sistema dei Titoli di Efficienza Energetica (TEE) o certificati bianchi, secondo le condizioni e le procedure stabilite dal D.M. 5/09/2011.

Il GSE annualmente provvede al riconoscimento a consuntivo del funzionamento di CAR e al successivo riconoscimento di CB cui si ha diritto.

Nel caso in cui il progetto presentato non sia conforme alla normativa vengono indicate le **carenze rilevate** e le eventuali **modifiche da apportare**. Il GSE infine svolge le attività di verifica e controllo sugli impianti incentivati.

2) CONTO TERMICO 2.0

Gli interventi di efficientamento energetico sostenuti da S.a.ba.r. Servizi sono volti a sfruttare il sistema di incentivi specificato dal Conto Termico 2.0 (CT 2.0), ovvero l'insieme di norme che regola il decreto che si è adottato a partire dal 16 febbraio 2016, in sostituzione del precedente (Conto Termico, D.M. 28/12/2012).

Il nuovo decreto introduce principi di:

- Semplificazione;
- Efficacia;
- Diversificazione;
- Innovazione tecnologica.

La quantità di norme, tipologie di interventi gestite da questo decreto sono in quantità elevata, ma per gli interventi svolti non è necessario riprenderle tutte.

È importante ricordare che S.a.ba.r. Servizi è considerata una pubblica amministrazione (PA), perciò è soggetta a maggiori agevolazioni rispetto ad enti privati secondo il CT 2.0.

1. TIPOLOGIA INTERVENTI

TABELLA 1. TIPOLOGIA INTERVENTI INCENTIVABILI

1- INTERVENTI DI INCREMENTO DELL'EFFICIENZA ENERGETICA	A- Isolamento termico di strutture opache
	B- Sostituzione di chiusure trasparenti
	C- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti con generatori di calore a condensazione
	D- Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiamento
	E- Trasformazione degli edifici esistenti in «edifici a energia quasi zero» (nZEB)
	F- Sostituzione di sistemi per l'illuminazione d'interni e delle pertinenze esterne degli edifici esistenti con sistemi efficienti di illuminazione
	G- Installazione di tecnologie di gestione e controllo automatico (building automation) degli impianti termici ed elettrici degli edifici
2- INTERVENTI DI PRODUZIONE DI ENERGIA TERMICA DA FONTI RINNOVABILI E SISTEMI AD ALTA EFFICIENZA	A- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con pompe di calore
	B- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale con generatori di calore alimentati da biomassa
	C- Installazione di collettori solari termici, anche abbinati a sistemi di solar cooling
	D- Sostituzione di scaldacqua elettrici con scaldacqua a pompa di calore
	E- Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con sistemi ibridi a pompa di calore (con caldaie a condensazione).

E' previsto l'obbligo di **Diagnosi Energetica** ante operam e **APE** (attestato di prestazione energetica) post operam nei seguenti casi:

- Per interventi **1.A** e **1.E**;
- Per gli interventi **1.B, 1.C, 1.D, 2.A, 2.B, 2.C, 2.E**, se:
 - 1- sono realizzati sull'intero edificio;
 - 2- l'edificio è dotato di un impianto di riscaldamento di potenza nominale totale ≥ 200 kWt;

2. SOGGETTI BENEFICIARI

Esistono due tipologie di soggetti che possono accedere agli incentivi del CT 2.0:

- **Soggetti ammessi (SA):** hanno la disponibilità dell'immobile e sono i beneficiari degli interventi oggetto di incentivazione. Possono essere:
 - **I soggetti titolari di diritto di proprietà** (anche nuda proprietà) dell'edificio/immobile;
 - **I soggetti che hanno la disponibilità** dell'edificio/immobile, perché titolari di diritto reale o personale di godimento (equiparati ai titolari di diritto di proprietà);
- **Soggetti responsabili (SR):** hanno sostenuto direttamente le spese per l'esecuzione degli interventi e, in virtù di questo, possono presentare istanza di riconoscimento degli incentivi al GSE e saranno beneficiari degli incentivi.
 - **Se il SA sostiene direttamente le spese** per l'intervento (o tramite finanziamento), questi **coincide con il SR**;
 - **Se il SA si avvale del supporto di una ESCO** per la realizzazione degli interventi, la quale si farà carico delle relative spese di realizzazione, in questo caso **la ESCO coincide con il SR**.

La tipologia di SA (**PUBBLICO o PRIVATO**) è determinante per stabilire le categorie di interventi incentivabili e le procedure di accesso.

S.a.ba.r. Servizi dal 2016 è certificata ESCO, per tale motivo può usufruire del servizio offerto dal CT 2.0 in qualità di SR. Di fatto, il SA titolare dell'immobile/edificio da riqualificare si avvale del supporto di S.a.ba.r. Servizi che in tal modo diventa il SR per l'esecuzione degli interventi.

Esistono due diverse modalità per avere accesso agli incentivi:

- 1) Accesso diretto:** è consentito per interventi realizzati entro 60 giorni dalla fine dei lavori. Questa modalità viene scelta in maniera semi-automatica ogni qualvolta l'intervento di efficientamento riguarda apparecchi domestici di piccola taglia, con $P_n \leq 35$ kW o Superficie ≤ 50 m².

Per non permettere incomprensioni, esiste anche un *catalogo degli apparecchi domestici*, reso pubblico e aggiornato periodicamente dal GSE, contenente apparecchi, macchine e sistemi, identificati con marca e modello, per la produzione di energia termica di piccola taglia ($P_n \leq 35 \text{ kW}$ o Superficie $\leq 50 \text{ m}^2$).

- 2) **Prenotazione degli incentivi:** i soggetti ammessi (solo le Pubbliche Amministrazioni) possono “prenotare” l’incentivo prima dell’avvio dei lavori. La prenotazione può avvenire in tre differenti modalità:
- a. Presenza di una diagnosi energetica e di un provvedimento o altro atto amministrativo attestante l’impegno all’esecuzione di almeno uno degli interventi ricompresi nella diagnosi energetica (SR=PA);
 - b. Presenza di un contratto di prestazione energetica stipulato con una ESCO o nell’ambito della convenzione con Consip S.p.A. (SR=PA o ESCO);
 - c. Presenza di un provvedimento o altro atto amministrativo attestante l’avvenuta assegnazione dei lavori oggetto della scheda-domanda, unitamente al verbale di consegna dei lavori redatto dal direttore dei lavori (SR=PA o ESCO).

3. **DISPONIBILITÀ RISORSE**

L’impegno di spesa annua cumulata, che non potrà essere superato, è pari a:

- 200 milioni di euro per la PA (interventi di Categoria 1 e Categoria 2);
- 700 milioni di euro per i soggetti privati (interventi di Categoria 2).

All’interno del contingente di spesa spettante alle PA sono ricompresi:

- Fino a 100 milioni di euro (pari al 50% del contingente di spesa complessivo di 200 milioni di Euro) per la procedura di accesso agli incentivi mediante prenotazione.

Il totale di **incentivi** richiedibili può variare in base alla tipologia di intervento effettuato e, ovviamente, per ottenerli bisogna dimostrare di avere rispettato determinati **requisiti tecnici**.

TABELLA 2. COEFFICIENTI DI CALCOLO DELL'INCENTIVO

Tipologia di intervento		Percentuale incentivata della spesa ammissibile (%spesa)	Costo massimo ammissibile (Cmax)	Valore massimo dell'incentivo (Imax [€])
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i. Strutture opache orizzontali: isolamento coperture</i>			i+ii+iii≤400.000
	Esterno	40 (*) (**)	200 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Copertura ventilata	40 (*) (**)	250 €/m ²	
	<i>ii. Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
	Interno	40 (*) (**)	120 €/m ²	
	<i>iii. Strutture opache verticali: isolamento pareti perimetrali</i>			
	Esterno	40 (*) (**)	100 €/m ²	
Interno	40 (*) (**)	80 €/m ²		
Parete ventilata	40 (*) (**)	150 €/m ²		
Articolo 4, comma 1, lettera b)	<i>Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi, se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento</i>	40 (**)	350 €/m ² per le zone climatiche A, B, C	75.000
		40 (**)	450 €/m ² per le zone climatiche D, E, F	100.000
Articolo 4, comma 1, lettera c)	<i>i. Installazione di generatore di calore a condensazione con Pn int ≤ 35 kWt</i>	40 (**)	160 €/kWt	3.000
	<i>ii. Installazione di generatore di calore a condensazione con Pn int > 35 kWt</i>	40 (**)	130 €/kWt	40.000
Articolo 4, comma 1, lettera d)	<i>i. Installazione di sistemi di schermatura e/o ombreggiatura fissi, anche integrati, o mobili</i>	40	150 €/m ²	30.000
	<i>ii. Installazione di meccanismi automatici di regolazione e controllo delle schermature</i>	40	30 €/m ²	5.000
Articolo 4, comma 1, lettera e)	<i>i. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica A, B, C</i>	65	500 €/m ²	1.500.000
	<i>ii. Trasformazione degli edifici esistenti in "edifici a energia quasi zero NZEB" – zona climatica D, E, F</i>	65	575 €/m ²	1.750.000

Articolo 4, comma 1, lettera f)	<i>i. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade ad alta efficienza</i>	40	15 €/m ²	30.000
	<i>ii. Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne - installazione di lampade a led</i>	40	35 €/m ²	70.000
Articolo 4, comma 1, lettera g)	<i>Installazione di tecnologie di building automation</i>	40	25 €/m ²	50.000

(*) Per interventi realizzati nelle zone climatiche E e F la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 50%.

(**) Per interventi che prevedano, oltre ad un intervento di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), anche un intervento di cui all'articolo 4, comma 1, lettera c), o articolo 4, comma 2, lettere a), b), c) o e), la percentuale incentivata della spesa ammissibile è pari al 55% per ognuno degli interventi.

4. METODOLOGIA DI CALCOLO DEGLI INCENTIVI

INTERVENTI 1.A, 1.B, 1.D

Per gli interventi di isolamento termico delle superfici opache, sostituzione di chiusure trasparenti e installazione di sistemi di schermatura/ombreggiamento, l'incentivo viene calcolato secondo la seguente formula:

$$I_{tot} = \%spesa * C * S_{int} \quad \text{con } I_{tot} \leq I_{max}, \text{ dove}$$

S_{int} = superficie oggetto dell'intervento [m²];

C = costo specifico effettivamente sostenuto per la tecnologia utilizzata nell'intervento definito dal rapporto tra spesa sostenuta in euro e superficie di intervento. I valori massimi di C , ai fini del calcolo dell'incentivo massimo, sono indicati in Tabella 2;

$\%spesa$ = percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento, come espressa in Tabella 2;

I_{tot} = incentivo totale, cumulato per gli anni di godimento, connesso all'intervento in oggetto;

I_{max} = valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale.

Qualora il costo specifico dell'intervento (C) superi il valore di C_{max} , il calcolo dell'incentivo (I_{tot}) viene effettuato con C_{max} .

INTERVENTI 1.C

Per gli interventi di installazione di generatori di calore a condensazione, l'incentivo viene calcolato secondo la seguente formula:

$$I_{tot} = \%spesa * C * P_{nint} \quad \text{con } I_{tot} \leq I_{max}, \text{ dove}$$

P_{nint} = somma delle potenze termiche nominali del focolare dei generatori di calore installati [kWt];

C = costo specifico effettivamente sostenuto per la tecnologia utilizzata nell'intervento definito dal rapporto tra spesa sostenuta in euro e potenza termica al focolare installata in kWt. I valori massimi di C , ai fini del calcolo dell'incentivo, sono indicati in Tabella 2;

$\%spesa$ = percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento, come espressa in Tabella 2;

I_{tot} = incentivo totale, cumulato per gli anni di godimento, connesso all'intervento in oggetto;

I_{max} = valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale.

INTERVENTI 1.E, 1.F, 1.G

Per gli interventi di trasformazione degli edifici in “edifici a energia quasi zero nZEB”, sostituzione di corpi illuminanti con lampade a led e installazione di tecnologie “building automation”, l'incentivo viene calcolato secondo la seguente formula:

$$I_{tot} = \%spesa * C * S_{ed} \quad \text{con } I_{tot} \leq I_{max}, \text{ dove}$$

S_{ed} = è la superficie utile calpestabile dell'edificio soggetta ad intervento [m²];

C = costo specifico effettivamente sostenuto per la tecnologia utilizzata nell'intervento definito dal rapporto tra spesa sostenuta in euro e superficie utile calpestabile dell'edificio; è inferiore o pari alla superficie utilizzata per il calcolo della prestazione energetica dell'edificio. I valori massimi di C , ai fini del calcolo dell'incentivo massimo, sono indicati in Tabella 2;

$\%spesa$ = percentuale incentivata della spesa totale sostenuta per l'intervento, come espressa in Tabella 2;

I_{tot} = incentivo totale, cumulato per gli anni di godimento, connesso all'intervento in oggetto;

I_{max} = valore massimo raggiungibile dall'incentivo totale.

Ovviamente nel DM 16 Febbraio 2016 (CT 2.0) vengono descritti anche i metodi di calcolo degli incentivi per le operazioni di efficientamento energetico della 2° tipologia, vale a dire interventi di produzione di energia termica da fonti rinnovabili e sistemi ad alta efficienza. Siccome questi interventi non sono mai stati effettuati da S.a.ba.r. Servizi nel progetto di riqualificazione delle scuole, tali metodi non saranno esplicitati.

APE E DIAGNOSI ENERGETICHE

Ai fini dell'applicazione dell'articolo 15 del presente decreto, i costi unitari massimi ammissibili e il valore massimo erogabile per l'esecuzione di diagnosi energetiche e certificazioni energetiche sono ricavabili dalla seguente tabella:

TABELLA 3. COSTI UNITARI MASSIMI AMMISSIBILI E VALORE MASSIMO EROGABILE PER DIAGNOSI ENERGETICA

Destinazione d'uso	Superficie utile dell'immobile [m ²]	Costo unitario massimo [€/m ²]	Valore massimo erogabile [€]
Edifici residenziali della classe E1 del DPR 26 agosto 1993, n. 412 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme.	Fino a 1600 compresi	1,50	5.000
	Oltre 1600	1,00	
Edifici della classe E3 del DPR 26 agosto 1993, n. 412 (Ospedali e case di cura).	-	3,50	18.000
Tutti gli altri edifici.	Fino a 2500 compresi	2,50	13.000
	Oltre 2500	2,00	

5. REQUISITI TECNICI

Per accedere agli incentivi previsti dal CT 2.0 è necessario rispettare i requisiti tecnici di soglia che variano in base al tipo di intervento effettuato.

INTERVENTI 1.A, 1.B

TABELLA 4. REQUISITI DI TRASMITTANZA MINIMI PER AVERE ACCESSO AGLI INCENTIVI

Tipologia di intervento		Requisiti tecnici di soglia per la trasmittanza	
Articolo 4, comma 1, lettera a)	<i>i.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento coperture (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica B	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica C	$\leq 0,27 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica D	$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica E	$\leq 0,20 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica F	$\leq 0,19 \text{ W/m}^2\text{*K}$
	<i>ii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pavimenti (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	$\leq 0,43 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica B	$\leq 0,40 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica C	$\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica D	$\leq 0,28 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica F	$\leq 0,23 \text{ W/m}^2\text{*K}$
	<i>iii.</i> Strutture opache orizzontali: isolamento pareti perimetrali (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 6946)	Zona climatica A	$\leq 0,38 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica B	$\leq 0,38 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica C	$\leq 0,30 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica D	$\leq 0,26 \text{ W/m}^2\text{*K}$
Zona climatica F		$\leq 0,22 \text{ W/m}^2\text{*K}$	
Articolo 4, comma 1, lettera b)	Sostituzione di chiusure trasparenti, comprensive di infissi (calcolo secondo le norme UNI EN ISO 10077-1), se installate congiuntamente a sistemi di termoregolazione o valvole termostatiche ovvero in presenza di detti sistemi al momento dell'intervento.	Zona climatica A	$\leq 2,60 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica B	$\leq 2,60 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica C	$\leq 1,75 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica D	$\leq 1,67 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica E	$\leq 1,30 \text{ W/m}^2\text{*K}$
		Zona climatica F	$\leq 1,00 \text{ W/m}^2\text{*K}$

INTERVENTI 1.C

TABELLA 5. REQUISITI DI RENDIMENTO TERMICO UTILE MINIMI PER AVERE ACCESSO AGLI INCENTIVI

Tipologia di intervento		Requisiti tecnici di soglia per la tecnologia
Articolo 4, comma 1, lettera c)	Installazione di generatori di calore a condensazione ad alta efficienza di potenza termica al focolare inferiore o uguale a 35 kW	Rendimento termico utile $\geq 93 + 2 \cdot \log P_n$ (*) (misurato secondo le norme UNI EN 15502)
	Installazione di generatori di calore a condensazione ad alta efficienza di potenza termica al focolare superiore o uguale a 35 kW	Rendimento termico utile $\geq 93 + 2 \cdot \log P_n$ (*) (misurato secondo le norme UNI EN 15502)

(*) $\log P_n$ è il logaritmo in base 10 della potenza nominale del generatore, espressa in kWt. Per valori di P_n maggiori di 400 kWt si applica il limite massimo corrispondente a $P_n = 400$ kWt.

Nel caso di interventi di cui all'articolo 4, comma 1, lettera a), che prevedano l'isolamento termico dall'interno o l'isolamento termico in intercapedine, i valori delle trasmittanze di cui alla Tabella 4 sono incrementati del 15%.

Per interventi di installazione di generatori di calore a condensazione, a cui fa riferimento la Tabella 5, sono anche installate **valvole termostatiche a bassa inerzia termica** (o altra regolazione di tipo modulante agente sulla portata) su tutti i corpi scaldanti a esclusione:

- a) dei locali in cui l'installazione di valvole termostatiche o altra regolazione di tipo modulante agente sulla portata sia dimostrata inequivocabilmente non fattibile tecnicamente nel caso specifico;
- b) dei locali in cui è installata una centralina di termoregolazione con dispositivi modulanti per la regolazione automatica della temperatura ambiente. In caso di impianti al servizio di più locali, è possibile omettere l'installazione di elementi di regolazione di tipo modulante agenti sulla portata esclusivamente sui terminali di emissione situati all'interno dei locali in cui è presente una centralina di termoregolazione, anche se questa agisce, oltre che sui terminali di quel locale, anche sui terminali di emissione installati in altri locali;
- c) degli impianti di climatizzazione invernale progettati e realizzati con temperature medie del fluido termovettore inferiori a 45°C;

L'intervento comprende la messa a punto e l'equilibratura del sistema di distribuzione del fluido termovettore e l'adozione, in caso di molteplici unità immobiliari, di un sistema di contabilizzazione individuale dell'energia termica utilizzata e di conseguente ripartizione delle spese. Per impianti aventi potenza nominale del focolare maggiori o uguali a 100 kW, oltre al rispetto di quanto riportato ai punti precedenti, l'asseverazione reca le seguenti ulteriori specificazioni:

- a. che sia stato adottato un **bruciatore di tipo modulante**;
- b. che la **regolazione climatica agisca direttamente sul bruciatore**;
- c. che sia stata installata una **pompa di tipo elettronico a giri variabili**.

Gli interventi che prevedono l'installazione di generatori di calore a condensazione sono favoriti da incentivi economici se per le annualità successive alla prima vengono effettuate le manutenzioni secondo la norma tecnica di riferimento per ciascun impianto o, se più restrittive, secondo le istruzioni per la manutenzione fornite dal fabbricante.

INTERVENTI 1.F

Per interventi di sostituzione di sistemi di illuminazione d'interni e delle pertinenze esterne degli edifici esistenti con sistemi a led o a più alta efficienza:

- a) le lampade devono essere certificate da laboratori accreditati anche per quanto riguarda le caratteristiche fotometriche (solido fotometrico, resa cromatica, flusso luminoso, efficienza), nonché per la loro conformità ai criteri di sicurezza e di compatibilità elettromagnetica previsti dalle norme tecniche vigenti e recanti la marcatura CE;
- b) le lampade devono rispettare i seguenti requisiti tecnici:
 - i.* indice di resa cromatica > 80 per l'illuminazione d'interni e > 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne degli edifici;
 - ii.* efficienza luminosa minima: 80 lm/W.
- c) la potenza installata delle lampade non deve superare il 50% della potenza sostituita, nel rispetto dei criteri illuminotecnici previsti dalla normativa vigente;
- d) gli apparecchi di illuminazione devono rispettare i requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari emanati ai sensi delle direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e devono avere almeno le stesse caratteristiche tecnico funzionali di quelli sostituiti e permettere il rispetto dei requisiti normativi d'impianto previsti dalle norme UNI e CEI vigenti;
- e) i sistemi di illuminazione esterni o emittenti verso l'esterno sono realizzati in conformità alla normativa sull'inquinamento luminoso e sulla sicurezza.

3) PARTICOLARITÀ DEL CT 2.0

Oltre agli interventi effettivi che sono necessari per effettuare interventi di efficientamento energetico previsti dal CT 2.0, nei requisiti tecnici vengono indicate alcune particolarità necessarie per ottenere gli incentivi. Si tratta di piccoli accorgimenti che permettono di ottenere notevoli migliorie di risparmio dei consumi e sfruttamento dell'energia.

In particolare, sono 4 le accortezze tecnologiche alle quali si fa riferimento:

- Valvole termostatiche;
- Bruciatore di tipo modulante;
- Regolazione climatica che agisce direttamente sul bruciatore;
- Sistemi di illuminazione a led.

1. VALVOLE TERMOSTATICHE

La valvola termostatica è un meccanismo che permette di regolare la temperatura all'interno dei locali in cui è presente. È composta da una testina regolabile installata in corrispondenza dell'apposito corpo valvola presente sui corpi scaldanti dei locali.

Proprio la **testa termostatica** permette di impostare la temperatura desiderata e di solito può essere di due modalità: con simboli intuitivi, come fiocco di neve per il freddo e un sole per il caldo, o con una numerazione **da 1 a 5**. A ogni valore numerico corrisponde una temperatura: in generale, impostando il termosifone su 3 si avrà una temperatura di **20 gradi**. Più alto è il numero e più acqua calda passerà nel sifone. Anche se i valori sono cinque, è possibile posizionare la valvola anche in posizioni intermedie. Solitamente una tacca (in più o in meno) corrisponde a cinque gradi centigradi di differenza. La giusta impostazione della temperatura influisce sui consumi e, una gestione corretta e attenta, permette di ottenere considerevoli risparmi.

Il meccanismo che regola le valvole è molto semplice: in base alla temperatura impostata la valvola si apre e lascia passare il flusso d'acqua. Più è alta e più acqua passa. Inoltre, nella testa termostatica è inserito un liquido che si espande o si ritrae a seconda della temperatura che viene impostata. Se all'esterno la temperatura si alza, il liquido tenderà ad espandersi spingendo un otturatore che progressivamente ridurrà, fino a chiuderlo, il flusso d'acqua calda diretto al radiatore. Quando invece la temperatura diminuisce ha luogo l'effetto contrario.

Al giorno d'oggi esistono in commercio diversi tipi di valvole, con prezzi differenti in base alla tecnologia delle quali dispongono. È intuitivo che più il prezzo della valvola è elevato e maggiore sarà il risparmio conseguibile nel tempo grazie alle migliori opzioni di gestione del dispositivo termostatico.

Le valvole impiegate da S.a.ba.r. Servizi sono principalmente di 2 tipi:

- 1) Manuali con configurazione analogica;
- 2) Automatiche con configurazione digitale, ovvero tele-programmabili da remoto;

Il risparmio ottenibile non è facilmente quantificabile, dipende infatti dall'utilizzo più o meno corretto delle valvole. Si può comunque affermare che un utilizzo corretto può portare ad un risparmio compreso tra il 10 e il 15%.

2. BRUCIATORE MODULANTE

Il bruciatore è l'elemento della caldaia dove il combustibile (gas, gasolio, legna) si miscela all'ossigeno e innesca la combustione. Il calore prodotto dalla combustione riscalda l'acqua nello scambiatore di calore, che fluisce poi in tutto l'impianto di riscaldamento.

Nelle caldaie di vecchia concezione, il bruciatore era costantemente in funzione. Ciò comportava consumi energetici elevati e notevoli emissioni inquinanti in atmosfera. Le caldaie di ultima generazione e imposte dal CT 2.0 adottano bruciatori a modulazione continua. Ciò significa che il funzionamento del bruciatore varia in funzione del fabbisogno termico, consentendo di ridurre notevolmente i consumi e le emissioni inquinanti di CO₂ e NOx (sigla generica che indica tutti i tipi di ossidi di azoto e le loro miscele).

3. REGOLAZIONE CLIMATICA

La regolazione di temperatura climatica è un tipo di regolazione semplice e molto utile se abbinato all'utilizzo di valvole termostatiche sui corpi scaldanti (regolazione ambiente).

La **regolazione climatica** associa una determinata temperatura di mandata della caldaia in funzione delle condizioni climatiche esterne.

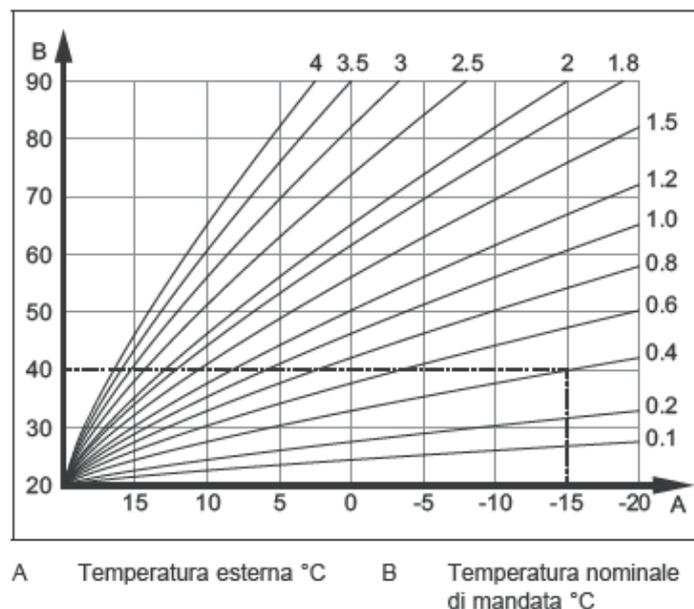


Figura 1. Diagramma di regolazione climatica

Dalla figura si osserva che, in relazione alla curva scelta, per ogni valore di temperatura esterna c'è un corrispondente valore di temperatura di mandata. La scelta della curva dipende dalla zona climatica in cui ci si trova, in riferimento proprio alle condizioni climatiche di temperatura esterna minima raggiungibile nel periodo invernale.

Il sistema rileva la temperatura esterna e in base al parametro impostato (da 0.1 a 4 in base alla zona climatica) calcola la temperatura di mandata per fare in modo che nell'edificio in questione ci siano più o meno 20°C.

Se l'edificio presenta un buon isolamento termico, il parametro è da impostare più basso, viceversa se ha molte dispersioni di calore verso l'esterno, il parametro sarà scelto più alto.

La condizione di temperatura esterna, infatti, influenza l'andamento delle dispersioni termiche dell'edificio, che richiederà una potenza termica inversamente proporzionale alla temperatura esterna. Si pensi, ad esempio, a condizioni esterne minime di temperatura (ad esempio $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$) alle quali l'impianto di riscaldamento dovrà fornire una notevole potenza termica per compensare la forte dispersione di energia dell'edificio. Sulla base di questa considerazione, la regolazione climatica assume valori massimi di temperatura di mandata del generatore di calore quando all'esterno vi sono temperature molto basse, e valori moderati quando le condizioni esterne saranno più favorevoli (ad esempio $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$). La misurazione della temperatura esterna avviene con una sonda installata all'esterno dell'edificio con orientamento preferibile a nord e lontano da fonti di calore. Nei moderni generatori a condensazione la gestione della temperatura di mandata può avvenire andando ad agire sulla portata di gas metano e quindi direttamente sul bruciatore modulante, mentre nel passato, con generatori tradizionali, concepiti per il funzionamento ad alte temperature, la regolazione della temperatura di mandata avveniva miscelando parte della portata di fluido di ritorno con quella di mandata mediante l'impiego di valvole a tre vie miscelatrici.

Il grosso **limite della regolazione climatica** è che non è possibile determinare una temperatura di mandata del generatore di calore univoca che risponda correttamente alle diverse esigenze delle singole unità abitative. Basti pensare alle differenti superfici disperdenti e ai diversi locali di un edificio nei quali nell'arco di una giornata vi saranno sicuramente temperature differenti, in base all'orientamento del locale (nord, sud, ovest, est) e del suo utilizzo. Per colmare queste lacune, vengono appunto introdotte delle valvole termostatiche su tutti i corpi scaldanti, ottenendo una regolazione ambiente che, abbinata alla regolazione climatica, migliora notevolmente il rendimento di regolazione dell'impianto termico.

4. **SISTEMI DI ILLUMINAZIONE A LED**

Il **LED** ("Light Emitting Diode", cioè "Diodo ad emissione di luce") è un diodo che permette il passaggio di corrente in una direzione e blocca totalmente la corrente che scorre nella direzione inversa. È formato quindi da due elettrodi e il suo scopo fondamentale è quello di emettere luce.

Esso garantisce ottime prestazioni di efficienza energetica, portando a una produzione di 90/100 lumen per ogni Watt utilizzato, decisamente maggiore rispetto al consumo di energia dei sistemi di illuminazione tradizionali. I LED sono



Figura 2. Diodi colorati con elettrodi

particolarmente interessanti per le loro caratteristiche di elevata efficienza luminosa e di affidabilità.

I LED sono sempre più utilizzati in sostituzione delle sorgenti di luce tradizionali. Il loro utilizzo nell'illuminazione domestica, quindi in sostituzione di lampade ad incandescenza, alogene o fluorescenti compatte (comunemente chiamate a risparmio energetico), permette di ottenere ottimi risultati. I principali vantaggi rispetto a sistemi di illuminazione tradizionali sono:

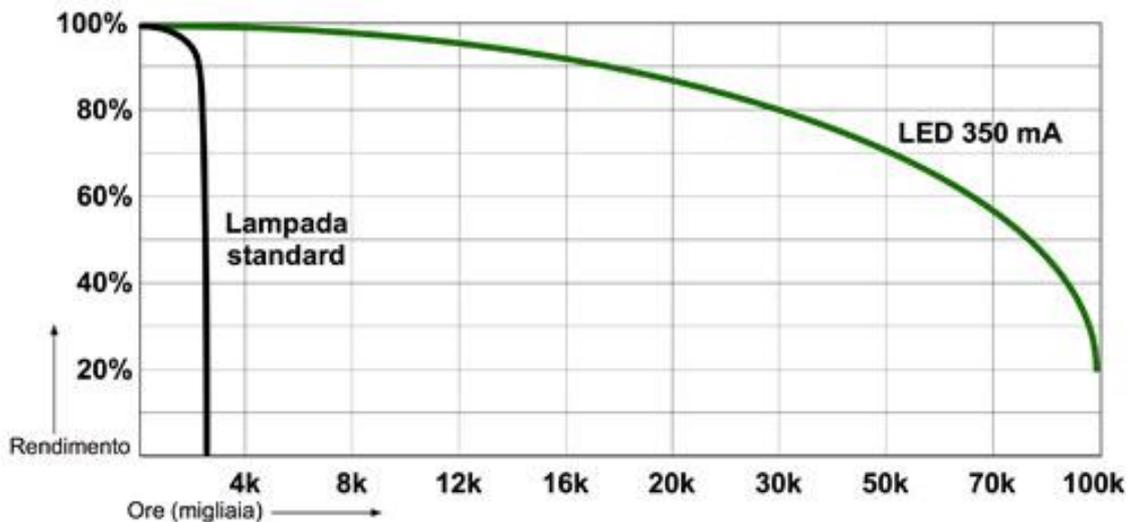


Figura 3. Grafico durata di funzionamento lampada standard e lampada a led

- Durata di funzionamento (i LED ad alta emissione arrivano a circa 100.000 ore);
- Assenza di costi di manutenzione;
- Elevato risparmio energetico;
- Luce pulita perché priva di componenti IR (radiazione infrarossa) e UV (radiazione ultravioletta);
- Funzionamento in sicurezza perché a bassissima tensione (normalmente tra i 3 e i 24 V in DC);
- Accensione immediata;
- Colori saturi;
- Insensibilità a umidità e vibrazioni;
- Assenza di mercurio, silicio ed altri materiali inquinanti e nocivi;
- Bassa emissione di calore.

Grazie alla sua elevata efficienza e basso impatto ambientale, il LED può essere considerato una forma di illuminazione **ecosostenibile**.

4) CALDAIA A CONDENSAZIONE

Come emerge dal CT 2.0, l'unico modello di caldaia installabile per ottenere efficientamento energetico sono le caldaie a condensazione. Non solo, in realtà il 26 settembre 2015 entra in vigore anche in Italia la Direttiva Europea 2005/32/CE, denominata "Ecodesign", attiva in alcuni paesi europei già dal 2005, che rende obbligatorio per legge l'utilizzo delle sole caldaie a condensazione.

Una **caldaia a condensazione** è una caldaia ad acqua calda nella quale si ha la condensazione del vapore acqueo dei fumi di scarico. È maggiormente efficiente rispetto a una caldaia a combustione tradizionale, la quale espelle i fumi di condensa senza sfruttare il loro elevato calore.

La caldaia a condensazione va invece a recuperare il calore latente dei fumi prima che questi vengano espulsi e lo utilizza per preriscaldare l'acqua che ritorna dai radiatori. La temperatura dei fumi di scarico di conseguenza è inferiore rispetto a una caldaia tradizionale e inoltre emette meno sostanze nocive, è meno inquinante.

Queste caldaie devono anche disporre di opportune canne fumarie in acciaio Inox, resistenti agli acidi di condensa, utilizzate per lo smaltimento di una parte dei fumi.

Inoltre, necessitano anche di pozzi/serbatoi per la raccolta della condensa dei fumi che, una volta filtrati tramite un neutralizzatore, vengono immessi nel circuito fognario.

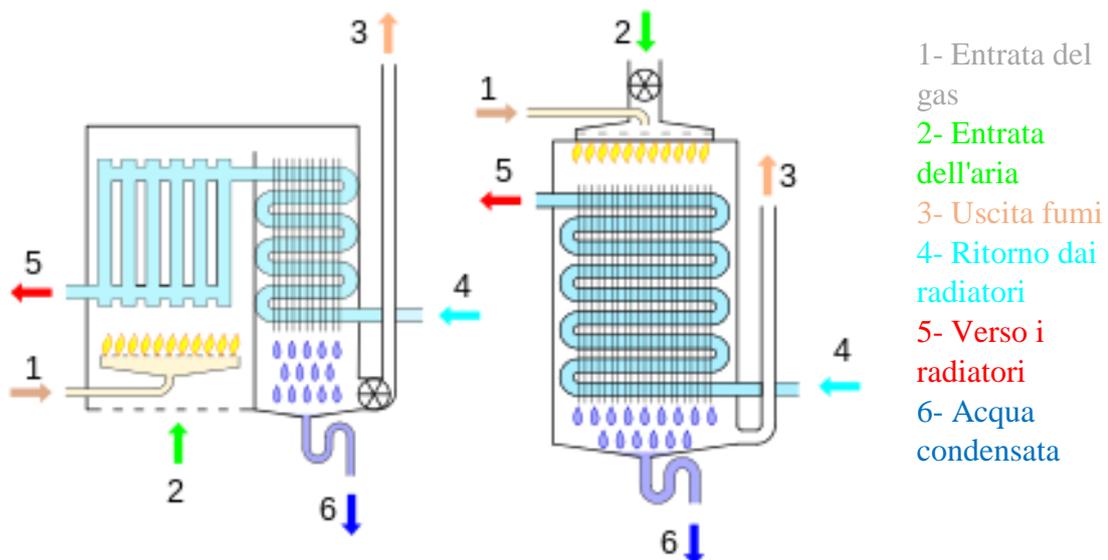


Figura 4. Schema di funzionamento di una caldaia a condensazione

Con le caldaie a condensazione si può ottenere un risparmio sulla bolletta del gas fino al 35%, pertanto viene ripagato il maggiore esborso necessario rispetto ad una caldaia tradizionale.

Le caldaie a condensazione sono prodotti nuovi; si tratta di una delle ultime tecnologie nel settore energetico, per questo le prestazioni sono in linea di massima molto buone. Grazie ad una corretta termoregolazione dell'ambiente si può quindi avere comfort e risparmio energetico. Inoltre, aspetto di non poca considerazione, si ottiene una riduzione delle emissioni nocive di NO_x, CO₂ e CO fino al 75%.

5) LE ENERGY SERVICE COMPANY

Le **Energy Service Company (ESCO)** sono società che effettuano interventi finalizzati a migliorare l'efficienza energetica, assumendo il rischio dell'iniziativa e liberando il cliente finale da ogni onere organizzativo e di investimento. I risparmi economici ottenuti vengono divisi tra la ESCO e il cliente finale in base alle modalità di contratto stipulate.

Le caratteristiche fondamentali di una ESCO, che la differenziano da altri enti di servizi energetici, sono:

1. La ESCO viene remunerata in base al risparmio conseguito. Il profitto della ESCO è legato al risparmio energetico effettivamente conseguito con la realizzazione del progetto. La differenza tra la bolletta energetica pre e post intervento migliorativo spetta alla ESCO in toto o pro-quota fino alla fine del periodo di pay-back previsto, cioè fino a quando la ESCO non è in grado di ripagarsi l'intervento sostenuto. Per la ESCO è molto importante rendicontare in modo preciso e chiaro i risparmi, tramite protocolli di misura e verifica (M&V) come ad esempio il Protocollo Internazionale di Misura e Verifica delle Prestazioni (IPMVP).
2. La ESCO finanzia o procura il finanziamento per il progetto. La peculiarità operativa è quindi che gli interventi tecnici necessari ad ottenere i risparmi energetici non sono effettuati dal cliente, ma mediante investimenti sostenuti dalle stesse ESCO. L'utente di energia rimane così sgravato da ogni forma di investimento, e non dovrà preoccuparsi di finanziare gli interventi migliorativi dell'efficienza dei propri impianti.
3. La ESCO garantisce al cliente il risparmio energetico. L'obiettivo primario della ESCO è quindi ottenere un risparmio attraverso il miglioramento dell'efficienza energetica, per conto della propria clientela utente di energia.

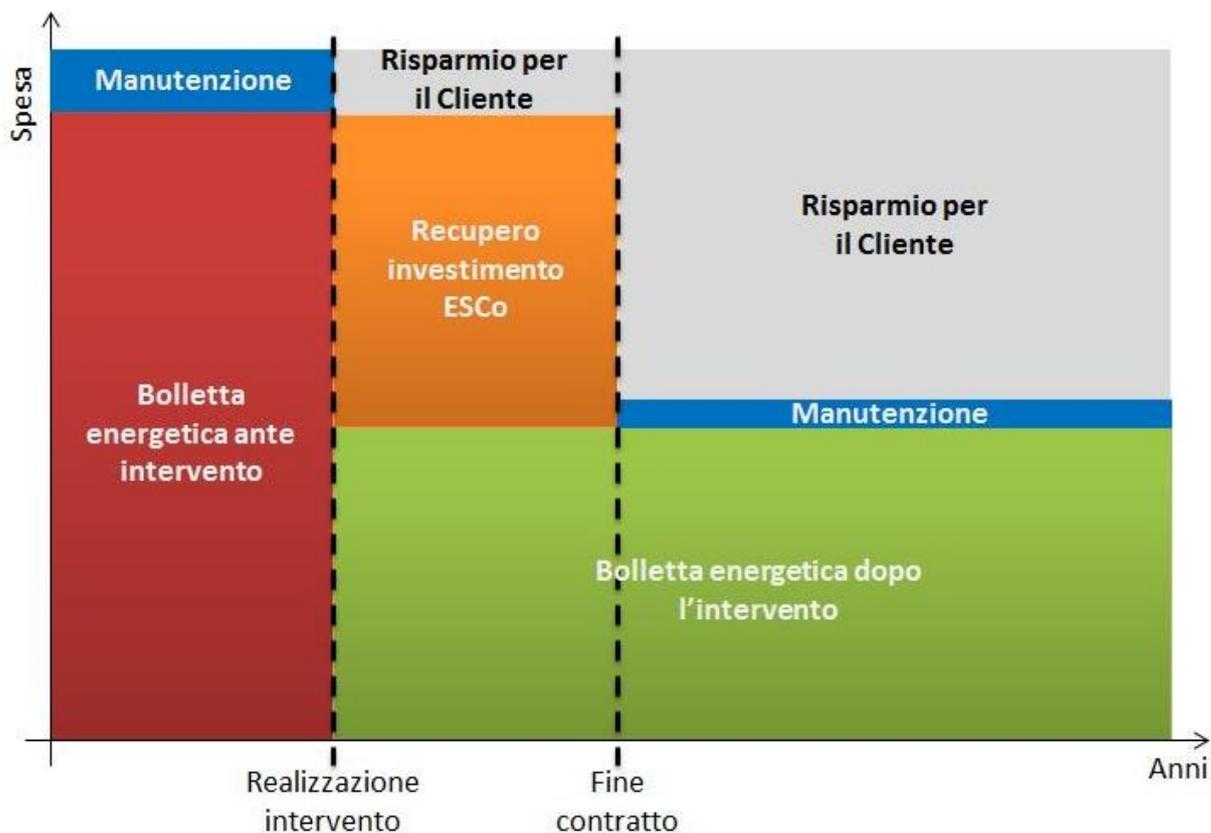


Figura 5. Grafico funzionamento di una esco

Il decreto ministeriale Ambiente del 7 marzo 2012 ha definito i criteri ambientali minimi che le pubbliche amministrazioni devono inserire nei bandi di gara per l'acquisto dei servizi energetici degli edifici.

Per definirsi ESCO, un'azienda deve essere certificata in base alla norma UNI CEI 11352 e deve avere capacità organizzativa, diagnostica, progettuale, gestionale, economica e finanziaria e disporre di personale con le necessarie competenze tecniche, come stabilito dal DM Ambiente 7 marzo 2012.

L'ESCO deve essere in grado di svolgere le seguenti attività:

- Diagnosi energetiche;
- Verifica legislativa degli impianti;
- Elaborazione di studi di fattibilità preliminari, con analisi tecnico economica;
- Progettazione degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica;
- Realizzazione degli interventi di miglioramento dell'efficienza energetica;
- Manutenzione degli impianti di miglioramento dell'efficienza energetica;
- Monitoraggio dei consumi, delle prestazioni e dei risultati;
- Supporto tecnico per l'acquisizione e gestione dei finanziamenti, incentivi, bandi.

Tutte le attività possono anche essere gestite in subappalto con un adeguato sistema di qualificazione e gestione dei fornitori/subappaltatori.

S.a.ba.r. Servizi dal 18 Ottobre 2016 è certificata ESCO in base alla norma UNI CEI 11352. Come tale, è stata incaricata da un SA (il comune di residenza della scuola, che cambia di volta in volta) di attuare i progetti di efficientamento energetico nelle scuole, divenendo pertanto SR.

S.a.ba.r. Servizi non ha effettuato i vari interventi di efficientamento direttamente, ma delegando le operazioni ad aziende che sono riuscite ad aggiudicarsi i bandi di gara (appalti pubblici) proposte da S.a.ba.r. Servizi. Lo svolgersi delle operazioni di aggiudicazione di un appalto fino alla realizzazione e conclusione dei lavori concordati, è regolato secondo le norme del decreto legislativo 50 del 18 Aprile 2016 (Codice degli appalti).

6) CENNI TEORICI DI FISICA TECNICA

1. ENERGIA, LAVORO E CALORE

Energia. L'energia posseduta da un sistema può esistere sotto diverse forme che possono essere distinte in 2 categorie:

- Forma macroscopica: energia cinetica, energia potenziale;
- Forma microscopica: energia legata alla struttura microscopica del sistema e al grado di attività molecolare.

L'energia totale di un sistema si può indicare genericamente con il simbolo E ; l'energia per unità di massa è definita dal rapporto:

$$e = \frac{E}{m}$$

m = massa del sistema

Lavoro. Il lavoro L è la quantità di energia che viene scambiata in un'interazione di tipo lavoro, ovvero in uno scambio di energia meccanica. Per il terzo principio della dinamica, ad una forza esterna che agisce sul sistema, dando luogo ad un'interazione di tipo lavoro, corrisponde una forza uguale e contraria che il sistema esercita sull'ambiente circostante. La convenzione del segno per il lavoro stabilisce che:

- $L > 0$ se il lavoro è compiuto dal sistema sull'ambiente;
- $L < 0$ se il lavoro è compiuto dall'ambiente sul sistema.

Il lavoro scambiato per unità di massa è definito dal rapporto:

$$l = \frac{L}{m}$$

Calore. La quantità di energia che viene scambiata in un'interazione di tipo calore (termica) prende il nome di calore e si indica con la lettera Q : l'energia che viene scambiata tra un sistema e l'ambiente circostante esclusivamente in virtù di una differenza di temperatura. Dati due sistemi in equilibrio meccanico a contatto termico

l'uno con l'altro, il calore si trasferisce spontaneamente dal sistema a temperatura più alta al sistema a temperatura più bassa, fino al raggiungimento di un equilibrio termico (i due sistemi raggiungono la stessa temperatura, non vi è più scambio di calore). La convenzione del segno per il calore stabilisce che:

- $Q > 0$ se il sistema riceve calore dall'ambiente;
- $Q < 0$ se il sistema cede calore all'ambiente.

Si può definire il calore scambiato per unità di massa:

$$q = \frac{Q}{m}$$

L'unità di misura per energia, lavoro e calore è il Joule [J], mentre le quantità per unità di massa si esprimono in [J/kg].

2. PRIMO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA

Equivalenza lavoro-calore. La distinzione tra lavoro e calore si riferisce alla modalità con la quale un sistema scambia energia con il proprio ambiente. Ci sono casi in cui si assiste ad una vera e propria conversione di energia meccanica (lavoro) in energia termica (calore), a causa della presenza di effetti dissipativi, come ad esempio l'attrito tra corpi solidi a contatto e in moto relativo tra loro, o le azioni delle forze viscosse nei fluidi. James Prescott **Joule** dimostrò che sussiste un'**equivalenza tra calore ed energia meccanica**, appurando che, per un sistema termicamente isolato, la quantità di lavoro necessaria a produrre un determinato aumento della temperatura dell'acqua è sempre la stessa, indipendentemente dalle modalità con cui avviene la conversione tra energia meccanica e termica. In particolare, egli arrivò a dimostrare che per innalzare la temperatura di un grammo di acqua di 1 °C sono necessari 4.186 J. Tale quantità viene denominata **caloria** e rappresenta l'equivalente meccanico del calore.

Enunciato del primo principio. Grazie alla generalizzazione degli esperimenti di Joule, si ottiene il primo principio della termodinamica:

Se si fa passare un sistema da uno stato iniziale a uno finale,

la somma algebrica delle quantità di energie scambiate è indipendente

dal processo, ma dipende solo dagli stati iniziale e finale.

Di fatto, il primo principio si può tradurre nel principio di conservazione dell'energia declinato per sistemi termodinamici:

L'energia non può essere creata né distrutta,

ma può solo essere convertita da una forma all'altra

Primo principio: forma integrale. Generalizzando il concetto ad un processo qualunque, che implichi uno scambio di energia meccanica non adiabatico, e pertanto anche uno scambio di calore, si può scrivere che la variazione dell'energia del sistema nel passare dallo stato iniziale 1 allo stato finale 2 è uguale alla somma algebrica dei diversi contributi di scambio di energia con l'ambiente:

$$Q_{1 \rightarrow 2} - L_{1 \rightarrow 2} = E_2 - E_1$$

Entalpia. A partire dall'energia interna di un sistema U , è possibile definire una proprietà di stato nota come **entalpia**, che si associa al simbolo **H**:

$$H = U + pV$$

L'entalpia ha le stesse dimensioni di un'energia e si misura in [J]; se si considerano quantità specifiche, h è definita:

$$h = u + pV$$

dove

$$u = \frac{U}{m} \quad \text{e} \quad v = \frac{V}{m}$$

3. **BILANCIO ENERGETICO PER SISTEMI CHIUSI**

Riapplicando la forma integrale del primo principio ad un sistema chiuso, senza variazione della sua energia cinetica o potenziale, si ottiene

$$Q_{12} - L_{12} = U_2 - U_1 = \Delta U_{12}$$

Tale equazione rappresenta la **forma integrale del bilancio energetico di un sistema chiuso**, che può anche essere scritta in termini specifici, cioè prendendo in considerazione le energie per unità di massa:

$$q_{12} - l_{12} = u_2 - u_1 = \Delta u_{12}$$

Lavoro di variazione del volume. Solitamente nello studio della termodinamica dei sistemi chiusi si è spesso interessati al *lavoro di variazione del volume*, definibile come il risultato di un'interazione che abbia come conseguenza la variazione di volume del sistema, ossia la sua *compressione* o *espansione*.

Se nella trattazione di un sistema chiuso si considera come contenuto unicamente la somma delle fasi fluide in esso presenti, allora il lavoro di variazione di volume rappresenta l'unica modalità con cui tale sistema scambia lavoro con l'ambiente attraverso il suo contorno. Tutte le altre variazioni di energia che coinvolgono il sistema possono essere, di conseguenza, ricondotte a scambi di calore.

Il lavoro infinitesimo scambiato può essere definito:

$$\delta L = p \Sigma \Delta A ds = p dV$$

In una trasformazione quasi statica finita, in cui il volume di un sistema passa da V_1 a V_2 , il lavoro compiuto risulta:

$$L_{12} = \int_{V_1}^{V_2} p dV$$

Nel caso si consideri un sistema che compie un processo da uno stato 1 a uno stato 2, durante il quale il volume rimane costante, si ha $L_{12} = 0$.

4. BILANCI DI MASSA ED ENERGIA PER SISTEMI APERTI

Lo scambio di energia attraverso il contorno di sistemi aperti avviene, come nel caso dei sistemi chiusi, mediante interazioni di tipo calore e lavoro. Per i sistemi aperti è necessario tener conto anche del trasferimento di energia dovuto alla massa entrante o uscente dal sistema. Per essi, vale la stessa convenzione di segno utilizzata per il calore: i flussi *entranti* aumentano l'energia del sistema, e sono dunque *positivi*; al contrario, i flussi *uscanti* sottraggono energia al sistema e sono pertanto *negativi*.

Equilibrio locale e flusso monodimensionale. La materia che fluisce attraverso un sistema aperto scambia energia attraverso il contorno dello stesso, pertanto i valori delle coordinate termodinamiche sono soggetti a variazioni spaziali all'interno del dominio. Ne consegue che non è possibile parlare propriamente di stati di equilibrio per il sistema, in senso *globale*. È possibile però considerare degli stati del sistema in cui l'equilibrio termodinamico sussista a livello *locale*.

Se si considera il flusso di un fluido attraverso un sistema aperto come **monodimensionale**, ossia caratterizzato da una direzione prevalente, si può ipotizzare che la condizione di equilibrio locale valga su ogni sezione del volume di controllo trasversale al fluido. Tale ipotesi è accettabile per la maggior parte delle proprietà di un fluido, ma non per la velocità u del fluido.

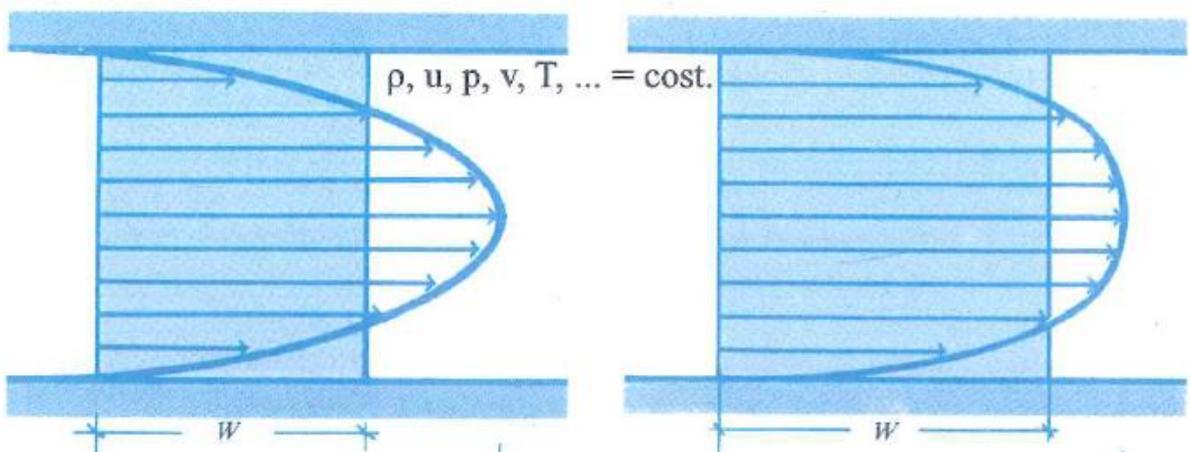


Figura 6. Profili di velocità in un condotto a sezione costante: laminare (a sinistra) e turbolento (a destra)

Portata in massa e in volume. Se si considera una qualsiasi sezione di un sistema aperto, interna al sistema o corrispondente a una delle sezioni di ingresso o uscita del sistema, la massa che attraversa tale sezione nell'unità di tempo è detta **portata in massa**, e si indica con il simbolo \dot{m} . Per una porzione infinitesima dA della superficie A , si ha

$$\dot{m} = \int_A \rho(u \cdot n) dA$$

che si misura in [kg/s].

In maniera del tutto analoga è possibile definire la **portata in volume** \dot{V} come il volume di fluido che attraversa una data sezione nell'unità di tempo:

$$\dot{V} = \int_A (u \cdot n) dA$$

misurata in [m³/s].

Introducendo la velocità media ω di attraversamento di una generica sezione A

$$\omega = \frac{1}{A} \int_A (u \cdot n) dA$$

si ottiene

$$\dot{V} = \omega A$$

$$\dot{m} = \rho \omega A$$

Equazione di bilancio della massa. La massa e l'energia di un sistema possono essere convertiti l'una nell'altra tramite la ben nota relazione di Einstein $E = mc^2$.

Per i sistemi chiusi, il principio di conservazione dell'energia è insito nella definizione stessa di *massa di controllo* (la massa di un sistema chiuso rimane costante nel tempo). Per un *volume di controllo* (sistema aperto in cui non varia il volume), bisogna tener conto che la massa potrebbe attraversare il contorno del sistema. Per il principio di conservazione della massa per un generico sistema aperto, si ha che la *differenza tra la massa totale entrante nel sistema e la massa totale uscente dal sistema è uguale alla variazione netta di massa nel volume di controllo*. Riferendosi all'unità di tempo, è possibile scrivere l'**equazione di bilancio della massa** o equazione di continuità, sul generico volume di controllo V

$$\sum \dot{m}_i - \sum \dot{m}_u = \frac{d}{dt} \int_V \rho dV$$

Dove i pedici i e u denotano rispettivamente le portate entranti e uscenti dal sistema.

Flussi di energia. Per un sistema occorre tenere conto dei *flussi di energia* associati alle masse entranti e uscenti. Si possono quindi definire delle *portate di energia* (energia per unità di tempo) sulle sezioni di ingresso e di uscita del sistema:

$$\dot{E} = \int_A \rho e (u \cdot n) dA$$

dove e è l'energia specifica associata alla materia che attraversa la sezione infinitesima dA . Tale energia può essere scomposta nelle sue componenti *cinetica*, *potenziale* e *interna*:

$$e = e_c + e_p + u = \frac{|u|^2}{2} + gz + u$$

Pertanto, la portata di energia \dot{E} che attraversa il sistema è pari a:

$$\dot{E} = \int_A \rho e (u \cdot n) dA = \int_A \rho \left(\frac{|u|^2}{2} + gz + u \right) (u \cdot n) dA$$

Tale integrale si può notevolmente semplificare se:

- Si richiama la definizione di portata di massa;
- Si richiama l'ipotesi di monodimensionalità del flusso per assumere ρ e u costanti;
- Si intende la quota z della sezione A come quota del suo centro geometrico rispetto a un opportuno sistema di riferimento;
- Si introduce un coefficiente correttivo adimensionale α per esprimere l'integrale dell'energia cinetica sulla sezione A , in termini di velocità media ω , allo scopo di tener conto della disuniformità della velocità sulla sezione. α è definito come il rapporto tra l'integrale dell'energia cinetica sulla sezione e l'energia cinetica definita in base alla velocità media:

$$\alpha = \frac{\int_A \rho \frac{|u|^2}{2} (u \cdot n) dA}{\int_A \rho \frac{\omega^2}{2} (u \cdot n) dA} \approx \frac{\int_A |u|^3 dA}{A \omega^3}$$

Il coefficiente α assume un valore (esatto) $\alpha = 2$ nel caso di flusso laminare in un canale piano, mentre risulta $\alpha = 1,1 \div 1,2$ nel caso di flussi turbolenti confinati, e $\alpha = 1$ nel caso di un flusso libero (non in prossimità di pareti).

Applicando queste quattro semplificazioni, \dot{E} si può riscrivere come segue:

$$\dot{E} = \rho \left(\frac{1}{2} \alpha \omega^2 + gz + u \right) \dot{V} = \dot{m} \left(\alpha \frac{\omega^2}{2} + gz + u \right)$$

Equazione di bilancio dell'energia. Il principio di conservazione dell'energia applicato a un sistema aperto afferma che la velocità di variazione nel tempo dell'energia immagazzinata all'interno del volume di controllo è uguale alla differenza tra la quantità totale di energia entrante nel volume di controllo e la quantità totale di energia uscente dal volume di controllo nell'unità di tempo. Pertanto, il bilancio energetico per un volume di controllo V si può scrivere come:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho e dV = \dot{Q} - \dot{L} + \sum \dot{E}_i - \sum \dot{E}_u$$

dove

$\frac{d}{dt} \int_V \rho e dV$ = energia contenuta nell'unità di tempo

$\sum \dot{E}_i$ = flusso di energia entrante

$\sum \dot{E}_u$ = flusso di energia uscente

\dot{Q} = energia scambiata sotto forma di calore nell'unità di tempo → **potenza termica**

\dot{L} = energia scambiata sotto forma di lavoro nell'unità di tempo → **potenza meccanica**

Entrambe le potenze, termica e meccanica, si misurano in [W].

Applicando l'equazione finale dei flussi di energia per sistemi aperti ai flussi di energia entrante e uscente si ottiene:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho e dV = \dot{Q} - \dot{L} + \sum \dot{m}_i \left(\alpha \frac{\omega^2}{2} + gz + u \right)_i - \sum \dot{m}_u \left(\alpha \frac{\omega^2}{2} + gz + u \right)_u$$

Lavoro di pulsione. Un sistema aperto è caratterizzato da una porzione di contorno aperta, tramite cui si possono avere degli scambi di massa in entrata e in uscita con l'ambiente esterno. Il calore scambiato attraverso le porzioni di contorno aperta è in genere trascurabile, perché il calore scambiato viene considerato strettamente legato alla porzione chiusa del sistema aperto. Di contro, l'introduzione o l'espulsione di una certa quantità di fluido attraverso le sezioni di ingresso e uscita è associato ad un lavoro di pulsione che il fluido compie (se esce dal sistema) o subisce (se viene introdotto nel sistema).

Si consideri un volume infinitesimo di fluido dV caratterizzato da una pressione p . Si può immaginare che tale elemento di fluido sia "spinto" nel sistema dal fluido che si trova immediatamente a monte o a valle di esso, il quale agisce come un pistone immaginario. Se si indica con ds lo spostamento infinitesimo dell'elemento fluido considerato, e con A la sezione di ingresso, si ha che $dV = Ads$ e che la quantità infinitesima di lavoro di pulsione δL_p associato all'ingresso o all'uscita del fluido è, in valore assoluto:

$$|\delta L_p| = pAds$$

Considerando che tale processo avvenga in un tempo infinitesimo dt , la stessa equazione può essere riscritta in termini di lavoro per unità di tempo:

$$\frac{|\delta L_p|}{dt} = |\dot{L}_p| = pA \frac{ds}{dt} = pA\omega$$

dove ω rappresenta la velocità media del fluido sulla sezione considerata. In base alle definizioni di volume specifico ($v = \frac{1}{\rho}$) e portata di massa ($\dot{m} = \rho\omega A$), si ottiene che

$$|\dot{L}_p| = pA\omega = \dot{m}pv$$

Allora, il lavoro totale scambiato nell'equazione di bilancio dell'energia per un sistema aperto considerando un certo volume di controllo V , diventa:

$$\dot{L} = \dot{L}_c + \dot{L}_p = \dot{L}_c + \dot{m}_u(pv)_u - \dot{m}_i(pv)_i$$

dove il termine \dot{L}_c indica la potenza meccanica che il sistema compie o riceve attraverso la porzione chiusa del suo contorno.

Introducendo la definizione di entalpia e di lavoro totale scambiato in un sistema aperto, nella equazione di bilancio dell'energia per un sistema aperto, considerando un certo volume di controllo V , si ottiene:

$$\frac{d}{dt} \int_V \rho e dV = \dot{Q} - \dot{L}_c + \sum \dot{m}_i \left(\alpha \frac{\omega^2}{2} + gz + h \right)_i - \sum \dot{m}_u \left(\alpha \frac{\omega^2}{2} + gz + h \right)_u$$

Per sistemi a due correnti in regime stazionario, ovvero una condizione tale per cui la massa e l'energia contenuta nel volume del controllo non variano nel tempo (si annullano infatti le derivate temporali), in cui perciò la portata in ingresso \dot{m}_i eguaglia quella in uscita \dot{m}_u , definendo

$$\dot{m}_i = \dot{m}_u = \dot{m}$$

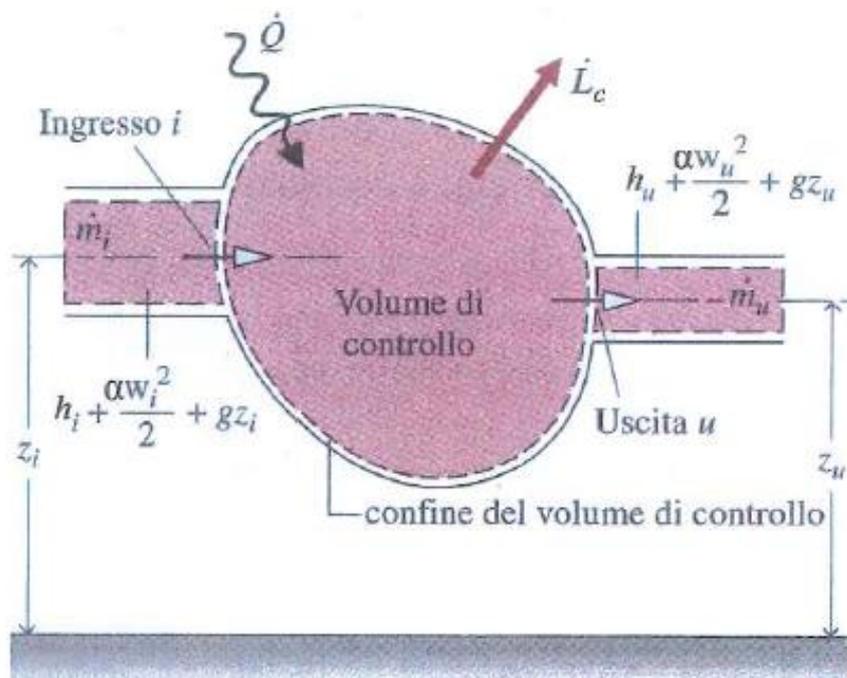


Figura 7. Schema di sistema aperto a due correnti in regime stazionario

l'equazione di bilancio dell'energia diventa:

$$\dot{Q} - \dot{L}_c = \dot{m} \left[\left(\alpha \frac{\omega^2}{2} + gz + h \right)_u - \left(\alpha \frac{\omega^2}{2} + gz + h \right)_i \right]$$

5. ANALISI DI COMPONENTI A FLUSSO STAZIONARIO

Vengono esaminati alcuni dispositivi di interesse ingegneristico, i quali possono essere agevolmente analizzati per sistemi aperti, per i quali vale l'ipotesi di flusso stazionario.

Tali dispositivi possono essere suddivisi nelle seguenti categorie:

- **Condotti:** elementi meccanici per il trasporto di fluidi e/o il collegamento di componenti in un impianto;
- **Macchine a fluido:** turbine, compressori e pompe, ossia apparecchiature atte a realizzare il trasferimento di energia meccanica;
- **Caldaie e scambiatori di calore:** apparecchiature atte a realizzare il trasferimento di energia termica;
- **Valvole di laminazione:** elementi meccanici per la riduzione di pressione.

Nel calcolo totale dell'energia per ognuno di questi dispositivi vengono considerate 3 ipotesi: flusso stazionario (come già accennato), sistemi a due correnti (una corrente entrante e una uscente) e flusso monodimensionale (caratterizzato da una direzione prevalente); ciò comporta che la variazione di energia cinetica ed energia potenziale su ogni sezione trasversale del volume di controllo sia nulla ($\Delta e_c \approx \Delta e_p = 0$).

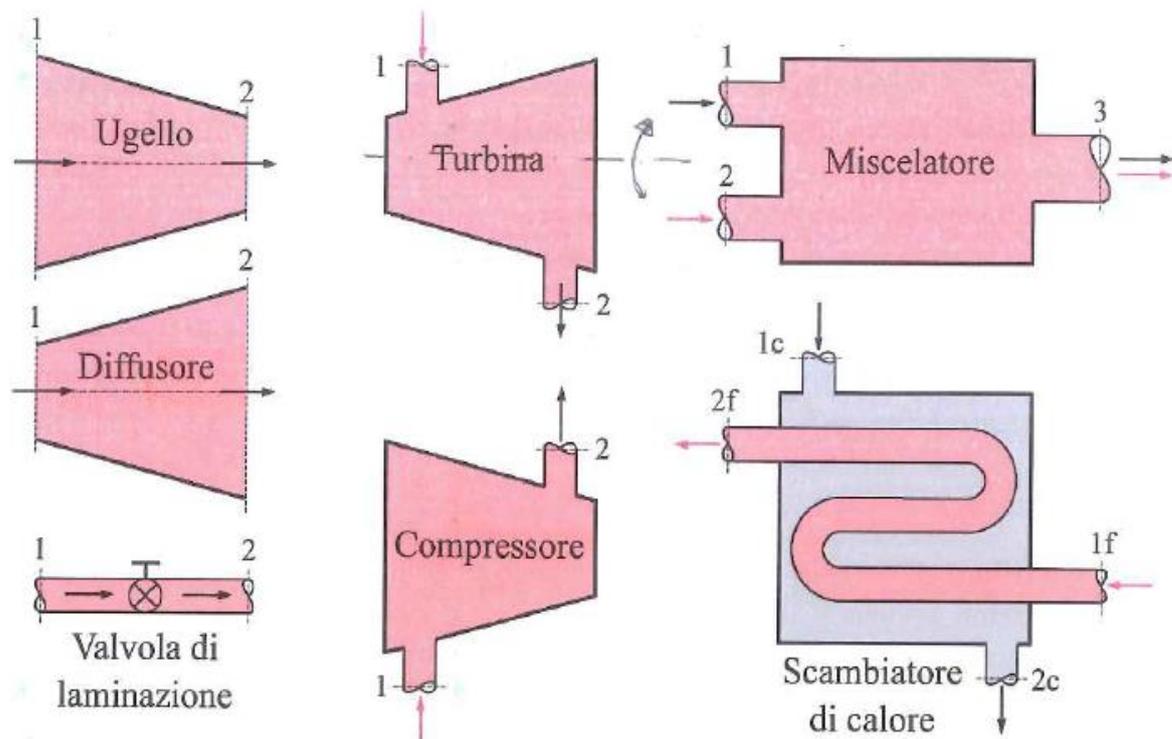


Figura 8. Schema dei principali dispositivi a flusso stazionario

Condotti. Dal punto di vista dell'analisi termodinamica, un condotto è un sistema piuttosto semplice, in cui un fluido fluisce dalla sezione di entrata (1) alla sezione di uscita (2), eventualmente scambiando energia termica. La potenza utile scambiata dal sistema attraverso il suo sistema risulta nulla, $\dot{L}_c = 0$.

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

Se poi si considera un condotto dotato di un buon isolamento termico, tale per cui $\dot{Q} \approx 0$, allora si ottiene $h_2 = h_1$.

Turbine, compressori e pompe. Una turbina è un dispositivo da cui si ottiene lavoro in conseguenza del passaggio di un gas o di un liquido attraverso una serie di palettamenti in parte statici e fissati al telaio del sistema (statore), in parte solidali con un albero rotante (rotore o girante). Le turbine estraggono dal liquido potere entalpico che viene trasformato in \dot{L}_c .

I compressori, invece, sono dispositivi destinati a svolgere lavoro su di un vapore o un gas allo scopo di aumentarne la pressione. Essi si suddividono in due categorie principalmente: compressori alternativi e compressori rotativi. I compressori svolgono un ruolo opposto rispetto alle turbine: sfruttano il \dot{L}_c dei gas per estrarre potere entalpico.

Le pompe, infine, sono macchine deputate all'innalzamento della pressione di un liquido e, per esse, è possibile assumere come valida l'ipotesi di incomprimibilità tipica dei liquidi. Queste si suddividono in volumetriche o dinamiche.

In generale, per una macchina a fluido, è possibile supporre che la potenza termica scambiata tra il sistema e l'ambiente esterno sia trascurabile rispetto al lavoro ottenuto dal sistema o da esso fornito ($\dot{Q} \approx 0$). Pertanto

$$\dot{L}_c = \dot{m}(h_1 - h_2)$$

Scambiatori di calore, miscelatori e caldaie. Si definiscono scambiatori di calore quei dispositivi destinati a trasferire energia termica tra due fluidi in movimento a differente temperatura, senza che tra questi vi sia miscelamento. Dei due fluidi che attraversano lo scambiatore, uno si troverà, almeno in ingresso, ad una temperatura maggiore (fluido più caldo identificato con il pedice c), e l'altro ad una temperatura minore (fluido più freddo identificato con il pedice f). Per la conservazione della massa si avrà, in condizioni stazionarie, che \dot{m}_c e \dot{m}_f sono costanti. Per quanto riguarda il bilancio di energia, il trasferimento di energia avviene generalmente a pressione costante e nessuna interazione lavoro ha luogo attraverso la porzione chiusa del contorno, per cui $\dot{L}_c = 0$. Se si considera lo scambiatore nel suo complesso, è possibile inoltre trascurare la potenza termica scambiata verso l'esterno, $\dot{Q} \approx 0$: di fatto, per massimizzare lo scambio termico tra i due fluidi, è buona norma minimizzare lo scambio termico verso l'ambiente, isolando termicamente l'intero sistema. Si ottiene:

$$\dot{m}_f(h_{2f} - h_{1f}) = \dot{m}_c(h_{1c} - h_{2c})$$

Quindi la potenza termica \dot{Q}_f assorbita dal fluido freddo è uguale e opposta alla potenza termica \dot{Q}_c ceduta dal fluido caldo: $\dot{Q}_f = \dot{Q}_c$.

Una camera di miscelazione o miscelatore è un dispositivo in cui avviene il mescolamento di due correnti fluide, generalmente a diversa temperatura. Per un miscelatore si possono ritenere valide le stesse ipotesi effettuate per uno scambiatore di calore ($\dot{L}_c = 0$, $\dot{Q} \approx 0$). Pertanto, considerando 1 e 2 i pedici dei fluidi entranti miscelati, e 3 il pedice del fluido uscente ottenuto dalla miscelazione dei primi due, si ha:

$$\dot{m}_1 + \dot{m}_2 = \dot{m}_3$$

e applicando il bilancio dell'energia diventa

$$\dot{m}_1 h_1 + \dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3$$

(considerando un miscelatore adiabatico $\rightarrow \dot{Q} \approx 0$)

Una caldaia è un dispositivo che opera un trasferimento di calore da una sorgente termica (esterna al volume di controllo) ad un liquido. Il calore fornito al fluido deriva dalla combustione di un gas o di un olio combustibile, da reazioni nucleari, o da altri sorgenti di energia. Si parla anche di generatore di vapore se, lungo il processo, il liquido viene parzialmente o completamente vaporizzato. Per una caldaia, come per uno scambiatore di calore che realizza un cambiamento di fase (evaporatore o condensatore), si ha che la potenza termica \dot{Q} ceduta o assorbita dal fluido associato a una generica sezione di ingresso 1 e una sezione di uscita 2 è data da

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_2 - h_1)$$

Valvole di laminazione. Le valvole di laminazione sono dispositivi che producono una significativa riduzione della pressione di un fluido in un condotto, attraverso il brusco restringimento della sezione di passaggio. Quanto più la valvola è chiusa, tanto più si ostacolerà il flusso e maggiore sarà la caduta di pressione tra monte e valle. Vi sono casi in cui, per la grande caduta di pressione, il liquido inizia ad evaporare: tale fenomeno è definito cavitazione. Le valvole di laminazione possono essere in genere considerate adiabatiche, per le loro ridotte dimensioni che non permettono scambi di calore significativi ($\dot{Q} \approx 0$). Inoltre, esse non comportano alcuna interazione di tipo lavoro, per cui $\dot{L}_c = 0$. Si ottiene nell'equazione del bilancio dell'energia

$$h_2 = h_1$$

7) CENNI TEORICI PER LO SVILUPPO DEI CALCOLI

SMC. Con la sigla *Smc* vengono considerati gli standard metri cubi di una certa quantità di gas naturale (metano) in precise condizioni di temperatura e pressione. Di fatto, il volume di una quantità di gas varia in base alla pressione atmosferica e temperatura cui è sottoposto.

Per cui si rende necessario trovare delle condizioni univoche per misurare il volume del gas naturale. Per evitare di svantaggiare alcune categorie di utenti, i metri cubi di gas vanno conteggiati come se fossero standard metri cubi, ovvero la quantità di gas naturale che si ottiene alle condizioni standard di 15°C ed una pressione di 0,001 bar. Per tale motivo non si parla semplicemente di metro cubi (mc), ma appunto di **standard metri cubi (Smc)**.

Oggi giorno i contatori di GN sono dotati di un sistema che effettua automaticamente la conversione da mc a Smc di gas naturale, tramite un **coefficiente di conversione**: un valore alfanumerico presente nella bolletta che varia in base a determinati fattori come la posizione geografica, l'altitudine e il punto di prelievo del gas.

TEP. La sigla *Tep* indica ufficialmente le “*tonnellate equivalenti di petrolio*”. Le *Tep* sono un'unità di misura dell'energia e vengono utilizzate per confrontare tra loro differenti tipi di energia (misurabili con differenti unità di misura). Solitamente tramite questo dato, viene stimato un certo risparmio di energia, quantificato, per l'appunto, in tonnellate di petrolio.

Per convertire i kWh di EE in *Tep*:

$$1 Tep = 0,187 * 10^{-3} kWh$$

Per quanto riguarda il GN, la conversione di Smc in *Tep* avviene:

$$1 Smc = 10,69 kWh$$

ed infine (come per l'EE)

$$1 Tep = 0,187 * 10^{-3} kWh$$

Fh. Il fattore di normalizzazione *Fh* è un coefficiente correttivo per il calcolo dell'energia da utilizzare per il riscaldamento di edifici; è dipendente dalle ore di funzionamento del riscaldamento. Tabelle per il calcolo del fattore *Fh* possono essere trovate tramite l'ENEA (Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile).

GG. I gradi giorno sono un'unità di misura; in particolare corrispondono alla somma estesa a tutti i giorni, in un periodo annuale in cui si fa utilizzo del riscaldamento, delle sole differenze positive giornaliere tra la temperatura, fissata convenzionalmente per ogni paese (in Italia è pari a 20°C), e la temperatura media esterna giornaliera, acquisita tramite le stazioni di registrazione delle temperature dell'ARPAE (Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna).

2.DESCRIZIONE S.A.BA.R.

S.A.Ba.R. (“**Servizi Ambientali Bassa Reggiana**”) è un ente pubblico nato per volontà di 8 comuni limitrofi della bassa reggiana, i quali ne sono soci e proprietari: Boretto, Brescello, Gualtieri, Guastalla, Luzzara, Novellara, Poviglio e Reggiolo.



Figura 9. Logo S.a.ba.r. S.p.A.

In un primo momento (1982) nasce S.a.ba.r. S.p.A., impresa volta alla stretta collaborazione con enti locali e organi di vigilanza per la raccolta, il trasporto e la gestione intelligente dei rifiuti urbani con

successivo stoccaggio, recupero e smaltimento in discarica. La gestione dell’impianto, fino al settembre del 1994, è stata condotta dal Comune di Novellara, con la collaborazione di una cooperativa di lavoratori agricoli, la CILA, alla quale vengono affidati tutti i lavori all’interno del cantiere.

Nel frattempo, grazie alla Legge 142/90, che rilascia ai comuni la possibilità di costruire società, avanza la volontà di affidare la gestione della discarica e della raccolta dei rifiuti nei comuni ad un unico soggetto. Il motivo principale che spinge gli amministratori dei comuni soci verso tale scelta è rappresentato dalla necessità di costruire un organo direzionale autonomo, capace di garantire servizi più efficienti e di assumere un ruolo di rilievo nelle politiche ambientali sul territorio dei Comuni interessati.

Nel 2003 S.a.ba.r. S.p.A. ha iniziato l’iter di certificazione ambientale e di registrazione al regolamento Emas II del sito e dell’organizzazione. Dopo circa un anno di attività, nel gennaio 2004, l’ente di certificazione DNV (Det Norske Veritas) ha convalidato ufficialmente la dichiarazione ambientale e ha rilasciato la certificazione UNI EN ISO 14001, mentre l’Apat (Agenzia per la protezione ambientale e per i servizi tecnici), nel maggio 2004, ha rilasciato la certificazione EMAS.

Nel 2011 invece nasce S.a.ba.r. Servizi S.r.l., con compiti volti alla gestione dei centri di raccolta e dei servizi per i cittadini, quali servizi cimiteriali, pulizia stradale e gestione dell’illuminazione pubblica. In particolare, oggi si occupa dell’efficientamento energetico delle scuole per permettere ai comuni di ridurre costi e consumi.



Figura 10. Logo S.a.ba.r. Servizi S.r.l.

1) STABILIMENTO



Figura 11. Vista dall'alto dell'impianto di S.a.ba.r.

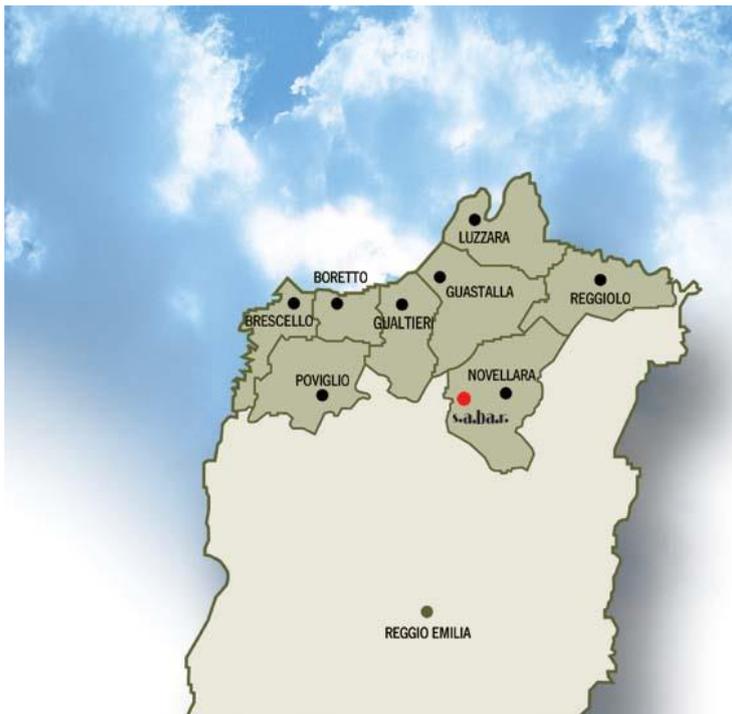


Figura 12. Posizione impianto S.a.ba.r

Lo stabilimento è comune a entrambi i rami della società: si trova a Novellara (RE) in via Levata 64, e si estende in una zona di uso prevalentemente agricolo per circa 700.000 m^2 . Di questi, 500.000 m^2 sono occupati dalla discarica utilizzata per lo smaltimento dei rifiuti urbani, ovvero la principale attività per la quale S.a.ba.r. oggi è conosciuta e che gli ha permesso in tutti questi anni di acquisire un'importante liquidità finanziaria, denominata fondo post-mortem ed utilizzata per numerosi investimenti.

2) ATTIVITÀ

1. RECUPERO ENERGETICO

S.a.ba.r., in corretta direzione con i suoi obiettivi operativi, cerca di utilizzare le risorse a disposizione investendo nelle fonti rinnovabili e nel futuro, riducendo il più possibile i consumi di energia provenienti da fonti fossili (petrolio, gas, carbone) e promuovendo nel territorio logiche di risparmio energetico.

2. BIOGAS DEI RIFIUTI

Dal 1996, S.a.ba.r. sfrutta il biogas proveniente dai rifiuti in discarica per la produzione di energia elettrica. Ciò grazie all'utilizzo di motori di cogenerazione, collegati rispettivamente ai bacini di discarica che sfruttano il metano contenuto nel biogas di scarico dei rifiuti e lo convertono in energia elettrica. Inizialmente erano in uso 4 motori di cogenerazione, mentre attualmente ne vengono utilizzati solo 3, perché la quantità di biogas erogata dai rifiuti precedentemente stoccati in discarica è in diminuzione. Inoltre, la parte organica che rilascia biogas da alcuni anni viene stoccata separatamente e non più da S.a.ba.r., procurando una notevole riduzione di biogas da sfruttare.

La produzione di energia elettrica è direttamente proporzionale al rifiuto posizionato in discarica e alla sostanza organica al suo interno, ed ha una media di 22.000.000 kWh annui. In seguito, parte di questa energia viene direttamente sfruttata dagli utilizzatori di S.a.ba.r. all'interno dell'impianto, mentre la parte rimanente viene venduta in rete.

3. ENERGIA TERMICA DELL'ACQUA

La continua ricerca di S.a.ba.r. nella riduzione massima dello spreco delle risorse a disposizione ha portato ad impiegare l'energia termica dell'acqua proveniente dalla centrale di cogenerazione come:

- Riscaldamento per uffici e officina;
- Riscaldamento per serre e coltura idroponica del basilico;
- Lavaggio di bidoni e cassonetti stradali tramite i mezzi eco wash.

S.a.ba.r. utilizza infatti l'acqua riscaldata durante la fase di raffreddamento dei motori di cogenerazione per riscaldare i 5000 m² di serre realizzate nel sito della discarica, gestite dalla cooperativa sociale "Il Bettolino". In queste serre vengono coltivate piante aromatiche, in particolare basilico tramite coltura idroponica, la cui produzione ammonta a 83.000 Kg l'anno e, a partire dal 2015, anche alga spirulina, alga dalle ottime proprietà nutrizionali.



Figura 13. Serra di basilico in S.a.ba.r.



Figura 14. Serra alga spirulina in S.a.ba.r.

TABELLA 6. RAPPORTO SUL RECUPERO ENERGETICO IN S.A.BA.R.

N° di cogeneratori	3
Potenza elettrica installata	4 MWe
Produzione energia elettrica	22 mln kWh/anno
EE auto consumata dall'impianto	1,8 mln kWh/anno
Certificati Verdi Prodotti	22.500 CV/anno
N° di cittadini equivalenti serviti	23.000
m^3 di biogas utilizzato ogni ora	$1650 m^3/h$
m^3 di biogas utilizzato all'anno	$14.454.000 m^3/h$
T (°C) fumi in uscita dai cogeneratori	500° C
T (°C) acqua in uscita dai cogeneratori	75° C
Potenza installata per teleriscaldamento	2,3 MWt
Lunghezza rete di teleriscaldamento	500 m
T_{max} mandata in rete	85° C
T_{min} ritorno dalla rete	70° C
Tonnellate di CO₂ risparmiate	9.900 ton

(MWe= megawatt elettrico, MWt= megawatt termico)

4. ENERGIA SOLARE

Grazie all'opportunità concessa dai decreti di incentivazione dell'energia elettrica prodotta da sole, S.a.ba.r. ha installato, tra il 2010 e il 2011, 3 innovativi impianti fotovoltaici mono e bi-direzionali in grado di produrre oltre 2.500.000 kWh ogni anno.

- ✓ 1° impianto: viene installato nel Dicembre 2010 sul capannone di trattamento della frazione secca dei rifiuti; è composto da 864 pannelli da 180 W ciascuno che ricoprono un'area di $1200 m^2$; tramite i 155 kWp (kilowatt picco) installati, si può ottenere una produzione annua di 180.000 kWh e la riduzione di emissione di CO₂ di 1700 ton in 20 anni.
- ✓ 2° impianto: viene installato nell'aprile 2011 sopra il terreno di copertura della discarica di rifiuti urbani e speciali non pericolosi; è composto da 5.554 pannelli da 180 W ciascuno che ricoprono un'area di $30.000 m^2$; tramite i 998 kWp installati, si può ottenere una produzione annua di 1.284.000 kWh e la riduzione di CO₂ di 13.500 ton in 20 anni.
- ✓ 3° impianto: viene installato nel dicembre 2011 sopra il terreno di copertura della discarica di rifiuti urbani e speciali non pericolosi; questo 3° impianto è gemellare al precedente.



Figura 15. Pannelli solari del 1° impianto fotovoltaico installato sul tetto del capannone



Figura 16. Pannelli solari del 2° impianto fotovoltaico installato sul terreno di copertura della discarica

TABELLA 7. RIEPILOGO IMPIANTI FOTOVOLTAICI INSTALLATI IN S.A.BA.R.

	1° IMPIANTO	2° IMPIANTO	3° IMPIANTO	TOTALE
Periodo di installazione	Dicembre 2010	Aprile 2011	Dicembre 2011	
Spazio occupato	1.200 m ²	30.000 m ²	30.000 m ²	61.200 m²
Potenza nominale (KWp)	155	998	998	2.151
N° pannelli (180 W)	864	5.554	5.554	11.972
Energia prodotta (prevista) all'anno (KWh)	180.000	1.284.000	1.284.000	2.748.000
CO ₂ risparmiata in 20 anni	1.700	13.500	13.500	28.700
TEP risparmiate in 20 anni	600	4.800	4.800	10.200

5. PRODUZIONE E VENDITA CIPPATO

Rimanendo sempre nell'ambito del recupero di materiale di scarto, S.a.ba.r. da qualche tempo gestisce anche la produzione di cippato e di ammendante non compostato verde, utilizzati come combustibile nelle centrali a biomassa.

Il materiale di partenza deriva dalla lavorazione del verde urbano: potature, tronchi, sfalci d'erba e foglie che vengono lavorati attraverso il passaggio in un vagliatore per ottenere un mix omogeneo, di dimensioni più fini e dai molteplici utilizzi.



Figura 17. Potature secche per la produzione di cippato



Figura 18. Mezzi per la produzione di cippato

3.EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Per efficientamento energetico si intende la capacità di un sistema fisico di ottenere prestazioni energetiche migliori rispetto ad un altro ritenuto meno efficiente, conservando un rendimento maggiore corrispondente a una riduzione dei costi e all'ottenimento di un risparmio energetico.

Per farlo non è solo necessario adottare le più moderne tecnologie disponibili sul mercato, ma è anche richiesto un corretto utilizzo delle stesse, eliminando sprechi e ottimizzando le gestioni.

È chiaro che il panorama al quale si può fare riferimento risulta davvero molto vasto e difficile da controllare, ma eseguire processi di efficientamento energetico è importante sotto più aspetti:

- ✓ Ridurre costi di esercizio;
- ✓ Ridurre il consumo di energia soggetto a continui incrementi negli anni;
- ✓ Ridurre l'inquinamento;
- ✓ Migliorare il comfort all'interno dei locali.

S.a.ba.r. Servizi a partire dal 2017 ha iniziato dei progetti di efficientamento energetico nelle scuole primarie e secondarie dei comuni della bassa reggiana (Brescello, Boretto, Gualtieri, Guastalla, Luzzara, Novellara, Poviglio, Reggiolo) per ridurre i consumi.

In particolare, sono 5 gli aspetti sui quali S.a.ba.r. ha concentrato i propri lavori:

- 1) Realizzazione del cappotto esterno delle strutture;
- 2) Sostituzione dei serramenti;
- 3) Isolamento dell'estradosso del solaio;
- 4) Rinnovamento degli impianti termici obsoleti e miglioramento delle condizioni di manutenzione e conservazione degli stessi;
- 5) Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne.

Ad oggi sono già stati realizzati i progetti di Boretto, Poviglio, Luzzara, Novellara e Guastalla. Sono in fase di realizzazione quello di Gualtieri e, successivamente, lo sarà quello di Reggiolo, mentre per Brescello non è stato previsto alcun progetto di efficientamento energetico.

1) CAPPOTTO ESTERNO

L'elemento con maggiore superficie responsabile dei principali consumi energetici dell'involucro termico risulta essere la parete esterna. Applicando sulle pareti esterne un sistema a cappotto diminuisce drasticamente il consumo energetico dell'edificio, evitando la presenza di ponti termici.

Il cappotto è comunemente realizzato mediante l'applicazione a colla e tassellatura di pannelli realizzati con materiali di origine naturale o con prodotti derivati dal ciclo degli idrocarburi.

Solitamente vengono utilizzati dei pannelli di polistirene espanso sinterizzato (EPS), un materiale con ottime capacità di isolamento termico e bassa conducibilità termica. Lo spessore di tali pannelli è in genere di 14 cm, ma può variare in base alle caratteristiche delle superfici verticali opache alle quali sono applicati: lo scopo finale è quello di ottenere una trasmittanza termica totale della parete inferiore o uguale a $0,23 \text{ W/m}^2\text{K}$. Posizionando lo strato isolante verso l'esterno si protegge la parete dalle escursioni termiche, pertanto la massa della muratura resta più calda in inverno e più fresca in estate, generando un migliore comfort abitativo.

L'isolamento a cappotto contribuisce anche ad un sensibile abbattimento dell'inquinamento acustico aiutando a proteggere gli ambienti interni dai rumori provenienti dall'esterno.

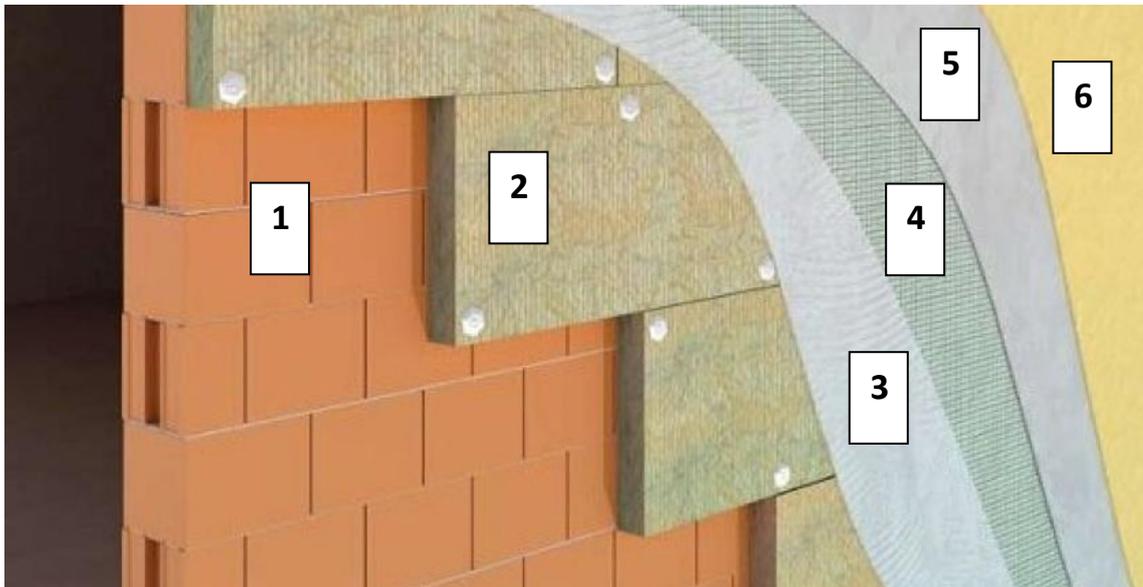


Figura 19. Prospetto degli strati del cappotto esterno

In figura 19 vengono indicati i 6 strati che compongono il cappotto esterno:

- 1- Muratura in laterizio;
- 2- Pannelli isolanti;
- 3- Prima rasatura;
- 4- Rete in fibra di vetro;
- 5- Seconda rasatura;
- 6- Finitura finale a vista.

2) SOSTITUZIONE SERRAMENTI

Si provvede alla sostituzione degli esistenti serramenti con nuovi in legno, PVC o alluminio maggiormente performanti.

Inoltre, al momento dell'installazione vengono controllate le infiltrazioni e le dispersioni del cassonetto contenente la tapparella avvolta, punto di notevole dispersione perché spesso non isolato e non a tenuta.

In genere i cassonetti moderni hanno piccole aperture che favoriscono il ricambio d'aria permettendo di regolare l'afflusso.

In questi ultimi anni quasi tutti i vetri tradizionali sono stati sostituiti dalle più moderne vetrocamere, che garantiscono prestazioni decisamente migliori. Le vetrocamere sono formate da doppi vetri che, infatti, isolano meglio dall'esterno sia termicamente che acusticamente. Sono chiamati vetrocamere perché dispongono di un'intercapedine tra i due strati di vetro che contiene aria secca o gas nobile (argon o kripton) che migliora notevolmente le proprietà termiche dell'infisso. I benefici che si ottengono scegliendo la vetrocamera al posto di vetri semplici, si quantificano in un risparmio energetico pari al 5%.

I nuovi serramenti sono composti da 1,2 o 3 ante apribili, più sopra luce, e devono avere una trasmittanza uguale o inferiore a $1,30 \text{ W/m}^2\text{K}$, come decretato per la zona climatica di tipo E.

I nuovi serramenti contribuiscono a ridurre la trasmissione del calore dall'interno dell'edificio verso l'esterno, permettendo quindi un risparmio sul calore prodotto dalla centrale termica.

In casi eccezionali, è stato necessario non modificare dal punto di vista estetico i serramenti, a causa della loro rilevanza storica.



Figura 20. Prospetto di serramento in vetrocamera d'uso comune

3) ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO

Per incrementare le capacità di isolamento termico del solaio verso il volume non riscaldato, viene steso sull'estradosso del solaio nel sottotetto uno strato di materiale isolante di lana di roccia o di vetro rivestito nel lato a vista con velo minerale privo di finiture estetiche. Lo strato isolante deve avere una trasmittanza adeguata a garantire un valore complessivo della partizione opaca inferiore pari a $0,25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ed il suo spessore può variare dai 5 ai 14 cm in relazione al materiale utilizzato. Solitamente si è cercato di isolare la maggior parte della superficie disponibile, ma non sempre è stato possibile per motivi tecnici o fisici.



Figura 21. Rotolo di lana di roccia da stendere nel sottotetto

Una volta stesi gli strati di lana isolante, vengono posizionati dei pannelli di legno per permettere il camminamento nel sottotetto senza calpestare lo strato isolante di lana, in modo da non danneggiare

prematuroamente l'isolante e non rilasciare fibre di vetro dannose per gli operatori.

4) RINNOVAMENTO IMPIANTI TERMICI

Le caldaie esistenti sono sostituite con generatori di calore a condensazione, di potenza termica adeguata al fabbisogno dell'edificio. I rendimenti dei generatori devono essere conformi e sufficienti all'ottenimento delle forme di incentivazione statali e regionali previste da POR FESR e Conto termico 2.0.

Queste caldaie sono più efficienti rispetto alle precedenti e possono ottenere rendimenti superiori al 100% (se si considera il potere calorifico inferiore), perché possono recuperare gran parte del calore latente di condensazione del vapore acqueo contenuto nei fumi della combustione.

La sostituzione del generatore prevede tutte le operazioni necessarie al corretto smontaggio dei gruppi termici obsoleti, al montaggio delle nuove unità con il ripristino di tutti i collegamenti idraulici, elettrici e di alimentazione del gas preesistenti, nonché al collaudo finale dell'impianto e alla coibentazione di tutte le tubazioni. I nuovi generatori a condensazione, di migliore efficienza, garantiranno un risparmio dato dal maggiore rendimento complessivo del sistema.

L'intera rete viene realizzata con tubazioni, accessori e coibentazioni conformi per qualità dei materiali e caratteristiche costruttive alle specifiche tecniche.

Per separare fisicamente il circuito primario (a contatto con il generatore) dal secondario (dove circola acqua proveniente dal vecchio impianto di distribuzione interno alla scuola), è installato uno scambiatore di disaccoppiamento al fine di preservare la delicata struttura del generatore dalla presenza di calcare e altre particelle deterioranti per il sistema. A tale scopo è anche presente un gruppo di riempimento automatico e addolcitore, che ha la funzione di evitare la formazione di calcare all'interno del circuito.

Tra i vari accessori installati in centrale termica ci sono: scambiatore di calore, vasi d'espansione, defangatore, addolcitore, elettropompe, impianto di adduzione del gas, manometri e idrometri, termometri per tubazioni, apparecchiature INAIL exISPESL, valvolame vario e giunti antivibranti.

Prima di collaudare il nuovo impianto, viene previsto un lavaggio dello stesso mediante lo scarico del fluido termovettore dell'impianto di riscaldamento, nel quale viene inserito un detergente liquido ad alte prestazioni per rimuovere fanghi e incrostazioni. Il liquido permane nelle tubazioni per circa 5/6 giorni alle normali temperature di utilizzo per permettergli di raggiungere ogni punto del circuito. In seguito, viene risciacquato il circuito e si procede a un nuovo riempimento con il fluido vettore (acqua).

L'operazione di lavaggio ha i seguenti vantaggi:

- Prevenire la formazione di calcare;
- Mantenere l'efficienza dell'impianto;
- Preservare il buono stato dell'impianto nel tempo.

Infine, viene controllato il funzionamento del riscaldamento verificando che non vi siano bolle d'aria all'interno dei circuiti, le quali potrebbero provocare il blocco parziale del fluido termovettore all'interno dei corpi scaldanti con conseguente ridotta resa termica, nonché il danneggiamento degli organi meccanici dell'impianto. Per permettere la fuoriuscita di aria dal circuito, intervengono in maniera automatica i jolly di sfiato (valvole automatiche di sfogo dell'aria nel circuito) posizionati nei punti alti del circuito (punti del circuito con maggiore altitudine), oppure si procede aprendo manualmente le valvole di sfiato nei vari corpi scaldanti.

Un importante contributo per il contenimento e la razionalizzazione dei consumi negli impianti di riscaldamento è dovuto all'utilizzo di valvole termostatiche, le quali regolano automaticamente l'afflusso di acqua calda in base alla temperatura scelta ed impostata su una apposita manopola graduata. Le valvole montate sono di due tipi: manuale con configurazione analogica, oppure con configurazione digitale e telecomprendibili a distanza tramite apposite centraline. Mediante quest'ultime è possibile fare precise selezioni degli orari di funzionamento nei vari ambienti in base alle esigenze. In particolare, vengono montate in quei locali che richiedono un utilizzo del riscaldamento a fasi alterne durante la giornata.

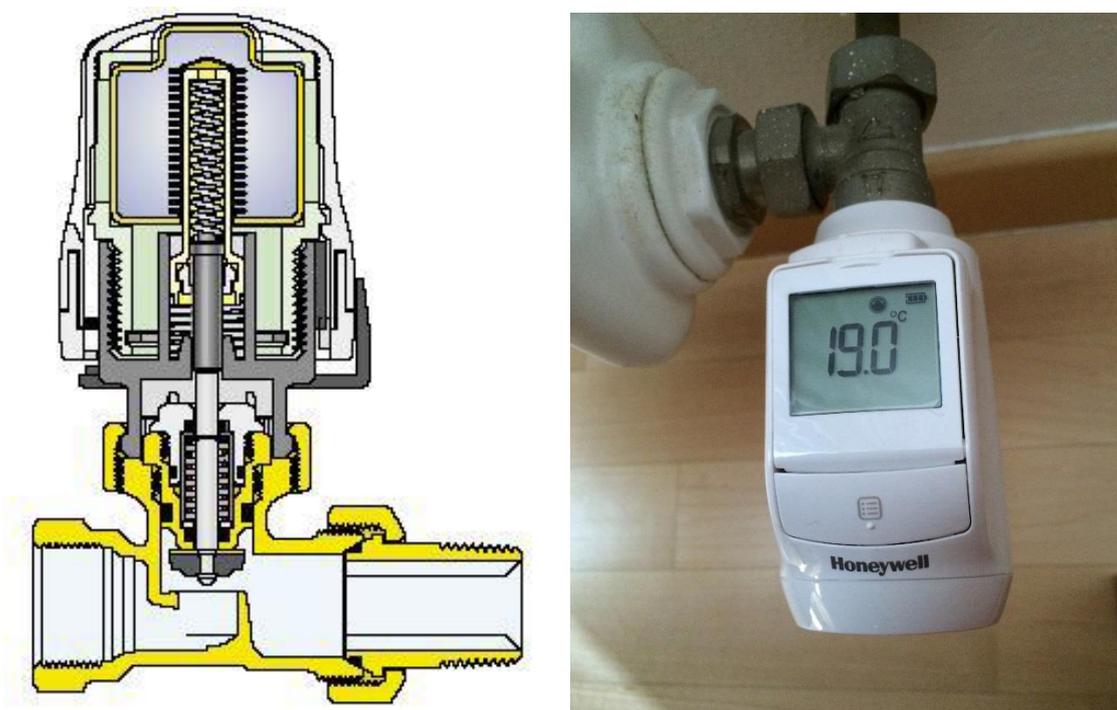


Figura 22. Valvola termostatica digitale



Figura 23. Valvola termostatica manuale

Anche per quanto riguarda le caldaie, vengono installati dei sistemi di telecontrollo che permettono di programmare gli orari e le intensità di funzionamento delle caldaie in maniera remota in base all'utilizzo dei locali scolastici.



Figura 24. Centralina per il telecontrollo di una caldaia

5) SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI

Avviene la sostituzione di tutti i corpi illuminanti esistenti con lampade a LED di adeguata potenza.

I LED generano calore, ma lo trattengono al loro interno, difatti l'involucro è in grado di controllare il calore generato e di smaltirlo verso dissipatori esterni. Possono quindi essere installati a contatto con legno, plastica, e tutti quei materiali che temono l'eccessivo calore. La potenza assorbita viene così impiegata interamente per l'illuminazione, ottimizzando l'efficienza.

Tutte le apparecchiature illuminanti installate devono rispettare i criteri minimi in ottemperanza alle normative di settore e alle normative del Conto Termico 2.0.

In particolare, requisiti tecnici da possedere sono:

- Indice di resa cromatica (IRC) > 80 per l'illuminazione d'interni e > 60 per l'illuminazione delle pertinenze esterne degli edifici;
- Efficienza luminosa minima: 80 lm/W.

Tutti gli apparecchi installati devono essere certificati da laboratori accreditati anche per quanto riguarda le caratteristiche fotometriche, conformi ai criteri di sicurezza e conformi dal punto di vista elettromagnetico come previsto dalle norme tecniche vigenti. Ogni corpo installato deve possedere la marcatura CE.

Oggetto di grande importanza dell'intervento è quello di trovare il giusto compromesso tra l'esigenza di limitare quanto più possibile le modifiche agli impianti elettrici e mantenere il numero dei punti luce esistente con la stessa dislocazione, rispettando i requisiti illuminotecnici prescritti dalle norme tecniche.

In alcune scuole è presente una differente modalità di accensione/spegnimento dell'impianto di illuminazione: classica accensione di tipo manuale, azionando ogni volta il rispettivo interruttore; oppure accensione di tipo automatica tramite delle sonde di movimento in cui viene regolato, in base alla luce presente nel locale, l'intensità luminosa da emettere. Il sistema di accensione automatico è sempre accompagnato dalla possibilità di utilizzare quello manuale.

In tutti i casi, la potenza installata delle lampade non deve superare il 50% della potenza sostituita, nel rispetto dei criteri illuminotecnici previsti dalla normativa vigente.

TABELLA 8. TABELLA DI RIEPILOGO DEGLI INTERVENTI EFFETTUATI

SCUOLA	INTERVENTO EFFETTUATO				
	1	2	3	4	5
BORETTO	✗	✗	✗	✓	✓
POVIGLIO	✓	✓	✓	✗	✓
LUZZARA	✓	✓	✓	✓	✓
NOVELLARA	✓	✓	✓	✓	✓
GUASTALLA	✗	✓	✓	✓	✓

1= Realizzazione cappotto esterno

2= Isolamento estradosso solaio

3= Sostituzione dei serramenti

4= Rinnovamento impianti termici

5= Sostituzione corpi illuminanti

✓ = intervento effettuato

✗ = intervento non effettuato
in quanto non previsto

4.SCUOLA PRIMARIA DI BORETTO “F.ALBERICI”

1) DESCRIZIONE GENERALE

La scuola primaria “F. Alberici” di Boretto, collocata in Via Firenze 1, nacque nel 1853 e fu inizialmente adibita a struttura ospedaliera. Solo in un secondo momento, nel 1979 l’edificio iniziò ad essere utilizzato per l’attività scolastica e nel 1980 il consiglio comunale approvò il progetto generale di rinnovamento della scuola che terminò nel 1986.

L’edificio, che sorge su di una pianta a forma di T rovesciata, è imponente: ha internamente sale vastissime, numerose e ben arieggiate, una facciata solenne che mostra decori architettonici a tutto tondo come le colonne doriche e le lesene ioniche.

La struttura si sviluppa in tre piani ed è servito da una scala, un ascensore per disabili e due scale di sicurezza in acciaio che garantiscono le vie di fuga a tutti i ragazzi distribuiti sui vari piani. Sono presenti dieci aule per l’insegnamento, per un totale di 220 ragazzi circa.

L’edificio presenta le seguenti caratteristiche plani-volumetriche:

- ✓ Volume lordo riscaldato: 14531,46 m³;
- ✓ Superficie netta riscaldata: 2462,94 m²;
- ✓ Superficie lorda disperdente: 5501,64 m².

2) INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO

Gli interventi di efficientamento realizzati sono:

- 1) Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione utilizzando generatori di calore a condensazione e montaggio valvole termostatiche su corpi scaldanti.
- 2) Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne;

1. RINNOVAMENTO IMPIANTI TERMICI

Viene eseguito il rinnovamento delle centrali termiche ed in particolare la sostituzione delle vecchie caldaie a combustione con due generatori di calore a condensazione, uno per il riscaldamento dell’edificio scolastico e l’altro per quello della palestra e dell’acqua sanitaria.

Inoltre, sono stati effettuati, dove necessari, adeguamenti anche sulle tubazioni esterne alla centrale, come ad esempio nuove coibentazioni in sostituzione di precedenti non più a norma.

Per ottenere un più efficiente utilizzo e controllo delle centrali termiche, in entrambi i casi sono stati installati degli apparecchi telematici per monitorare da remoto attraverso il sistema di telecontrollo i principali parametri di funzionamento: temperature di mandata e ritorno, contabilizzazione dei consumi, comando e stato delle utenze.

La regolazione è telecontrollata attraverso l'installazione di 3 sonde ambiente nei locali scolastici, e in particolare tramite l'utilizzo di 3 sonde di mandata, 1 sonda su ogni bruciatore della caldaia e 1 sonda climatica esterna da posizionare su parete esposta a nord e lontana da fonti di calore.

Su ogni radiatore vengono montate valvole termostatiche (112) a doppia regolazione sull'entrata dell'acqua e valvole manuali per lo sfiato dell'aria nei circuiti. Alcuni radiatori sono anche dotati di valvole termostatiche tele-controllabili a distanza(12), mediante apposite centraline.



Figura 25. Corpo scaldante con valvola termostatica

Centrale termica scuola

L'intervento ha previsto la sostituzione della caldaia esistente con un generatore a condensazione Viessmann Vitocrossal 100 Tipo CII con bruciatore premiscelato modulante a basse emissioni inquinanti, formato da due moduli ciascuno con le seguenti potenze termiche:

- Potenza termica nominale: 280 kW;
- Potenza termica al focolare: 264,2 kW;
- Potenza termica utile: 258,1 kW

La modulazione della potenza erogata avviene direttamente sul bruciatore (sulla base della temperatura registrata dalla sonda esterna climatica); la centralina di comando (Vitocom 300) agisce, oltre che sulla caldaia, anche sulla pompa del circuito primario. Nel circuito secondario è installato un collettore con 3 circuiti di partenza gestiti tramite circolatori a giri variabili e comandati da una seconda centralina di comando (Vitocom 200) telecomandata e che comunica con la prima. Tutti i circuiti sono dotati di valvola di miscelazione che permette una gestione più efficiente della temperatura del fluido termovettore in funzione della temperatura di ritorno di ciascun circuito. I terminali della scuola sono per la maggior parte radiatori. Non sono presenti serbatoi o tubazioni per il trasporto di acqua sanitaria. Le nuove tubazioni sono coibentate come pure sono state riprese le porzioni esistenti esterne alla centrale termica.



Figura 26. Generatore di calore a condensazione installato in centrale termica della scuola

Centrale termica palestra

Per la palestra, l'intervento proposto è il medesimo della scuola: viene installato un generatore di calore Viessmann Vitocrossal 100 Tipo CII costituito da un solo modulo con potenza termica:

- Potenza termica nominale: 80 kW;
- Potenza termica al focolare: 75,5 kW;
- Potenza termica utile: 73,5 kW.

Il funzionamento è simile a quello della centrale termica della scuola, con alcune differenze. Innanzitutto, a valle dello scambiatore è presente un collettore da cui partono 2 circuiti miscelati con medesimo gruppo di spinta. In più è presente un terzo circuito diretto per il riscaldamento del boiler negli spogliatoi della palestra. Sono state installate valvole termostatiche sui radiatori di magazzino e spogliatoi e sostituiti gli aerotermi nel locale palestra, dove sono presenti 3 centraline di comando con sonda ambiente che permettono di interrompere il flusso d'aria dell'aerotermo al raggiungimento della temperatura di set-point.



Figura 27. Generatore di calore a combustione ante intervento per la scuola



Figura 28. Generatore di calore a condensazione post intervento nella scuola

2. SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI

Si procede con la sostituzione di tutti i corpi illuminanti per l'illuminazione interna, di tipo fluorescente o a incandescenza, con lampade a led, maggiormente durevoli nel tempo e con una più elevata efficienza luminosa.

Non sono state effettuate variazioni riguardanti il numero e la dislocazione dei corpi illuminanti.

Inoltre, la regolazione delle luci può avvenire in maniera manuale tramite interruttore oppure tramite sensore automatico che gestisce il flusso luminoso delle stesse.

In totale, il numero di corpi illuminanti sostituito è pari a 223.



Figura 29. Corpo illuminante a lampade fluorescenti ante efficientamento



Figura 30. Nuovi corpi illuminanti a LED

5.SCUOLA PRIMARIA DI POVIGLIO “G.PASCOLI”

1) DESCRIZIONE GENERALE

La scuola primaria “G. Pascoli” di Poviglio, localizzata in via Roma 7, fu costruita tra il 1896 e il 1898 ma inizialmente non fu adibita ad uso scolastico, in quante venivano utilizzate le scuole delle varie frazioni del territorio povigliese.

Solo nel decennio tra il 1965 e il 1975, la struttura fu ampliata e dichiarata sede per l’insegnamento scolastico.

La struttura è in cemento armato, con tamponamenti in laterizio internamente intonacati ed esternamente finiti faccia a vista. Presenta elevati volumi interni ed è disposta su pianta asimmetrica a forma di “C”.

La scuola è disposta su 2 piani e conta ben 14 classi per l’insegnamento di circa 358 alunni, oltre a varie aule adibite a laboratori multimediali e alla mensa per il pranzo; in caso di emergenza sono disponibili due scale in acciaio di sicurezza che garantiscono le vie di fuga.

L’edificio presenta le seguenti caratteristiche plani-volumetriche:

- ✓ Volume lordo riscaldato: 7260 m³;
- ✓ Superficie netta riscaldata: 1870 m²;
- ✓ Superficie lorda disperdente: 3689,97 m².

2) INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO

Gli interventi di efficientamento realizzati sono i seguenti:

- 1) Realizzazione del cappotto esterno;
- 2) Isolamento dell’estradosso del solaio;
- 3) Sostituzione parziale dei serramenti esterni;
- 4) Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne.

1. REALIZZAZIONE CAPPOTTO ESTERNO

Viene realizzata una coibentazione della struttura scolastica tramite l’applicazione di uno strato isolante sulle pareti esterne dell’edificio denominato cappotto.

In relazione alle caratteristiche strutturali dell’edificio, viene realizzata una coibentazione delle pareti tramite l’applicazione di 3 differenti tipi di pannelli isolanti in EPS:

- ❖ Cappotto con pannelli di EPS di spessore di 14 cm con conducibilità termica pari a 0,035 W/mK;

- ❖ Cappotto con pannelli di EPS di spessore di 14 cm con conducibilità termica pari a 0,035 W/mK + 3 cm con conducibilità termica pari a 0,031 W/mK;
- ❖ Cappotto con pannelli di EPS di spessore di 10 cm con conducibilità termica pari a 0,031 W/mK.

L'incollaggio dei pannelli viene effettuato mediante collante-rasante minerale a base di cemento bianco, sabbia calcarea e inerte leggero a base di EPS. Per garantire una buona resistenza meccanica da colpi accidentali degli utenti, i pannelli vengono protetti da una rasatura armata. Tale sistema di protezione deve raggiungere una resistenza agli urti superiore ai 20 Joule. Una volta ottenuta la completa essiccazione delle rasature, si procede con la verniciatura superficiale dell'involucro.



Figura 31. Muratura esterna scuola di Poviglio ante efficientamento



Figura 32. Muratura esterna scuola di Poviglio dopo realizzazione del cappotto

2. ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO

Per incrementare le capacità di isolamento termico del solaio verso il volume non



riscaldato, viene steso sull'estradosso del solaio piano del sottotetto uno strato di materiale isolante di lana di vetro di spessore pari a 14 cm, con trasmittanza termica pari a $0,032 \text{ W/m}^2\text{k}$, il quale permette di ottenere una trasmittanza termica complessiva del solaio pari a $0,24 \text{ W/m}^2\text{k}$. La superficie isolata riguarderà l'intera superficie della scuola, e risulta pari a 1195 m^2 .

Figura 33. Estradosso solaio isolato con lana di roccia

3. SOSTITUZIONE SERRAMENTI

Sono stati sostituiti parte dei serramenti, in quanto nel 2014 una parte di essi lo era già stato. Non è stato possibile per motivi tecnici inserire dei serramenti uguali a quelli inseriti precedentemente, per cui per ne sono stati montati dei molto simili dal punto vista estetico. Al posto dei precedenti in ferro e alluminio, vengono installati serramenti con profilo in PVC, con maniglia in alluminio, trasmittanza complessiva di $1,3 \text{ W/m}^2\text{k}$ e con vetro antinfortunistico, stratificato basso emissivo 33.2/16/44.2 classe 1B1 selettivo.

I serramenti garantiscono tre modalità di apertura di tipo manuale.

Gli infissi sostituiti nella scuola corrispondono a 60, per un totale di $163,23 \text{ m}^2$.



Figura 34. Serramenti in alluminio ante efficientamento



Figura 35. Serramenti in PVC post efficientamento

Inoltre, su ogni termostato vengono montate valvole termostatiche al fine di poter meglio controllare l'emissione di calore in relazione al locale. Chiudendo una valvola, infatti, si impedisce al fluido termovettore di passare nel relativo corpo scaldante e di riscaldare l'ambiente. Il fine è quello di migliorare la regolazione incrementando il rendimento medio stagionale, con relativa riduzione dei consumi. Sono state montate 130 valvole termostatiche. Le testine termostatiche sono modulanti e agenti su ciascun corpo scaldante; sono di due tipi, a comando manuale (impostato mediante rotazione della testina) e digitale/programmabile su base settimanale (che permette di impostare differenti temperature a seconda degli orari di utilizzo dei locali). Di questo secondo modello ne sono state installate 14.



Figura 36. Corpo scaldante ante intervento senza valvola termostatica



Figura 37. Valvole termostatiche installate, digitale e analogica

4. SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI

Si procede con la sostituzione di tutti i corpi illuminanti per l'illuminazione interna, di tipo fluorescente e a incandescenza, con lampade a led, maggiormente durevoli nel tempo e con una più elevata efficienza luminosa.

Si sono rese necessarie alcune opere dovute allo spostamento/aumento dei punti luce (cavi e canalizzazioni) e all'inserimento di nuovi frutti per ottenere un flusso luminoso idoneo secondo le normative.

Alcune aule dispongono del doppio sistema di accensione manuale e automatico tramite sonde di movimento.

In totale, il numero di corpi illuminanti sostituito è pari a 227.



Figura 38. Corpi illuminanti fluorescenti ante efficientamento



Figura 39. Corpi illuminanti a led post efficientamento

6. SCUOLA PRIMARIA DI PIEVE DI GUASTALLA “MATILDE DI CANOSSA”

1) DESCRIZIONE GENERALE

La scuola primaria “Matilde di Canossa” di Guastalla, collocata in via Rosario 1/3, fu progettata nel 1970 e da allora non ha subito sostanziali modifiche. Solo nel 2012 sono stati effettuati interventi di messa in sicurezza a causa degli eventi sismici.

L’edificio è costituito da un unico corpo di fabbrica su due piani fuori terra più un sottotetto non praticabile. La sua pianta è quasi rettangolare, eccetto per una sporgenza di circa 5 metri sul fronte di ingresso. Dal punto di vista costruttivo è costituito da un telaio in cemento armato con tamponatura a faccia vista. La copertura è a doppia falda con manto in tegole marsigliesi.

Sono presenti perciò 2 piani con ben 14 aule per l’istruzione di circa 210 alunni, di cui il piano terra costituito da aule, servizi igienici, un laboratorio informatico e un’aula adibita a palestra, mentre al primo piano si hanno unicamente aule e servizi igienici.

L’edificio presenta le seguenti caratteristiche plani-volumetriche:

- ✓ Volume lordo riscaldato: 5200,98 m³;
- ✓ Superficie netta riscaldata: 1419,05 m²;
- ✓ Superficie dell’involucro disperdente: 2383,31 m².

2) INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO

Gli interventi di efficientamento realizzati sono:

- 1) Isolamento dell’estradosso del solaio;
- 2) Sostituzione dei serramenti esterni;
- 3) Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione utilizzando generatori di calore a condensazione e montaggio valvole termostatiche su corpi scaldanti;
- 4) Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l’illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne;

1. ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO

Per incrementare le capacità di isolamento termico del solaio (accessibile da una scala interna posizionata nell’ala est del primo piano) verso il volume non riscaldato, verranno stesi sull’estradosso del solaio piano del sottotetto dei rotoli di lana di vetro

dello spessore di 14 cm, con una conducibilità termica pari a 0,042 W/mK e resistente all'acqua, garantendo un isolamento termico globale del sottotetto pari a 0,243 W/K. La superficie che verrà isolata in questo modo riguarderà l'intera superficie della scuola, pari a 713,43 m².



Figura 40. Estradosso del solaio ante intervento senza rivestimento

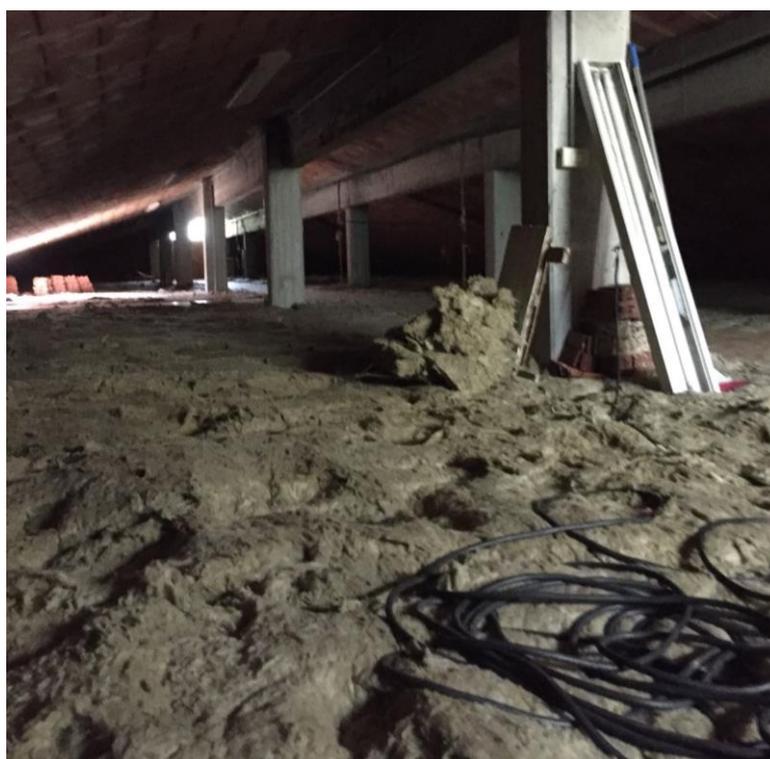


Figura 41. Estradosso del solaio rivestito con lana di vetro

2. SOSTITUZIONE SERRAMENTI

I serramenti originali della scuola sono per la maggior parte non isolati, con telai in legno e vetro singolo. Pertanto, l'elevata trasmittanza e le dimensioni degli stessi causano una notevole dispersione del calore verso l'esterno.

Vengono montati in sostituzione serramenti di nuova generazione in PVC, con integrata la tapparella e il cassonetto isolato, infissi in vetrocamera che consentono di ottenere una trasmittanza totale inferiore o uguale a $1,3 \text{ W/m}^2\text{k}$.

La superficie totale delle chiusure trasparenti sostituite con l'intervento è pari a $188,96 \text{ m}^2$, per un numero di finestre pari a 96.



Figura 42. Serramento ante intervento in legno



Figura 43. Serramenti in PVC post-intervento

3. RINNOVAMENTO IMPIANTO TERMICO

Viene eseguito il rinnovamento della centrale termica ed in particolare la sostituzione dell'esistente caldaia a combustione con un generatore di calore a condensazione a basamento compatta, maggiormente efficiente rispetto alla precedente.

L'intervento ha previsto la sostituzione della caldaia esistente con un generatore a condensazione Viessmann Vitocrossal 100 Tipo CII con bruciatore premiscelato modulante a basse emissioni inquinanti seguendo tutte le istruzioni fornite dal costruttore, con le seguenti potenze termiche:

- Potenza termica nominale: 240 kW;
- Potenza termica al focolare: 226,4 kW;
- Potenza termica utile: 220,1 kW.

Il sistema di distribuzione del riscaldamento (in acciaio nero senza saldature) all'interno della scuola non ha subito particolari modifiche, mentre all'interno della centrale termica è stata effettuata una sostanziale variazione: viene installata una nuova valvola a 3 vie miscelatrici ed un nuovo circolatore gemellare del tipo a giri variabili, come già accennato.



Figura 44. Generatore di calore a combustione ante efficientamento presente in centrale termica



Figura 45. Generatore di calore a condensazione installato in centrale termica

Per ottenere un più efficiente utilizzo e controllo della centrale termica, è stato installato un apparecchio telematico per monitorare da remoto (attraverso il sistema di telecontrollo) i principali parametri di funzionamento: temperature di mandata e ritorno, contabilizzazione dei consumi, comando e stato delle utenze.

La regolazione è del tipo climatica (tramite sonda esterna) e ambiente (tramite valvole termostatiche).

Su ogni termostato vengono montate valvole termostatiche; le valvole installate sono in totale 47. Non sono presenti valvole di tipo digitali tele-controllabili a distanza.



Figura 46. Corpo scaldante ante efficientamento senza valvola termostatica



Figura 47. Nuovo corpo scaldante con valvola termostatica analogica

4. SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI

Si procede con la sostituzione di tutti i corpi illuminanti per l'illuminazione interna, di tipo fluorescente e a incandescenza, con lampade a led, maggiormente durevoli nel tempo e con una più elevata efficienza luminosa.

Nello specifico, l'edificio è stato suddiviso in zone con caratteristiche simili, in modo che all'interno di una medesima zona le caratteristiche di utilizzo o di configurazione dei corpi illuminanti siano uguali.

All'interno di alcune aule scolastiche si è reso necessario incrementare il numero dei punti luce esistenti da 4 a 6, con l'intento di raggiungere i valori di illuminamento medio mantenuto dall'impianto esistente ritenuti già ottimali. Per quanto riguarda i corridoi invece, non si è ritenuto necessario aumentare il numero dei punti luce esistenti. È presente il doppio sistema di regolazione di tipo manuale e automatico.

In totale, il numero di corpi illuminanti sostituito è pari a 114.



Figura 48. Corpo illuminante fluorescente ante intervento



Figura 49. Nuovi corpi illuminanti a LED

7.SCUOLA MEDIA DI LUZZARA “E.FERMI”

1) DESCRIZIONE GENERALE

La scuola media “E. Fermi” di Luzzara, collocata in via De Gasperi 8, nacque nel 1969 e fu da subito adibita all’insegnamento scolastico mentre nel 1970 fu realizzata la palestra. Nel 2000, oltre al corpo originario, fu anche aggiunto un piccolo ampliamento in corrispondenza del corpo originale.

La scuola si sviluppa su tre piani fuori terra a pianta simmetrica ad “X”, è in c.a. con tamponamenti in laterizio internamente intonacato ed esternamente faccia a vista. La copertura è a falde inclinate. I serramenti sono in legno e ferro con vetro singolo nell'ala originaria, mentre sono in alluminio con vetrocamera nell'ampliamento dell'ingresso.

Esiste un vero e proprio corpo palestra separato dalla scuola, adibito all’insegnamento scolastico e ad attività sportiva. Ha una pianta rettangolare e dei locali adibiti a spogliatoi, con pianta ad “L”, entrambi sviluppati su un solo piano fuori terra. La struttura portante è in c.a. ed i tamponamenti sono in laterizio intonacati. La copertura è a falde inclinate. I serramenti hanno telaio in ferro, con vetro singolo nella palestra e vetrocamera nei locali accessori.

La struttura accoglie circa 255 alunni divisi in 12 classi.

L’edificio presenta le seguenti caratteristiche plani-volumetriche:

- **SCUOLA:**
 - ✓ Volume lordo riscaldato: 7571,63 m³;
 - ✓ Superficie netta riscaldata: 1778,08 m²;
 - ✓ Superficie dell’involucro disperdente: 4080,19 m².

- **PALESTRA:**
 - ✓ Volume lordo riscaldato: 6966,16 m³;
 - ✓ Superficie netta riscaldata: 864,02 m²;
 - ✓ Superficie dell’involucro disperdente: 2896,65 m².

2) INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO

Gli interventi di efficientamento realizzati sono:

- 1) Realizzazione del cappotto esterno della palestra scolastica;
- 2) Isolamento dell'estradosso del solaio della scuola e della zona laboratori;
- 3) Sostituzione dei serramenti esterni di scuola e palestra;
- 4) Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione utilizzando generatori di calore a condensazione e montaggio valvole termostatiche su corpi scaldanti;
- 5) Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne;

1. REALIZZAZIONE CAPPOTTO ESTERNO PALESTRA

Viene realizzata una coibentazione completa della palestra tramite l'applicazione di uno strato isolante sulle pareti perimetrali dell'edificio, denominato cappotto.

La coibentazione delle pareti perimetrali di palestra e spogliatoi avviene tramite pannelli in EPS, con uno spessore di 14 cm e con conducibilità termica pari a 0,035 W/mK, garantendo una trasmittanza globale della parete pari a 0,203 W/m²K. L'incollaggio dei pannelli viene effettuato mediante collante-rasante minerale a base di cemento bianco, sabbia calcarea e inerte leggero a base di EPS. Per garantire una buona resistenza meccanica ai pannelli da colpi accidentali degli utenti, questi vengono protetti da una rasatura armata. Tale sistema di protezione deve raggiungere una resistenza agli arti superiore ai 20 Joule. Una volta ottenuta la completa essiccazione delle rasature, si procede con la verniciatura superficiale dell'involucro. La superficie coibentata lateralmente è pari a 886,2 m².



Figura 50. Pareti esterne della palestra ante efficientamento



Figura 51. Cappotto esterno palestra terminato

Inoltre, si provvede alla coibentazione della copertura degli spogliatoi della palestra, inclinata e con un'area di $278,27 \text{ m}^2$.

In questo caso vengono applicati dei pannelli a sandwich in lamiera (all'esterno) e EPS (interno) dello spessore di 12 cm con una conducibilità termica pari a $0,024 \text{ W/mK}$.

I pannelli sono poi fissati a dei listelli in abete ed intassellati alle tavole della copertura. Per incrementare ulteriormente l'isolamento della copertura, vengono utilizzati come tamponamenti altri pannelli di poliuretano espanso di 4 cm di spessore; le trasmittanze limite risultano comunque rispettate anche con il solo pannello sandwich.

La trasmittanza globale della copertura è uguale a $0,122 \text{ W/m}^2\text{K}$.

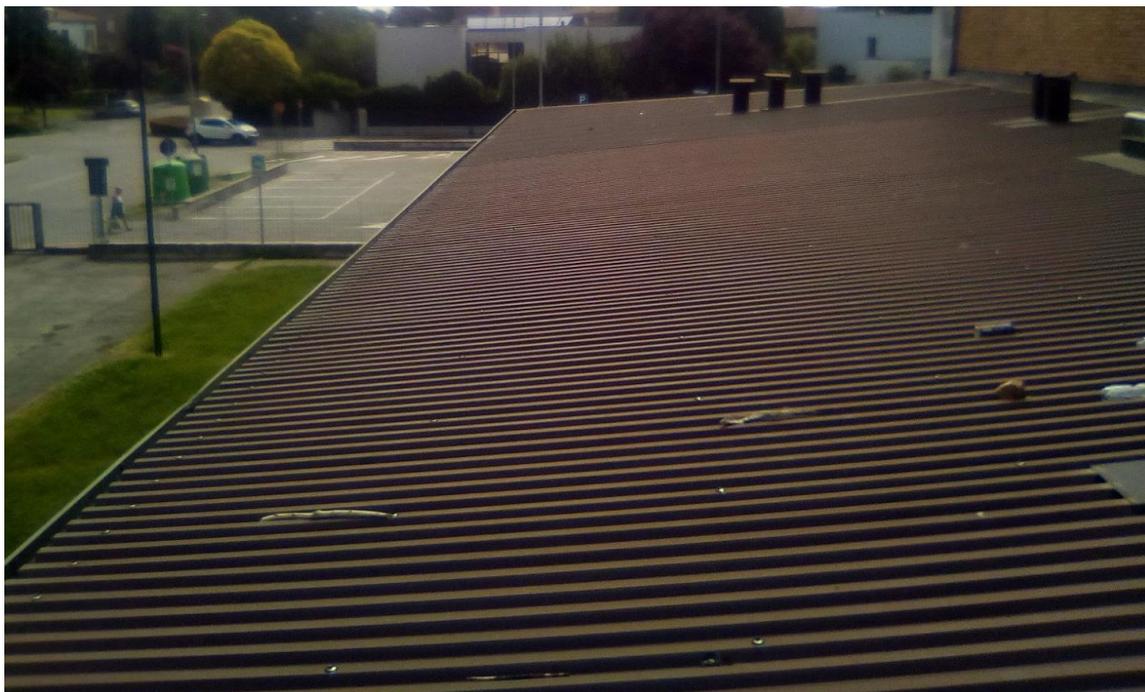


Figura 52. Copertura spogliatoi ante efficientamento



Figura 53. Pannelli a sandwich per la coibentazione della copertura spogliatoi

2. ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO E LABORATORI SCUOLA

Viene coibentata l'intera zona del solaio nel sottotetto della scuola tramite l'applicazione di uno strato di lana di vetro rivestito su un lato con alluminio rinforzato, dello spessore di 15 cm con conducibilità termica pari a $0,035 \text{ W/mK}$, resistente all'acqua e che permette di ottenere una trasmittanza globale del sottotetto pari a $0,208 \text{ W/m}^2\text{K}$. La scelta del tipo di isolante è stata vincolata dalla presenza nel sottotetto di interferenze non regolari (linee distribuzione impianto termico, linee impianto elettrico), che pertanto necessita di una certa resistenza alla calpestabilità da parte di eventuali operatori. La densità dell'isolante è pari a 20 kg/m^3 . Il totale della superficie coibentata con questo metodo risulta essere $426,96 \text{ m}^2$.



Figura 54. Estradosso del solaio scuola ante efficientamento



Figura 55. Rotoli di lana di vetro



Figura 56. Solaio scuola coibentato con lana di vetro

L'isolamento ha riguardato anche i solai di alcune zone relative a laboratori e corridoi della scuola. In questo caso si sono rese necessarie opere legate alla realizzazione di un controsoffitto tramite pannelli in materiale minerale per garantire un supporto al materiale isolante.

Viene applicato uno strato di lana di vetro con spessore pari a 15 cm e conducibilità termica pari a 0,035 W/mK, il quale è insacchettato in buste di plastica per evitare il disperdersi nelle aule sottostanti di polveri di fibra minerale dannosa per gli utenti scolastici. Viene garantita una trasmittanza globale del controsoffitto pari a 0,221 W/m²K per un'area totale di 302,25 m².



Figura 57. Realizzazione del controsoffitto mediante pannelli



Figura 58. Realizzazione del controsoffitto mediante pannelli



Figura 59. Controsoffitto coibentato con lana di vetro imbustata

3. SOSTITUZIONE SERRAMENTI

La sostituzione degli infissi ha riguardato sia la scuola che la palestra.

SCUOLA: i serramenti sostituiti corrispondono a 180, per un totale di 288,81 m².

Gli infissi precedenti erano di legno, ferro o alluminio e vengono sostituiti da nuovi in PVC, con maniglia in alluminio, miglior trasmittanza termica e 3 possibili modalità di apertura manuale. La sostituzione comprende anche l'installazione di sopraffine. In particolare, vengono utilizzate vetrocamere antinfortunistiche basso emissive, che permettono di ottenere un valore di trasmittanza globale del serramento pari a 1,2 W/m²K.

Non tutti gli infissi esistenti sono stati sostituiti, in quanto una parte era già stata cambiata qualche anno prima. Per i nuovi si è cercato quanto più possibile di renderli simili ai preesistenti.



Figura 60. Serramento in legno ante intervento



Figura 27. Nuovi serramenti in PVC, con vetrocamera

PALESTRA: Gli infissi della palestra sostituiti riguardano la sola zona adibita ad attività sportiva, in quanto quelli degli spogliatoi sono di recente installazione. In totale sono stati montati 57 infissi in PVC, in sostituzione di precedenti realizzati in ferro e alluminio, per un corrispettivo di 119,63 m². I nuovi infissi sfruttano vetrocamere con specifiche antinfortunistiche che garantiscono di ottenere una buona trasmittanza globale dell'infisso, che nel caso peggiore risulta pari a 1,3 W/m²K.

Gli infissi installati sono ad un'altezza superiore ai 2,5 m e sono automatizzati da un sistema elettrico che ne regola l'apertura o la chiusura.

Il sistema di automazione impone una chiusura automatica dei serramenti in orario notturno in modo da correggere eventuali dimenticanze degli operatori.



Figura 62. Serramenti palestra ante intervento



Figura 63. Nuovi serramenti palestra elettrici e in PVC

4. RINNOVAMENTO IMPIANTO TERMICO

L'intervento ha previsto il completo rifacimento delle centrali termiche esistenti di scuola e palestra, in quanto presentavano evidenti limiti dovuti all'età degli impianti e alle modifiche effettuate nel corso degli anni.

Da programma in entrambi i casi avrebbero dovuto essere installati degli apparecchi telematici per monitorare da remoto attraverso il sistema di telecontrollo i principali parametri di funzionamento. In realtà a causa di alcune divergenze e problematiche legate ai tempi concordati di ultimazione dei lavori con l'azienda incaricata, non è ancora stato eseguito il montaggio di suddetti apparecchi. Di fatto non è possibile regolare le prestazioni delle caldaie da remoto, ma solo interagendo direttamente con i comandi in centrale.

La regolazione avviene attraverso sonde ambiente installate nei locali scolastici, sonde di mandata (una sonda su ogni bruciatore della caldaia) e una sonda climatica esterna posizionata su parete esposta a nord e lontana da fonti di calore.



Figura 64. Generatore di calore a combustione ante efficientamento in centrale termica palestra

Centrale termica scuola

L'intervento ha previsto la sostituzione della caldaia esistente con un generatore a condensazione Viessmann Vitocrossal 100 Tipo CII con bruciatore premiscelato modulante a basse emissioni inquinanti, dotato di potenza termica:

- Potenza termica nominale: 320 kW;
- Potenza termica al focolare: 300 kW;
- Potenza termica utile: 291 kW.

Sul circuito secondario sono presenti due collettori (uno per la mandata e uno per il ritorno) con annessi due distinti circuiti di riscaldamento per l'intero edificio scolastico: un circuito è adibito al riscaldamento della zona laboratori e l'altro per il riscaldamento di aule e corridoi.

Tutti i circuiti sono dotati di valvole di miscelazione che permettono una gestione più efficiente della temperatura del fluido termovettore in funzione della temperatura di ritorno di ciascun circuito.



Figura 65. Caldaia a condensazione in centrale termica scuola

Su ogni corpo scaldante (nella scuola sono presenti solo radiatori) vengono montate valvole termostatiche per meglio regolare l'emissione di calore all'interno di ciascun locale. Sono presenti 116 valvole analogiche la cui regolazione avviene in maniera manuale e 9 valvole digitali la cui regolazione può avvenire in modo manuale o automatico.



Figura 66. Radiatore della scuola senza valvola termostatica



Figura 67. Corpi scaldanti con valvole termostatiche analogica manuale e digitale automatica

Centrale termica palestra

L'intervento in palestra è molto simile a quello realizzato per la scuola: viene sostituita la precedente caldaia con un generatore a condensazione identico a quello montato nella centrale termica della scuola, della medesima potenza termica:

- Potenza termica nominale: 320 kW;
- Potenza termica al focolare 300 kW;
- Potenza termica utile: 291 kW.

Anche in questo caso sul secondario sono presenti due collettori, collegati con due circuiti separati, uno per il riscaldamento di spogliatoi e palestra, l'altro per il miscelamento dell'acqua sanitaria. È di fatto presente un serbatoio per l'accumulo di acqua sanitaria.

Negli spogliatoi sono presenti solo radiatori, sui quali le valvole termostatiche erano già state recentemente montate (valvole analogiche manuali); mentre nella zona adibita ad attività sportiva sono presenti solo dei ventilconvettori gestiti tramite una centralina di comando.



Figura 68. Generatore di calore a condensazione installato in centrale termica palestra



Figura 69. Nuovo sistema di distribuzione con pompe a giri variabili e valvole miscelatrici

5. SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI

Nella scuola si procede con la sostituzione di tutti i corpi illuminanti per l'illuminazione interna, di tipo fluorescente e a incandescenza, con lampade a led, maggiormente durevoli nel tempo e con una più elevata efficienza luminosa.

Si sono rese necessarie alcune opere dovute allo spostamento/aumento dei punti luce (cavi e canalizzazioni) per l'inserimento di nuovi frutti idonei al funzionamento del sistema di regolazione del flusso luminoso.

Solamente alcuni bagni posti ai piani primo e secondo non hanno subito l'opera di efficientamento energetico.

In totale, il numero di corpi illuminanti sostituito è pari a 187.



Figura 70. Corpo illuminante a incandescenza ante efficientamento



Figura 71. Nuovo corpo illuminante a LED

8.SCUOLA PRIMARIA DI NOVELLARA “DON MILANI”

1) DESCRIZIONE GENERALE

La scuola primaria “Don Milani” di Novellara, collocata in via N. Campanini 2, risale al 1931, anno in cui fu progettata per la prima volta. Fu realizzata definitivamente nel 1935 e di fatto oggi viene classificata come ES (edificio storico) ai sensi delle norme vigenti. Proprio per tali ragioni questo edificio è soggetto a vincoli, che possono contrastare con la realizzazione dell'intervento di efficientamento energetico.

La scuola, che presenta volumi di spazi molto elevati, è composta da 3 piani, di cui uno seminterrato, e ospita ben 645 alunni suddivisi in 28 classi di insegnamento, oltre a laboratori multimediali, palestra e anche una mensa per il pranzo.

L'edificio presenta le seguenti caratteristiche plani-volumetriche:

- ✓ Volume lordo riscaldato: 20261,87 m³;
- ✓ Superficie netta riscaldata: 4304,66 m²;
- ✓ Superficie dell'involucro disperdente: 8.244,48 m².

2) INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO

Gli interventi di efficientamento realizzati sono:

- 1) Realizzazione cappotto esterno della palestra scolastica;
- 2) Isolamento dell'estradosso del solaio;
- 3) Sostituzione dei serramenti esterni;
- 4) Sostituzione di impianti di climatizzazione invernale esistenti con impianti di climatizzazione utilizzando generatori di calore a condensazione e montaggio valvole termostatiche su corpi scaldanti;
- 5) Sostituzione di corpi illuminanti comprensivi di lampade per l'illuminazione degli interni e delle pertinenze esterne.

1. REALIZZAZIONE CAPPOTTO ESTERNO PALESTRA

Viene realizzata una coibentazione completa a cappotto della palestra tramite l'applicazione di uno strato di materiale isolante sulla copertura piana e sulle pareti perimetrali dell'edificio.

La coibentazione delle pareti verticali avviene tramite l'applicazione di pannelli isolanti in EPS con uno spessore di 14 cm e con conducibilità termica pari a 0,034 W/mK, ottenendo una trasmittanza globale della parete pari a 0,141 W/m²K. L'incollaggio dei pannelli viene effettuato mediante collante-rasante minerale a base di cemento bianco, sabbia calcarea e inerte leggero a base di EPS. Per garantire una buona resistenza meccanica ai pannelli da colpi accidentali degli utenti, questi vengono protetti da una

rasatura armata, la quale permette di raggiungere una resistenza agli urti superiore ai 20 Joule. Una volta ottenuta la completa essiccazione delle rasature, si procede con la verniciatura superficiale dell'involucro.

La superficie coibentata lateralmente comprende anche il risvolto sulle sporgenze del tetto a correzione del ponte termico e in totale è pari a 236,25 m².

La copertura della palestra (piana, con bordi esterni rialzati), invece, viene coibentata tramite l'utilizzo di pannelli in XPS (polistirene espanso estruso), che rispetto a quelli in EPS, hanno una maggiore resistenza agli urti e sono calpestabili grazie alla loro maggiore densità: l'XPS utilizzato ha densità uguale a 35 Kg/m³, maggiore rispetto a quella dell'EPS che si aggira intorno ai 25 Kg/m³. Una volta applicati correttamente i pannelli, la copertura viene resa impermeabile tramite l'applicazione di una membrana bituminosa. Questo isolamento, di conducibilità termica pari a 0,036 W/mK e trasmittanza pari a 0,188 W/m²K, si estende per 158,94 m².



Figura 72. Pareti della palestra durante intervento di realizzazione del cappotto



Figura 73. Nuovo cappotto della palestra terminato



Figura 74. Copertura piana della palestra rivestita da membrana bituminosa

2. ISOLAMENTO ESTRADOSSO SOLAIO

Per incrementare le capacità di isolamento termico del solaio verso il volume non riscaldato, vengono stesi sull'estradosso del solaio piano del sottotetto dei rotoli di lana di vetro dello spessore di 14 cm circa, con una conducibilità termica pari a 0,039 W/mK, resistente all'acqua e che permette di raggiungere un isolamento termico del sottotetto pari a 0,214 W/m²k.

Inoltre, vengono posizionati dei pannelli di legno per permettere il camminamento nel sottotetto senza calpestare lo strato isolante di lana di vetro, il quale potrebbe rilasciare delle polveri/fibre di vetro dannose per gli operatori.

La stesura del materiale isolante è stata piuttosto complessa a causa della presenza nel sottotetto delle tubazioni per la distribuzione dell'acqua per il riscaldamento (realizzata nell'intervento di efficientamento). La superficie che verrà isolata in questo modo riguarderà l'intera superficie della scuola pari a 1505,81 m², ad eccezione della palestra, in cui viene direttamente coibentata la copertura esterna piana.



Figura 75. Estradosso del solaio con rete per riscaldamento (coibentata) senza applicazione lana di vetro



Figura 76. Rotoli di lana di vetro per l'isolamento del solaio

3. SOSTITUZIONE SERRAMENTI

I serramenti originali della scuola rivestono una notevole importanza dal punto di vista storico; sono non isolati e in legno rovere di Slavonia, con vetro singolo, e di fatto scarsamente efficienti dal punto di vista energetico, non rispettando per l'appunto gli standard del Conto Termico 2.0.

In questo caso sono stati sostituiti le sole finestre presenti nelle aule, con telai in abete ma color rovere e vetrocamera, garantendo una trasmittanza pari a $1,24 \text{ W/m}^2\text{k}$.

È stata mantenuta la maniglia originale dei serramenti, di ulteriore pregio storico e realizzata in zama, una lega non ferrosa ad elevato tenore di zinco, cambiandone solo il meccanismo di funzionamento per permettere l'apertura a vasistas della finestra.

I nuovi serramenti contribuiscono a ridurre la trasmissione del calore dall'interno dell'edificio verso l'esterno, permettendo quindi un risparmio sul calore prodotto dalla centrale termica.

La superficie totale delle chiusure trasparenti sostituite con l'intervento è pari a $580,4 \text{ m}^2$, corrispondenti a 114 finestre.

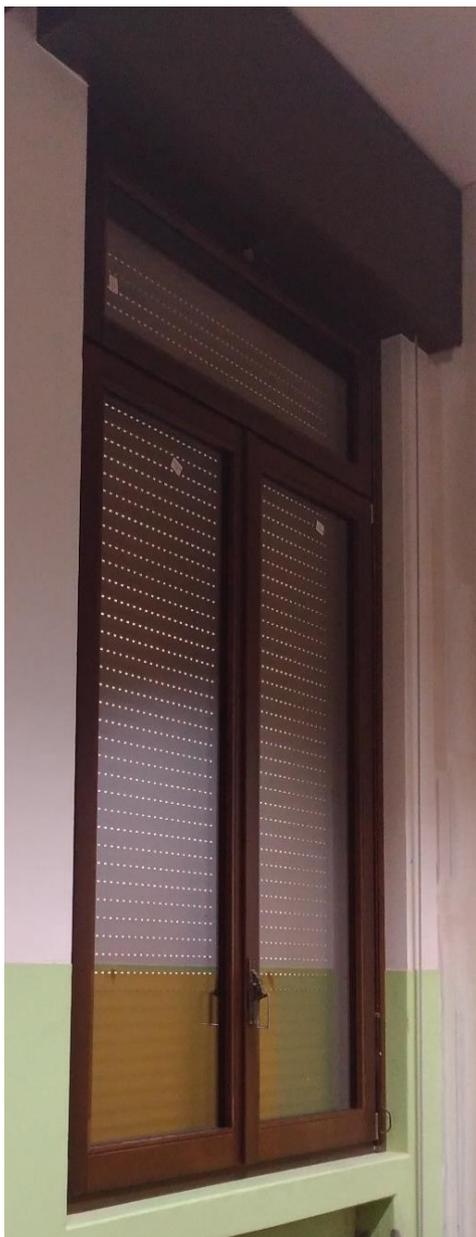


Figura 77. Nuovo serramento con vetrocamera installato nelle aule e particolare della maniglia in zama dei serramenti (non sostituita)

4. RINNOVAMENTO IMPIANTO TERMICO

Viene eseguito il rinnovamento della centrale termica ed in particolare la sostituzione della vecchia caldaia a combustione con due generatori di calore a condensazione Viessmann Vitocrossal 100 tipo CII, installati in centrale termica con le seguenti potenze termiche:

→ GENERATORE 1:

- Potenza termica nominale: 280 kW
- Potenza termica al focolare: 264,2 kW
- Potenza termica utile: 258,1 Kw

→ GENERATORE 2:

- Potenza termica nominale: 240 kW
- Potenza termica al focolare: 226,4 kW
- Potenza termica utile: 220,1 kW



Figura 78. Generatore di calore a combustione ante efficientamento in centrale termica



Figura 79. Nuovi generatori di calore a condensazione installati in centrale termica

L'intera rete viene realizzata con tubazioni, accessori e coibentazioni conformi per qualità dei materiali e caratteristiche costruttive alle specifiche tecniche.

Tra i vari accessori installati in centrale ci sono: scambiatore di calore, vasi d'espansione, defangatore, addolcitore, elettropompe, impianto di adduzione del gas, manometri e idrometri, termometri per tubazioni, apparecchiature INAIL exISPESL, isolanti, valvolame vario e giunti antivibranti.

A causa delle pessime condizioni del circuito esistente e della necessità di variare i circuiti di distribuzione dell'acqua per il riscaldamento, è stata completamente ricostruita la rete di distribuzione delle tubazioni (in acciaio nero senza saldature) per il riscaldamento. Per cui è stato necessario eseguire numerosi carotaggi attraverso i pavimenti per permettere il passaggio della nuova rete di distribuzione, interamente realizzata nel sottotetto e coibentata a regola d'arte.



Figura 80. Carotaggi per il passaggio delle nuove tubazioni



Figura 81. Nuova rete di distribuzione del circuito di riscaldamento coibentata e posizionata nel sottotetto

L'edificio è stato diviso in 3 zone principali servite dai due nuovi generatori di calore al fine di mantenere all'interno di esse le medesime caratteristiche di utilizzo. La ripartizione è così definita:

- Zona principale: piano seminterrato, rialzato e primo;
- Zona laboratori dei tre piani;
- Zona palestra.

Per ottenere un più efficiente utilizzo e controllo della centrale termica, è stato installato un apparecchio telematico per monitorare da remoto attraverso il sistema di telecontrollo i principali parametri di funzionamento: temperature di mandata e ritorno, contabilizzazione dei consumi, comando e stato delle utenze.

La regolazione è del tipo climatica (tramite sonda esterna) e ambiente (tramite valvole termostatiche). Su ogni termostato, infatti, vengono montate valvole termostatiche a doppia regolazione sull'entrata dell'acqua e sulla sua uscita, al fine di poter meglio controllare l'emissione di calore in relazione al locale. Sono state montate 2 tipi di valvole termostatiche: 134 valvole analogiche la cui regolazione avviene in maniera manuale e 9 valvole digitali la cui regolazione può avvenire in modo manuale o automatico, collegandole via wireless al cronotermostato ambiente; in tal modo, in base agli orari e alle necessità, viene regolato autonomamente l'afflusso d'acqua calda all'interno del radiatore. Ad ogni cronotermostato sono collegate solo le valvole termostatiche posizionate nel medesimo locale; sono stati installati 5 cronotermostati digitali.



Figura 82. Corpo scaldante ante efficientamento senza valvola termostatica



Figura 83. Valvola termostatica analogica a regolazione manuale



Figura 84. Valvola termostatica digitale a regolazione manuale o automatica



Figura 85. Cronotermostato ambiente collegato via wireless con valvole termostatiche digitali

5. SOSTITUZIONE CORPI ILLUMINANTI

Si procede con la sostituzione di tutti i corpi illuminanti per l'illuminazione interna, di tipo fluorescente e a incandescenza, con lampade a led, maggiormente durevoli nel tempo e con una più elevata efficienza luminosa. Dal punto di vista estetico, i nuovi corpi illuminanti sono molto simili ai precedenti: il sistema di montaggio e le plafoniere sono i medesimi.

Nello specifico, l'edificio è stato suddiviso in zone con caratteristiche simili, in modo che all'interno di una medesima zona le caratteristiche di utilizzo o di configurazione dei corpi illuminanti siano uguali.

Per i laboratori posti al piano interrato è stato necessario incrementare i punti luce esistenti per garantire la necessaria uniformità d'illuminamento; per fare ciò, in alcuni casi è stato necessario rimuovere i pannelli isolanti del soffitto, realizzare i nuovi collegamenti per i nuovi punti luce ed infine riposizionare i pannelli.

Per le restanti aule, il numero di punti luce e la loro dislocazione rimane la medesima. In totale, il numero di corpi illuminanti sostituito è pari a 287.



Figura 86. Nuovi corpi illuminanti a LED

9. CONFRONTO CONSUMI DI GAS NATURALE ED ENERGIA ELETTRICA

Il principale motivo per il quale vengono effettuati interventi di efficientamento energetico è quello di ottenere una riduzione delle spese e dei consumi di energia.

Di fatto i progetti vengono tutti effettuati seguendo logiche che possano portare a consistenti risparmi energetici, i quali possano giustificare gli investimenti.

I risparmi che si ottengono sono di due tipi: risparmio di energia elettrica (EE) misurata in kWh e risparmio di gas naturale (GN) misurato in Smc (standard metri cubi).

Lo Smc è un'unità di misura volumetrica con la quale viene misurato il GN in determinate condizioni di temperatura e pressione.

Entrambi vengono poi convertiti in TEP (tonnellate equivalenti di petrolio), in modo da ottenere dati con una stessa unità di misura confrontabili tra loro e a livello globale.

Per ogni scuola trattata viene effettuato un confronto tra i consumi di energia prima dell'efficientamento e dopo l'intervento. In particolare, il report finale si focalizza sui mesi appartenenti alla stagione termica (periodo che va dal 15 ottobre fino al 15 aprile), per due motivi principalmente: sono i mesi nei quali le centrali termiche sono sempre in funzione, per cui i dati di consumo incidono maggiormente rispetto ai mesi più caldi; in secondo luogo non si hanno anomalie di consumo tipiche del periodo estivo dove le scuole non sono contraddistinte dal regolare esercizio delle lezioni.

Per quantificare i risparmi conseguibili nel tempo, è stato necessario creare un modello di previsione dei consumi per gli edifici scolastici in esame, utilizzando come dati di partenza i consumi storici di EE e GN a partire dal 2016, ottenendo così diversi anni su cui poter studiare e modificare il modello. Esso è stato sviluppato a partire dagli edifici scolastici di Boretto, Luzzara e Novellara, per i quali erano a disposizione tutti i consumi mensili di EE e GN dal 2016 al 2019, ma è stato utilizzato anche per Guastalla per il confronto finale dei consumi.

Per la scuola di Poviglio non è stato possibile ricavare i dati necessari ad eseguire un'analisi sufficientemente completa, per cui non sarà trattata nei calcoli e nelle conclusioni finali.

Tra un anno e l'altro, variano alcuni importanti fattori che determinano i consumi specifici di GN ed EE negli edifici scolastici.

I fattori in questione sono:

- I gradi giorno (Gg) (utilizzato solo per consumi di GN);
- Le ore di utilizzo della scuola (centrali termiche e luci);
- Il fattore di normalizzazione Fh;
- Il volume di riferimento dell'edificio (ovvero quello da riscaldare);
- La superficie di riferimento dell'edificio (ovvero quella da illuminare).

Di fatto, a partire dai dati mensili reali del 2016, sono state create delle previsioni dei consumi di GN e EE per gli anni dal 2016 al 2019 delle tre scuole in esame. Da qui è

stato derivato un modello (utilizzabile anche per la struttura di Guastalla) per confrontare ed analizzare i consumi reali post efficientamento energetico con quelli previsionali post efficientamento.

1) DATI

Dalle fatture vengono rilevati i consumi mensili di GN [Smc] e di EE [kWh] relativi all'anno 2016 per la scuola (e la palestra se presente e dotata di contatore di energia separato rispetto a quello dell'edificio scolastico); i consumi totali corrispondono ai valori di riferimento della baseline. La baseline è un valore di riferimento determinato nei documenti di progetto iniziali.

I Gg mensili dal 2016 fino al 2019, ripartiti per ogni mese, vengono acquisiti tramite i dati della stazione ARPAE di Castelnovo Sotto (RE).

Il volume e la superficie di riferimento (ovvero quello da riscaldare o illuminare) non variano in nessuna scuola nel periodo considerato (tra il 2016 e il 2019), per cui verrà sempre considerato quello dato da baseline.

Le ore di funzionamento per ogni mese sotto esame sono state calcolate considerando gli orari di riscaldamento/illuminazione richiesti/utilizzati dalla scuola, la stagionalità (termica o non), il calendario scolastico degli anni 2015/2016, 2016/2017 e 2018/2019.

2) CALCOLI E SPIEGAZIONI

Come primo passaggio, tramite la baseline viene calcolato per ogni edificio il risparmio previsto ottenibile tramite gli interventi di efficientamento energetico. Per quanto riguarda il GN si considera una certa percentuale di riduzione dei consumi, resa possibile tecnicamente dai vari interventi effettuati: le nuove centrali termiche sono infatti costituite da strumenti maggiormente efficienti (caldaie, valvole miscelatrici, sistemi di distribuzione, valvole termostatiche, ecc.) e i locali necessitano ora di minor calore grazie al miglior isolamento termico di cui dispongono; mentre per i consumi di EE viene considerata una percentuale di risparmio dovuta dalla sostituzione dei precedenti corpi illuminanti con nuovi a led più efficienti, e una più piccola percentuale di risparmio dovuta nuovamente all'utilizzo di generatori di calori maggiormente performanti.

I consumi garantiti post-intervento sono leggermente maggiorati di una certa percentuale rispetto ai risparmi attesi; tale percentuale viene definita di sicurezza, permette di ottenere un valore complessivo di consumi sovrastimato che tiene conto di eventuali errori di progetto, di montaggio o di utilizzo degli strumenti. A contratto la percentuale di sicurezza viene calcolata sulla base dei risparmi attesi. Di fatto, la percentuale di sicurezza risulta essere molto piccola rispetto ai consumi globali, e quindi influisce in minima parte sulle previsioni di risparmio attese.

$$Smc_{post} = Smc_{rif} - Smc_{rif} * Smc\%_{risp}$$

$$\begin{aligned}
Smc_{risp} &= Smc_{rif} - Smc_{post} \\
Smc_G &= Smc_{post} + \%_{sicur} * Smc_{risp} \\
Smc_G &> Smc_{post} \\
Smc_{risp\ G} &= Smc_{rif} - Smc_G \\
Smc\%_{risp\ G} &= (Smc_{risp\ G}/Smc_{rif}) * 100
\end{aligned}$$

dove

Smc_{rif} = standard metri cubo di GN consumati nel 2016;
 Smc_{post} = standard metri cubo di GN consumati dopo efficientamento;
 $Smc\%_{risp}$ = % di standard metri cubo di GN risparmiati dopo efficientamento;
 Smc_{risp} = standard metri cubo di GN risparmiati dopo efficientamento;
 $\%_{sicur}$ = % di sicurezza rispetto a risparmi attesi (Smc_{risp});
 Smc_G = standard metri cubo di GN garantiti dopo efficientamento;
 $Smc_{risp\ G}$ = standard metri cubo di GN risparmiati garantiti dopo efficientamento;
 $Smc\%_{risp\ G}$ = % di standard metri cubo di GN risparmiati garantiti dopo efficientamento;

$$\begin{aligned}
EE_{post} &= EE_{rif} - EE_{rif} * EE\%_{risp} \\
EE_{risp} &= EE_{rif} - EE_{post} \\
EE_G &= EE_{post} + \%_{sicur} * EE_{risp} \\
EE_G &> EE_{post} \\
EE_{risp\ G} &= EE_{rif} - EE_G \\
EE\%_{risp\ G} &= (EE_{risp\ G}/EE_{rif}) * 100
\end{aligned}$$

dove

EE_{rif} = kWh di EE consumati nel 2016;
 EE_{post} = kWh di EE consumati dopo efficientamento;
 $EE\%_{risp}$ = % di kWh di EE risparmiati dopo efficientamento;
 EE_{risp} = kWh di EE risparmiati dopo efficientamento;
 $\%_{sicur}$ = % di sicurezza rispetto a risparmi attesi (EE_{risp});
 EE_G = kWh di EE garantiti dopo efficientamento;
 $EE_{risp\ G}$ = kWh di EE risparmiati garantiti dopo efficientamento;
 $EE\%_{risp\ G}$ = % di kWh di EE risparmiati garantiti dopo efficientamento;

Non è sempre detto che la $\%_{sicur}$ sia la stessa tra i diversi casi e che sia uguale tra EE e GN; è un valore definito in baseline.

Una volta ottenute le percentuali garantite di risparmio, è possibile creare una simulazione dei consumi mensili del 2016 come se fosse già stato effettuato l'intervento. Per cui, viene semplicemente ripartito il risparmio totale sui vari mesi.

Esempio (gennaio):

$$Smc\ pr_{gen\ 16} = Smc\ rif_{gen\ 16} * (1 - Smc\%_{risp\ G})$$

dove

$Smc\ pr_{gen\ 16}$ = standard metri cubo di GN previsti nel mese di gennaio 2016 dopo efficientamento;

$Smc\ rif_{gen\ 16}$ = standard metri cubo di GN reali consumati nel mese di gennaio 2016;

$Smc\%_{risp\ G}$ = % di standard metri cubo di GN risparmiati garantiti dopo efficientamento.

$$EE\ pr_{gen\ 16} = EE\ rif_{gen\ 16} * (1 - EE\%_{risp\ G})$$

dove

$EE\ pr_{gen\ 16}$ = kWh di EE previsti nel mese di gennaio 2016 dopo efficientamento;

$EE\ rif_{gen\ 16}$ = kWh di EE reali consumati nel mese di gennaio 2016;

$EE\%_{risp\ G}$ = % di kWh di EE risparmiati garantiti dopo efficientamento.

Fattori rilevanti da considerare per le previsioni tra un anno e l'altro, come già accennato, sono:

- **Fh**: è un fattore che dipende dalle ore di funzionamento dell'impianto termico, ottenibili dai calendari scolastici dei vari anni delle scuole. Dalla tabella 9 si può constatare il range di h/g (ore al giorno) e risalire al rispettivo valore di Fh. In alcuni casi, il rapporto h/g riscontrato non era all'interno dei range riportati sulla tabella, perciò per il calcolo di Fh si è fatto ricorso a un'interpolazione.

Esempio (2018/2019):

$$h/g_{18/19} = \frac{\sum_i^n h_i}{n}$$

dove

$\sum_i^n h_i$ = sommatoria delle ore di funzionamento della centrale termica all'interno di una settimana scolastica (no domenica);

n = numero di giorni in una settimana senza domenica (6);

Nel caso in cui il valore h/g non sia compreso nei range espressi in tabella (es: $h/g_{18/19} = 9,83$) calcolo il corretto valore di Fh tramite interpolazione dei valori tabellati (es: $Fh_{18/19}$):

$$Fh_{18/19} = \frac{\left(\frac{h}{g_{18}} - \frac{h}{g_B}\right)}{\left(\frac{h}{g_A} - \frac{h}{g_B}\right)} * Fh_A - \frac{\left(\frac{h}{g_{18}} - \frac{h}{g_A}\right)}{\left(\frac{h}{g_A} - \frac{h}{g_B}\right)} * Fh_B$$

dove

$Fh_{18/19}$ = fattore di normalizzazione da utilizzare per la stagione termica 2018/2019;

$\frac{h}{g_B}$ = primo valore superiore a $\frac{h}{g_{18/19}}$ da tabella = $10,5 \left(\frac{10+11}{2}\right)$;

$\frac{h}{g_A}$ = primo valore inferiore a $\frac{h}{g_{\frac{18}{19}}}$ da tabella = 8,5 ($\frac{8+9}{2}$);

Fh_B = fattore di normalizzazione rispetto $\frac{h}{g_B}$;

Fh_A = fattore di normalizzazione rispetto $\frac{h}{g_A}$;

TABELLA 9. TABELLA ENEA DEI FATTORI DI NORMALIZZAZIONE Fh

Fattori di normalizzazione F_h	
Elementari – Medie Secondarie Superiori	
h/g	F_h
sino a 6	1,2
7	1,1
8 - 9	1,0
10 - 11	0,9
oltre 11	0,8

- **Gg**: vengono calcolati i gradi giorno mensili degli anni in esame, ottenibili dalla seguente formula:

$$Gg_{mese} = \sum_i^n (Tint_{rif} - Tme_i)$$

dove

n = numero di giorni in un mese;

i = generico giorno;

$Tint_{rif}$ = temperatura interna di riferimento; in Italia tale valore è pari a 20°C;

Tme_i = temperatura media giornaliera a 2 m dal suolo.

Le temperature medie giornaliere a 2 m dal suolo sono state ricavate dal sito dell'ARPAE (**Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna**) registrate nella stazione di Castelnovo Sotto (RE).

Nel caso in cui il valore del Gg_{mese} sia negativo, come accade per i mesi estivi, tale valore viene considerato pari a 0.

- **Ore di funzionamento effettive**: tramite i calendari scolastici degli anni in esame delle varie scuole, si ottengono le ore di funzionamento delle centrali termiche e delle ore di utilizzo delle luci. È chiaro che sarebbe impossibile considerare l'esatto numero di ore di utilizzo delle luci, perciò effettuo un'approssimazione in base agli orari di utilizzo dei locali scolastici; per ottenere poi un numero effettivo e una distinzione tra le ore di effettivo funzionamento delle centrali termiche (per il calcolo di consumo di GN) e le ore

di utilizzo delle luci (per il calcolo di consumo di EE), vengono applicati 2 parametri: a) se la scuola è effettivamente aperta; b) se sono o meno nel periodo della stagione termica.

Esempio:

a) Scuola aperta = 1; 0 altrimenti;

b) Periodo stagione termica = 1; 0 altrimenti.

$$Heff_{cent.term(GN)} = \text{ore di utilizzo dei locali scolastici} * a) * b)$$

$$Heff_{luci(EE)} = \text{ore di utilizzo dei locali scolastici} * b)$$

dove

$Heff_{cent.term(GN)}$ = ore effettive di funzionamento della centrale termica per il calcolo di GN;

$Heff_{luci(EE)}$ = ore effettive di funzionamento delle luci per il calcolo di EE.

Come si nota, se la scuola è chiusa, le ore effettive sono 0 in entrambi i calcoli poiché non dovrebbero esserci consumi di energia, se non minimi; se non si fa riferimento al periodo della stagione termica, le ore effettive di funzionamento della centrale termica risultano uguali a 0, poiché il riscaldamento, salvo casi particolari, dovrebbe essere spento.

Per l'anno 2017 e la prima metà del 2018 sono stati utilizzati come base di calcolo i dati reali di consumo del 2016, poiché si è iniziato ad usufruire dei vantaggi dell'efficientamento energetico solo a partire dall'anno scolastico 2018/2019 (fa eccezione la sola scuola di Boretto dove i lavori erano in fase di ultimazione già a inizio 2018). Per questo ultimo caso e per l'anno scolastico 2018/2019 di tutte le scuole sono stati considerati come dati di partenza per i calcoli i valori previsionali del 2016 (calcolati considerando la % di riduzione dei consumi di GN e EE).

Oggetto fondamentale della relazione è quello di trovare un metodo il più corretto possibile per il calcolo delle previsioni dei consumi negli anni dopo il 2016, vale a dire il metodo migliore per ottenere previsioni per gli anni 2017 e 2018 partendo dai consumi del 2016.

Per ottenerlo, vengono realizzati due differenti metodi di sviluppo di dati previsionali per i consumi mensili del 2017 e del 2018 ante efficientamento, in modo che la scelta del metodo migliore non risenta delle miglorie dovute proprio all'efficientamento energetico.

1. METODI DI CONFRONTO SVILUPPATI (esempio gennaio 2017 e 2018)

- 1) Effettuando il rapporto solo tra gli Fh, come da contratto stipulato da S.a.ba.r. Servizi (SR ed ESCO) con i comuni (SA);

$$Smc_{pr_{gen\ 17}} = Smc_{rif_{gen\ 16}} * \frac{Gg_{gen\ 17}}{Gg_{gen\ 16}} * \frac{Fh_{gen\ 17}}{Fh_{gen\ 16}} * \frac{Vol_{gen\ 17}}{Vol_{gen\ 16}}$$

$$Smc pr_{gen 18} = Smc rif_{gen 16} * \frac{Gg_{gen 18}}{Gg_{gen 16}} * \frac{Fh_{gen 18}}{Fh_{gen 16}} * \frac{Vol_{gen 18}}{Vol_{gen 16}}$$

dove

$Smc pr_{gen 17}$ = standard metri cubo di GN previsti nel mese di gennaio 2017;

$Smc rif_{gen 16}$ = standard metri cubo di GN reali consumati nel mese di gennaio 2016;

$Gg_{gen 17}$ = gradi giorno relativi al mese di gennaio 2017;

$Gg_{gen 16}$ = gradi giorno relativi al mese di gennaio 2016;

$Fh_{gen 17}$ = fattore di normalizzazione relativo al mese di gennaio 2017;

$Fh_{gen 16}$ = fattore di normalizzazione relativo al mese di gennaio 2016;

$Vol_{gen 17}$ = volume dell'edificio relativo al mese di gennaio 2017;

$Vol_{gen 16}$ = volume dell'edificio relativo al mese di gennaio 2016;

$Smc pr_{gen 18}$ = standard metri cubo di GN previsti nel mese di gennaio 2018;

$$EE pr_{gen 17} = EE rif_{gen 16} * \frac{Fh_{gen 17}}{Fh_{gen 16}} * \frac{Sup_{gen 17}}{Sup_{gen 16}}$$

$$EE pr_{gen 18} = EE rif_{gen 16} * \frac{Fh_{gen 18}}{Fh_{gen 16}} * \frac{Sup_{gen 18}}{Sup_{gen 16}}$$

dove

$EE pr_{gen 17}$ = kWh di EE previsti nel mese di gennaio 2017;

$EE rif_{gen 16}$ = kWh di EE reali consumati nel mese di gennaio 2016;

$Sup_{gen 17}$ = superficie di riferimento relativa al mese di gennaio 2017;

$Sup_{gen 16}$ = superficie di riferimento relativa al mese di gennaio 2016;

$EE pr_{gen 18}$ = kWh di EE previsti nel mese di gennaio 2018;

Come si nota, l'unica reale differenza tra GN e EE che è stata considerata nel calcolo delle previsioni è la presenza o meno del rapporto tra i gradi giorno.

Siccome il volume e la superficie di riferimento per il calcolo dei consumi non sono mai cambiati negli anni in esame, il rapporto tra le volumetrie risulta sempre uguale a 1; per comodità, nelle prossime formule per il calcolo delle previsioni verrà omesso.

- 2) Effettuando il rapporto solo tra le ore effettive di funzionamento di ogni mese nei diversi anni;

$$Smc pr_{gen 17} = Smc rif_{gen 16} * \frac{Gg_{gen 17}}{Gg_{gen 16}} * \frac{Heff_{cent.term(GN)-gen 17}}{Heff_{cent.term(GN)-gen 16}}$$

$$Smc pr_{gen 18} = Smc rif_{gen 16} * \frac{Gg_{gen 17}}{Gg_{gen 16}} * \frac{Heff_{cent.term(GN)-gen 17}}{Heff_{cent.term(GN)-gen 16}}$$

dove

$Heff_{cent.term(GN)-gen\ 17}$ = ore effettive di funzionamento della centrale termica nel mese di gennaio 2017;

$Heff_{cent.term(GN)-gen\ 16}$ = ore effettive di funzionamento della centrale termica nel mese di gennaio 2016.

$$EE\ pr_{gen\ 17} = EE\ rif_{gen\ 16} * \frac{Heff_{luci(EE)-gen\ 17}}{Heff_{luci(EE)-gen\ 16}}$$

$$EE\ pr_{gen\ 18} = EE\ rif_{gen\ 16} * \frac{Heff_{luci(EE)-gen\ 17}}{Heff_{luci(EE)-gen\ 16}}$$

dove

$Heff_{luci(EE)-gen\ 17}$ = ore effettive di funzionamento delle luci nel mese di gennaio 2017;

$Heff_{luci(EE)-gen\ 16}$ = ore effettive di funzionamento delle luci nel mese di gennaio 2016.

Il primo metodo, ovvero quello in cui viene effettuato il confronto tra diversi anni tramite il rapporto di Fh, è il metodo che permette di ottenere dati più simili ai reali, pertanto è quello utilizzato per il modello finale da applicare ad ogni scuola per il calcolo delle previsioni della stagione termica 2018/2019 e anche l'intero anno 2018 per la scuola di Boretto.

3) TABELLE DEI CALCOLI

1. BORETTO

TABELLA 10. DATI CONSUMI DI EE DELLA SCUOLA DI BORETTO

Mese		EE [kWh]														
		2016				2017				2018						
		FATTURE REALI		PREVISIONI		FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)		FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)
kWh	Fh	kWh	Ore effettive	kWh	Fh	kWh	Fh	kWh	ore effettive	kWh	Fh	kWh	Fh	kWh	ore effettive	
Gen	4391	0,93	3573	194,00	4474	0,93	4391	0,93	4255	188,00	3333	0,93	3573	0,93	3647	198,00
Feb	4596	0,93	3740	234,00	4453	0,93	4596	0,93	4400	224,00	2720	0,93	3740	0,93	3580	224,00
Mar	4291	0,93	3492	208,00	4433	0,93	4291	0,93	5240	254,00	2816	0,93	3492	0,93	3760	224,00
Apr	3491	0,93	2841	230,00	3166	0,93	3491	0,93	2641	174,00	1909	0,93	2841	0,93	2520	204,00
Mag	3350	0,93	2726	244,00	3142	0,93	3350	0,93	3350	244,00	1654	0,93	2726	0,93	2726	244,00
Giu	1355	0,93	1103	36,00	1573	0,93	1355	0,93	1731	46,00	882	0,93	1103	0,93	1531	50,00
Lug	1004	0,93	817	0,00	924	0,93	1004	0,93	1004	0,00	925	0,93	817	0,93	817	0,00
Ago	943	0,93	767	0,00	728	0,93	943	0,93	943	0,00	1116	0,93	767	0,93	767	0,00
Set	2336	0,93	1901	132,00	2157	0,93	2336	0,93	2265	128,00	1384	0,93	1901	0,93	1699	118,00
Ott	4217	0,93	3432	240,00	4081	0,93	4217	0,93	4287	244,00	2247	0,93	3445	0,93	3836	268,25
Nov	4672	0,93	3802	234,00	4633	0,93	4672	0,93	4472	224,00	2409	0,93	3816	0,93	3834	236,00
Dic	4197	0,93	3415	178,00	3751	0,93	4197	0,93	3961	168,00	2704	0,93	3428	0,93	3396	177,00
TOTALE	38843	0,93	31609	1930	37515	0,93	38843	0,93	38550	1894	24099	0,93	31649	0,93	32115	1943

TABELLA 11. DATI DEI CONSUMI DI GN DELLA SCUOLA E DELLA PALESTRA DI BORETTO

GN SCUOLA [Smc]																	
2016				2017				2018									
Mese	FATTURE REALI		PREVISIONI			FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)		FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)	
	Smc	ore effettive	Gradi Giorno	Fh	ore effettive	Smc	Gradi Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive	Smc	Gradi Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive
Gen	5398,00	3773,27	529,46	0,93	194,00	7114,00	629,95	6422,53	0,93	6223,89	188,00	4016,00	479,25	3415,44	0,93	3485,86	198,00
Feb	4407,00	3080,55	389,36	0,93	234,00	5325,00	396,33	4485,89	0,93	4294,19	224,00	4515,00	475,5	3762,07	0,93	3601,30	224,00
Mar	4753,00	3322,40	347,37	0,93	208,00	3343,00	283,85	3883,87	0,93	4742,80	254,00	4500,00	415,68	3975,75	0,93	4281,58	224,00
Apr	1708,00	1193,91	179,14	0,93	122,00	550,00	197,02	1878,48	0,93	1416,56	92,00	1175,00	150,69	1004,30	0,93	757,34	92,00
Mai	0,00	0,00	95,51	0,93	0,00	0,00	56,48	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	45,78	0,00	0,00	0,00	0,00
Giu	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lug	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ago	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Set	0,00	0,00	0,00	0,93	0,00	0,00	72,09	0,00	0,93	0,00	0,00	9,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ott	1100,00	768,91	221,51	0,93	128,00	2336,00	196,26	974,61	0,93	1005,07	132,00	697,00	145,63	505,52	0,93	593,39	150,25
Nov	3171,00	2216,57	350,19	0,93	234,00	3913,00	384,46	3481,32	0,93	3332,54	224,00	2347,00	302,29	1913,38	0,93	1929,73	236,00
Dic	6001,00	4194,77	542,45	0,93	178,00	4720,00	568,03	6283,99	0,93	5930,95	168,00	3450,00	531,72	4111,80	0,93	4088,70	177,00
TOTALE	26538	18550	2655	0,93	1298	27301	2784	27411	0,93	26946	1282	20709	2547	18688	0,93	18738	1301

GN PALESTRA [Smc]																	
2016				2017				2018									
Mese	FATTURE REALI		PREVISIONI			FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)		FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)	
	Smc	ore effettive	Gradi Giorno	Fh	ore effettive	Smc	Gradi Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive	Smc	Gradi Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive
Gen	1134,00	792,68	529,46	0,93	194,00	938,00	629,95	1349,23	0,93	1307,50	188,00	903,00	479,25	717,51	0,93	732,30	198,00
Feb	957,00	668,95	389,36	0,93	234,00	956,00	396,33	974,13	0,93	932,50	224,00	910,00	475,5	816,95	0,93	782,04	224,00
Mar	891,00	622,82	347,37	0,93	208,00	777,00	283,85	728,07	0,93	889,09	254,00	864,00	415,68	745,30	0,93	802,63	224,00
Apr	453,00	316,65	179,14	0,93	122,00	478,00	197,02	498,21	0,93	375,70	92,00	265,00	150,69	266,36	0,93	200,86	92,00
Mai	311,00	217,39	95,51	0,93	0,00	324,00	56,48	183,91	0,93	183,91	0,00	76,00	45,78	104,20	0,93	104,20	0,00
Giu	29,00	160,07	0,00	0,93	0,00	106,00	0,00	229,00	0,93	229,00	0,00	59,00	0,00	160,07	0,93	160,07	0,00
Lug	39,00	27,26	0,00	0,93	0,00	84,00	0,00	39,00	0,93	39,00	0,00	50,00	0,00	27,26	0,93	27,26	0,00
Ago	35,00	24,47	0,00	0,93	0,00	26,00	0,00	35,00	0,93	35,00	0,00	52,00	0,00	24,47	0,93	24,47	0,00
Set	49,00	34,25	0,00	0,93	0,00	83,00	72,09	49,00	0,93	49,00	0,00	58,00	0,00	34,25	0,93	34,25	0,00
Ott	458,00	320,15	221,51	0,93	128,00	421,00	196,26	405,79	0,93	418,47	132,00	115,00	145,63	210,48	0,93	247,07	150,25
Nov	731,00	510,98	350,19	0,93	234,00	862,00	384,46	802,54	0,93	768,24	224,00	368,00	302,29	441,08	0,93	444,85	236,00
Dic	874,00	610,94	542,45	0,93	178,00	530,00	568,03	915,21	0,93	863,80	168,00	805,00	531,72	598,85	0,93	595,49	177,00
TOTALE	6161	4307	2655	0,93	1298	5585	2784	6209	0,93	6091	1282	4525	2547	4147	0,93	4155	1301

2. LUZZARA

TABELLA 12. DATI CONSUMI DI EE DELLA SCUOLA E DELLA PALESTRA DI LUZZARA

EE PALESTRA [kWh]														
Mese	2016				2017				2018					
	FATTURE REALI	PREVISIONI			FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)			FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)				
	kWh	kWh	Fh	Ore effettive	kWh	kWh	Fh	ore effettive	kWh	kWh	Fh	ore effettive		
Gen	2529	2529,00	0,80	208,5	2887	2529,00	0,80	2438,03	201,00	2880	2529,00	0,80	2565,39	211,50
Feb	2498	2498,00	0,80	250,5	2724	2498,00	0,80	2393,29	240,00	2718	2498,00	0,80	2393,29	240,00
Mar	2090	2090,00	0,80	222	2275	2090,00	0,80	2556,01	271,50	2157	2090,00	0,80	2259,46	240,00
Apr	1587	1587,00	0,80	247,5	1653	1587,00	0,80	1202,27	187,50	1870	1587,00	0,80	1404,25	219,00
Mai	1472	1472,00	0,80	261	1395	1472,00	0,80	1472,00	261,00	1472	1472,00	0,80	1472,00	261,00
Giu	713	713,00	0,80	39	671	713,00	0,80	904,96	49,50	713	713,00	0,80	959,81	52,50
Lug	553	553,00	0,80	0	538	553,00	0,80	553,00	0,00	553	553,00	0,80	553,00	0,00
Ago	782	782,00	0,80	0	593	782,00	0,80	782,00	0,00	782	782,00	0,80	782,00	0,00
Set	1501	1501,00	0,80	141	1326	1501,00	0,80	1469,06	138,00	1501	1501,00	0,80	1341,32	126,00
Ott	2166	2166,00	0,80	258	2108	2166,00	0,80	2191,19	261,00	419	2166,00	0,80	2430,45	289,50
Nov	2541	2541,00	0,80	250,5	2738	2541,00	0,80	2434,49	240,00	2605	2541,00	0,80	2556,22	252,00
Dic	2791	2791,00	0,80	190,5	2596	2791,00	0,80	2637,17	180,00	2626	2791,00	0,80	2769,02	189,00
TOTALE	21223	21223	0,80	2069	21504	21223	0,80	21033	2030	20296	21223	0,80	21486	2081

EE SCUOLA [kWh]														
Mese	2016				2017				2018					
	FATTURE REALI	PREVISIONI			FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)			FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)				
	kWh	kWh	Fh	Ore effettive	kWh	kWh	Fh	ore effettive	kWh	kWh	Fh	ore effettive		
Gen	3130	2421,20	0,80	208,5	3401	3130,00	0,80	3017,41	201,00	3033	3130,00	0,80	3175,04	211,50
Feb	3334	2579,00	0,80	250,5	3179	3334,00	0,80	3194,25	240,00	3133	3334,00	0,80	3194,25	240,00
Mar	2733	2114,10	0,80	222	2473	2733,00	0,80	3342,39	271,50	3216	2733,00	0,80	2954,59	240,00
Apr	2085	1612,84	0,80	247,5	1699	2085,00	0,80	1579,55	187,50	1990	2085,00	0,80	1844,91	219,00
Mai	1868	1444,98	0,80	261	1847	1868,00	0,80	1868,00	261,00	1987	1868,00	0,80	1868,00	261,00
Giu	1206	932,89	0,80	39	1051	1206,00	0,80	1530,69	49,50	959	1206,00	0,80	1623,46	52,50
Lug	761	588,67	0,80	0	713	761,00	0,80	761,00	0,00	591	761,00	0,80	761,00	0,00
Ago	742	573,97	0,80	0	698	742,00	0,80	742,00	0,00	901	573,97	0,80	573,97	0,00
Set	1478	1143,30	0,80	141	1465	1478,00	0,80	1446,55	138,00	1676	1143,30	0,80	1021,67	126,00
Ott	2543	1967,12	0,80	258	2353	2543,00	0,80	2572,57	261,00	2057	1967,12	0,80	2207,30	289,50
Nov	2887	2233,22	0,80	250,5	3068	2887,00	0,80	2765,99	240,00	1889	2233,22	0,80	2246,60	252,00
Dic	3088	2388,71	0,80	190,5	2920	3088,00	0,80	2917,80	180,00	2328	2388,71	0,80	2369,90	189,00
TOTALE	25855	20000	0,80	2069	24867	25855	0,80	25738	2030	23760	23423	0,80	23841	2081

TABELLA 13. DATI CONSUMI DI GN DELLA SCUOLA E DELLA PALESTRA DI LUZZARA

GN SCUOLA [Smc]																	
2016					2017					2018							
Mese	FATTURE REALI		PREVISIONI			FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)		FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)	
	Smc	ore effettive	Gradi/Giorno	Fh	ore effettive	Smc	Gradi/Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive	Smc	Gradi/Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive
Gen	4072	4825,98	529,46	0,80	208,50	5473,67	629,95	4844,64	0,80	4670,37	201,00	479,25	3685,68	0,80	3738,71	211,50	
Feb	2994	3548,98	389,36	0,80	250,50	3443,73	396,33	3047,98	0,80	2920,22	240,00	475,5	3656,84	0,80	3503,56	240,00	
Mar	2671	3166,25	347,37	0,80	222,00	2466,39	283,85	2182,95	0,80	2669,69	271,50	415,68	3196,79	0,80	3455,99	240,00	
Apr	1378	1632,85	179,14	0,80	130,50	1711,92	197,02	1515,19	0,80	1149,45	99,00	150,69	1158,88	0,80	879,15	99,00	
Mag	735	870,57	95,51	0,80	0,00	490,76	56,48	434,36	0,80	434,36	0,00	45,78	352,07	0,80	352,07	0,00	
Giu	0	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	
Lug	0	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	
Ago	0	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Set	0	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	72,09	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Ott	1704	2019,04	221,51	0,80	138,00	552,00	196,26	1509,34	0,80	1542,15	141,00	145,63	1659,26	1,00	1572,69	163,50	
Nov	2693	3191,95	350,19	0,80	250,50	3635,00	384,46	2956,70	0,80	2832,76	240,00	302,29	3444,18	1,00	2771,85	252,00	
Dic	4172	4944,38	542,45	0,80	190,50	5878,00	568,03	4368,45	0,80	4127,66	180,00	531,72	6058,23	1,00	4808,42	189,00	
TOTALE	20.418	24200	2655	0,80	1391	23651	2784	20860	0,80	20347	1373	24487	23212	1,00	21082	1395	

GN PALESTRA [Smc]																	
2016					2017					2018							
Mese	FATTURE REALI		PREVISIONI			FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)		FATTURE REALI		PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)	
	Smc	ore effettive	Gradi/Giorno	Fh	ore effettive	Smc	Gradi/Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive	Smc	Gradi/Giorno	Smc	Fh	Smc	ore effettive
Gen	3246	2093	529,46	0,80	208,50	3672,74	629,95	3861,86	0,80	3722,94	201,00	3184,00	2938,00	0,80	2980,28	211,50	
Feb	2443	1575	389,36	0,80	250,50	2388,56	396,33	2486,23	0,80	2382,02	240,00	3393,00	2982,88	0,80	2857,84	240,00	
Mar	2202	1420	347,37	0,80	222,00	1770,28	283,85	1799,14	0,80	2200,29	271,50	2510,00	2634,72	0,80	2848,34	240,00	
Apr	1237	798	179,14	0,80	130,50	1292,99	197,02	1360,63	0,80	1032,20	99,00	704,00	1040,67	0,80	789,48	99,00	
Mag	758	489	95,51	0,80	0,00	520,46	56,48	448,03	0,80	448,03	0,00	211,00	363,15	0,80	363,15	0,00	
Giu	105	68	0,00	0,80	0,00	210,00	0,00	105,00	0,80	105,00	0,00	92,00	105,00	0,80	105,00	0,00	
Lug	0	0	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	
Ago	0	0	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	
Set	105	68	0,00	0,80	0,00	606,27	72,09	105,00	0,80	105,00	0,00	71,00	84,63	1,00	67,70	0,00	
Ott	1480	954	221,51	0,80	138,00	725,00	196,26	1311,38	0,80	1339,88	141,00	759,00	784,30	1,00	743,38	163,50	
Nov	2218	1430	350,19	0,80	250,50	2416,00	384,46	2434,96	0,80	2332,90	240,00	1307,00	1543,12	1,00	1241,89	252,00	
Dic	3320	2141	542,45	0,80	190,50	3682,00	568,03	3476,87	0,80	3285,23	180,00	2576,00	2623,22	1,00	2082,05	189,00	
TOTALE	17.113	11035	2655	0,80	1391	17284	2784	17389	0,80	16953	1373	14807	15100	1,00	14079	1395	

3. NOVELLARA

TABELLA 14. DATI CONSUMI DI EE DELLA SCUOLA DI NOVELLARA

EE [kWh]														
Mese	2016					2017					2018			
	FATTURE REALI	PREVISIONI			FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)			FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)		PREVISIONI (ore effettive)		
		kWh	kWh	Fh		Ore effettive	kWh	kWh		Fh	kWh	Fh	kWh	ore effettive
Gen	7082	5842	1,00	160,00	9186	7082	1,00	6816,43	154,00	8844	7082,00	1,00	7170,53	162,00
Feb	11566	9540	1,00	192,00	9210	11566	1,00	11084,08	184,00	9265	11566,00	1,00	11084,08	184,00
Mar	8923	7360	1,00	170,00	9278	8923	1,00	10917,55	208,00	9294	8923,00	1,00	9657,84	184,00
Apr	7672	6328	1,00	190,00	5982	7672	1,00	5814,57	144,00	6700	7672,00	1,00	6783,66	168,00
Mag	6784	5596	1,00	200,00	6722	6784	1,00	6784,00	200,00	6715	6784,00	1,00	6784,00	200,00
Giu	3505	2891	1,00	30,00	3259	3505	1,00	4439,67	38,00	2603	3505,00	1,00	4673,33	40,00
Lug	2066	1704	1,00	0,00	2632	2066	1,00	2066,00	0,00	1855	2066,00	1,00	2066,00	0,00
Ago	2327	1919	1,00	0,00	2768	2327	1,00	2327,00	0,00	1903	2168,93	1,13	1919,41	0,00
Set	5175	4269	1,00	108,00	5294	5175	1,00	5079,17	106,00	3848	4823,47	1,13	3161,90	80,00
Ott	8230	6788	1,00	198,00	8133	8230	1,00	8313,13	200,00	5978	7670,95	1,13	6308,46	184
Nov	9409	7761	1,00	192,00	8437	9409	1,00	9016,96	184,00	6370	8769,86	1,13	6467,45	160
Dic	9701	8002	1,00	146,00	8086	9701	1,00	9169,44	138,00	6115	9042,03	1,13	6576,82	120
TOTALE	82440	68000	1,00	1586	78987	82440	1,00	81828	1556	69490	80073	1,13	72653	1482

TABELLA 15. DATI CONSUMI DI GN DELLA SCUOLA DI NOVELLARA

		GN [smc]															
		2016				2017				2018							
Mese	FATTURE REALI Smc	PREVISIONI			FATTURE REALI Smc	Gradi Giorno	PREVISIONI (Fh) Smc	PREVISIONI (ore effettive) ore effettive	FATTURE REALI Smc	Gradi Giorno	PREVISIONI (Fh) Smc	PREVISIONI (ore effettive) ore effettive	FATTURE REALI Smc	Gradi Giorno	PREVISIONI (Fh) Smc	PREVISIONI (ore effettive) ore effettive	
		Smc	Fh	ore effettive													
Gen	15447	9136	529,46	1,00	160,00	17734	629,95	18378,80	1,00	17689,59	154,00	14001,00	479,25	13982,12	1,00	14156,90	162,00
Feb	12589	7446	389,36	1,00	192,00	10886	396,33	12814,36	1,00	12280,43	184,00	13592,00	475,5	15374,13	1,00	14733,54	184,00
Mar	11224	6639	347,37	1,00	170,00	12090	283,85	9171,58	1,00	11221,70	208,00	12069,00	415,68	13431,19	1,00	14537,29	184,00
Apr	1254	742	179,14	1,00	100,00	1437	197,02	1379,16	1,00	1048,16	76,00	4317,00	150,69	1054,85	1,00	801,68	76,00
Mai	0	0	95,51	1,00	0,00	0	56,48	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	45,78	0,00	1,00	0,00	0,00
Giu	8	5	0,00	1,00	0,00	10	0,00	8,00	1,00	8,00	0,00	0,00	0,00	8,00	1,00	8,00	0,00
Lug	0	0	0,00	1,00	0,00	0	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00
Ago	0	0	0,00	1,00	0,00	0	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
Set	0	0	0,00	1,00	0,00	60	72,09	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	0,00
Ott	3121	1846	221,51	1,00	106,00	3222	196,26	2765,24	1,00	2817,41	108,00	2768,00	145,63	1371,40	1,13	1190,73	104,00
Nov	9681	5726	350,19	1,00	192,00	8293	384,46	10628,39	1,00	10185,54	184,00	8984,00	302,29	5585,37	1,13	4119,01	160,00
Dic	14304	8460	542,45	1,00	146,00	13852	568,03	14978,53	1,00	14157,78	138,00	5517,87	531,72	9371,15	1,13	6816,20	120,00
TOTALE	67628	40000	2655	1,00	1066	67584	2784	70124	1,00	69409	1052	61249	2547	60178	1,13	56363	990

4) TABELLE E GRAFICI PER LA SCELTA DEL MODELLO

1. BORETTO

TABELLA 16. CONFRONTO METODI EE SCUOLA DI BORETTO

EE [kWh]							
2017							
Mese	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	4474	4391	83	58,69	4255	219	154,72
Feb	4453	4596	-143	101,12	4400	53	37,77
Mar	4433	4291	142	100,41	5240	-807	570,61
Apr	3166	3491	-325	229,81	2641	525	371,22
Mag	3142	3350	-208	147,08	3350	-208	147,08
Giu	1573	1355	218	154,15	1731	-158	112,00
Lug	924	1004	-80	56,57	1004	-80	56,57
Ago	728	943	-215	152,03	943	-215	152,03
Set	2157	2336	-179	126,57	2265	-108	76,52
Ott	4081	4217	-136	96,17	4287	-206	145,86
Nov	4633	4672	-39	27,58	4472	161	113,60
Dic	3751	4197	-446	315,37	3961	-210	148,64
TOTALE	37515,00	38843,00	-1328,00	939,04	38550,21	-1035,21	732,01

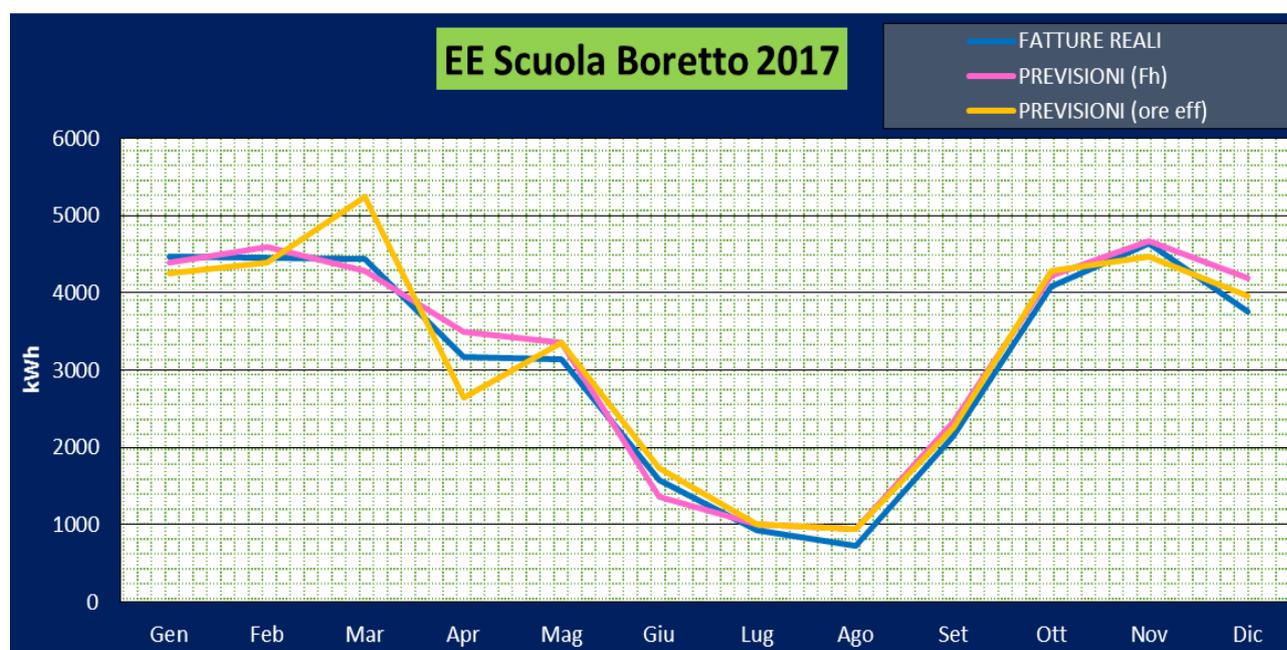


Figura 87. Grafico confronto metodi EE della scuola di Boretto

TABELLA 17. CONFRONTO METODI GN DELLA SCUOLA E DELLA PALESTRA DI BORETTO

GN SCUOLA [Smc]							
2017							
Mese	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	7114,00	6422,53	691,47	488,95	6223,89	890,11	629,40
Feb	5325,00	4485,89	839,11	593,34	4294,19	1030,81	728,90
Mar	3343,00	3883,87	-540,87	382,45	4742,80	-1399,80	989,81
Apr	550,00	1878,48	-1328,48	939,37	1416,56	-866,56	612,75
Mag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Giu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Lug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ago	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Set	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ott	2336,00	974,61	1361,39	962,65	1005,07	1330,93	941,11
Nov	3913,00	3481,32	431,68	305,25	3332,54	580,46	410,44
Dic	4720,00	6283,99	-1563,99	1105,90	5930,95	-1210,95	856,27
TOTALE	27301,00	27410,67	-109,67	77,55	26945,99	355,01	251,03

GN PALESTRA [Smc]							
2017							
Mese	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	938,00	1349,23	-411,23	290,78	1307,50	-369,50	261,28
Feb	956,00	974,13	-18,13	12,82	932,50	23,50	16,62
Mar	777,00	728,07	48,93	34,60	889,09	-112,09	79,26
Apr	478,00	498,21	-20,21	14,29	375,70	102,30	72,34
Mag	324,00	183,91	140,09	99,06	183,91	140,09	99,06
Giu	106,00	229,00	-123,00	86,97	229,00	-123,00	86,97
Lug	84,00	39,00	45,00	31,82	39,00	45,00	31,82
Ago	26,00	35,00	-9,00	6,36	35,00	-9,00	6,36
Set	83,00	49,00	34,00	24,04	49,00	34,00	24,04
Ott	421,00	405,79	15,21	10,75	418,47	2,53	1,79
Nov	862,00	802,54	59,46	42,05	768,24	93,76	66,30
Dic	530,00	915,21	-385,21	272,39	863,80	-333,80	236,03
TOTALE	5585,00	6209,10	-624,10	441,31	6091,22	-506,22	357,95

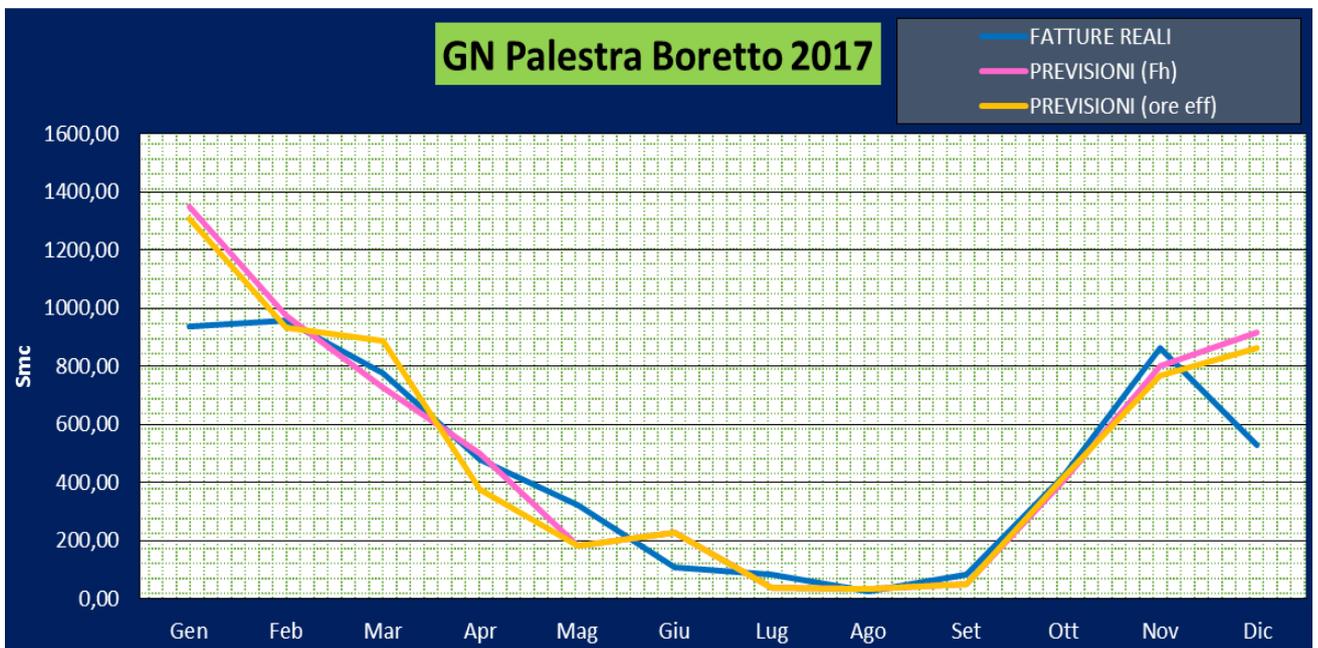
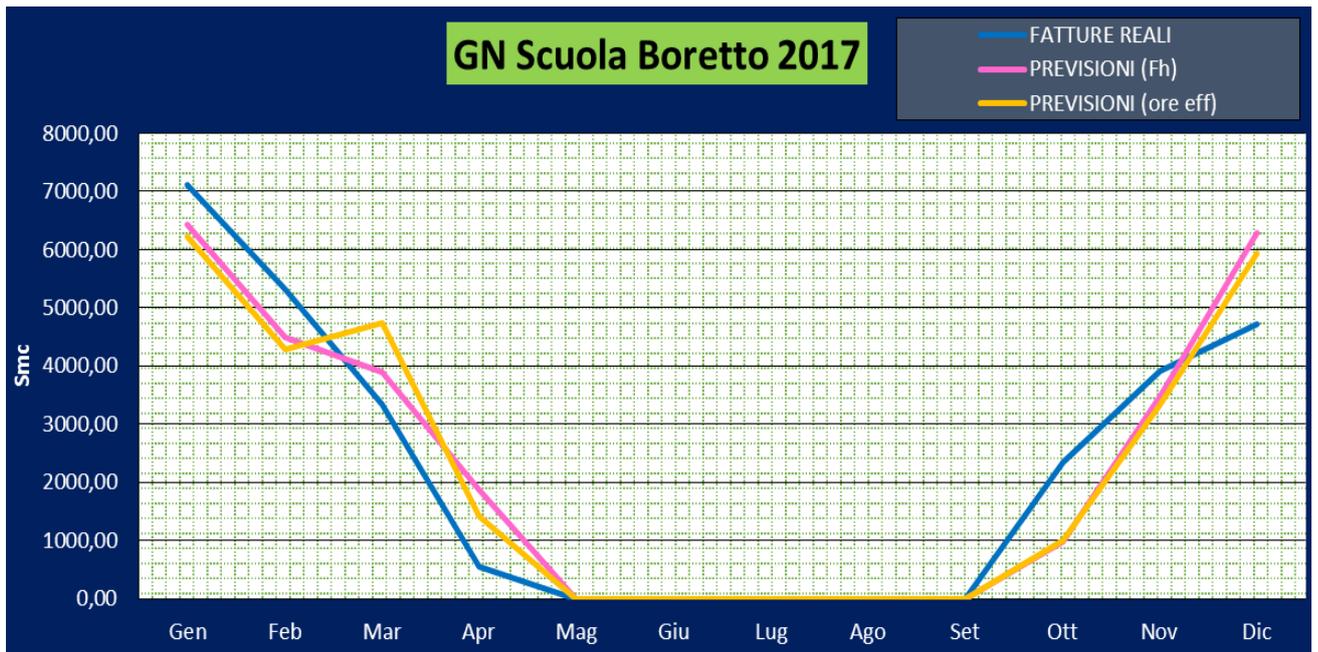


Figura 88. Grafici confronto metodi GN della scuola e della palestra di Boretto

2. LUZZARA

TABELLA 18. CONFRONTO METODI EE DELLA SCUOLA E DELLA PALESTRA DI LUZZARA

EE SCUOLA [kWh]													
Mese	2017						2018						
	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	3401,00	3130,00	271,00	191,63	3017,41	383,59	3033,00	3130,00	-97,00	68,59	3175,04	-142,04	100,43
Feb	3179,00	3334,00	-155,00	109,60	3194,25	-15,25	3133,00	3334,00	-201,00	142,13	3194,25	-61,25	43,31
Mar	2473,00	2733,00	-260,00	183,85	3342,39	-869,39	3216,00	2733,00	483,00	341,53	2954,59	261,41	184,84
Apr	1699,00	2085,00	-386,00	272,94	1579,55	119,45	1990,00	2085,00	-95,00	67,18	1844,91	145,09	102,59
Mag	1847,00	1868,00	-21,00	14,85	1868,00	-21,00	1987,00	1868,00	119,00	84,15	1868,00	119,00	84,15
Giu	1051,00	1206,00	-155,00	109,60	1530,69	-479,69							
Lug	713,00	761,00	-48,00	33,94	761,00	-48,00							
Ago	698,00	742,00	-44,00	31,11	742,00	-44,00							
Set	1465,00	1478,00	-13,00	9,19	1446,55	18,45							
Ott	2353,00	2543,00	-190,00	134,35	2572,57	-219,57							
Nov	3068,00	2887,00	181,00	127,99	2765,99	302,01							
Dic	2920,00	3088,00	-168,00	118,79	2917,80	2,20							
TOTALE	24867,00	25855,00	-988,00	698,62	25738,19	-871,19	13359,00	13150,00	209,00	147,79	13036,79	322,21	80,05

EE PALESTRA [kWh]													
Mese	2017						2018						
	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	2887,00	2529,00	358,00	253,14	2438,03	448,97	2880,00	2529,00	351,00	248,19	2565,39	314,61	222,46
Feb	2724,00	2498,00	226,00	159,81	2393,29	330,71	2718,00	2498,00	220,00	155,56	2393,29	324,71	229,60
Mar	2275,00	2090,00	185,00	130,81	2556,01	-281,01	2157,00	2090,00	67,00	47,38	2259,46	-102,46	72,45
Apr	1653,00	1587,00	66,00	46,67	1202,27	450,73	1870,00	1587,00	283,00	200,11	1404,25	465,75	329,33
Mag	1395,00	1472,00	-77,00	54,45	1472,00	-77,00	1472,00	1472,00	0,00	0,00	1472,00	0,00	0,00
Giu	671,00	713,00	-42,00	29,70	904,96	-233,96							
Lug	538,00	553,00	-15,00	10,61	553,00	-15,00							
Ago	593,00	782,00	-189,00	133,64	782,00	-189,00							
Set	1326,00	1501,00	-175,00	123,74	1469,06	-143,06							
Ott	2108,00	2166,00	-58,00	41,01	2191,19	-83,19							
Nov	2738,00	2541,00	197,00	139,30	2434,49	303,51							
Dic	2596,00	2791,00	-195,00	137,89	2637,17	-41,17							
TOTALE	21504,00	21223,00	281,00	198,70	21033,48	470,52	11097,00	10176,00	921,00	651,25	10094,40	1002,60	708,95

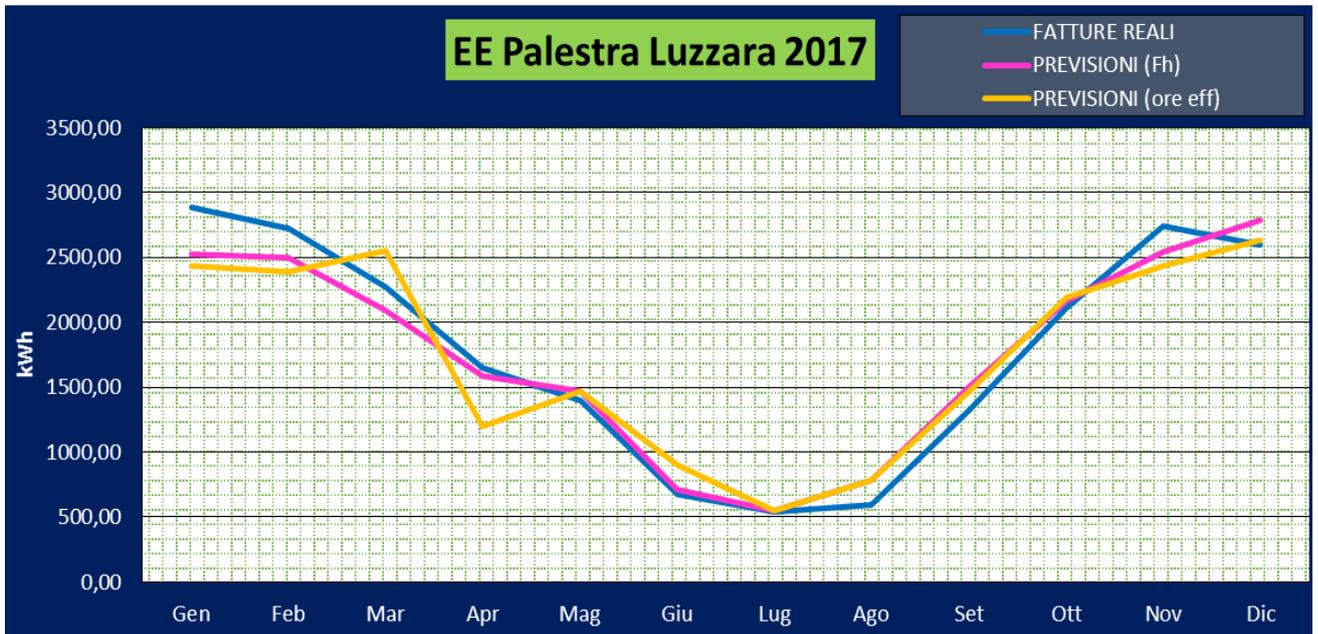
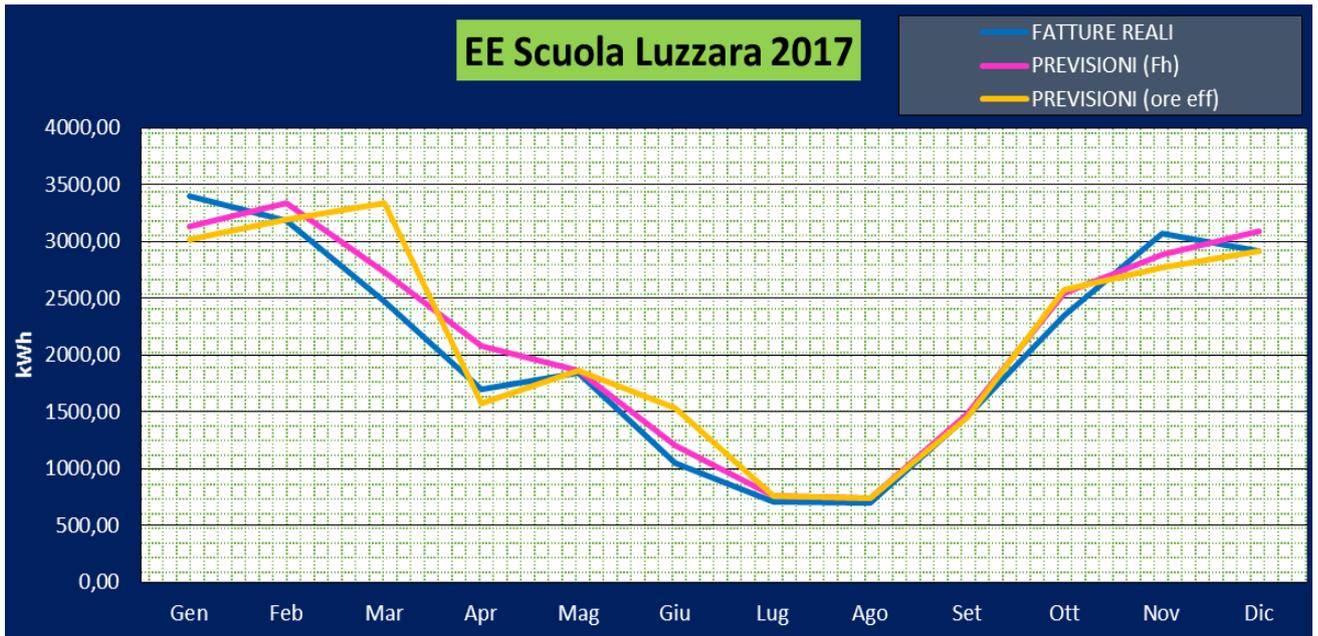


Figura 89. Grafici confronto metodi EE della scuola e della palestra di Luzzara per il 2017

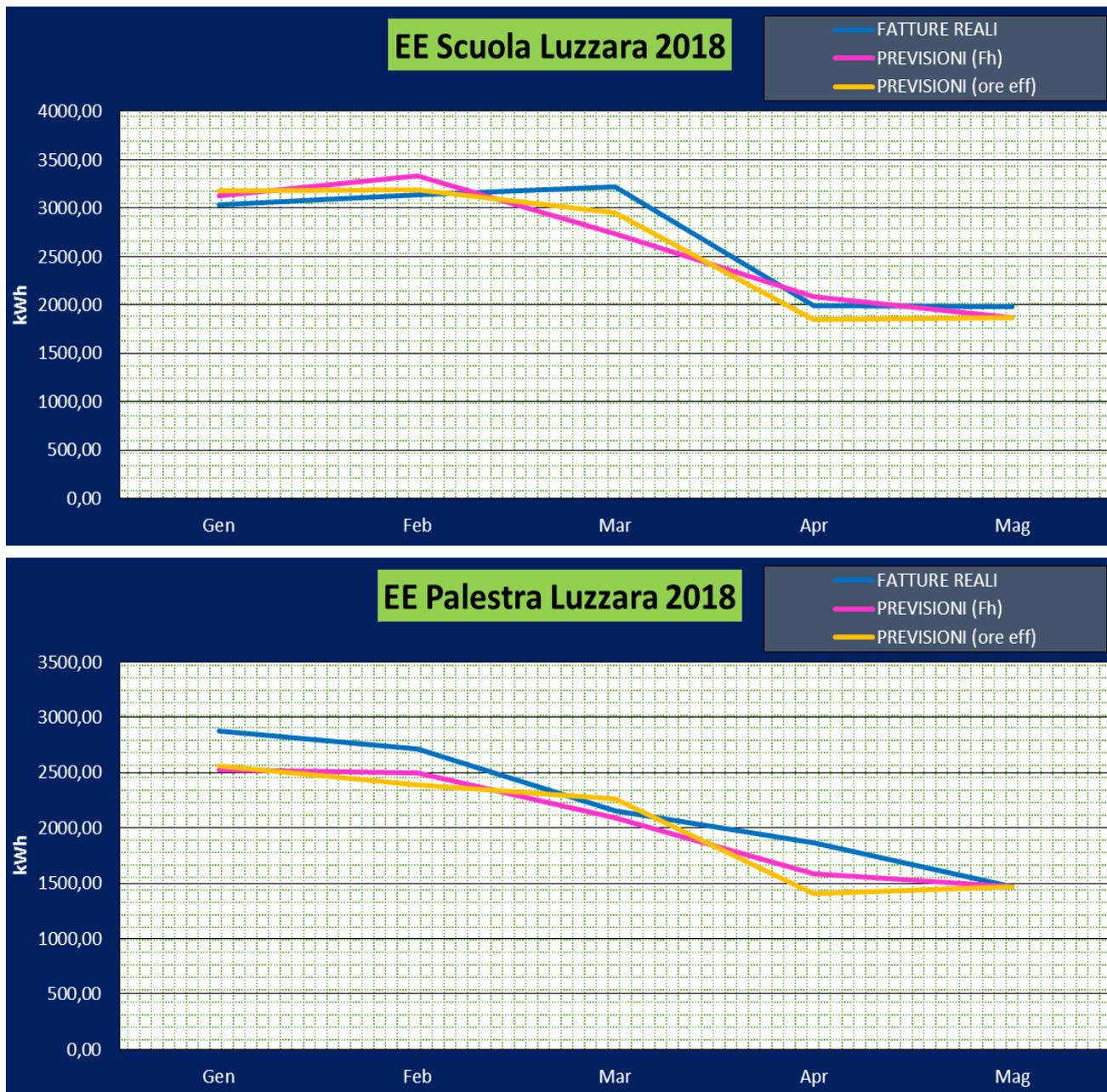


Figura 90. Grafici confronto metodi EE della scuola e della palestra di Luzzara per il 2018

TABELLA 19. CONFRONTO METODI GN DELLA SCUOLA E DELLA PALESTRA DI LUZZARA

GN SCUOLA [smc]														
Mese	2017							2018						
	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	5473,67	4844,64	629,02	444,79	4670,37	803,29	568,01	5193,00	3685,68	1507,32	1065,84	3738,71	1454,29	1028,34
Feb	3443,73	3047,98	395,75	279,84	2920,22	523,51	370,18	5623,00	3656,84	1966,16	1390,28	3503,56	2119,44	1498,67
Miar	2466,39	2182,95	283,43	200,42	2669,69	-203,31	143,76	5289,00	3196,79	2092,21	1479,41	3455,99	1833,01	1296,13
Apr	1711,92	1515,19	196,73	139,11	1149,45	562,46	397,72	1226,00	1158,88	67,12	47,46	879,15	346,85	245,26
Mag	490,76	434,36	56,40	39,88	434,36	56,40	39,88	287,00	352,07	-65,07	46,01	352,07	-65,07	46,01
Giu	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Lug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Ago	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Set	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Ott	552,00	1509,34	-957,34	676,94	1542,15	-990,15	700,14							
Nov	3635,00	2956,70	678,30	479,63	2832,76	802,24	567,27							
Dic	5878,00	4368,45	1509,55	1067,42	4127,66	1750,34	1237,67							
TOTALE	23651,46	20859,61	2791,85	3328,02	20346,68	3304,77	4024,63	17618,00	12050,27	5567,73	4029,00	11929,49	5688,51	4114,41

GN PALESTRA [Smc]														
Mese	2017							2018						
	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	3672,74	3861,86	-189,12	133,73	3722,94	-50,20	35,50	3184,00	2938,00	246,00	173,95	2980,28	203,72	144,05
Feb	2388,56	2486,23	-97,67	69,06	2382,02	6,55	4,63	3393,00	2982,88	410,12	290,00	2857,84	535,16	378,41
Mar	1770,28	1799,14	-28,86	20,40	2200,29	-430,01	304,07	2510,00	2634,72	-124,72	88,19	2848,34	-338,34	239,24
Apr	1292,99	1360,63	-67,64	47,83	1032,20	260,79	184,40	704,00	1040,67	-336,67	238,06	789,48	-85,48	60,44
Mag	520,46	448,03	72,43	51,22	448,03	72,43	51,22	211,00	363,15	-152,15	107,59	363,15	-152,15	107,59
Giu	210,00	105,00	105,00	74,25	105,00	105,00	74,25							
Lug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Ago	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Set	606,27	105,00	501,27	354,45	105,00	501,27	354,45							
Ott	725,00	1311,38	-586,38	414,63	1339,88	-614,88	434,79							
Nov	2416,00	2434,96	-18,96	13,41	2332,90	83,10	58,76							
Dic	3682,00	3476,87	205,13	145,05	3285,23	396,77	280,56							
TOTALE	17284,30	17389,09	-104,79	1324,03	16953,49	330,81	1782,62	10002,00	9959,42	42,58	897,79	9839,09	162,91	929,74

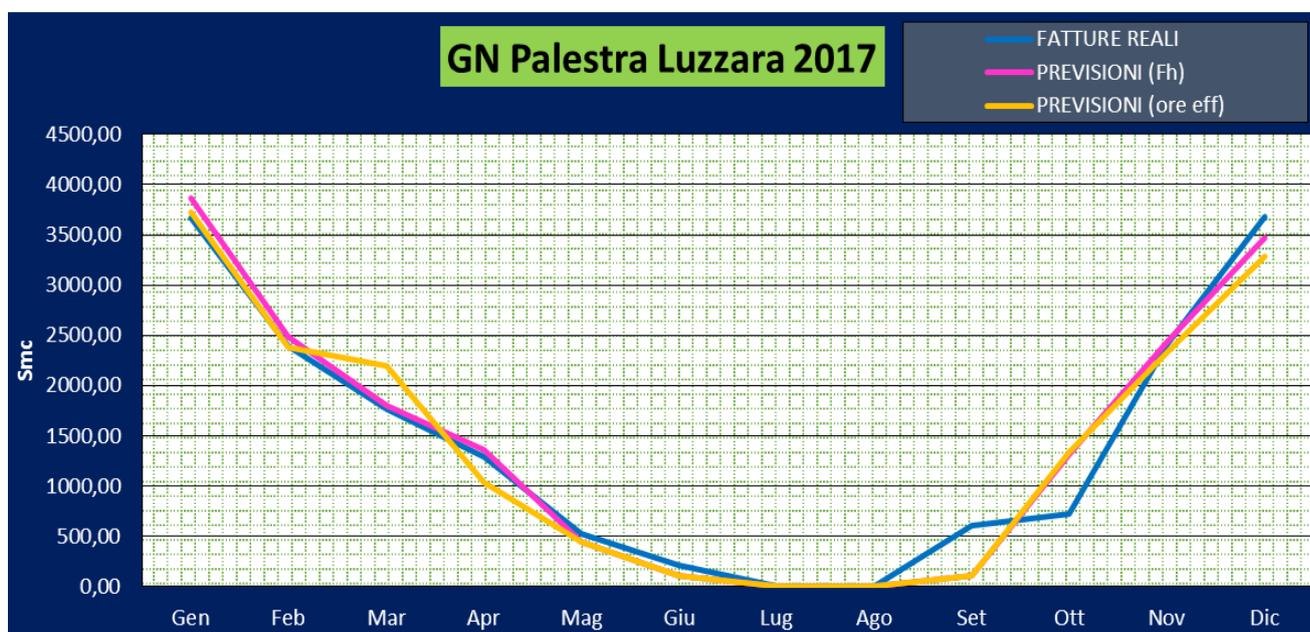
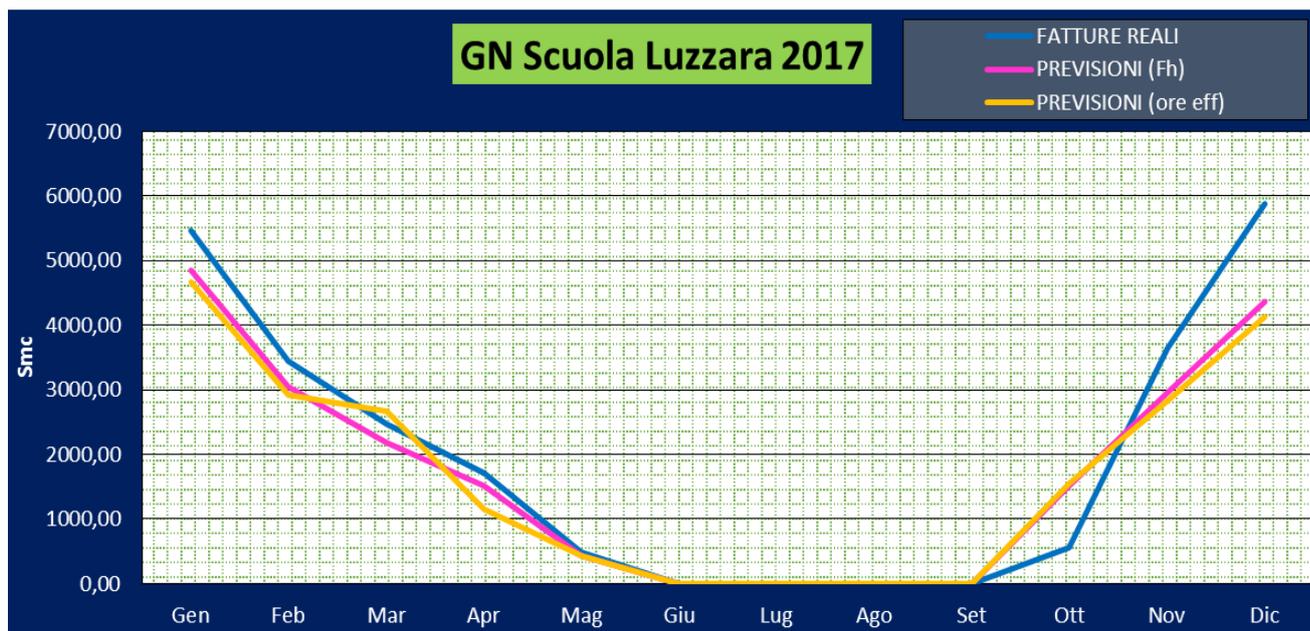


Figura 91. Grafici confronto metodi GN della scuola e della palestra di Luzzara per il 2017

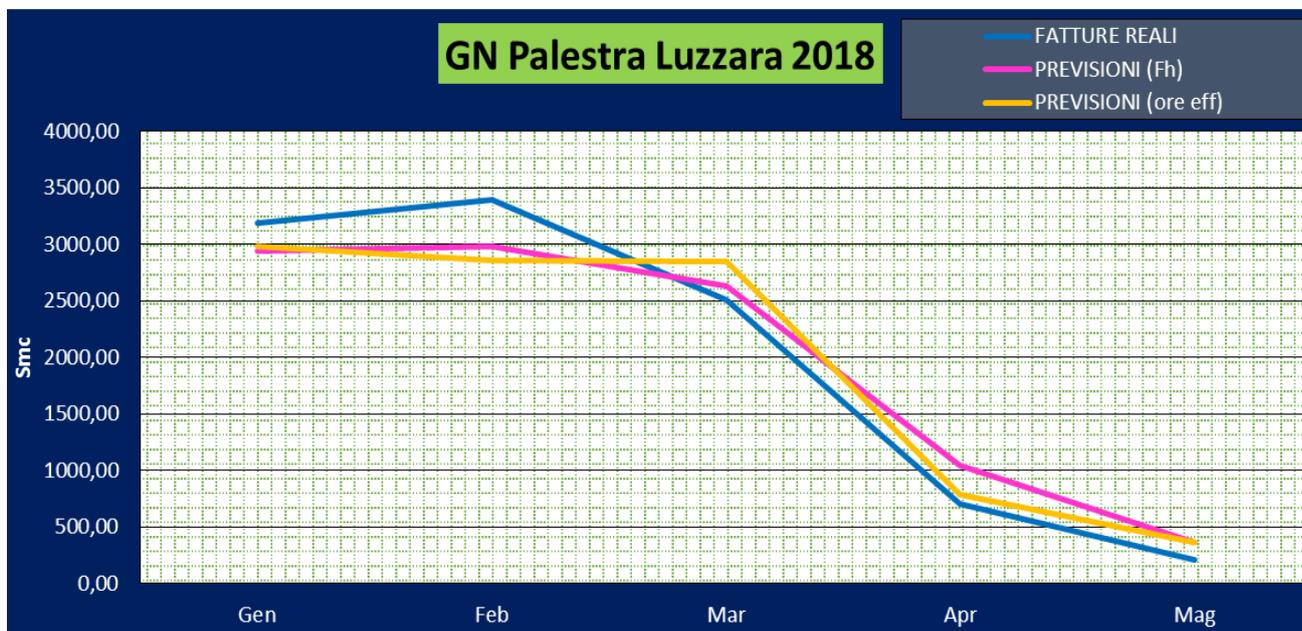
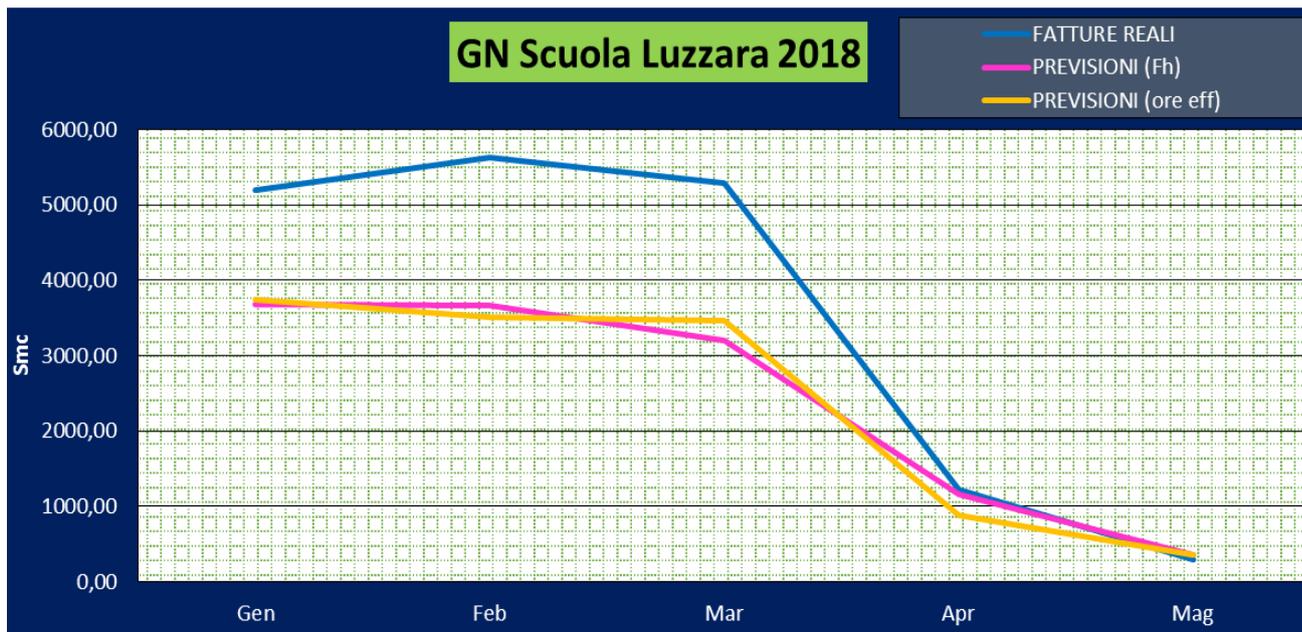


Figura 92. Grafici confronto metodi GN della scuola e della palestra di Luzzara per il 2018

3. NOVELLARA

TABELLA 20. CONFRONTO METODI EE E GN DELLA SCUOLA DI NOVELLARA

EE SCUOLA [kWh]													
Mese	2017						2018						
	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	9186,00	7082,00	2104,00	1487,75	6816,43	2369,58	8844,00	7082,00	1762,00	1245,92	7170,53	1673,48	1183,33
Feb	9210,00	11566,00	-2356,00	1665,94	11084,08	-1874,08	9265,00	11566,00	-2301,00	1627,05	11084,08	-1819,08	1286,29
Mar	9278,00	8923,00	355,00	251,02	10917,55	-1639,55	9294,00	8923,00	371,00	262,34	9657,84	-363,84	257,27
Apr	5982,00	7672,00	-1690,00	1195,01	5814,57	167,43	6700,00	7672,00	-972,00	687,31	6783,66	-83,66	59,16
Mag	6722,00	6784,00	-62,00	43,84	6784,00	-62,00	6715,00	6784,00	-69,00	48,79	6784,00	-69,00	48,79
Giu	3259,00	3505,00	-246,00	173,95	4439,67	-1180,67							
Lug	2632,00	2066,00	566,00	400,22	2066,00	566,00							
Ago	2768,00	2327,00	441,00	311,83	2327,00	441,00							
Set	5294,00	5175,00	119,00	84,15	5079,17	214,83							
Ott	8133,00	8230,00	-97,00	68,59	8313,13	-180,13							
Nov	8437,00	9409,00	-972,00	687,31	9016,96	-579,96							
Dic	8086,00	9701,00	-1615,00	1141,98	9169,44	-1083,44							
TOTALE	78987,00	82440,00	-3453,00	2441,64	81827,99	-2840,99	40818,00	42027,00	-1209,00	854,89	41480,11	-662,11	468,18

GN SCUOLA [Smc]													
Mese	2017						2018						
	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	FATTURE REALI	PREVISIONI (Fh)	Differenza	Deviazione standard	PREVISIONI (ore eff)	Differenza	Deviazione standard
Gen	17734,00	18378,80	-644,80	455,94	17689,59	44,41	14001,00	13982,12	18,88	13,35	14156,90	-155,90	110,24
Feb	10886,00	12814,36	-1928,36	1363,55	12280,43	-1394,43	13592,00	15374,13	-1782,13	1260,15	14733,54	-1141,54	807,19
Mar	12090,00	9171,58	2918,42	2063,63	11221,70	868,30	12069,00	13431,19	-1362,19	963,21	14537,29	-2468,29	1745,34
Apr	1437,00	1379,16	57,84	40,90	1048,16	388,84	4317,00	1054,85	3262,15	2306,69	801,68	3515,32	2485,70
Mag	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Giu	10,00	8,00	2,00	1,41	8,00	2,00							
Lug	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Ago	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00							
Set	60,00	0,00	60,00	42,43	0,00	60,00							
Ott	3222,00	2765,24	456,76	322,98	2817,41	404,59							
Nov	8293,00	10628,39	-2335,39	1651,37	10185,54	-1892,54							
Dic	13852,00	14978,53	-1126,53	796,57	14157,78	-305,78							
TOTALE	67584,00	70124,05	-2540,05	1796,09	69408,62	-1824,62	43979,00	43842,28	136,72	96,67	44229,41	-250,41	177,06

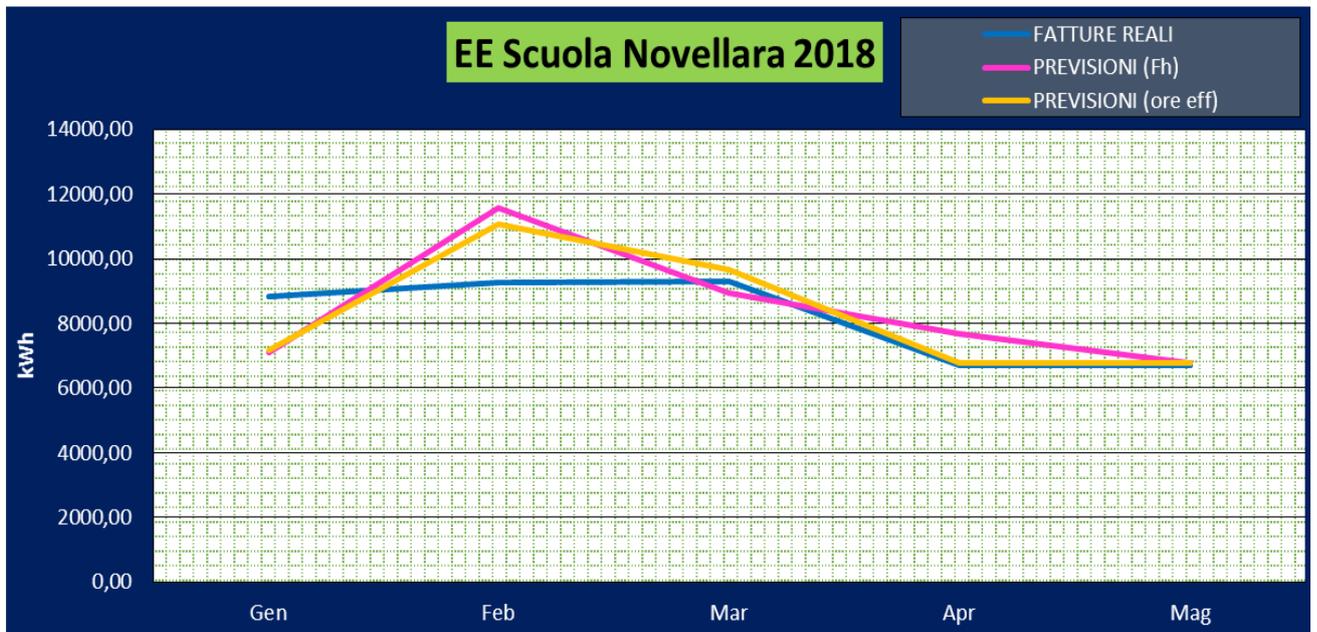
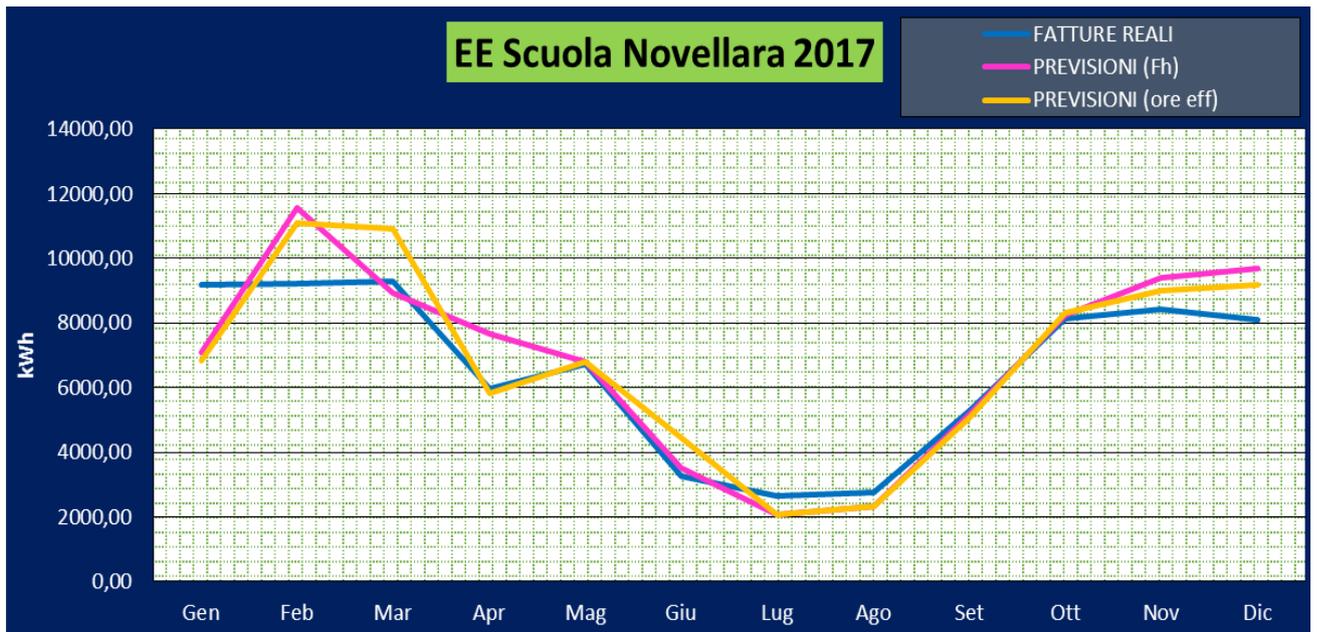


Figura 93. Grafici confronto metodi EE della scuola di Novellara per il 2017 e il 2018

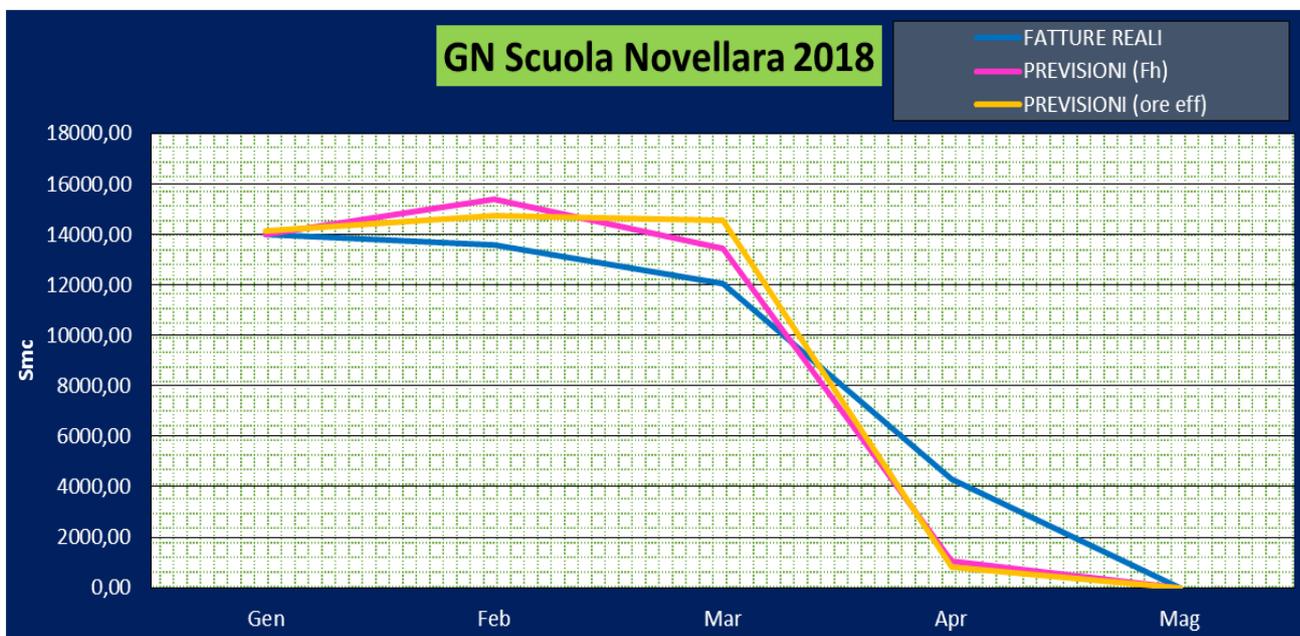
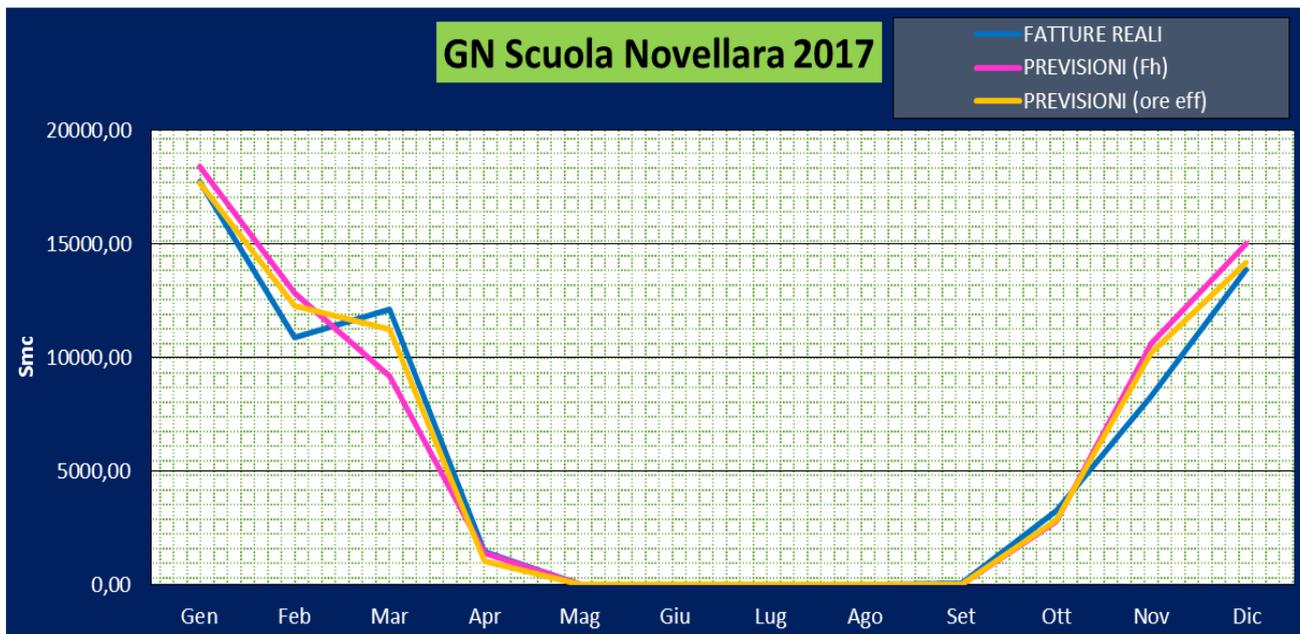


Figura 94. Grafici confronto metodi GN della scuola di Novellara per il 2017 e il 2018

5) CONSIDERAZIONI

Come si nota dai grafici, per il GN i maggiori scostamenti si hanno nel periodo della stagione termica: durante il restante periodo dell'anno non si ricorre all'utilizzo del gas naturale se non per il riscaldamento di acqua calda sanitaria o per l'utilizzo delle cucine scolastiche, che comportano esigui consumi di GN.

Per l'EE invece, un paragone simile può essere fatto per i mesi estivi, dove la scuola è chiusa e quindi l'utilizzo dell'energia elettrica risulta essere molto basso.

10. CONFRONTO REPORT FINALI

In questo capitolo avviene il report sui consumi finali e sui risparmi complessivi ottenuti dopo gli interventi di efficientamento energetico. Tutte le previsioni per la stagione termica 18/19 vengono eseguite utilizzando il metodo con Fh , in quanto è quello che permette di ottenere risultati più simili al reale.

Le formule utilizzate per calcolare i consumi mensili previsionali, dunque, risultano essere:

$$Smc\ pr_{gen\ 19} = Smc\ pr_{gen\ 16} * \frac{Gg_{gen\ 19}}{Gg_{gen\ 16}} * \frac{Fh_{gen\ 19}}{Fh_{gen\ 16}} * \frac{Vol_{gen\ 19}}{Vol_{gen\ 16}}$$

dove

$Smc\ pr_{gen\ 19}$ = standard metri cubo di GN previsti nel mese di gennaio 2019;

$Smc\ pr_{gen\ 16}$ = standard metri cubo di GN previsti nel mese di gennaio 2016 come se fosse già stato effettuato l'efficientamento;

$Gg_{gen\ 19}$ = gradi giorno relativi al mese di gennaio 2019;

$Gg_{gen\ 16}$ = gradi giorno relativi al mese di gennaio 2016;

$Fh_{gen\ 19}$ = fattore di normalizzazione relativo al mese di gennaio 2019;

$Fh_{gen\ 16}$ = fattore di normalizzazione relativo al mese di gennaio 2016;

$Vol_{gen\ 19}$ = volume dell'edificio relativo al mese di gennaio 2019;

$Vol_{gen\ 16}$ = volume dell'edificio relativo al mese di gennaio 2016.

$$EE\ pr_{gen\ 19} = EE\ pr_{gen\ 16} * \frac{Fh_{gen\ 19}}{Fh_{gen\ 16}} * \frac{Sup_{gen\ 19}}{Sup_{gen\ 16}}$$

dove

$EE\ pr_{gen\ 19}$ = kWh di EE previsti nel mese di gennaio 2019;

$EE\ pr_{gen\ 16}$ = kWh di EE previsti nel mese di gennaio 2016 come se fosse già stato effettuato l'efficientamento;

$Sup_{gen\ 19}$ = superficie di riferimento relativa al mese di gennaio 2019;

$Sup_{gen\ 16}$ = superficie di riferimento relativa al mese di gennaio 2016;

Per le strutture di Luzzara, Novellara e Guastalla vengono utilizzate queste formule a partire da ottobre 2018, mentre per Boretto vengono utilizzate già a partire da gennaio 2018 (efficientamento già realizzato).

1) TABELLE REPORT FINALI

1. BORETTO

TABELLA 21. REPORT FINALI STAGIONE TERMICA 18/19 SCUOLA E PALESTRA DI BORETTO

EE Scuola [kWh]						
Stagione termica 18/19						
Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %	Diff in %
ott-18	2247,00	3444,55	-1197,55	Positivo	38%	-35%
nov-18	2409,00	3816,21	-1407,21	Positivo	23%	-37%
dic-18	2704,00	3428,22	-724,22	Positivo	-16%	-21%
gen-19	3266,00	3573,23	-307,23	Positivo	46%	-9%
feb-19	2608,00	3740,06	-1132,06	Positivo	47%	-30%
mar-19	2527,00	3491,86	-964,86	Positivo	5%	-28%
apr-19	2400,00	2840,85	-440,85	Positivo	50%	-16%
TOTALE	18161,00	24334,97	-6173,97	Positivo	24%	-25%

GN Scuola [Smc]						
Stagione termica 18/19						
Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %	Diff in %
ott-18	697,00	505,52	191,48	Negativa	38%	38%
nov-18	2347,00	1913,38	433,62	Negativa	23%	23%
dic-18	3450,00	4111,80	-661,80	Positiva	-16%	-16%
gen-19	6102,00	4168,94	1933,06	Negativa	46%	46%
feb-19	4657,00	3175,09	1481,91	Negativa	47%	47%
mar-19	2420,51	2314,89	105,63	Negativa	5%	5%
apr-19	2083,89	1388,72	695,16	Negativa	50%	50%
TOTALE	21757,40	17578,33	4179,07	Negativa	24%	24%

GN Palestra [Smc]						
Stagione termica 18/19						
Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %	Diff in %
ott-18	115,00	210,48	-95	Positivo	-45%	-45%
nov-18	368,00	441,08	-73	Positivo	-17%	-17%
dic-18	805,00	598,85	206	Negativo	34%	34%
gen-19	1009,00	875,80	133	Negativo	15%	15%
feb-19	722,00	689,49	33	Negativo	5%	5%
mar-19	486,00	433,95	52	Negativo	12%	12%
apr-19	259,00	368,32	-109	Positivo	-30%	-30%
TOTALE	3764,00	3617,97	146	Negativo	4%	4%

2. LUZZARA

TABELLA 22. REPORT FINALI STAGIONE TERMICA 18/19 SCUOLA E PALESTRA DI LUZZARA

EE Scuola [kWh]											
GN Scuola [Smc]					EE Scuola [kWh]						
Stagione termica 18/19											
Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %	Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %
ott-18	922,00	1659,26	-737	Positivo	-44%	ott-18	2057,00	1967,12	90	Negativo	5%
nov-18	1863,00	3444,18	-1581	Positivo	-46%	nov-18	1889,00	2233,22	-344	Positivo	-15%
dic-18	3075,00	6058,23	-2983	Positivo	-49%	dic-18	2328,00	2388,71	-61	Positivo	-3%
gen-19	4593,00	6665,05	-2072	Positivo	-31%	gen-19	2525,00	2421,20	104	Negativo	4%
feb-19	3238,00	4572,38	-1334	Positivo	-29%	feb-19	2800,00	2579,00	221	Negativo	9%
mar-19	2445,00	2757,60	-313	Positivo	-11%	mar-19	2631,00	2114,10	517	Negativo	24%
apr-19	1333,44	2374,09	-1041	Positivo	-44%	apr-19	1315,50	1612,84	-297	Positivo	-18%
TOTALE	17469,44	27530,79	-10061	Positivo	-37%	TOTALE	15545,50	15316,19	229	Negativo	1%

EE Palestra [kWh]											
GN Palestra [Smc]					EE Palestra [kWh]						
Stagione termica 18/19											
Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %	Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %
ott-18	759,00	784,30	-25	Positivo	-3%	ott-18	419,00	2430,45	-2011	Positivo	-83%
nov-18	1307,00	1543,12	-236	Positivo	-15%	nov-18	2605,00	2556,22	49	Negativo	2%
dic-18	2576,00	2623,22	-47	Positivo	-2%	dic-18	2626,00	2769,02	-143	Positivo	-5%
gen-19	3283,00	2890,46	393	Negativo	14%	gen-19	2073,00	2023,20	50	Negativo	2%
feb-19	2559,00	2029,08	530	Negativo	26%	feb-19	2822,00	1998,40	824	Negativo	41%
mar-19	1525,00	1236,46	289	Negativo	23%	mar-19	1888,00	1672,00	216	Negativo	13%
apr-19	661,69	1159,85	-498	Positivo	-43%	apr-19	1416,00	1269,60	146	Negativo	12%
TOTALE	12670,69	12266,49	404	Negativo	3%	TOTALE	13849,00	14718,89	-870	Positivo	-6%

3. NOVELLARA

TABELLA 23. REPORT FINALI STAGIONE TERMICA 18/19 SCUOLA DI NOVELLARA

EE [kWh]											
GN [Smc]						Stagione termica 18/19					
Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %	Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %
ott-18	1231,68	1371,40	-140	Positivo	-10%	ott-18	5978,00	7670,95	-1693	Positivo	-22%
nov-18	2562,32	5585,37	-3023	Positivo	-54%	nov-18	6370,00	8769,86	-2400	Positivo	-27%
dic-18	6260,00	9371,15	-3111	Positivo	-33%	dic-18	6115,00	9042,03	-2927	Positivo	-32%
gen-19	9440,00	11440,45	-2000	Positivo	-17%	gen-19	8052,00	6600,93	1451	Negativo	22%
feb-19	6599,00	8697,83	-2099	Positivo	-24%	feb-19	7273,00	10780,34	-3507	Positivo	-33%
mar-19	4311,00	5242,23	-931	Positivo	-18%	mar-19	6596,00	8316,88	-1721	Positivo	-21%
apr-19	1602,00	977,76	624	Negativo	64%	apr-19	4947,00	7150,85	-2204	Positivo	-31%
TOTALE	32006,00	42686,18	-10680	Positivo	-25%	TOTALE	45331,00	58331,85	-13001	Positivo	-22%

4. GUASTALLA

TABELLA 24. REPORT FINALI STAGIONE TERMICA 18/19 SCUOLA DI GUASTALLA

GN [Smc]							EE [kWh]						
Stagione termica 18/19							Stagione termica 18/19						
Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %	Mese	Fatture Reali	Previsioni	Differenza	Valutazione	Diff in %		
ott-18	536,50	215,72	321	Negativo	149%	ott-18	909,81	2091,11	-1181	Positivo	-56%		
nov-18	1609,50	530,88	1079	Negativo	203%	nov-18	1185,64	2116,64	-931	Positivo	-44%		
dic-18	2818,00	1221,35	1597	Negativo	131%	dic-18	1300,04	1876,35	-576	Positivo	-31%		
gen-19	3147,00	2729,13	418	Negativo	15%	gen-19	1434,97	3106,75	-1672	Positivo	-54%		
feb-19	2215,00	1628,49	587	Negativo	36%	feb-19	1356,81	3099,75	-1743	Positivo	-56%		
mar-19	1397,00	614,91	782	Negativo	127%	mar-19	1460,61	2775,75	-1315	Positivo	-47%		
apr-19	575,00	91,01	484	Negativo	532%	apr-19	1147,60	2212,75	-1065	Positivo	-48%		
TOTALE	12298,00	7031,48	5267	Negativo	75%	TOTALE	8795,48	17279,10	-8484	Positivo	-49%		

2) CONSIDERAZIONI

Come si nota, le stime effettuate dei risparmi non sempre rispecchiano i reali consumi. Questo può essere attribuito a determinati fattori:

- 1- Le previsioni sono state effettuate a partire dai mesi dell'anno 2016: se i consumi di un mese sono stati anomali per una qualsiasi ragione, l'anomalia si è rispecchiata poi anche nella previsione della stagione termica 2018/2019, nonostante non fosse più presente;
- 2- Alcuni dati mensili reali sono stati stimati, considerando la lettura iniziale e finale di un certo periodo di riferimento; la stima è stata effettuata proporzionando i consumi totali del periodo in esame sui gradi giorni mensili;
- 3- Il modello di previsione utilizzato (rapporto tra i valori Fh) non è così preciso da tener conto di alcuni fattori che incidono sui consumi energetici (esatte ore di funzionamento delle luci, delle caldaie, esatte temperatura ed intensità luminosa nei locali scolastici, gestione non corretta di risparmio energetico, ...);
- 4- Solitamente i primi mesi dopo l'efficientamento sono soggetti a maggiori consumi necessari per testare i nuovi impianti e trovare la corretta gestione che garantisca il miglior livello di comfort abitativo all'interno dei locali scolastici;
- 5- Anomalie varie nelle diverse strutture efficientate.

3) ANOMALIE

Per anomalie si intendono eventi non previsti a progetto, derivanti da cause accidentali (es: temperature molto diverse dal previsto) o da errori umani in fase di progetto, montaggio o gestione. Data un'anomalia o un qualsiasi problema, si cerca un'ipotetica e possibile soluzione che permetta di eliminare o ridurre l'anomalia iniziale.

- BORETTO

GN: per quanto riguarda il gas naturale, non vi sono state particolari anomalie nella struttura scolastica di Boretto, se non una richiesta di aumento delle temperature e delle ore di funzionamento del generatore di calore della scuola per i mesi di gennaio e febbraio, che si è tradotto in un maggior consumo di energia rispetto alle previsioni.

Per quanto riguarda la scuola si ha un consumo di gas naturale maggiore del previsto del 24%, che corrisponde a 4179 Smc consumati in più.

Anche per la palestra i consumi sono leggermente maggiori delle aspettative, per circa un 4%, equivalente a 146 Smc.

EE: le riduzioni dei consumi elettrici riguardano la sola scuola, in quanto nella palestra non sono stati svolti interventi significativi da questo punto di vista. Le previsioni di energia elettrica si sono distaccate maggiormente rispetto a quelle di gas naturale dai consumi reali. Tutti i mesi in oggetto sono considerati "positivi", ovvero si ha che le previsioni sono sempre maggiori dei consumi reali.

In questo caso si può affermare di aver sottostimato i risparmi.

A Boretto è presente il sistema automatico di regolazione del flusso luminoso nelle aule. È impossibile conoscere quanto questo sistema abbia influito sui consumi, ma sicuramente ha permesso di risparmiare maggiormente, rispetto alla classica accensione manuale caratterizzata da un costante flusso luminoso indipendente da fattori esterni (luce solare). Vengono infatti evitati inutili consumi qualora non vengano spente le luci quando non ve ne sia necessità, e soprattutto viene regolata l'emissione luminosa in relazione alla luce già presente nel locale.

Si hanno discostamenti tra reale e previsto per un 25%, ovvero i consumi sono stati inferiori alle attese di ben 6174 kWh.

- LUZZARA

GN: a Luzzara come per Boretto, scuola e palestra dispongono di due centrali termiche separate e autonome l'una dall'altra.

Per quanto riguarda la scuola, dalle tabelle si può facilmente desumere che i risparmi siano stati sovrastimati. In realtà, i consumi maggiori sono da attribuire per la maggior parte alla presenza di una perdita d'acqua nel circuito secondario per il riscaldamento dei laboratori.

Fanno eccezioni i soli mesi di ottobre 2018, dove la perdita d'acqua ha inciso in minima parte visto che la caldaia ha funzionato solo per alcuni giorni, e aprile 2019, dato che la perdita è stata riparata in marzo. La presenza di una perdita nel circuito è stata considerata solo a febbraio 2019, a seguito di continui riempimenti del circuito tramite il sistema automatico di reintegro dell'acqua; inoltre, essendo in quella zona le tubazioni sotterranee, non è stato immediato trovare la perdita nel circuito, localizzata tramite l'utilizzo di un geofono.

Come ulteriore anomalia, è da segnalare una valvola miscelatrice montata al contrario e sistemata nel mese di novembre, che ha provocato una riduzione dei consumi della caldaia a scapito di un netto peggioramento del comfort abitativo nei locali scolastici.

I consumi reali al termine della stagione termica sono maggiori rispetto alle previsioni per 10061 Smc, ovvero per il 37%.

In realtà questo maggiore consumo di gas è da attribuire solo al primo anno di contratto, in quanto i successivi non risentiranno della perdita d'acqua nel circuito.

La palestra ha avuto dei consumi leggermente superiori a quelli previsti, circa 404 Smc corrispondenti a una differenza del 3%.

In questo caso un errore commesso in fase di progettazione è stato quello di attribuire la stessa percentuale di risparmio all'acqua per il riscaldamento dei locali e all'acqua calda sanitaria. Di fatto, a differenza della piccola palestra di Boretto, questa palestra è utilizzata dalla scuola ma anche dalle società sportiva del paese, generando un notevole utilizzo di acqua calda sanitaria.

EE: i consumi di energia elettrica della scuola hanno più o meno rispecchiato, salvo i mesi finali di marzo e aprile, le previsioni.

Il valore complessivo del consumo nella stagione termica è “negativo” di un 1%: i consumi previsti sono inferiori a quelli reali di circa 229 kWh.

Come per Boretto, anche qui è stato montato il regolatore di flusso luminoso automatico e, come si può constatare, non ha avuto gli stessi benefici ottenuti nella scuola di Boretto. Ciò può essere legato alle differenti condizioni di progetto: l'impianto illuminante di Luzzara rispetto a Boretto è sottodimensionato, per cui funziona sempre a pieno regime per erogare corretti valori di luminosità nelle stanze. L'unico momento in cui viene richiesto minor sforzo è quando il regolatore di flusso automatico permette di ridurre l'emissione di luminosità dell'impianto in quanto la luce solare all'interno dei locali viene ritenuta sufficiente.

Nella palestra si hanno consumi reali inferiori alle stime per circa 870 kWh, corrispondente a una differenza del 6%.

Non vi sono in questo caso particolari anomalie da segnalare, se non per il mese di ottobre; probabilmente è dovuto al fatto che la palestra è stata inagibile per quasi tutto il mese in questione, in quanto il cantiere per la ristrutturazione della struttura era ancora attivo. Inoltre, è stata utilizzata molto durante le ore diurne, in cui non era necessaria l'accensione dei corpi illuminanti, determinando un basso consumo di energia elettrica.

- NOVELLARA

GN: gli interventi eseguiti sulla struttura di Novellara hanno subito alcune complicanze. L'anomalia più importante riguarda il corretto assemblamento dei componenti della centrale termica. Lo scambiatore di calore era stato montato al contrario, ovvero invertendo i collegamenti di mandata e ritorno del fluido nel sistema. Non solo, nel sistema di distribuzione del circuito secondario era stata montata una valvola miscelatrice a farfalla anziché a settore, compromettendo ulteriormente il rendimento dell'impianto.

Ciò ha comportato dei consumi nettamente inferiori alle attese nei mesi di novembre e dicembre, meno in ottobre dove l'impianto di riscaldamento ha funzionato per pochi giorni. Il sistema di riscaldamento, infatti, ha operato con un rendimento di emissione più basso: il fluido vettore non raggiungeva temperature abbastanza elevate da permettere ai corpi scaldanti il corretto riscaldamento nei locali. Essendo lo scambiatore montato al contrario, alla caldaia il fluido vettore arrivava con una temperatura decisamente maggiore rispetto a quella con cui circolava nei corpi scaldanti, provocando un mancato innalzamento della sua temperatura da parte del generatore di calore che non rilevava nessuna anomalia di funzionamento.

Il corretto montaggio, avvenuto a metà dicembre, ha permesso di ridurre il GAP tra consumi e previsioni, mantenendo comunque le stime previsionali maggiori rispetto ai dati reali. Lo scostamento finale è positivo per un 25%, provocato da un consumo reale inferiore alle attese di 10680 Smc.

EE: i consumi reali di elettricità sono sempre stati inferiori rispetto alle stime per tutta la stagione termica 2018/2019, a eccezione del solo mese di gennaio. Le ragioni potrebbero essere molteplici, come indicato precedentemente.

A differenza delle altre scuole trattate, a Novellara non è presente il regolatore di flusso luminoso automatico e nonostante ciò, i consumi totali sono più bassi delle previsioni del 22% (13001 kWh).

Tra le possibili soluzioni o migliorie che si potrebbero applicare alla struttura, vi è proprio quella di introdurre un sistema di regolazione automatica del flusso luminoso, dato che le plafoniere installate per le opere di efficientamento sono già omologate per supportare questo sistema.

- GUASTALLA

GN: la scuola di Guastalla è un caso estremamente anomalo. I consumi post efficientamento risultano pari o superiori a quelli prima dell'intervento di S.a.ba.r. Servizi.

Di fatto anche le stime previsionali della stagione termica sono inferiori ai consumi reali per un 50%, corrispondente a circa 3548 Smc in più.

La principale causa di questa discordanza è da ricondurre a un errore nei dati storici di partenza: l'azienda che si occupava in precedenza della gestione di gas naturale della scuola di Guastalla aveva un consumo più basso dovuto a un minor numero di ore di accensione degli impianti rispetto a quello comunicato ufficialmente.

Altre cause importanti sono certamente la mancanza di formazione di personale e alunni sul corretto utilizzo dei nuovi strumenti installati (valvole termostatiche, finestre, ecc.) e la mancanza di un costante controllo sui consumi per verificare particolari gestioni scorrette e improvvisate anomalie.

EE: come è possibile notare dalla tabella, i consumi reali sono nettamente inferiori alle stime: la differenza di 8484 kWh corrisponde a un 49% in meno rispetto alle previsioni. Anche per questa scuola, come per Boretto, la potenza totale dei corpi illuminanti installati risulta essere sovrastimata rispetto al reale fabbisogno dell'edificio. Ne deriva che non sia necessario che l'impianto funzioni costantemente a pieno regime. Inoltre, anche in questa scuola è stato installato un sistema automatico di regolazione del flusso luminoso che permette di attenuare notevolmente i consumi di energia elettrica.

4) SOLUZIONI

A parte i particolari casi di ogni scuola, ottime soluzioni per cercare di ridurre ulteriormente i consumi di gas naturale e di energia elettrica sono:

1. Istruire e formare il personale scolastico riguardo un corretto utilizzo dell'impianto e degli strumenti installati per l'efficientamento energetico;
2. Attuare la taratura e il bloccaggio delle valvole termostatiche in relazione alle temperature da mantenere nei vari locali;
3. Monitorare costantemente i consumi energetici per poter intervenire il prima possibile in caso di improvvisi problemi.

Inoltre, per la scuola di Novellara verrà considerata l'opzione di installare un sistema automatico di regolatore di flusso luminoso.

È chiaro che ogni possibile soluzione da intraprendere per diminuire i consumi, porta determinati costi. Occorre valutare se il beneficio economico portato da un'ipotetica soluzione sia superiore all'esborso necessario per sostenerla.

11. INTERVENTI MIGLIORATIVI PROPOSTI

Una volta osservati i consumi reali di ogni edificio in esame, si sono potuti riscontrare le differenze con i modelli previsionali calcolati e ipotizzare la presenza di eventuali anomalie.

Chiaramente le variabili che hanno determinato questi consumi sono innumerevoli e non possono essere tutte considerate nei calcoli delle previsioni, però è possibile applicare alcune migliorie che sicuramente porterebbero i consumi ad avvicinarsi alle previsioni o, ad ogni modo, a ridursi.

1) INTERVENTI PROPOSTI

Per tutti gli edifici in questione sono state ipotizzate alcune migliorie al fine di incidere sui consumi di gas naturale. In particolare, quando i consumi sono stati nettamente inferiori alle previsioni (perciò considerati “positivi”), non viene valutato nessun intervento migliorativo. Di fatto sono stati considerati provvedimenti solo se i consumi superano le previsioni per cercare di diminuire il più possibile il GAP tra questi due valori.

In realtà, non è stato calcolato un vero e proprio risparmio relativo ad ogni intervento o attività da realizzare perché, come detto in precedenza, non sarebbe possibile quantificare tutte le variabili in gioco e da cui dipendono i consumi reali. Considerando che le previsioni effettuate siano corrette e calcolate nelle condizioni il più verosimili a quelle reali, si ipotizza che gli Smc siano più o meno uguali alle previsioni, una volta effettuate tutte le attività migliorative.

I risparmi previsti riguardano sempre i soli consumi di gas naturale, perché le attività ipotizzate per migliorare i consumi non potrebbero incidere in maniera significativa sul consumo di energia elettrica.

Gli interventi/attività da realizzare sono i seguenti:

- Regolazione e taratura delle valvole termostatiche;
- Formazione del personale scolastico;
- Monitoraggio costante dei consumi;
- Installazione regolatore automatico del flusso luminoso.

I primi tre sono stati ipotizzati per tutte le strutture di Boretto, Luzzara e Guastalla, dove i consumi di gas naturale sono superiori alle attese.

Il quarto intervento invece è l'unico che può permettere un significativo risparmio in termini di energia elettrica ed è stato progettato per la sola scuola di Novellara, in quanto le altre strutture possiedono già un sistema automatico di regolazione del flusso luminoso nelle aule.

1. REGOLAZIONE E TARATURA DELLE VALVOLE TERMOSTATICHE

La corretta regolazione delle valvole termostatiche presenti nelle scuole può portare consistenti risparmi di energia termica. Molto spesso, dalle scuole ispezionate, si è notato come le valvole fossero sempre aperte al massimo.

La regolazione della valvola permette di ottenere il giusto comfort all'interno dei locali; una sua variazione dalla posizione di base deve essere giustificata da un eventuale sbalzo di temperatura, ma non dev'essere una consuetudine.

Il costo di questa operazione è stato valutato considerando che per ogni stanza in cui sono presenti valvole termostatiche bisogna misurare tramite appositi strumenti la corretta temperatura da mantenere e bisogna regolare tutte le valvole sulla corretta posizione di apertura; per ogni stanza di ogni scuola il tempo in ore per la regolazione delle valvole termostatiche è stato calcolato:

$$T_{rvt} = \frac{5 * n^{\circ}stanze}{60} [ore/anno]$$

dove

T_{rvt} = tempo per regolazione valvole termostatiche;

5 = minuti necessari per monitoraggio temperatura e regolazione valvole per ogni stanza;

$n^{\circ}stanze$ = n° di stanze in cui è presente almeno una valvola termostatica;

60 = fattore di conversione da minuti a ore.

Il tipo di valvola termostatica presente nei locali (manuale analogica oppure digitale) non influisce sul tempo necessario.

2. FORMAZIONE DEL PERSONALE SCOLASTICO

La formazione del personale scolastico e degli alunni è importante per sfruttare al meglio le strutture e gli strumenti installati negli interventi di efficientamento energetico.

Un esempio significativo è una corretta apertura delle finestre per permettere un ricambio dell'aria nelle aule e nei corridoi, senza però sprecare il calore prodotto dalle centrali termiche. Oppure non modificare a piacimento senza alcuna giustificazione il posizionamento di apertura/chiusura delle valvole termostatiche.

Per l'istruzione del personale ed eventuali colloqui informativi, viene considerato un tempo necessario di 10 ore per il primo anno; negli anni successivi si ipotizza che il tempo cali a 2 ore, in quanto le istruzioni sono già state riportate e si rende necessario solo qualche aggiornamento.

$$T_{fps} = 10 [ore/anno] \text{ (1}^{\circ}\text{anno)}$$

$$T_{fps} = 2 [ore/anno] \text{ (n}^{\circ}\text{anni dopo il 1}^{\circ}\text{)}$$

3. MONITORAGGIO COSTANTE DEI CONSUMI

Un semplice ma accurato monitoraggio dei consumi può evitare inutili sprechi di energia.

Non solo è possibile constatare come cambino i consumi in relazione alle temperature e alle ore di funzionamento, ma è anche possibile intervenire in modo tempestivo qualora vengano rilevate delle anomalie dai dati di consumo.

Per il monitoraggio, viene ipotizzata necessaria circa un'ora a settimana, considerando che teoricamente non tutte le settimane dovrebbe essere necessario un intervento dovute ad anomalie nei consumi. Il tempo necessario per il monitoraggio ogni anno è:

$$T_{mon} = 1 * n^{\circ}sett [ore/anno]$$

dove

T_{mon} = tempo per monitoraggio all'anno;

1 = ora settimanale per il monitoraggio;

$n^{\circ}sett$ = n° di settimane in un anno in cui deve essere eseguito il monitoraggio; considerando le vacanze natalizie, pasquali e i mesi estivi, il numero di settimane da monitorare ogni anno è pari a 39.

Una volta calcolate le ore necessarie per attuare le tre ipotetiche attività migliorative, si ottiene un tempo globale che moltiplico per il costo orario dell'operatore addetto alle attività descritte:

$$T_{tot} = T_{rvt} + T_{fps} + T_{mon} [ore/anno]$$

$$C_{tot} = C_{h\ oper} * T_{tot} [€/anno]$$

dove

T_{tot} = tempo totale necessario per svolgere tutte le attività/interventi di miglioramento;

C_{tot} = costo totale per le attività/interventi di miglioramento;

$C_{h\ oper}$ = costo orario dell'operatore addetto.

4. INSTALLAZIONE REGOLATORE AUTOMATICO DEL FLUSSO LUMINOSO

Come già accennato, tale intervento è l'unico che va ad influire sui consumi elettrici ed è stato ipotizzato per la sola scuola di Novellara, in quanto nelle altre scuole questo sistema di regolazione automatico del flusso luminoso è già presente, almeno nelle aule di lezione.

Si tratta di interventi piuttosto costosi, ma che possono notevolmente ridurre i consumi, nonostante nella scuola di Novellara questi siano già inferiori rispetto alle previsioni.

Di fatto, l'intervento è ipotizzabile solo perché le plafoniere montate nelle aule dell'edificio sono già omologate per poter sostenere un sistema automatico di regolazione del flusso luminoso.

Considerando l'aula tipo della scuola di Novellara, per sostenere l'opera occorrono:

TABELLA 25. MATERIALE NECESSARIO PER L'INSTALLAZIONE DEL REGOLATORE AUTOMATICO DI FLUSSO LUMINOSO

Descrizione prodotto	Quantità	UdM	Costo [€]	TOT [€]
Pulsante Serie EX9000 JAVIS Unipolare, 10 A	32	/	2,218	70,98
Filo FS17 1x1.5 blu RAL5015 Matassa	1000	[m]	0,099	99,50
Sensore di presenza PD4-M-DALI/DSI AP	32	/	118,994	3807,81
Cavo DALI LI-2YY BUS 1x2x1.00 verde	800	[m]	0,461	368,78

Bisogna poi aggiungere i costi di montaggio:

$$C_{mont} = n^{oper} * C_{oper} * T_{aula} * n^{aule}$$

dove

C_{mont} = Costi di montaggio totali [€];

n^{oper} = n° operatori necessari;

C_{oper} = costo orario di un operatore [€/ora];

T_{aula} = tempo di montaggio per ogni aula [ora/aula];

n^{aule} = n° aule in cui effettuare l'intervento.

Il costo totale per sostenere l'opera risulta pari a:

$$C_{tot\,luci} = C_{mat} + C_{mont}$$

Per calcolare i risparmi di energia elettrica che l'intervento permetterebbe, è stato effettuato un confronto con la scuola di Guastalla, che dispone di corpi illuminanti molto simili o della stessa marca di quelli di Novellara.

I dati utilizzati fanno riferimento ad una "settimana tipo" (da lunedì 4 a domenica 10 febbraio), scelta casualmente in un periodo di lezione scolastico a metà della stagione invernale, considerando di avere un valore di luminosità solare medio nel periodo.

Per prima cosa, dal telecontrollo di Guastalla viene ricavato il numero di ore di funzionamento delle luci ($h_{tipo\,G}$) e il consumo elettrico totale ($C_{tipo\,G}$) all'interno della settimana tipo, considerando solamente le linee di monitoraggio relative ai locali che dispongono del sistema automatico di regolazione del flusso luminoso. Per i medesimi corpi illuminanti, tramite le schede tecniche, è stata calcolata la potenza nominale complessiva ($P_{nom\,G}$).

Dopo di che, mediante il telecontrollo di Novellara, è stato possibile ottenere le ore di funzionamento totale anche per Novellara ($h_{tipo\,N}$) all'interno della settimana tipo per i soli corpi illuminanti sui quali dovrebbe essere installato il sistema di regolazione del flusso automatico. Come per Guastalla, viene calcolata la potenza nominale complessiva dei corpi illuminanti interessati ($P_{nom\,N}$).

È stato poi calcolato il risparmio che i regolatori automatici di flusso luminoso hanno permesso di ottenere sulla scuola di Guastalla:

$$\%rispluci = \frac{C_{tipo\,G}}{P_{nom\,G} * h_{tipo\,G}}$$

Lo stesso risparmio è stato poi applicato sui valori di Novellara, ottenendo un nuovo consumo di energia elettrica settimanale:

$$C_{luci\,N} = P_{nom\,N} * h_{tipo\,N} * \%rispluci$$

(Tale risparmio è da applicare al consumo annuale utilizzato nel PEF atteso, ma solo per quanto riguarda i corpi illuminanti che sarebbero sottoposti all'intervento (non tutti, solo quelli delle aule di lezione)).

12. ANALISI ECONOMICA

In questo capitolo viene eseguita un'analisi economica degli interventi sostenuti da parte di S.a.ba.r. Servizi, focalizzata sui costi sostenuti e sui benefici che potrebbero maturare negli anni a seguito di mirati interventi per migliorare la gestione dei consumi in ogni scuola.

In particolare, sono stati studiati per ogni struttura 3 differenti piani economici finanziari (PEF):

1. **PEF a contratto:** si tratta del piano economico finanziario eseguito prima dell'effettiva realizzazione delle opere di efficientamento energetico. Per cui i valori di consumo di gas ed energia elettrica utilizzati non sono quelli reali, ma quelli che si prevedevano a progetto. In realtà nel calcolo del PEF a contratto sono stati introdotti i costi ufficiali sostenuti realmente da S.a.ba.r. Servizi per la realizzazione delle opere di efficientamento energetico, mentre nel documento originale i costi erano delle stime iniziali che durante la realizzazione delle opere sono poi cambiati (a causa di modifiche in corso d'opera dovute a errori progettuali o variazioni rispetto al progetto iniziale).
2. **PEF atteso:** è lo stesso piano economico iniziale in cui però viene calcolato il VAN con i consumi effettivi reali post efficientamento; rispetto al PEF a contratto, differisce perché per il calcolo dei costi e dei ricavi di gas ed energia elettrica vengono considerati i reali consumi post efficientamento e le reali condizioni misurate, non delle stime previsionali.
3. **Nuovo PEF proposto:** in base ai problemi e alle anomalie, per ciascuna struttura si elabora un nuovo piano economico in cui si tiene conto di ipotetici interventi da sostenere per migliorare la gestione e abbassare ulteriormente i consumi di energia. Si valuta come cambia il PEF atteso in base alle modifiche scelte.

Tutti i PEF sono stati suddivisi in 3 macro-parti: la componente dei dati, quella dei calcoli effettuati tramite i dati ed infine il calcolo e il grafico del VAN e del punto di pareggio degli investimenti sostenuti da S.a.ba.r. Servizi. Solo l'ultimo PEF, quello proposto, comprende un'altra componente inerente agli interventi proposti da effettuare per migliorare i consumi energetici degli edifici in esame.

1) DATI

La parte dei dati è la medesima per ogni PEF di uno stesso edificio; in particolare, ho suddiviso i dati in 4 sezioni:

- **COSTI GENERALI:** comprende gli esborsi per la realizzazione delle varie opere, gli incentivi che si prevedono di incassare da GSE e Regione, gli anni di contratto tra S.a.ba.r. e le scuole efficientate, il tasso d'interesse dell'investimento.
- **DATI DI RIFERIMENTO:** sono i dati con i quali è stato effettuato il progetto iniziale e sui quali si basa il PEF a contratto.
- **DATI ANNO 2018/2019:** sono i dati di riferimento reali aggiornati all'anno 2018/2019 (da Maggio 2018 ad Aprile 2019), che comprendono quindi gli effettivi consumi di gas ed energia elettrica e non stime; tramite questi viene calcolato il PEF atteso.
- **DATI FISSI:** sono valori di riferimento che non variano per l'anno 2018/2019 e perciò vengono utilizzati sia nel calcolo del PEF a contratto sia in quello atteso.

2) CALCOLI IEN, COSTI E RICAVI

Vengono elaborati tutti i calcoli necessari ad ottenere i ricavi, i costi e l'utile annuali che permetteranno di determinare il VAN:

- **IEN:** vengono calcolati gli indicatori energetici normalizzati per gas ed energia elettrica, i quali hanno la funzione di individuare un indice che renda confrontabili edifici scolastici differenti o in questo caso la condizione dell'edificio alle condizioni di Baseline (riferimento) con quelle di progetto e effettive post riqualificazione; tramite questi vengono quantificati i consumi garantiti normalizzati di GN ed EE, i quali adattano le stime di progetto iniziale (2016) con le reali condizioni dell'anno 2018/2019.
- **COSTI GESTIONALI ANNUALI A CARICO DI S.A.B.A.R. SERVIZI:** personale, manutenzione, effettivi costi di gas e elettricità.
- **RICAVI ANNUALI:** è quello che S.a.ba.r. incassa da parte dei comuni a seguito degli interventi sostenuti e della gestione dei consumi delle strutture efficientate, rispettando i parametri previsti a contratto.

3) VAN E PAYBACK

Si calcola il valore attuale netto dell'investimento sostenuto attraverso la somma algebrica dei flussi monetari attualizzati; tramite il VAN è possibile calcolare il periodo di rimborso dell'investimento (payback), ovvero il numero di anni necessari per pareggiare l'esborso sostenuto.

Innanzitutto, viene calcolato l'utile annuale, come differenza tra ricavi e costi totali annuali e, in seguito, considerando per ogni scuola una durata del contratto di 20 anni e un tasso d'interesse pari a 0,03, calcolo il VAN per ogni anno fino al 2038.

Considerando un utile iniziale negativo pari al costo sostenuto da S.a.ba.r. Servizi al netto di incentivi e contributi comunali, si ottiene il valore attualizzato netto dei flussi di cassa nei 20 anni di contratto. In questo modo si può constatare quanti anni siano necessari per avere il punto di pareggio o se sia possibile raggiungerlo negli anni prefissati.

4) PEF A CONTRATTO E PEF ATTESO

1. IEN E CONSUMI GARANTITI

- *Indicatore energetico normalizzato garantito di riscaldamento ante intervento:*

$$IEN_G GN_{ante} = \frac{Smc_{ante} * Fh_{prev} * Fe * 10^3}{GG_{2016} * V_{rif}}$$

dove

Smc_{ante} = standard metri cubo di GN consumati nel 2016;

Fh_{prev} = fattore di normalizzazione previsto a contratto;

Fe = fattore di forma edificio (dato fisso);

GG_{2016} = gradi giorno relativi all'anno 2016;

V_{rif} = volume di riferimento dell'edificio (dato fisso);

10^3 = fattore moltiplicativo per ottenere l'indice con un solo zero non significativo.

- *Indicatore energetico normalizzato garantito di riscaldamento post-intervento:*

$$IEN_G GN_{post} = \frac{Smc_{prev} * Fh_{prev} * Fe * 10^3}{GG_{2016} * V_{rif}}$$

dove

Smc_{prev} = standard metri cubo di GN che si prevedono di consumare dopo efficientamento a contratto;

- **Indicatore energetico normalizzato garantito di consumo di energia elettrica ante intervento:**

$$IEN_G EE_{ante} = \frac{EE_{ante} * Fh_{prev}}{Sup_{rif}}$$

dove

EE_{ante} = kWh di EE consumati nel 2016;

Fh_{prev} = fattore di normalizzazione previsto a contratto;

Sup_{rif} = superficie di riferimento dell'edificio (dato fisso);

- **Indicatore energetico normalizzato garantito di consumo di energia elettrica post-intervento:**

$$IEN_G EE_{post} = \frac{EE_{prev} * Fh_{prev}}{Sup_{rif}}$$

dove

EE_{post} = kWh di EE che si prevedono di consumare dopo efficientamento a contratto.

- **Consumo garantito normalizzato del gas a contratto:**

$$Smc_G = \frac{IEN_G GN_{post} * GG_{2016} * V_{rif}}{Fh_{prev} * Fe * 10^3}$$

Si tratta del consumo garantito di gas calcolato alle condizioni dell'anno di riferimento (2016) differenti rispetto a quelle dell'anno 2018/2019.

- **Consumo garantito normalizzato di energia elettrica a contratto:**

$$EE_G = \frac{IEN_G EE_{post} * Sup_{rif}}{Fh_{prev}}$$

Come per il gas naturale, si tratta del consumo garantito di energia elettrica calcolato alle condizioni dell'anno di riferimento (2016).

Come è possibile notare nelle successive tabelle di PEF a contratto e atteso, dalle formule utilizzate si ottiene un consumo garantito a contratto che rispecchia perfettamente i consumi previsti a contratto.

I consumi garantiti variano nel PEF atteso, dove vengono utilizzate le reali condizioni di riferimento dell'anno 2018/2019:

- **Consumo garantito normalizzato del gas atteso:**

$$Smc_G = \frac{IEN_G GN_{post} * GG_{18/19} * V_{rif}}{Fh_{18/19} * Fe * 10^3}$$

dove

$GG_{18/19}$ = gradi giorno misurati a partire da maggio 2018 fino ad aprile 2019

$Fh_{18/19}$ = fattore di normalizzazione relativo all'anno scolastico 2018/2019

- **Consumo garantito normalizzato di energia elettrica atteso:**

$$EE_G = \frac{IEN_G EE_{post} * Sup_{rif}}{Fh_{18/19}}$$

2. COSTI GESTIONALI ANNUALI

- Costo del personale e di manutenzione: viene stimato in base a dati storici ed esperienze precedenti (Co_{pers});
- Costo per la manutenzione: viene stimato in base a dati storici ed esperienze precedenti (Co_{man});
- Attuale costo del comune per fornitura di gas:

$$CoSmc_{ante} = Smc_{ante} * P_{GN}$$

dove

Smc_{ante} = standard metri cubo di GN consumati nel 2016;

P_{GN} = prezzo d'acquisto del gas naturale in €/Smc.

- Attuale costo del comune per fornitura di energia elettrica:

$$CoEE_{ante} = EE_{ante} * P_{EE}$$

dove

EE_{ante} = kWh di EE consumati nel 2016;

P_{EE} = prezzo d'acquisto dell'energia elettrica in €/kWh.

Per semplificare i calcoli, vengono considerati fissi i prezzi di acquisto di energia elettrica e gas naturale a partire dal 2016. In realtà, ogni anno potrebbero cambiare in base a diversi parametri (come è stato tra 2016 e 2019), ma chiaramente non è possibile conoscere con certezza come potrebbero variare negli anni successivi al 2019, e quindi per tutti e 20 gli anni di gestione da parte di S.a.ba.r. Servizi stipulati a contratto.

- Costo per fornitura di gas e energia elettrica post efficientamento; tale costo differisce tra il PEF a contratto e quello atteso, in quanto nel primo vengono considerati i consumi post efficientamento previsti nel contratto:

$$CoSmc_{post} = Smc_{prev} * P_{GN}$$

dove

Smc_{prev} = standard metri cubo di GN che si prevedono di consumare dopo efficientamento a contratto.

$$CoEE_{post} = EE_{prev} * P_{EE}$$

dove

EE_{prev} = kWh di EE che si prevedono di consumare dopo efficientamento a contratto.

Per il PEF atteso invece, sono stati utilizzati i reali consumi di gas ed elettricità relativi ai mesi che vanno da maggio 2018 ad aprile 2019:

$$CoSmc_{post} = Smc_{18/19} * P_{GN}$$

$$CoEE_{post} = EE_{18/19} * P_{EE}$$

- Costi totali annuali:

$$Ctot_{anno} = Co_{pers} + Co_{man} + CoSmc_{post} + CoEE_{post}$$

3. RICA VI ANNUALI

- Ricavo da canone annuale investimento, cioè la quota annuale fissa a carico del comune calcolata in base all'investimento sostenuto per la realizzazione dell'efficientamento energetico:

$$R_{inv} = \frac{Inv_{scoperto}}{n^{\circ}anni} + \frac{Inv_{scoperto} * Tint}{2}$$

$$Inv_{scoperto} = TOT Inv - Inc_{CT2.0} - Inc_{Por-Fesr} - Quota_{Comune}$$

dove

R_{inv} = ricavo da canone annuale investimento;

$Inv_{scoperto}$ = investimento sostenuto da S.a.ba.r. Servizi al netto degli incentivi e di un eventuale contributo iniziale a carico del comune;

$Quota_{Comune}$ = quota iniziale a carico del comune;

$TOT Inv$ = investimento totale per la realizzazione dell'efficientamento energetico;

$Inc_{CT2.0}$ = incentivo erogato dal GSE;

$Inc_{Por-Fesr}$ = incentivo erogato dalla regione Emilia-Romagna;

$n^{\circ}anni$ = anni di gestione da parte di S.a.ba.r. Servizi stipulati a contratto;

$Tint$ = tasso d'interesse sull'investimento;

$\frac{Inv_{scoperto} * Tint}{2}$ = approssimazione per calcolare il rientro medio dato dal tasso di interesse.

- Ricavo da canone fisso annuale per il personale (R_{pers});
- Ricavo da canone fisso annuale per la manutenzione (R_{man});
- Ricavo da canone: è la quota variabile relativa al consumo garantito normalizzato di gas e di energia elettrica;

$$R_{GN} = Smc_G * P_{GN}$$

$$R_{EE} = EE_G * P_{EE}$$

dove

R_{GN} = ricavo da canone annuale dovuto al consumo garantito normalizzato di gas;

R_{EE} = ricavo da canone annuale dovuto al consumo garantito normalizzato di energia elettrica;

Smc_G = consumo garantito normalizzato di gas;

EE_G = consumo garantito normalizzato di energia elettrica.

Naturalmente per il PEF a contratto vengono utilizzati i consumi garantiti normalizzati calcolati secondo il contratto, mentre per il PEF atteso vengono utilizzati i consumi garantiti normalizzati attesi, calcolati con i dati di riferimento dell'anno 2018/2019.

- Ricavi totali annuali:

$$Rtot_{anno} = R_{inv} + R_{pers} + R_{man} + R_{GN} + R_{EE}$$

4. VAN

- Utile annuale:

$$Utot_{anno} = Rtot_{anno} + Ctot_{anno}$$

dove

$Rtot_{anno}$ = Ricavi totali annuali;

$Ctot_{anno}$ = Costi totali annuali.

- VAN:

$$VAN = \sum_{n=0}^{20} \frac{Utot_{anno}}{(1 + T_{int})^n}$$

dove

n = anni di contratto;

T_{int} = tasso d'interesse.

DATI			CALCOLO PEF a contratto			CALCOLO PEF atteso 18/19		
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM
DATI COSTI GENERALI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI		
1-A: Isolamento copertura piana esterna	0,00 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,7358	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,7358	-
1-A: Isolamento estradosso solaio	0,00 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5510	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5510	-
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto)	0,00 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	14,2918	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	14,2918	-
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	0,00 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	11,6301	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	11,6301	-
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	114598,45 €		Consumo Garantito Normalizzato del GAS	22.856,54	Sm3	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	21.195,03	Sm3
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	68838,35 €		Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	31.609,00	kWh	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	31.609,00	kWh
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	6165,50 €		CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi		
Costi di progettazione	19550,00 €		Costo del personale	1500,00 €		Costo del personale	1500,00 €	
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	7944,50 €		Costo di manutenzione	5000,00 €		Costo di manutenzione	5000,00 €	
Registrazione contratto	1854,92 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	17399,59 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	17399,59 €	
TOTALE INC CT 2.0	63096,06 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	6991,74 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	6991,74 €	
TOTALE INC POR-FESR	47533,57 €		Costo da GAS POST (previsto)	13028,23 €		Costo da GAS consumato POST	14720,25 €	
Contributo iniziale a carico del comune	0,00 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA POST (previsto)	5689,62 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	4341,96 €	
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da	20 anni		CALCOLO RICAVI			CALCOLO RICAVI		
Tasso di interesse	3% -		Ricavi da canone annuale	7392,98 €/anno		Ricavo da quota investimento	7392,98 €/anno	
Ricavi da manutenzione a carico del comune	5000,00 €		Ricavi da manutenzione annuale	6500,00 €/anno		Ricavi da manutenzione annuale	6500,00 €/anno	
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			Ricavo da GAS consumato	13028,23 €/anno		Ricavo da GAS consumato	12081,17 €/anno	
Dati di riferimento (2016)			Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	5689,62 €/anno		Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	5689,62 €/anno	
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	30525,60	Sm3						
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	38843,00	kWh						
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	22856,54	Sm3						
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	31609,00	kWh						
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00	GG	TOTALE			TOTALE		
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	1298,00	ore	Costo Investimento iniziale	218.951,72 €	€	Costo Investimento iniziale	218.951,72 €	€
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	1930,00	ore	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	110.629,63 €	€	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	110.629,63 €	€
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,93	-	Totale investimento non coperto	108.322,09 €	€	Totale investimento non coperto	108.322,09 €	€
Dati stagione termica 18/19			TOTALE ANNUO			TOTALE ANNUO		
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	25825,00	Sm3	Ricavi	32.610,83 €	€/anno	Ricavi	31.663,77 €	€/anno
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	24122,00	kWh	Costi	25.217,85 €	€/anno	Costi	25.562,21 €	€/anno
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00	GG	Utile	7.392,98 €	€/anno	Utile	6.101,56 €	€/anno
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	1400,00	ore						
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	2022,00	ore						
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,93	-						
Dati fissi								
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	1,00	-						
Volume riscaldato (V)	14531,46	m3						
Superfici utile (S)	2527,61	m2						
Prezzo unitario del GAS	0,57	€/m3						
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18	€/kWh						

TABELLA 26. PEF PROPOSTO E PEF A CONTRATTO PER LA SCUOLA DI BORETTO

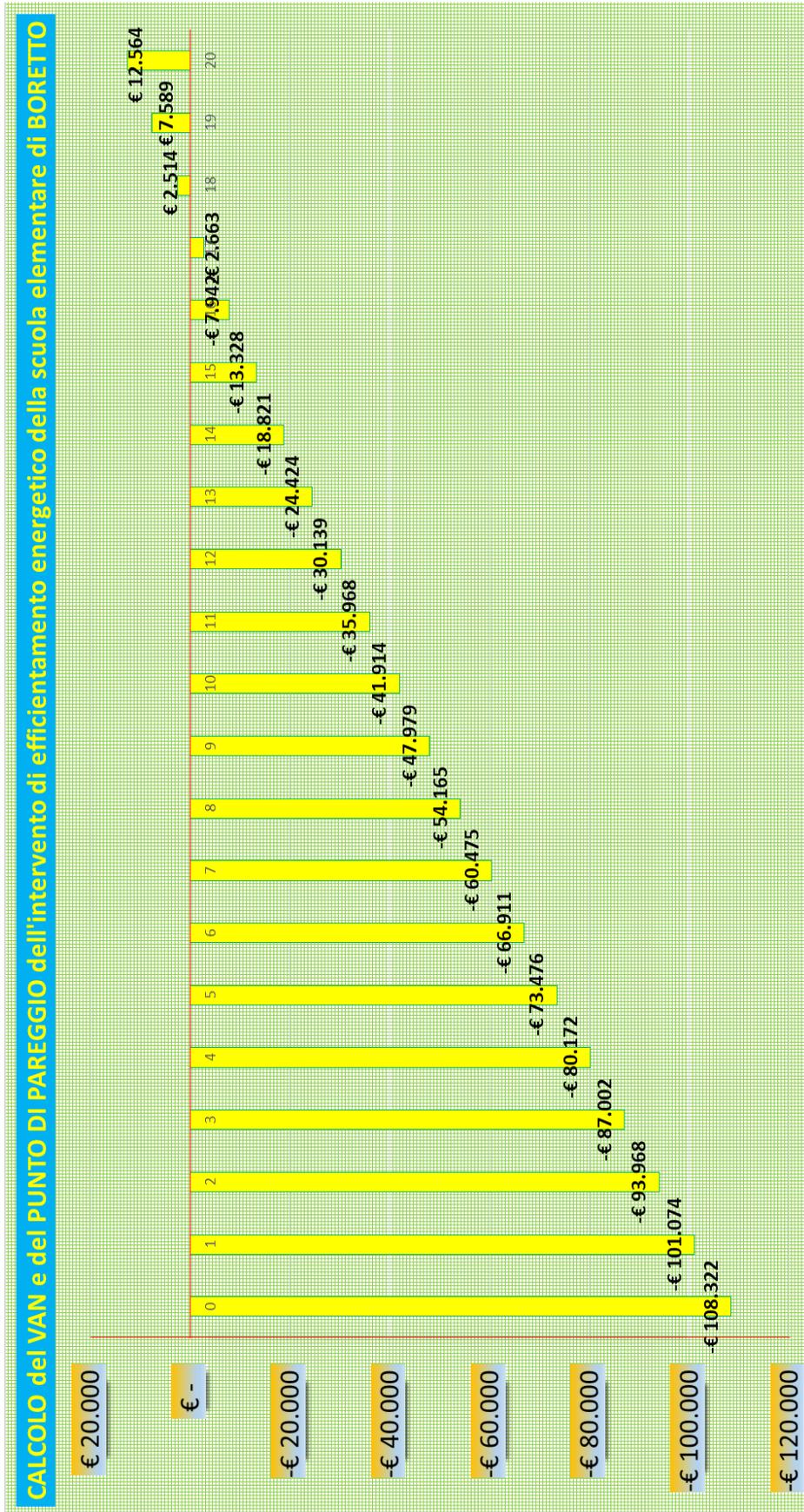


Figura 95. Grafico VAN e PAYBACK a contratto scuola di Boretto

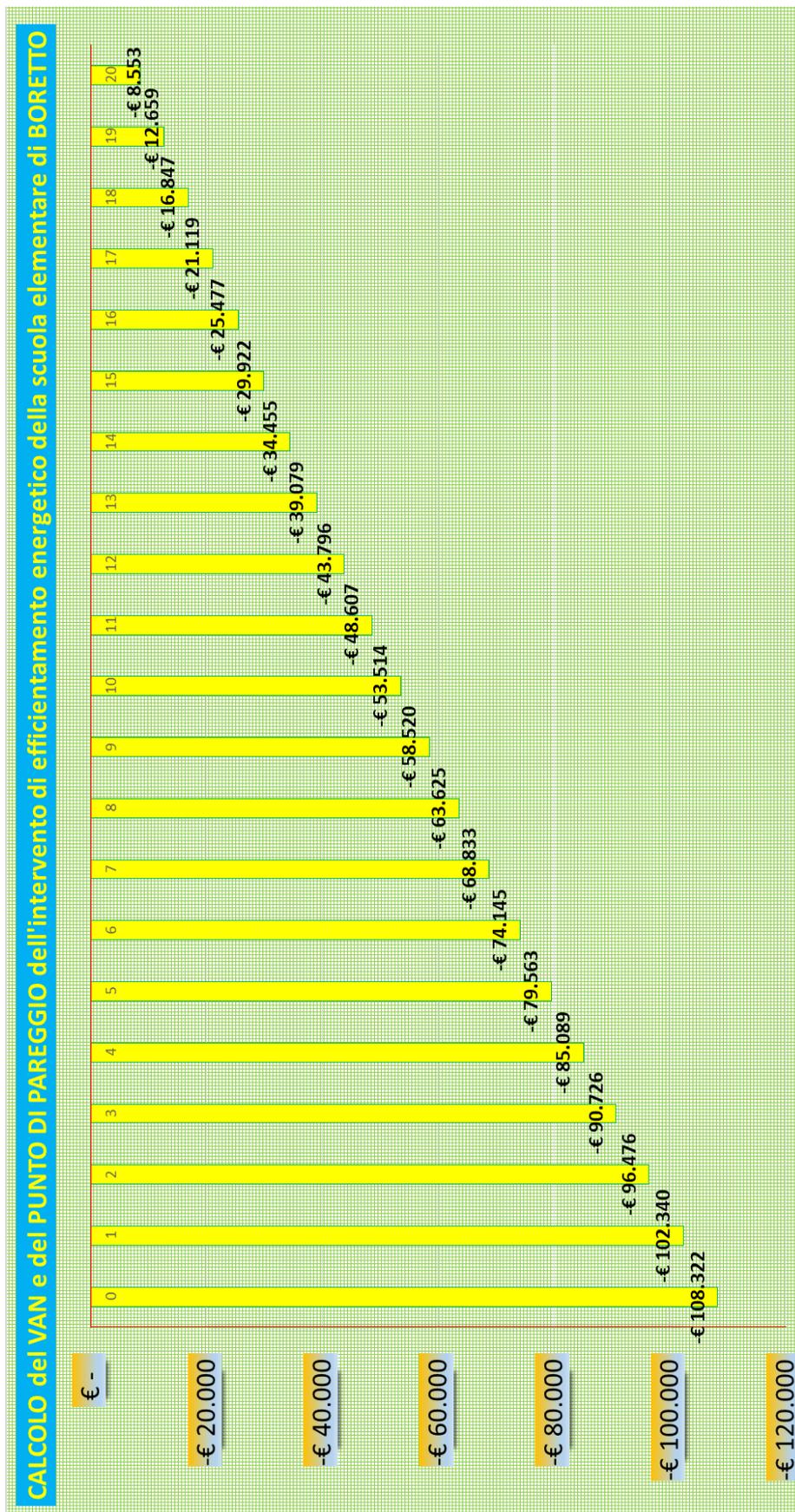


Figura 96. Grafico VAN e PAYBACK atteso scuola di Boretto

DATI			CALCOLO PEF a contratto			CALCOLO PEF atteso 18/19		
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM
DATI COSTI GENERALI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI		
1-A: Isolamento copertura piana esterna palestra	30579,25 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,6223	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,6223	-
1-A: Isolamento estradosso solaio scuola	29230,32 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,4013	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,4013	-
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto) palestra	143155,16 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	26,5415	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	26,5415	-
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	144418,10 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	23,2406	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	23,2406	-
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	128081,95 €		Consumo Garantito Normalizzato del GAS	24.200,00	Sm3	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	22.440,83	Sm3
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	49928,56 €		Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	41.223,00	kWh	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	41.223,00	kWh
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	4100,00 €		CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi		
Costi di progettazione	38870,00 €		Costo del personale	1500,00 €		Costo del personale	1500,00 €	
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	28511,81 €		Costo di manutenzione	11500,00 €		Costo di manutenzione	11500,00 €	
Registrazione contratto	2964,81 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	21392,90 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	21392,90 €	
TOTALE INC CT 2.0	228261,99 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	8474,04 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	8474,04 €	
TOTALE INC POR-FESR	151132,50 €		Costo da GAS POST (previsto)	13794,00 €		Costo da GAS consumato POST	17805,47 €	
Contributo iniziale a carico del comune	81967,21 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA POST (previsto)	7420,14 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	7037,88 €	
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da	20 anni		CALCOLO RICAVI			CALCOLO RICAVI		
Tasso di interesse	3% -		Ricavi da canone annuale	10801,30 €/anno		Ricavo da quota investimento	10801,30 €/anno	
Ricavi da manutenzione a carico del comune	15000,00 €		Ricavi da manutenzione annuale	13000,00 €/anno		Ricavi da manutenzione annuale	13000,00 €/anno	
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			Ricavo da GAS consumato	13794,00 €/anno		Ricavo da GAS consumato	12791,27 €/anno	
Dati di riferimento (2016)			Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	7420,14 €/anno		Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	7420,14 €/anno	
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	37531,40	Sm3						
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	47078,00	kWh						
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	24200,00	Sm3						
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	41223,00	kWh						
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00	GG	TOTALE			TOTALE		
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	1390,50	ore	Costo Investimento iniziale	599.839,96 €	€	Costo Investimento iniziale	599.839,96 €	€
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	2068,50	ore	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	461.361,71 €	€	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	461.361,71 €	€
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,80	-	Totale investimento non coperto	138.478,25 €	€	Totale investimento non coperto	138.478,25 €	€
Dati stagione termica 18/19			TOTALE ANNUO			TOTALE ANNUO		
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	31237,67	Sm3	Ricavi	45.015,44 €	€/anno	Ricavi	44.012,72 €	€/anno
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	39099,31	kWh	Costi	34.214,14 €	€/anno	Costi	37.843,35 €	€/anno
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00	GG	Utile	10.801,30 €	€/anno	Utile	6.169,37 €	€/anno
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	1499,00	ore						
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	2161,00	ore						
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,80	-						
Dati fissi								
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	0,80	-						
Volume riscaldato (V)	14538,00	m3						
Superfici utile (S)	1419,00	m2						
Prezzo unitario del GAS	0,57	€/m3						
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18	€/kWh						

TABELLA 27. PEF A CONTRATTO E PEF ATTESO DELLA SCUOLA E DELLA PALESTRA DI LUZZARA

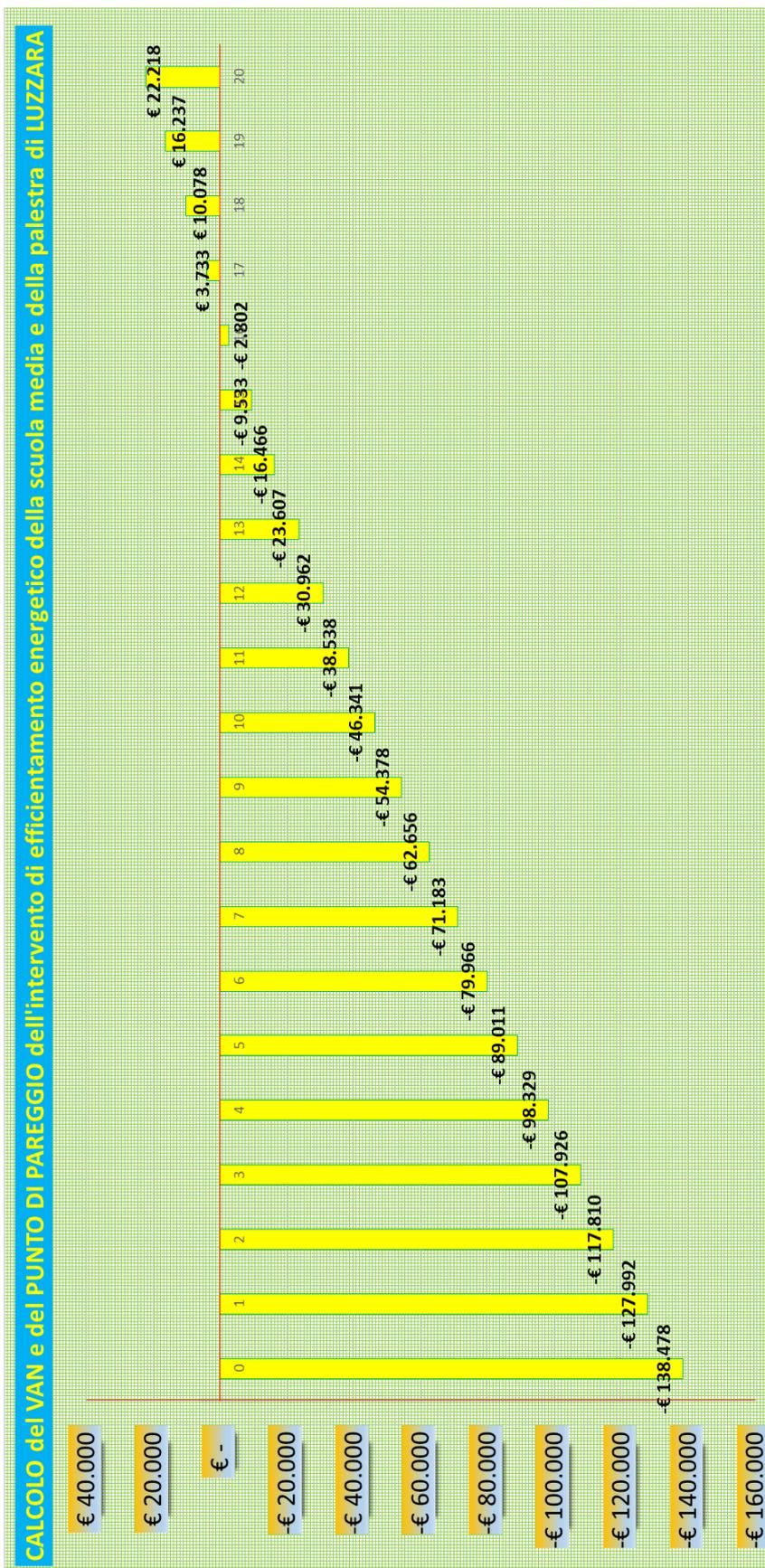


Figura 97. Grafico VAN e PAYBACK a contratto scuola e palestra di Luzzara

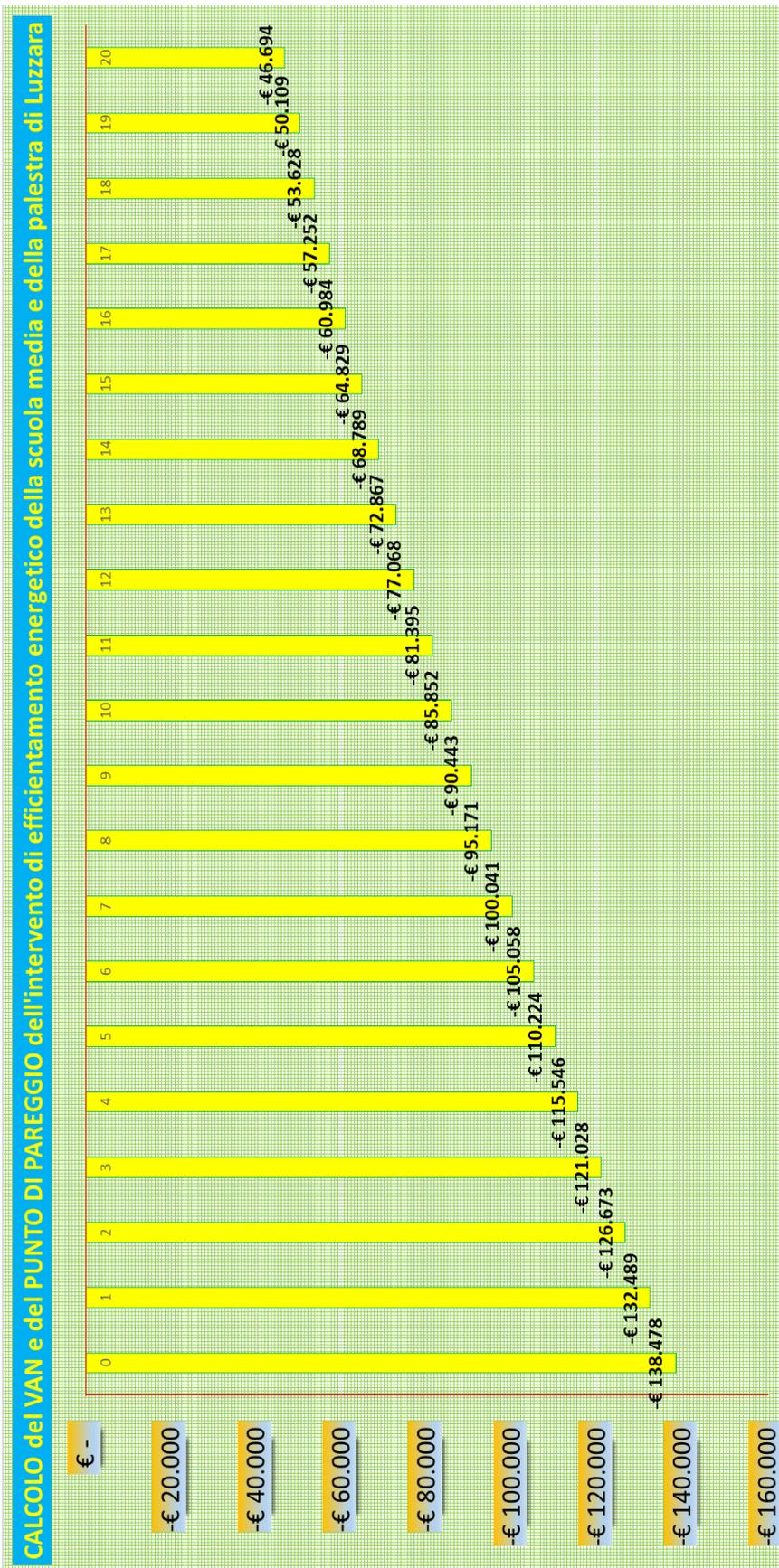


Figura 98. Grafico VAN e PAYBACK atteso scuola e palestra di Luzzara

DATI			CALCOLO PEF a contratto			CALCOLO PEF atteso 18/19		
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM
DATI COSTI GENERALI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI		
1-A: Isolamento copertura piana esterna	32913,19 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	1,0057	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	1,0057	-
1-A: Isolamento estradosso solaio	52494,94 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5948	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5948	-
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto)	37843,93 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	19,1543	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	19,1543	-
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	325668,16 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	15,7993	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	15,7993	-
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	239046,27 €		Consumo Garantito Normalizzato del GAS	40.000,00	Sm3	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	32.825,03	Sm3
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	97391,43 €		Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	68.000,00	kWh	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	60.176,99	kWh
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	4180,00 €		CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi		
Costi di progettazione	63908,30 €		Costo del personale	2200,00 €		Costo del personale	2200,00 €	
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	34693,30 €		Costo di manutenzione	10000,00 €		Costo di manutenzione	10000,00 €	
Registrazione contratto	2945,28 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	38547,96 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	38547,96 €	
TOTALE INC CT 2.0	238026,92 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	14839,20 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	14839,20 €	
TOTALE INC POR-FESR	172087,04 €		Costo da GAS POST (previsto)	22800,00 €		Costo da GAS consumato POST	18126,57 €	
Contributo iniziale a carico del comune	244231,75 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA POST (previsto)	12240,00 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	10810,98 €	
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da	20 anni		CALCOLO RICAVI			CALCOLO RICAVI		
Tasso di interesse	3% -		Ricavi da canone annuale	15388,04 €/anno		Ricavo da quota investimento	15388,04 €/anno	
Ricavi da manutenzione a carico del comune	12200,00 €		Ricavi da manutenzione annuale	12200,00 €/anno		Ricavi da manutenzione annuale	12200,00 €/anno	
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			Ricavo da GAS consumato	22800,00 €/anno		Ricavo da GAS consumato	18710,26 €/anno	
Dati di riferimento (2016)			Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	12240,00 €/anno		Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	10831,86 €/anno	
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	67628,00 Sm3							
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	82440,00 kWh							
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	40000,00 Sm3							
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	68000,00 kWh							
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00 GG		TOTALE			TOTALE		
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	1066,00 ore		Costo Investimento iniziale	891.084,80 €	€	Costo Investimento iniziale	891.084,80 €	€
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	1586,00 ore		Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	654.345,71 €	€	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	654.345,71 €	€
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,00 -		Totale investimento non coperto	236.739,09 €	€	Totale investimento non coperto	236.739,09 €	€
Dati stagione termica 18/19			TOTALE ANNUO			TOTALE ANNUO		
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	31801,00 Sm3		Ricavi	62.628,04 €	€/anno	Ricavi	57.130,16 €	€/anno
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	60061,00 kWh		Costi	47.240,00 €	€/anno	Costi	41.137,55 €	€/anno
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00 GG		Utile	15.388,04 €	€/anno	Utile	15.992,61 €	€/anno
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	1079,00 ore							
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	1376,00 ore							
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,13 -							
Dati fissi								
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	0,80 -							
Volume riscaldato (V)	20262,00 m3							
Superfici utile (S)	4304,00 m2							
Prezzo unitario del GAS	0,57 €/m3							
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18 €/kWh							

TABELLA 27. PEF A CONTRATTO E PEF ATTESO DELLA SCUOLA DI NOVELLARA

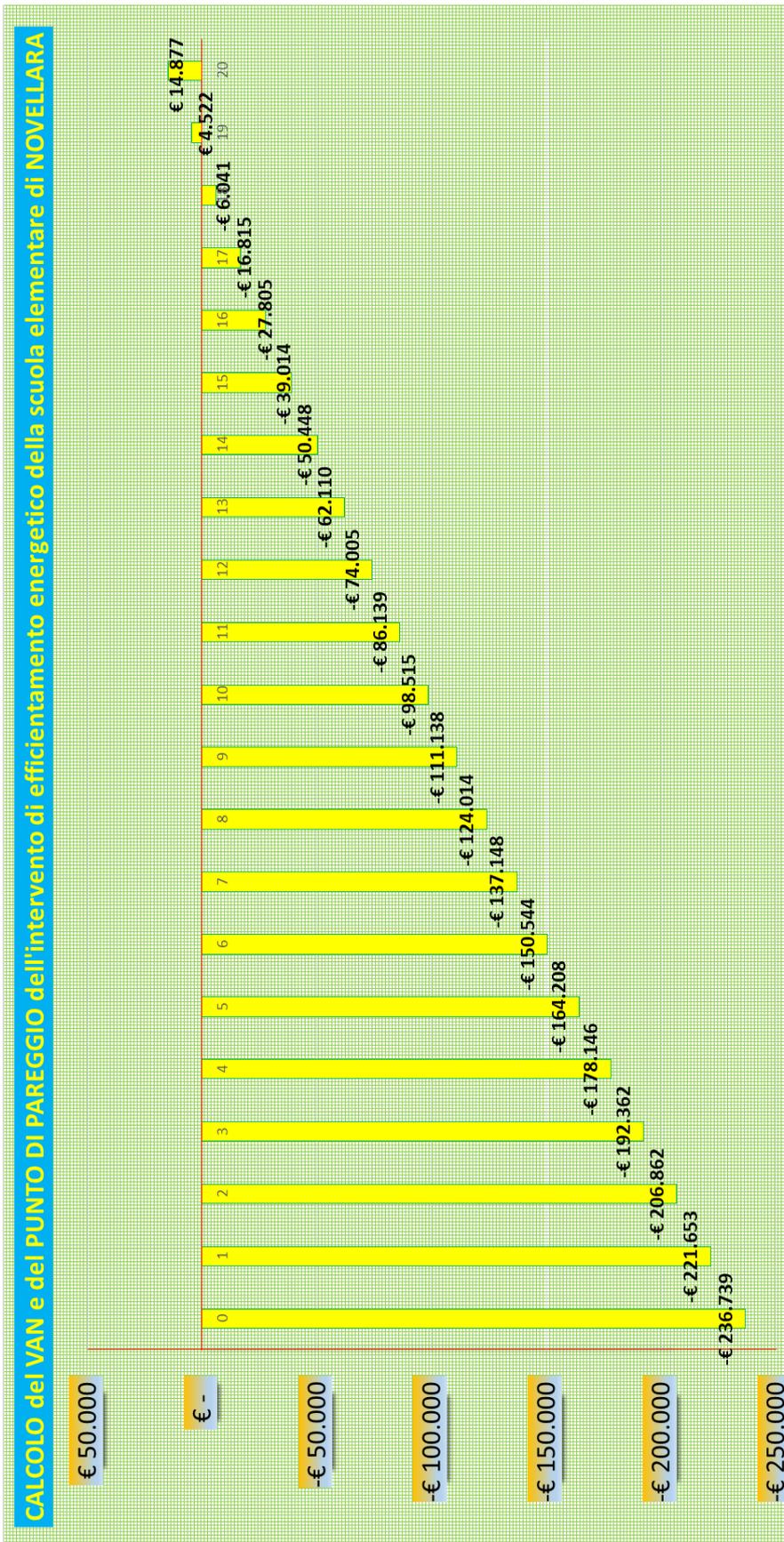


Figura 99. Grafico VAN e PAYBACK a contratto scuola di Novellara

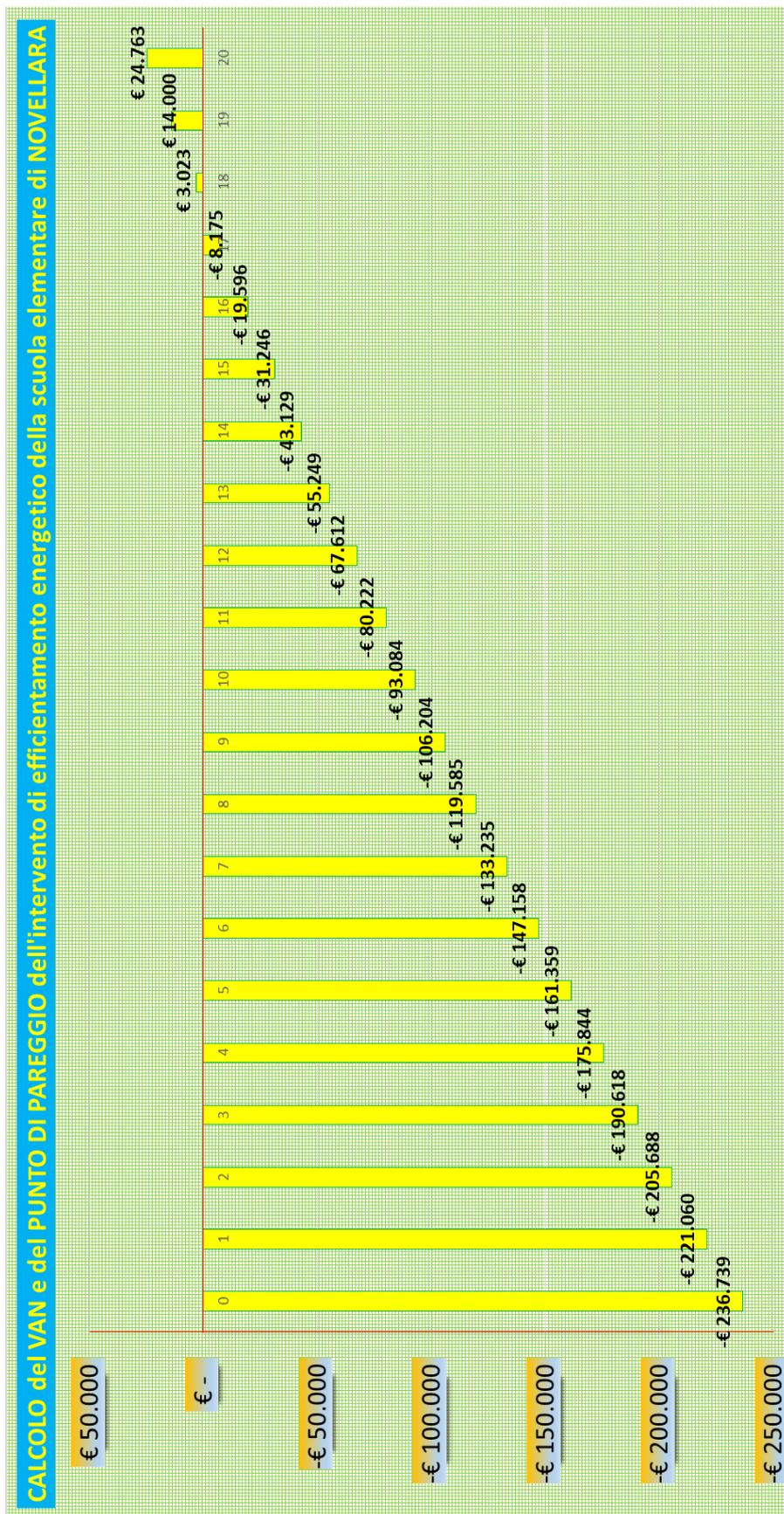


Figura 100. Grafico VAN e PAYBACK atteso scuola di Novellara

DATI			CALCOLO PEF a contratto			CALCOLO PEF atteso 18/19		
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM
DATI COSTI GENERALI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI		
1-A: Isolamento copertura piana esterna	0,00 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,7735	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,7735	-
1-A: Isolamento estradosso solaio	23916,21 €		Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5006	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5006	-
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto)	0,00 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	22,4110	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	22,4110	-
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	104202,12 €		Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	16,8288	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	16,8288	-
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	65445,82 €		Consumo Garantito Normalizzato del GAS	7.200,00	Sm3	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	6.676,61	Sm3
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	41731,36 €		Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	19.900,00	kWh	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	19.900,00	kWh
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	3963,48 €		CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi		
Costi di progettazione	16410,78 €		Costo del personale	1500,00 €		Costo del personale	1500,00 €	
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	14196,39 €		Costo di manutenzione	3509,00 €		Costo di manutenzione	3509,00 €	
Registrazione contratto	3131,81 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	6341,48 €		Attuale costo del comune per fornitura di GAS	6341,48 €	
TOTALE INC CT 2.0	96341,73 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	4770,18 €		Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	4770,18 €	
TOTALE INC POR-FESR	71675,20 €		Costo da GAS POST (previsto)	4104,00 €		Costo da GAS consumato POST	7009,86 €	
Contributo iniziale a carico del comune	0,00 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA POST (previsto)	3582,00 €		Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	2556,90 €	
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da	20 anni		CALCOLO RICAVI			CALCOLO RICAVI		
Tasso di interesse	3% -		Ricavi da canone annuale	8188,52 €/anno		Ricavo da quota investimento	8188,52 €/anno	
Ricavi da manutenzione a carico del comune	3509,00 €		Ricavi da manutenzione annuale	5009,00 €/anno		Ricavi da manutenzione annuale	5009,00 €/anno	
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			Ricavo da GAS consumato	4104,00 €/anno		Ricavo da GAS consumato	3805,67 €/anno	
Dati di riferimento (2016)			Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	3582,00 €/anno		Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	3582,00 €/anno	
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	11125,40	Sm3						
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	26501,00	kWh						
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	7200,00	Sm3						
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	19900,00	kWh						
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00	GG	TOTALE			TOTALE		
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	695,00	ore	Costo Investimento iniziale	272.997,97 €	€	Costo Investimento iniziale	272.997,97 €	€
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	1035,00	ore	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	168.016,93 €	€	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	168.016,93 €	€
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,20	-	Totale investimento non coperto	104.981,03 €	€	Totale investimento non coperto	104.981,03 €	€
Dati stagione termica 18/19			TOTALE ANNUO			TOTALE ANNUO		
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	12298,00	Sm3	Ricavi	20.883,52 €	€/anno	Ricavi	20.585,19 €	€/anno
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	14205,00	kWh	Costi	12.695,00 €	€/anno	Costi	14.575,76 €	€/anno
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00	GG	Utile	8.188,52 €	€/anno	Utile	6.009,43 €	€/anno
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	872,50	ore						
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	1172,00	ore						
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,20	-						
Dati fissi								
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	0,80	-						
Volume riscaldato (V)	5201,00	m3						
Superfici utile (S)	1419,00	m2						
Prezzo unitario del GAS	0,57	€/m3						
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18	€/kWh						

TABELLA 29. PEF A CONTRATTO E PEF ATTESO DELLA SCUOLA DI GUASTALLA



Figura 101. Grafico VAN e PAYBACK a contratto scuola di Guastalla

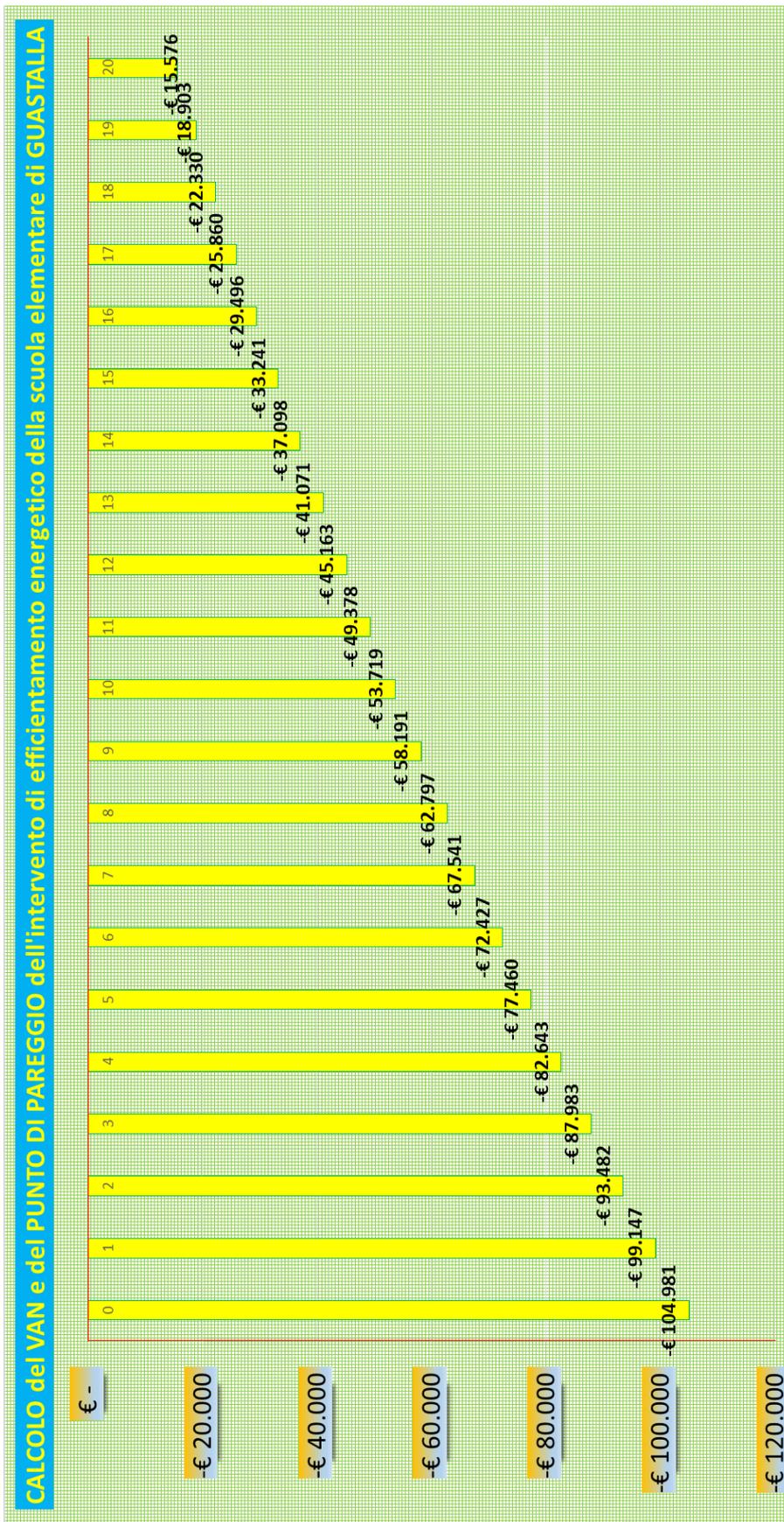


Figura 102. Grafico VAN e PAYBACK atteso scuola di Guastalla

5) NUOVO PEF PROPOSTO

Come prima considerazione bisogna notare che il primo anno del nuovo PEF proposto è uguale a quello atteso, in quanti gli interventi sarebbero tutt'ora da realizzare e potrebbero dare un contributo solamente dall'anno successivo.

1. IEN E CONSUMI GARANTITI

Il calcolo degli indicatori energetici non è variato rispetto al precedente PEF (atteso), in quanto i valori dei consumi che ci si aspetta di ottenere tramite le nuove proposte sono da attribuire agli anni successivi la realizzazione delle stesse.

2. COSTI GESTIONALI ANNUALI

I costi gestionali annuali rimangono i medesimi per il primo anno, ovvero quello in corso, in cui non sono stati effettuati migliorie.

Dall'anno successivo, si considererà l'esborso dovuto alle operazioni proposte, e varieranno solamente i costi relativi al consumo di gas naturale e di energia elettrica.

- Costo operazioni proposte: è il costo delle operazioni che si dovrebbero realizzare per migliorare le prestazioni degli edifici in esame; sono costi da sostenere anno per anno e che quindi possono variare tra un anno e l'altro (*Cooperazioni_{proposte}*);
- Costo per fornitura di gas e energia elettrica post operazioni proposte:

$$CoSmc_{post} = Smc_{atteso} * P_{GN}$$

e

$$CoEE_{post} = EE_{atteso} * P_{EE}$$

dove

Smc_{atteso} = standard metri cubo di GN che ci si aspetta di consumare una volta effettuati gli interventi proposti;

EE_{atteso} = kWh di EE che ci si aspetta di consumare una volta effettuati gli interventi proposti.

- Costi totali annuali:

$$C_{tot_{anno}} = Co_{pers} + Co_{man} + CoSmc_{atteso} + CoEE_{atteso} + Cooperazioni_{proposte}$$

3. *RICAVI ANNUALI*

I ricavi annuali non variano mai, in quanto gli interventi da sostenere per ridurre i consumi vanno ad influire sulla voce dei costi.

$$R_{tot_{anno}} = R_{inv} + R_{man} + R_{pers} + R_{GN} + R_{EE}$$

4. *VAN*

Il VAN è calcolato con le stesse modalità degli altri PEF ma, avendo stessi ricavi e differenti costi, l'utile che si ottiene ogni anno sarà diverso rispetto al PEF atteso.

In particolare, il costo relativo all'attività proposta di "formazione del personale scolastico" è maggiore nel suo primo anno, ed inferiore per un 80% nei rimanenti anni di contratto. Questo perciò comporta costi minori negli anni successivi al primo dopo la realizzazione degli interventi e utili maggiori.

$$U_{tot_{anno}} = R_{tot_{anno}} - C_{tot_{anno}}$$

$$VAN = \sum_{n=0}^{20} \frac{U_{tot_{anno}}}{(1 + T_{int})^n}$$

DATI			PROPOSTA INTERVENTO			CALCOLO nuovo PEF proposto			
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	
DATI COSTI GENERALI			REGOLAZIONE E TARATURA VALVOLE TERMOSTATICHE			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI			
1-A: Isolamento copertura piana esterna	0,00 €		N°locali con valvole termostatiche	44	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,7358	-	
1-A: Isolamento estradosso solaio	0,00 €		Tempo per ogni stanza	5,00	min	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5510	-	
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto)	0,00 €		Tempo totale	3,67	ore	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	14,2918	-	
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	0,00 €		FORMAZIONE DEL PERSONALE SCOLASTICO			Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	11,6301	-	
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	114598,45 €		Corso formazione generale 1°anno	10,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	21.195,03	Sm3	
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	68838,35 €		Aggiornamenti annuali e colloqui	2,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	31.609,00	kWh	
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	6165,50 €		MONITORAGGIO COSTANTE DEI CONSUMI			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi			
Costi di progettazione	19550,00 €		Tempo per monitoraggio e assistenza	1,00	ore/sett	Costo del personale	1500,00 €		
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	7944,50 €		N°settimane monitorate	39,00	sett/anno	Costo di manutenzione	5000,00 €		
Registrazione contratto	1854,92 €		Tempo totale	39,00	ore	Attuale costo del comune per fornitura di GAS	17399,59 €		
TOTALE INC CT 2.0	63096,06 €		COSTI TOTALI INTERVENTI			Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	6991,74 €		
TOTALE INC POR-FESR	47533,57 €		Costo operatore S.a.ba.r. Servizi	25,00	€/ora	Costo da GAS consumato POST	12281,79 €		
Contributo iniziale a carico del comune	0,00 €		Tempo totale per ogni intervento 1°anno	52,67	ore	Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	4341,96 €		
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da parte del Comune	20 anni		Costo interventi 1°anno	1.316,67	€/anno	CALCOLO RICAVI			
Tasso di interesse	3%	-	Tempo totale per ogni intervento anni successivi (18 anni)	44,67	€/anno	Ricavo da quota investimento	7392,98	€/anno	
Ricavi da manutenzione a carico del comune	5000,00 €		Costo interventi anni successivi (18 anni)	1.116,67	€/anno	Ricavi da manutenzione annuale	6500,00	€/anno	
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			ADEGUAMENTO CONSUMI (come previsioni)			Ricavo da GAS consumato	12081,17	€/anno	
Dati di riferimento (2016)			Consumo di GAS post efficientamento atteso	21.547,00	Sm3	Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	5689,62	€/anno	
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	30525,60	Sm3	Consumo di ENERGIA ELETTRICA atteso	24.122,00	kWh	TOTALE			
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	38843,00	kWh	Costo Investimento iniziale						218.951,72 €
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	22856,54	Sm3	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr						110.629,63 €
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	31609,00	kWh	Totale investimento non coperto						108.322,09 €
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00	GG	TOTALE ANNUO 1°anno						
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	1298,00	ore	Ricavi						31.663,77 €
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	1930,00	ore	Costi						24.440,42 €
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,93	-	Utile						7.223,35 €
Dati stagione termica 18/19			TOTALE ANNUO anni successivi (18 anni)						
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	25825,00	Sm3	Ricavi						31.663,77 €
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	24122,00	kWh	Costi						24.240,42 €
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00	GG	Utile						7.423,35 €
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	1400,00	ore							
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	2022,00	ore							
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,93	-							
Dati fissi									
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	1,00	-							
Volume riscaldato (V)	14531,46	m3							
Superfici utile (S)	2527,61	m2							
Prezzo unitario del GAS	0,57	€/m3							
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18	€/kWh							

TABELLA 30. NUOVO PEF PROPOSTO PER LA SCUOLA DI BORETTO

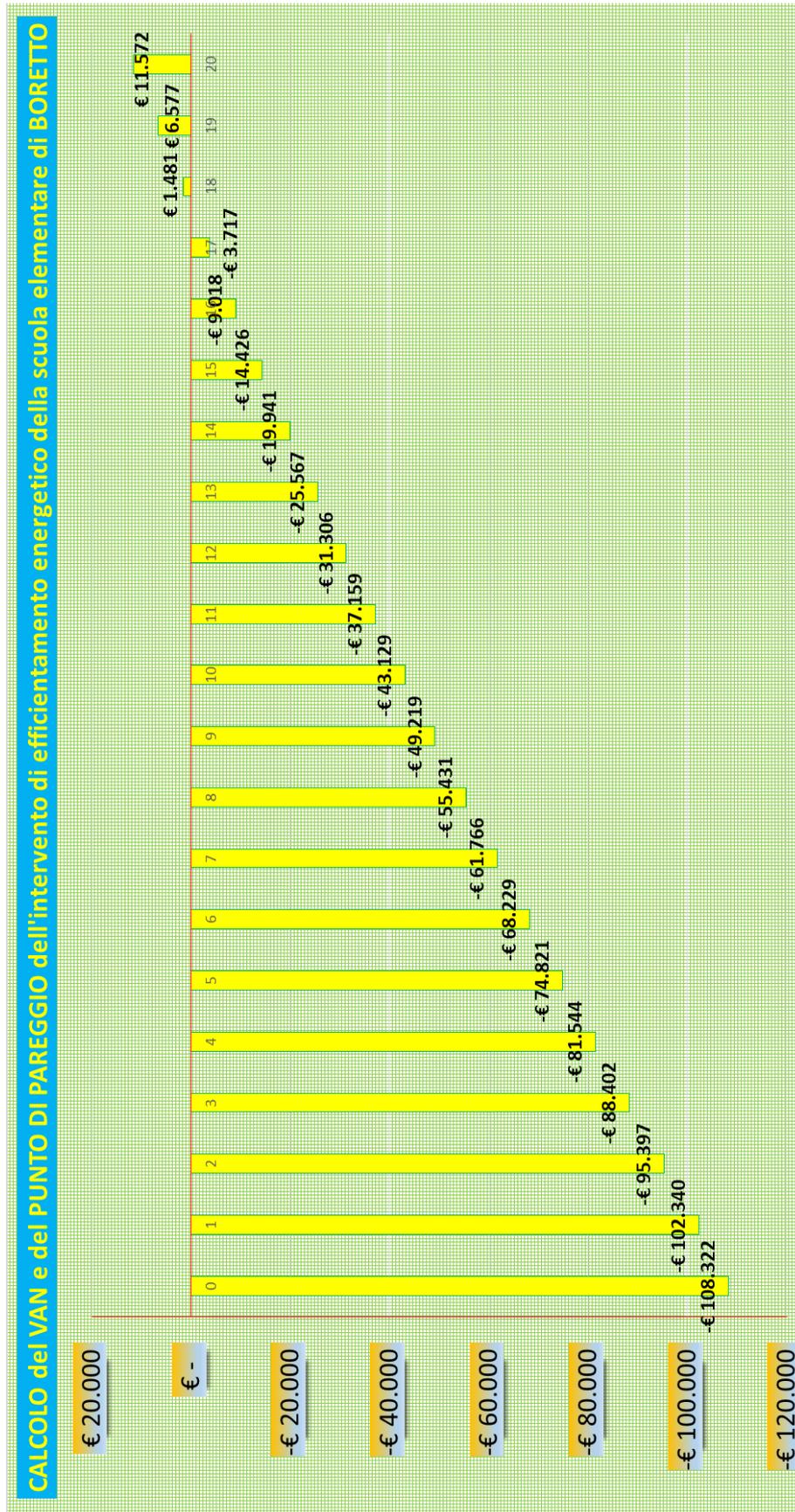


Figura 103. Grafico VAN e PAYBACK proposto per la scuola di Boretto

DATI			PROPOSTA INTERVENTO			CALCOLO nuovo PEF proposto		
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM
DATI COSTI GENERALI			REGOLAZIONE E TARATURA VALVOLE TERMOSTATICHE			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI		
1-A: Isolamento copertura piana esterna palestra	30579,25 €		N°locali con valvole termostatiche	51	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,6223	-
1-A: Isolamento estradosso solaio scuola	29230,32 €		Tempo per ogni stanza	5,00	min	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,4013	-
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto) palestra	143155,16 €		Tempo totale	4,25	-	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	26,5415	-
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	144418,10 €		FORMAZIONE DEL PERSONALE SCOLASTICO			Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	23,2406	-
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	128081,95 €		Corso formazione generale 1°anno	10,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	22.440,83	Sm3
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	49928,56 €		Aggiornamenti annuali e colloqui	2,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	41.223,00	kWh
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	4100,00 €		MONITORAGGIO COSTANTE DEI CONSUMI			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi		
Costi di progettazione	38870,00 €		Tempo per monitoraggio e assistenza	1,00	ore/sett	Costo del personale	1500,00	€
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	28511,81 €		N°settimane monitorate	39,00	sett/anno	Costo di manutenzione	11500,00	€
Registrazione contratto	2964,81 €		Tempo totale	39,00	ore	Attuale costo del comune per fornitura di GAS	21392,90	€
TOTALE INC CT 2.0	228261,99 €		COSTI TOTALI INTERVENTI			Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	8474,04	€
TOTALE INC POR-FESR	151132,50 €		Costo operatore S.a.ba.r. Servizi	25,00	€/ora	Costo da GAS consumato POST	16154,66	€
Contributo iniziale a carico del comune	81967,21 €		Tempo totale per ogni intervento 1°anno	53,25	ore	Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	7037,88	€
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da parte del Comune	20 anni		Costo interventi 1°anno	1.331,25	€/anno	CALCOLO RICAVI		
Tasso di interesse	3%		Tempo totale per ogni intervento anni successivi (18 anni)	45,25	€/anno	Ricavo da quota investimento	10801,30	€/anno
Ricavi da manutenzione a carico del comune	15000,00 €		Costo interventi anni successivi (18 anni)	1.131,25	€/anno	Ricavi da manutenzione annuale	13000,00	€/anno
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			ADEGUAMENTO CONSUMI (come previsioni)			Ricavo da GAS consumato	12791,27	€/anno
Dati di riferimento (2016)			Consumo di GAS atteso	28341,50	Smc	Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	7420,14	€/anno
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	37531,40	Sm3	Consumo di ENERGIA ELETTRICA atteso	39099,31	kWh	TOTALE		
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	47078,00	kWh				Costo Investimento iniziale	599.839,96	€
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	24200,00	Sm3				Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	461.361,71	€
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	41223,00	kWh				Totale investimento non coperto	138.478,25	€
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00	GG				TOTALE ANNUO		
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	1390,50	ore				Ricavi	44.012,72	€/anno
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	2068,50	ore				Costi	37.523,78	€/anno
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,80	-				Utile	6.488,93	€/anno
Dati stagione termica 18/19						TOTALE ANNUO anni successivi (18 anni)		
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	31237,67	Sm3				Ricavi	44.012,72	€/anno
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	39099,31	kWh				Costi	37.323,78	€/anno
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00	GG				Utile	6.688,93	€/anno
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	1499,00	ore						
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	2161,00	ore						
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	0,80	-						
Dati fissi								
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	0,80	-						
Volume riscaldato (V)	14538,00	m3						
Superfici utile (S)	1419,00	m2						
Prezzo unitario del GAS	0,57	€/m3						
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18	€/kWh						

TABELLA 31. NUOVO PEF PROPOSTO PER LA SCUOLA E LA PALESTRA DI LUZZARA

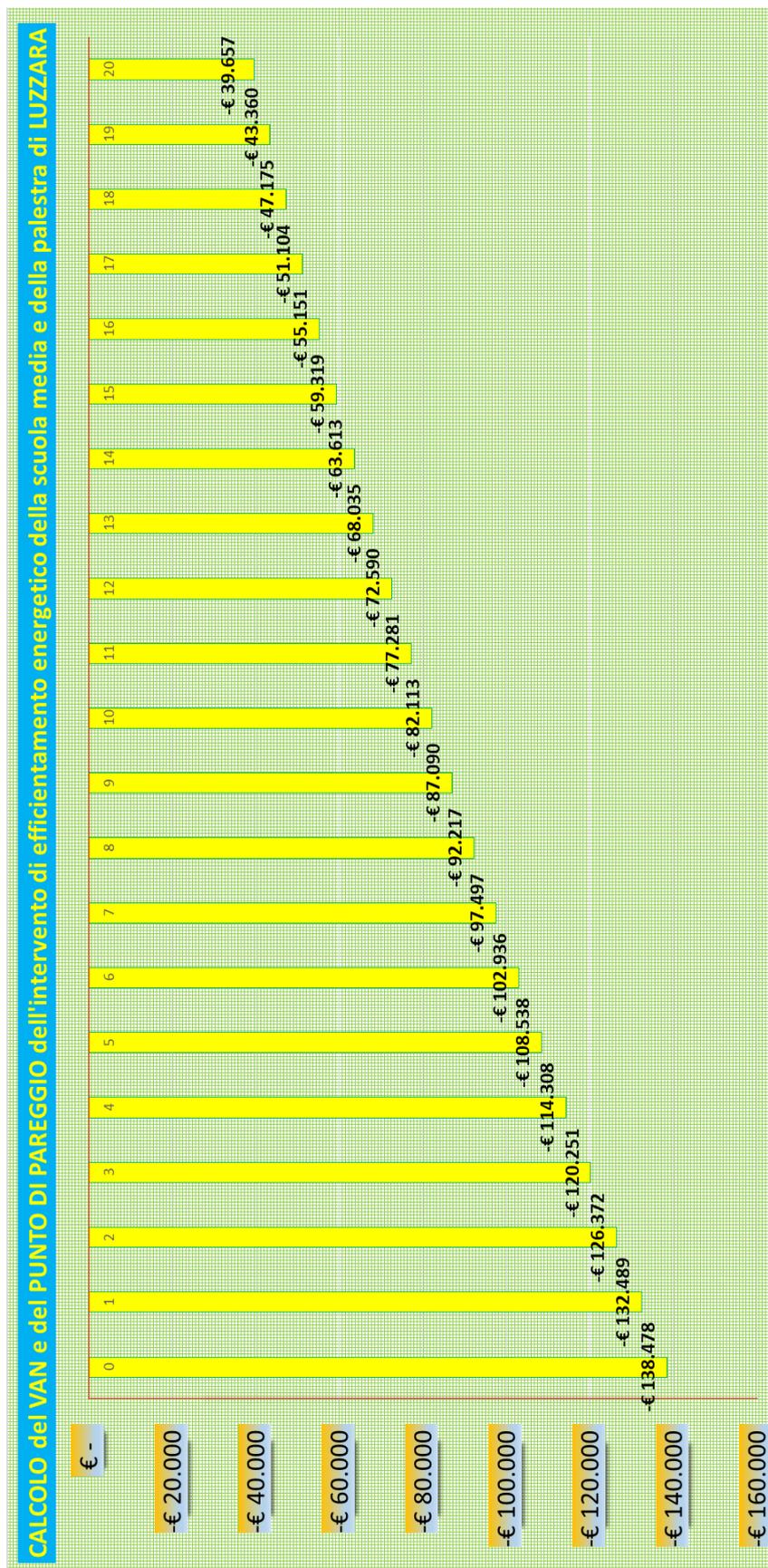


Figura 104. Grafico VAN e PAYBACK proposto per la scuola e la palestra di Luzzara

DATI			PROPOSTA INTERVENTO			CALCOLO nuovo PEF proposto		
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM
DATI COSTI GENERALI			REGOLAZIONE E TARATURA VALVOLE TERMOSTATICHE			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI		
1-A: Isolamento copertura piana esterna	32913,19 €		N°locali con valvole termostatiche	44	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	1,0057	-
1-A: Isolamento estradosso solaio	52494,94 €		Tempo per ogni stanza	5,00	min	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5948	-
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto)	37843,93 €		Tempo totale	3,67	ore	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	19,1543	-
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	325668,16 €		FORMAZIONE DEL PERSONALE SCOLASTICO			Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	15,7993	-
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	239046,27 €		Corso formazione generale 1°anno	10,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	32.825,03	Sm3
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	97391,43 €		Aggiornamenti annuali e colloqui	2,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	60.176,99	kWh
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	4180,00 €		MONITORAGGIO COSTANTE DEI CONSUMI			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi		
Costi di progettazione	63908,30 €		Tempo per monitoraggio e assistenza	1,00	ore/sett	Costo del personale	2200,00	€
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	34693,30 €		N°settimane monitorate	39,00	sett/anno	Costo di manutenzione	10000,00	€
Registrazione contratto	2945,28 €		Tempo totale	39,00	ore	Attuale costo del comune per fornitura di GAS	38547,96	€
TOTALE INC CT 2.0	238026,92 €		COSTI TOTALI INTERVENTI			Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	14839,20	€
TOTALE INC POR-FESR	172087,04 €		Costo operatore S.a.ba.r. Servizi	25,00	€/ora	Costo da GAS consumato POST	12281,79	€
Contributo iniziale a carico del comune	244231,75 €		Tempo totale per ogni intervento 1°anno	52,67	ore	Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	4341,96	€
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da parte del Comune	20 anni		Costo interventi 1°anno	1.316,67	€/anno	CALCOLO RICAVI		
Tasso di interesse	3%	-	Tempo totale per ogni intervento anni successivi (18 anni)	44,67	€/anno	Ricavo da quota investimento	15388,04	€/anno
Ricavi da manutenzione a carico del comune	12200,00 €		Costo interventi anni successivi (18 anni)	1.116,67	€/anno	Ricavi da manutenzione annuale	12200,00	€/anno
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			ADEGUAMENTO CONSUMI (come previsioni)			Ricavo da GAS consumato	18710,26	€/anno
Dati di riferimento (2016)			Consumo di GAS post efficientamento atteso	21.547,00	Sm3	Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	10831,86	€/anno
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	67628,00	Sm3	Consumo di ENERGIA ELETTRICA atteso	24.122,00	kWh	TOTALE		
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	82440,00	kWh	MONTAGGIO REGOLATORE AUTOMATICO DI FLUSSO			Costo Investimento iniziale	891.084,80	€
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	40000,00	Sm3	Costo operatore S.a.ba.r. Servizi	25,00	€/ora	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr	654.345,71	€
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	68000,00	kWh	N°operatori necessari	2	-	Totale investimento non coperto	236.739,09	€
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00	GG	n°aule da riquilibrare	32,00	aule	TOTALE ANNUO 1°anno		
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	1066,00	ore	Tempo necessario per ogni aula	2,50	ore/aula	Ricavi	57.130,16	€/anno
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	1586,00	ore	Tempo totale	80,00	ore	Costi	30.140,42	€/anno
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,00	-	Costo totale per montaggio	4000,00	€	Utile	26.989,75	€/anno
Dati stagione termica 18/19			Costo totale materiale	4.347,08	€	TOTALE ANNUO anni successivi (18 anni)		
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	31801,00	Sm3	ADEGUAMENTO CONSUMI (come previsioni)			Ricavi	57.130,16	€/anno
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	60061,00	kWh	Consumo di GAS post efficientamento atteso	31.801,00	Sm3	Costi	29.940,42	€/anno
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00	GG	Consumo di ENERGIA ELETTRICA atteso		kWh	Utile	27.189,75	€/anno
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	1079,00	ore						
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	1376,00	ore						
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,13	-						
Dati fissi								
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	0,80	-						
Volume riscaldato (V)	20262,00	m3						
Superfici utile (S)	4304,00	m2						
Prezzo unitario del GAS	0,57	€/m3						
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18	€/kWh						

TABELLA 32. NUOVO PEF PROPOSTO PER LA SCUOLA DI NOVELLARA

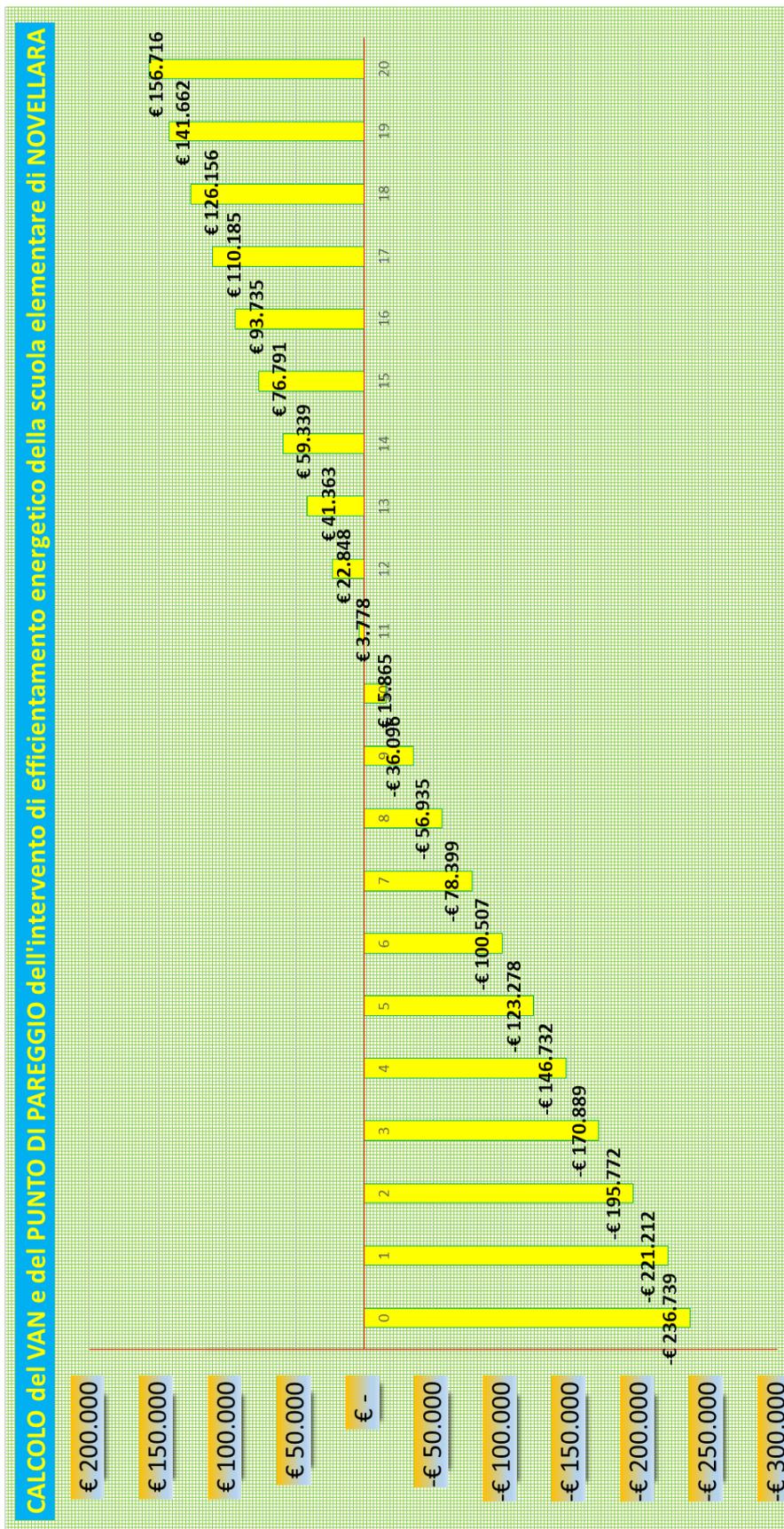


Figura 105. Grafico VAN e PAYBACK proposto per la scuola di Novellara

DATI			PROPOSTA INTERVENTO			CALCOLO nuovo PEF proposto				
INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM	INTERVENTO	COSTO	UdM		
DATI COSTI GENERALI			REGOLAZIONE E TARATURA VALVOLE TERMOSTATICHE			CALCOLO INDICATORI ENERGETICI				
1-A: Isolamento copertura piana esterna	0,00 €		N°locali con valvole termostatiche	28	-	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) ante	0,7735	-		
1-A: Isolamento estradosso solaio	23916,21 €		Tempo per ogni stanza	5,00	min	Indicatore Energetico Normalizzato di Riscaldamento (IEN) post	0,5006	-		
1-A: Isolamento pareti esterne (cappotto)	0,00 €		Tempo totale	2,33	ore	Indicatore Energetico Normalizzato di consumo di Energia Elettrica	22,4110	-		
1-B: Sostituzione chiusure trasparenti	104202,12 €		FORMAZIONE DEL PERSONALE SCOLASTICO			Indicatore Energetico Normalizzato di consumo Energia Elettrica (IEN)	16,8288	-		
1-C: Sostituzione impianti centrali termiche	65445,82 €		Corso formazione generale 1°anno	10,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di GAS	6.676,61	Sm3		
1-F: Sostituzione corpi illuminanti	41731,36 €		Aggiornamenti annuali e colloqui	2,00	ore	Consumo Garantito Normalizzato di ENERGIA ELETTRICA	19.900,00	kWh		
APE e DIAGNOSI ENERGETICA	3963,48 €		MONITORAGGIO COSTANTE DEI CONSUMI			CALCOLO COSTI GESTIONALI di S.a.ba.r. Servizi				
Costi di progettazione	16410,78 €		Tempo per monitoraggio e assistenza	1,00	ore/sett	Costo del personale	1500,00	€		
Progetto complessivo a carico di S.a.ba.r.	14196,39 €		N°settimane monitorate	39,00	sett/anno	Costo di manutenzione	3509,00	€		
Registrazione contratto	3131,81 €		Tempo totale	39,00	ore	Attuale costo del comune per fornitura di GAS	6341,48	€		
TOTALE INC CT 2.0	96341,73 €		COSTI TOTALI INTERVENTI			Attuale costo del comune per fornitura di ENERGIA ELETTRICA	4770,18	€		
TOTALE INC POR-FESR	71675,20 €		Costo operatore S.a.ba.r. Servizi	25,00	€/ora	Costo da GAS consumato POST	4007,67	€		
Contributo iniziale a carico del comune	0,00 €		Tempo totale per ogni intervento 1°anno	51,33	ore	Costo da ENERGIA ELETTRICA consumata POST	2556,90	€		
N° di anni in cui si ritiene di rientrare dell'investimento da parte del Comune	20	anni	Costo interventi 1°anno	1.283,33	€/anno	CALCOLO RICAVI				
Tasso di interesse	3%	-	Tempo totale per ogni intervento anni successivi (18 anni)	43,33	€/anno	Ricavo da quota investimento	8188,52	€/anno		
Ricavi da manutenzione a carico del comune	3509,00	€	Costo interventi anni successivi (18 anni)	1.083,33	€/anno	Ricavi da manutenzione annuale	5009,00	€/anno		
DATI PER CALCOLO COSTI GESTIONALI			ADEGUAMENTO CONSUMI (come previsioni)			Ricavo da GAS consumato	3805,67	€/anno		
Dati di riferimento (2016)			Consumo di GAS post efficientamento atteso	7.031,00	Sm3	Ricavo da ENERGIA ELETTRICA consumata	3582,00	€/anno		
Attuale consumo di GAS pre efficientamento (baseline)	11125,40	Sm3	Consumo di ENERGIA ELETTRICA atteso	14205,0000	kWh	TOTALE				
Attuale consumo di ENERGIA ELETTRICA pre efficientamento	26501,00	kWh	Costo Investimento iniziale						272.997,97	€
Consumo di GAS post efficientamento (previsto)	7200,00	Sm3	Incentivo CT 2.0 e Por-Fesr						168.016,93	€
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (previsto)	19900,00	kWh	Totale investimento non coperto						104.981,03	€
Gradi Giorno riferimento (2016)	2655,00	GG	TOTALE ANNUO							
Ore stimate di funzionamento centrali termiche (2016)	695,00	ore	Ricavi						20.585,19	€/anno
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti (2016)	1035,00	ore	Costi						12.856,90	€/anno
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,20	-	Utile						7.728,29	€/anno
Dati stagione termica 18/19			TOTALE ANNUO anni successivi (18 anni)							
Consumo di GAS post efficientamento (reale)	12298,00	Sm3	Ricavi						20.585,19	€/anno
Consumo di ENERGIA ELETTRICA post efficientamento (reale)	14205,00	kWh	Costi						12.656,90	€/anno
Gradi Giorno anno considerato (GG)	2462,00	GG	Utile						7.928,29	€/anno
Ore stimate di funzionamento centrali termiche	872,50	ore								
Ore stimate di funzionamento corpi illuminanti	1172,00	ore								
Coefficiente Fh per il numero di ore di utilizzo dato da tabelle ENEA	1,20	-								
Dati fissi										
Fattore Fe di forma per modifiche alla superficie disperdente	0,80	-								
Volume riscaldato (V)	5201,00	m3								
Superfici utile (S)	1419,00	m2								
Prezzo unitario del GAS	0,57	€/m3								
Prezzo unitario dell'ENERGIA ELETTRICA	0,18	€/kWh								

TABELLA 33. NUOVO PEF PROPOSTO PER LA SCUOLA DI GUASTALLA

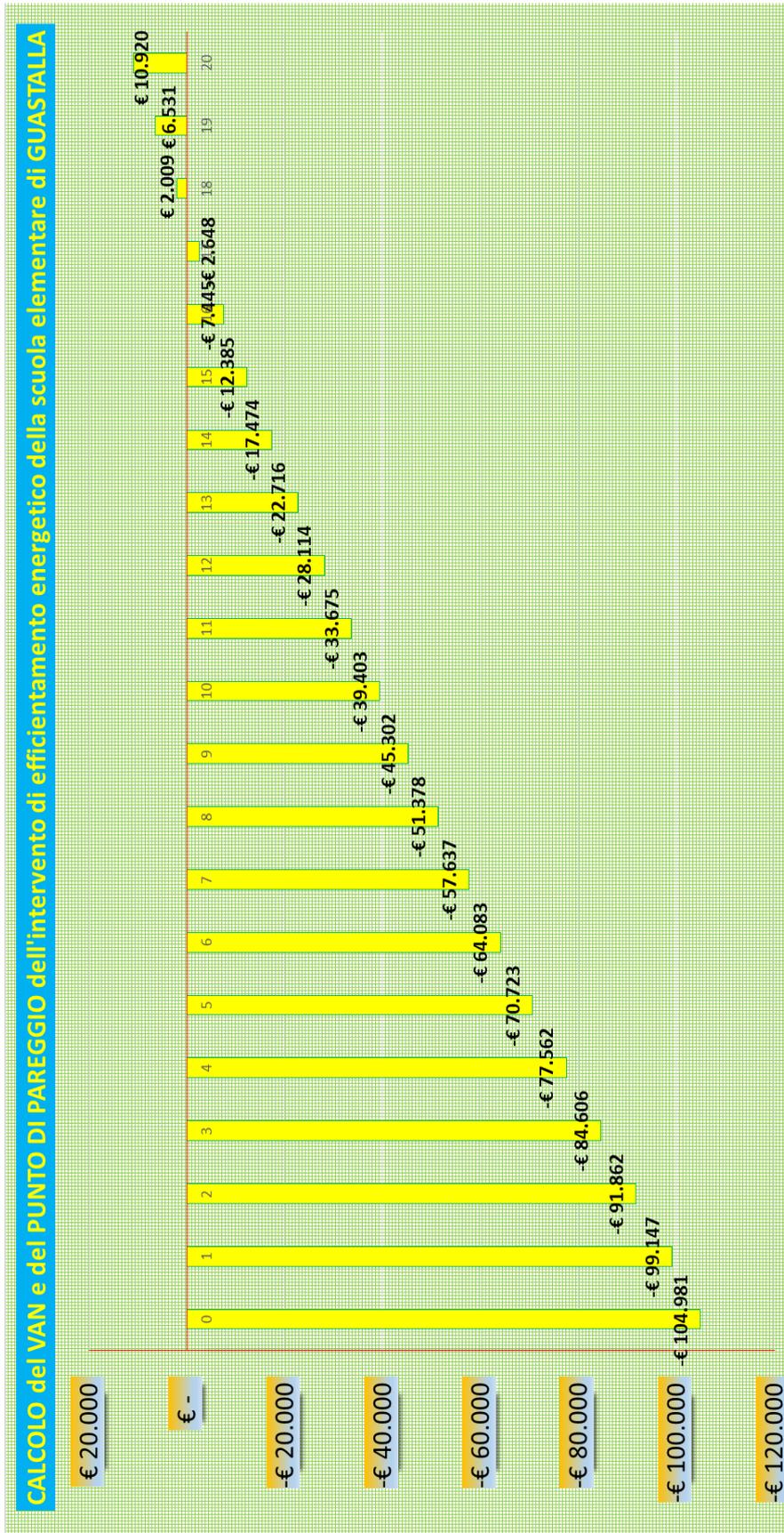


Figura 106. Grafico VAN e PAYBACK proposto per la scuola di Guastalla

13. CONCLUSIONI

Dopo aver analizzato globalmente tutti gli aspetti di tutti gli interventi di efficientamento energetico eseguiti da S.a.ba.r. Servizi è possibile raggiungere delle conclusioni finali.

Non sarebbero stato possibile realizzare suddetti interventi senza i bandi del Conto Termico 2.0 e della regione Emilia Romagna (Por-Fesr). Infatti, il CT2.0 ha introdotto ulteriori strumenti rispetto al precedente Conto Termico (CT), che permettono di ottenere incentivi a fondo perduto per circa il 40% della spesa globale.

Nonostante ciò, è stato fondamentale da parte della regione aggiungere un bando parallelo al CT2.0 in modo da rendere maggiormente sostenibili gli interventi sulle scuole, che richiedono notevoli esborsi, anche causati dai numerosi vincoli portati dalle sovrintendenze scolastiche.

Essenziale è stato, in taluni casi, il contributo iniziale a carico dei comuni, senza i quali non sarebbe stato possibile realizzare gli interventi.

A sua volta però, S.a.ba.r. è stata un importante strumento per i comuni per ottenere un rinnovamento strutturale ed energetico delle scuole, soprattutto per la fase iniziale di anticipazione del capitale evitando ai comuni stessi di ricorrere a dei mutui con le banche.

Da ricordare poi è che il primo scopo di S.a.ba.r. non era quello di avere un particolare ritorno economico, ma bensì quello di fornire un aiuto concreto in termini di rinnovamento degli edifici scolastici ai comuni che lo hanno richiesto e trovare nuove opportunità di investimento.

Nonostante gli enormi mezzi economici ai quali il CT2.0 permette di accedere, in Italia sono ancora pochi i soggetti che interagiscono con esso, o meglio, non vengono utilizzate tutte le risorse disponibili. Questo a causa dell'elevata burocrazia richiesta e molto spesso anche a causa della non conoscenza di questo tipo di servizio.

Ad ogni modo, come è possibile osservare in figura 107, negli ultimi anni sono aumentate le richieste di incentivi verso il GSE, grazie a una maggiore conoscenza del sistema e a pratiche burocratiche più rapide e semplici.

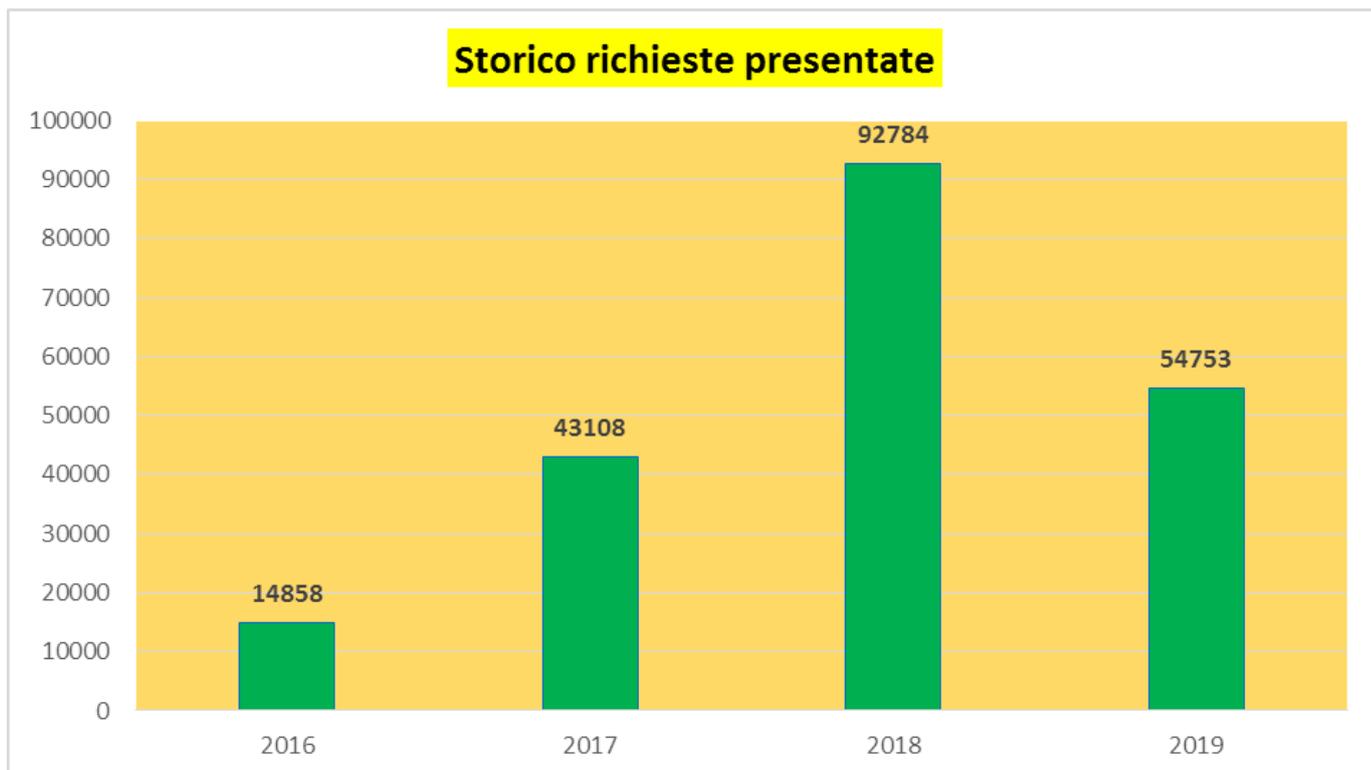


Figura 107. Grafico sullo storico di richieste presentate al CT2.0 dal 2016 a giugno 2019

Come accennato in precedenza, si tratta di interventi che richiedono elevati esborsi, non attuabili in tutti i casi. S.a.ba.r. è stata in grado grazie all'elevata liquidità derivante dal fondo post-mortem della discarica della quale è possessore. Nella seguente tabella, vengono riepilogati i costi delle operazioni e gli incentivi ottenuti da S.a.ba.r.:

TABELLA 34. RIEPILOGO ECONOMICO DEGLI INTERVENTI SOSTENUTI

	BORETTO	LUZZARA	NOVELLARA	GUASTALLA	TOTALE
COSTO TOTALE PER S.A.BA.R.	€ 218.951,72	€ 599.839,96	€ 891.084,80	€ 272.997,97	€ 1.982.874,44
INCENTIVO TOTALE DA GSE E POR-FESR	€ 110.629,63	€ 379.394,49	€ 410.113,96	€ 168.016,93	€ 1.068.155,02
CONTRIBUTO DEL COMUNE	€ 0,00	€ 81.967,21	€ 244.231,75	€ 0,00	€ 326.198,96

Dalla tabella 34, si può constatare quanto sia il valore globale degli incentivi che S.a.ba.r. dovrebbe percepire negli anni a venire, lasciando un costo scoperto pari a 588.520,46 €, il quale dovrebbe essere ripagato tramite la gestione degli impianti nei 20 anni stipulati a contratto con i 4 comuni.

Dal punto di vista dei risparmi energetici, come già accennato nell'analisi teorica, un importante mezzo per catalogare risparmi energetici derivanti da unità di misure diverse è la TEP (tonnellata equivalente di petrolio), come illustrato di seguito:

TABELLA 35. RIEPILOGO RISPARMI OTTENUTI DOPO GLI INTERVENTI

	GN risparmiato [Smc]	EE risparmiata [kWh]	TEP risparmiate
BORETTO	4700,60	14721	12,15
LUZZARA	6293,73	7978,69	14,07
NOVELLARA	35827,00	22379,00	75,80
GUASTALLA	1172,60	12296,00	4,64
TOTALE	47993,93	57374,69	106,67

Questo è il valore ipotetico di TEP risparmiate a seguito del primo anno dopo l'efficientamento energetico. È chiaro che non è possibile conoscere l'esatto risparmio che si otterrà negli anni successivi, in quanto ci sono troppi fattori che non sono prevedibili (temperatura, gestione degli strumenti, condizione degli impianti, ...). Considerando un valore medio di TEP risparmiate annualmente pari a 106,67, nei 20 anni di contratto si otterrebbe un risparmio di 2133,4 TEP.

In definitiva, lo scopo principale di S.a.ba.r. è stato quello di ottenere importanti risparmi energetici nelle scuole della bassa reggiana, dovuto anche a consistenti rinnovamenti tecnologici ed edilizi.

Il risparmio energetico è constatabile sin dal primo anno dopo gli interventi, per cui si può desumere che questi siano andati a buon fine.

È chiaro che è importante capire se le stime dei risparmi saranno rispettate anche negli anni a seguire e se perciò gli importanti investimenti economici sostenuti saranno ripagati nei 20 anni di contratto stipulati tra S.a.ba.r. e i comuni di Boretto, Luzzara, Novellara e Guastalla.

14. RINGRAZIAMENTI

Ringrazio tutte le persone che mi hanno permesso di intraprendere il mio percorso universitario, che mi hanno supportato e hanno condiviso i momenti di gioia e di difficoltà.

In primis, i miei genitori Omar e Paola che mi hanno sempre sostenuto emotivamente ed economicamente e spronato a dare il meglio di me, aiutandomi soprattutto nei momenti di maggior difficoltà, invitandomi a non mollare mai.

I miei fratelli, Elisa, Arianna e Matteo che hanno condiviso con me momenti di difficoltà e mi sono sempre stati vicini.

Un grazie a Giorgia che mi è stata vicina quando nessun altro lo avrebbe fatto.

Un enorme ringraziamento a tutti i componenti di S.a.ba.r.; a Marco che mi ha dato l'opportunità di crescere sia umanamente che culturalmente, in particolare nel campo delle energie rinnovabili e dell'efficientamento energetico.

Grazie a Dario e Lorenzo, che mi hanno seguito, consigliato ed aiutato con passione e disponibilità nel corso del mio tirocinio in S.a.ba.r. Grazie anche a Simone, Ivan, Claudio, Danilo, Alessandra e tutti gli altri componenti di S.a.ba.r. che mi hanno fatto sentire parte dell'azienda fin da subito.

Infine ringrazio i miei più cari amici, che hanno condiviso questi 4 anni di sacrifici spalleggiandomi in ogni occasione.

15. BIBLIOGRAFIA

www.wekiwi.it

<http://www.today.it/>

<http://www.ingegneri.info>

www.viessmann.it

www.luceled.com

<http://www.etsynitylight.com>

www.informazioneambiente.it

DM 16/02/2016 – CT 2.0

www.gse.it

Diego Angeli, Appunti di Termodinamica applicata e Trasmissione del calore, AA 2015/2016

S.a.ba.r. S.p.A., Sezione “Efficientamento energetico”

www.sabar.it

www.sorgenia.it

www.luce-gas.it