



Comune di Civezzano

Piano Energetico Comunale



T.E.E. - E.S.Co.

Trentino Efficienza Energetica s.n.c.

di Rialti Federico & Tomasi Christian

Via del Brennero 110, 38121 Trento (TN)

tel. 0461 421661 - fax. 0461 429280

email: info@tee.tn.it - web: www.tee.tn.it

P.I./Cod. Fisc. 01946670229



Indice

1	Introduzione: il Piano Energetico Comunale	6
1.1	Edifici comunali: diagnosi energetiche e proposte progettuali.....	6
1.2	La rete di Illuminazione stradale: stato di fatto e proposte d'intervento	7
1.3	Caratterizzazione delle tipologie edilizie in ambito residenziale	8
1.4	Finalità	9
2	Efficienza energetica: premessa sulle tecnologie disponibili	10
2.1	Possibilità di riduzione dei consumi in ambito civile	11
2.1.1	Illuminazione degli interni	11
2.1.2	Produzione di acqua calda sanitaria	12
2.1.3	Elettrodomestici ed apparecchiature elettroniche	13
2.1.4	Interventi sull'involucro edilizio	14
2.1.5	Impianto di riscaldamento.....	15
2.2	Utilizzo di fonti rinnovabili.....	19
2.2.1	Sfruttamento delle biomasse	19
2.2.2	Impianti solari termici.....	20
2.2.3	Impianti solari fotovoltaici.....	23
3	Edifici pubblici: diagnosi energetica e proposte d'intervento.....	26
3.1	L'indice di prestazione energetica	26
3.2	Schema dei flussi energetici di un edificio.....	26
3.3	Gli edifici analizzati	27
3.4	Scuola dell'infanzia di Civezzano	30
3.5	Scuola primaria "Gian Battista Borsieri" di Civezzano.....	33
3.6	Complesso "Oxford"	36
3.7	Palestra comunale di Civezzano	39
3.8	Proposta di realizzazione di un'unica centrale termica a servizio della scuola primaria e dell'infanzia	42
3.9	Proposta di realizzazione di un'unica centrale termica a servizio di 2 palestre: quella esistente e quella nuova	45
4	Piano regolatore per l'illuminazione comunale (PRIC).....	48
4.1	Stato generale degli impianti, criticità e consumi	48

4.2	Tratti stradali modellati	50
4.3	Proposte di miglioramento e risparmi ottenibili	56
5	Caratterizzazione delle tipologie edilizie in ambito residenziale	59
5.1	Analisi dei dati raccolti.....	59
5.1.1	Considerazioni riassuntive sui dati raccolti	60
5.2	Attribuzione delle classi energetiche	60
5.2.1	Considerazioni riassuntive	62
5.3	Proposta di interventi per gli edifici privati	63
5.3.1	Tipologie di intervento analizzate	63
5.3.2	Considerazioni generali sugli interventi migliorativi individuati	63
5.4	Proposta d'intervento globale sulla singola abitazione e su scala comunale	66
6	Conclusioni	69
6.1	Riepilogo risultati singole attività	70
6.1.1	Risultati della diagnosi energetica sugli edifici pubblici e l'illuminazione stradale	71
6.1.2	Risultati dell'analisi delle abitazioni private	72
6.2	Risultati globali	73
6.3	Pianificazione degli interventi	80
6.3.1	Previsione delle voci di spesa	81
6.3.2	Attuazione degli interventi che non necessitano di progettazione su edifici pubblici.....	81
6.3.3	Promozione di interventi su abitazioni private e sensibilizzazione della cittadinanza.....	82
6.3.4	Progettazione degli interventi proposti sugli edifici pubblici	82
6.3.5	Redazione del PRIC e progettazione delle soluzioni illuminotecniche individuate.....	83
7	Allegati	84

1 Introduzione: il Piano Energetico Comunale

Il Piano Energetico Comunale è lo strumento necessario ad indirizzare la gestione delle risorse e la pianificazione del territorio verso un utilizzo razionale e consapevole dell'energia.

Nel Comune di Civezzano sono stati analizzati tre settori ritenuti fortemente "energivori", ovvero quello dell'edilizia pubblica, la rete di illuminazione stradale e il comparto dell'edilizia privata.

Per ciascun settore è stata realizzata una sorta di fotografia dello stato di fatto, per mettere in luce eventuali criticità, così da realizzare una scala di priorità degli interventi necessari, per ciascuno dei quali è stata poi realizzata un'analisi tecnico-economica. È stata così verificata la possibilità di intervenire in maniera efficace per ridurre i consumi energetici e le emissioni inquinanti, mediante interventi sostenibili e in grado di ripagarsi nel tempo.

1.1 Edifici comunali: diagnosi energetiche e proposte progettuali

A seguito di un confronto con l'Amministrazione comunale sono stati scelti quattro edifici tra quelli di proprietà pubblica, in base alle loro dimensioni, ai consumi e all'importanza strategica. Ognuno di essi è stato oggetto di un'approfondita diagnosi energetica (audit energetico). È stato calcolato l'indice di prestazione energetica e sono state individuate le criticità presenti sia a livello costruttivo che di gestione degli impianti.



Fig. 1 – La scuola dell'infanzia di Civezzano, uno degli edifici comunali oggetto dello studio.

Tramite appositi modelli sono stati quindi simulati i miglioramenti ottenibili attraverso gli interventi ritenuti più interessanti tra quelli possibili. Accanto a interventi su involucro e impianti, per ciascun edificio è stata valutata la convenienza di ricorrere a fonti rinnovabili per sostituire o integrare le fonti energetiche attuali. Per ciascuno degli interventi scelti è stato quindi realizzato uno studio di fattibilità tecnico-economica con la stima del tempo di rientro dell'investimento necessario.

È stato quindi elaborato l'attestato di certificazione energetica contenente la classificazione degli edifici secondo le Linee Guida Nazionali attualmente in vigore in materia di certificazione energetica degli edifici esistenti. Per l'ottenimento della targa energetica da affiggere obbligatoriamente all'interno degli stessi edifici entro il 2013, sarà necessaria la redazione di un successivo attestato, svolto secondo il regolamento provinciale e tenendo conto anche delle ultime misure d'intervento attuate. La targa, che può essere rilasciata solamente da uno degli enti di accreditamento dei soggetti certificatori della Provincia di Trento, potrà dare così evidenza pubblica dell'eventuale successiva realizzazione degli interventi proposti.

1.2 La rete di illuminazione stradale: stato di fatto e proposte d'intervento

La rete di illuminazione stradale del Comune è stata analizzata a fondo in occasione della stesura del Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC). Il Piano contiene un rilievo accurato dello stato di fatto, con le caratteristiche di ciascuno dei punti luce installati nei centri abitati e nelle tratte di collegamento tra le frazioni del Comune, seguito dalla proposta di una serie di interventi in grado non solo di ridurre i consumi di energia, ma anche di rispettare le più recenti normative in materia di sicurezza e di riduzione dell'inquinamento luminoso.

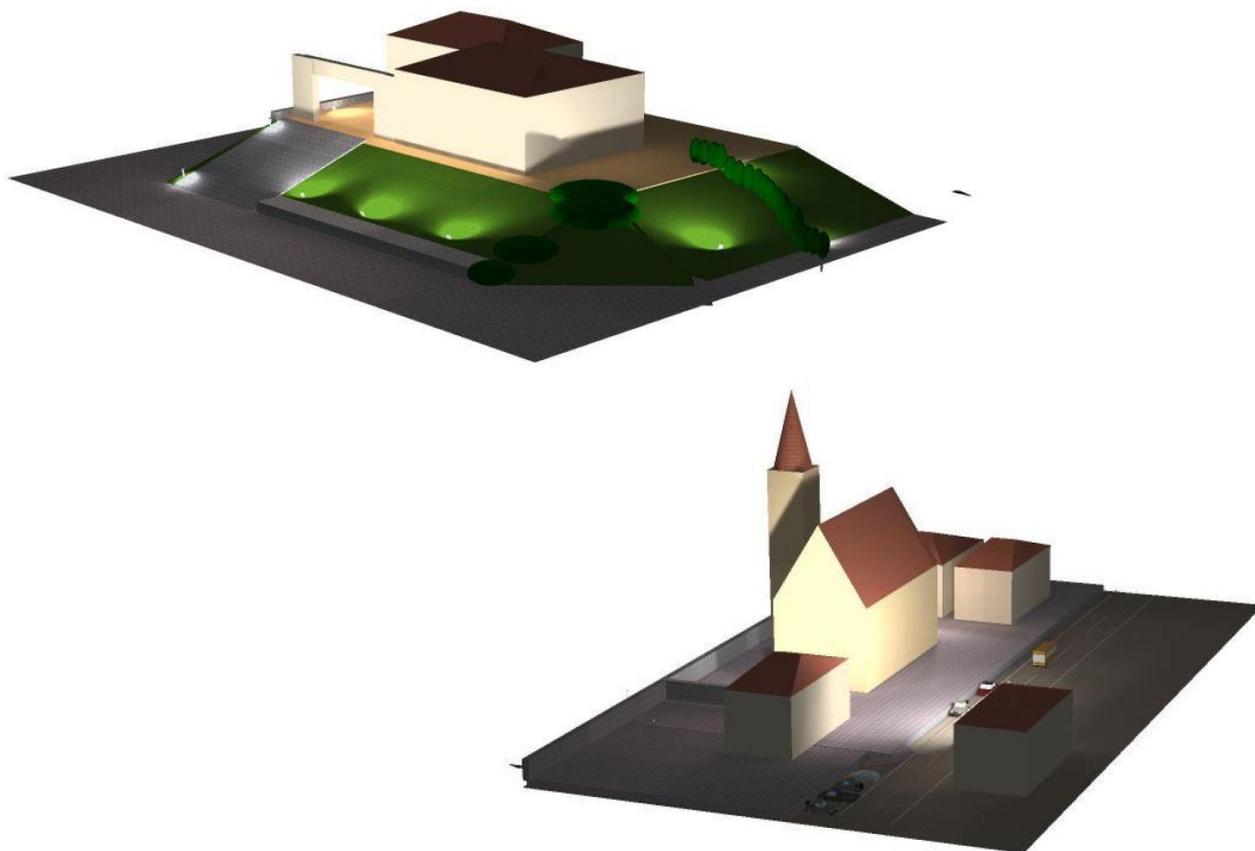


Fig. 2 – Modellazione dell'illuminazione esterna del municipio e della Chiesa di Civezzano(estratto del PRIC).

In questo Piano Energetico verranno riportati i risultati ottenuti dal PRIC principalmente da un punto di vista energetico, tralasciando l'approfondimento degli aspetti legati alla normativa stradale e all'inquinamento luminoso.

1.3 Caratterizzazione delle tipologie edilizie in ambito residenziale

L'attività svolta sul comparto dell'edilizia privata ha avuto come obiettivo quello di fornire una panoramica generale dello stato attuale delle abitazioni del Comune, così da stimare l'impatto ambientale dei consumi legati alla climatizzazione invernale e individuare le criticità più ricorrenti da un punto di vista energetico.



Fig. 3 – Vista d'insieme dell'abitato di Civezzano.

Le informazioni necessarie per stimare i consumi ed elaborare una classificazione energetica di massima delle abitazioni sono stati ottenuti grazie alla distribuzione alle famiglie di un questionario finalizzato a raccogliere informazioni specifiche riguardanti le caratteristiche geometriche, costruttive e impiantistiche. Grazie ai dati forniti dai cittadini che hanno partecipato all'iniziativa, che costituiscono un campione rappresentativo dell'intero Comune, sono state individuate le tipologie costruttive tipiche del territorio e studiati gli interventi di efficienza energetica più interessanti. Per ciascun edificio di cui è pervenuto il modulo compilato è stata valutata la necessità di intervenire, stimando costi e benefici degli interventi proposti.

Grazie ad un'elaborazione statistica è stato calcolato il numero di edifici per i quali si ritiene necessario effettuare ciascuna tipologia di intervento e il risparmio medio generato. È stato così possibile calcolare i benefici ottenibili sull'intero comune a seguito della realizzazione degli interventi stessi.

1.4 Finalità

Le proposte avanzate in ciascuno dei tre settori, i costi e i benefici stimati vogliono costituire uno strumento utile all'amministrazione pubblica per la pianificazione degli interventi, nonché per l'attivazione di politiche a sostegno dell'ambiente e dell'efficienza energetica, attraverso la corretta pianificazione di una linea d'intervento nel breve, medio e lungo periodo. L'attuazione degli interventi proposti nel piano potrebbe inoltre rappresentare un'importante opportunità di sviluppo e innovazione per il Comune, in grado di adeguarlo al mutato scenario energetico e normativo.

2 Efficienza energetica: premessa sulle tecnologie disponibili

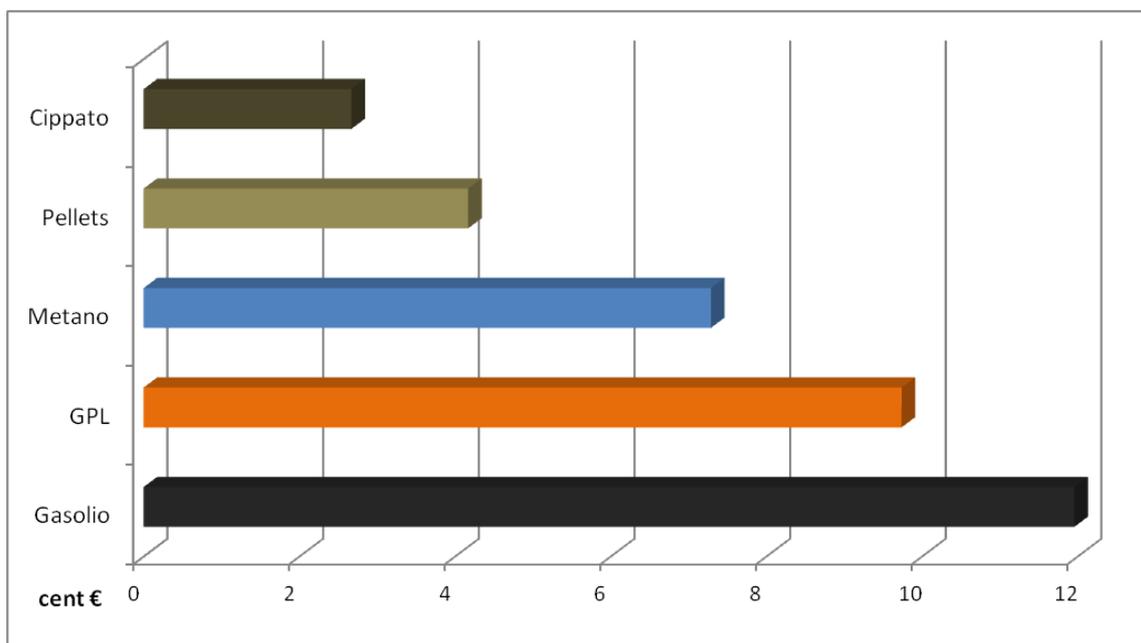
Data la rapida evoluzione che sta interessando i settori dell'energia, dell'efficienza energetica e delle fonti rinnovabili, verrà di seguito proposta una premessa che, seppur non esaustiva, vuole fare il punto della situazione a livello sia tecnologico che normativo e chiarire i presupposti da cui si è partiti per sviluppare il piano.

Una pianificazione energetica integrata a livello locale deve essere finalizzata da un lato al contenimento e alla riduzione dei costi energetici connessi all'utilizzo e alla trasformazione dei combustibili fossili (che rappresentano di gran lunga la fonte energetica ancora prevalente) e dall'altro all'incremento dell'utilizzo di fonti rinnovabili di energia.

I fronti su cui è possibile intervenire per migliorare l'efficienza energetica e ridurre i costi di esercizio sono essenzialmente tre, indipendenti tra loro:

- la ricerca del miglior prezzo per la fornitura dell'energia;
- l'ottimizzazione nella gestione degli impianti;
- l'individuazione e la risoluzione delle criticità e il miglioramento delle prestazioni di involucro e impianti.

La liberalizzazione del mercato dell'energia (dlgs 79/99) ha aperto la possibilità di contrattare il prezzo dell'energia elettrica e del gas, permettendo agli utenti di scegliere la tariffa migliore offerta dai distributori, anche in base alla tipologia di consumo. Nonostante differenze spesso minime tra le tariffe proposte, la scelta di quella ottimale consente talvolta risparmi consistenti, soprattutto in presenza di consumi rilevanti.



	Gasolio	GPL	Metano	Pellets	Cippato
Costo (cent€/kWh)	11,96	9,74	7,29	4,17	2,67
Raffronto	100%	-19%	-39%	-65%	-78%

Fig. 4 – Confronto dei costi per kWh di energia termica prodotta dei principali combustibili in commercio.

Il secondo ambito che può consentire risultati di rilievo a fronte di costi limitati è il miglioramento e l'ottimizzazione della gestione, che spesso è attuabile con interventi a basso costo come, per esempio, la modifica dei comportamenti delle persone, o l'installazione di sistemi per il controllo e la regolazione automatica (come fotocellule, cronotermostati, ecc.).

È a questo punto facilmente intuibile che l'utilizzo di apparecchiature e sistemi a maggiore efficienza riduce i consumi di energia a parità di condizioni di utilizzo. A tal proposito non va dimenticato che uno dei fattori che più incide sui costi per la climatizzazione invernale è la scelta del combustibile, dal momento che combustibili diversi, a parità di energia fornita, hanno costi molto diversi. In figura 4 viene riportato il confronto dei costi per kWh di energia termica prodotta dei principali combustibili in commercio.

2.1 Possibilità di riduzione dei consumi in ambito civile

2.1.1 Illuminazione degli interni

Gli impianti di illuminazione interna degli edifici presentano spesso inefficienze, dovute prevalentemente alla tipologia di sorgente luminosa utilizzata, all'età dei corpi illuminanti, nonché a sovradimensionamenti e modalità di utilizzo poco virtuose.

L'efficienza può essere migliorata anzitutto andando a sostituire le sorgenti luminose più energivore, ad esempio le lampadine a incandescenza con lampadine fluorescenti, o i faretto alogeni con equivalenti faretto a led. In figura 5 sono riportati a titolo di esempio i risparmi conseguibili grazie alla sostituzione di una lampadina a incandescenza da 100 W con una fluorescente compatta da 21 W, nell'ipotesi che la lampadina resti accesa 5 ore al giorno.

Un ulteriore aspetto da valutare è rappresentato dal sistema di controllo delle luci. Il numero degli interruttori deve essere adeguato alla disposizione delle aree da illuminare: ogni interruttore deve comandare un numero limitato di punti luce, così da illuminare di volta in volta le aree effettivamente utilizzate, anche in funzione degli apporti luminosi esterni.



Ipotesi	
Ore di utilizzo giornaliero della lampadina	5 h
Ore di utilizzo annuali della lampadina	1825 h
Potenza della lampadina sostituita	100 W
Potenza della nuova lampadina CFL	21 W
Costo medio dell'energia	0,16 €/kWh
Risparmio energetico ed economico	
Energia risparmiata annualmente	144 kWh
Risparmio economico annuo	23,0 €/anno
Beneficio ambientale	
Emissioni di CO ₂ evitate	76 kg/anno

Fig. 5 – Risparmi conseguibili grazie alla sostituzione di una lampadina a incandescenza da 100 W con una fluorescente compatta da 21 W, nell'ipotesi che la lampadina resti accesa 5 ore al giorno.

È possibile inoltre evitare sprechi introducendo organi di controllo del flusso luminoso in funzione della disponibilità di luce naturale nell'ambiente interno e dispositivi automatici di regolazione delle luci, quali interruttori a tempo, fotocellule e sensori di presenza. Questi dispositivi automatici sono semplici ed economici e permettono di limitare l'accensione delle luci alle aree realmente occupate e nei periodi di effettivo utilizzo. L'impiego combinato dei sensori di presenza e delle fotocellule può comportare risparmi dell'ordine del 50% sui consumi degli impianti di illuminazione.

2.1.2 Produzione di acqua calda sanitaria

Gli sprechi energetici dovuti alla produzione di acqua calda sanitaria sono dovuti sia ad apparecchiature obsolete, sia a comportamenti poco virtuosi.

Sono ancora diffusi boiler a resistenza elettrica, che proprio a causa della fonte energetica utilizzata determinano costi quasi tre volte superiori rispetto a sistemi di produzione integrata all'impianto di riscaldamento (in particolare quando i rendimenti di generazione sono elevati).

Gli stessi boiler inoltre sono spesso mantenuti costantemente accesi, con temperature dell'acqua elevate e ben superiori alle reali esigenze. Ciò determina inutili perdite per trasmissione, che è possibile in parte evitare impostando temperature più basse e orologi che regolino l'accensione e lo spegnimento.

Spesso si utilizza molta più acqua di quella che ne richiede l'utilizzo che se ne sta facendo. Applicare semplici riduttori di flusso sui rubinetti e nelle docce permette di dimezzare la portata d'acqua utilizzata, mantenendo pressoché inalterata la pressione e la sensazione di utilizzo. In figura 6 viene riportato un esempio dei risparmi conseguibili grazie all'applicazione di riduttori di flusso sui rubinetti di un'abitazione privata.



Risparmio idrico	
Risparmio idrico medio per famiglia	39 m ³
Risparmio ACS medio per famiglia	14 m ³
Risparmio energetico	
Risparmio energetico medio annuo per famiglia:	570 kWh (60 m ³ di metano)
Risparmio economico	
Risparmio economico medio annuo ACQUA	18 €/anno
Risparmio economico medio annuo ENERGIA	48 €/anno
Risparmio economico annuo ACQUA + ENERGIA	66 €/anno
Beneficio ambientale	
Emissioni di CO ₂ evitate	150 kg/anno

Fig. 6 – Risparmi conseguibili grazie all'applicazione di riduttori di flusso sui rubinetti di un'abitazione privata.

Qualora non vi sia l'esigenza o l'intenzione di intervenire sull'impianto termico e installare una nuova caldaia destinata anche alla produzione di acqua calda, è possibile sostituire i vecchi boiler a resistenza con nuovi boiler elettrici a pompa di calore, che presentano rendimenti elevati e consumi inferiori al 50% di quelli a resistenza.

In generale può inoltre essere valutata la convenienza di installare impianti solari termici per integrare i sistemi attualmente utilizzati. Si parlerà successivamente di tale tecnologia.

2.1.3 Elettrodomestici ed apparecchiature elettroniche

I consumi degli apparecchi elettrici ed elettronici sono spesso difficilmente individuabili, sia perché mancano dati certi da parte dei produttori circa gli assorbimenti, siano perché sono in parte nascosti e avvengono anche quando gli apparecchi sono spenti o in modalità stand-by. Tali consumi sono dovuti alle perdite dei trasformatori interni e per eliminarli gli apparecchi dovrebbero essere collegati ad un interruttore generale che tolga l'alimentazione nei periodi di non utilizzo.

Alcune apparecchiature quali computer, stampanti e fotocopiatrici consumano molto anche quando sono in stand-by (gli assorbimenti di potenza possono raggiungere i 150 W) e andrebbero spenti se non utilizzati per pause prolungate.

Va infine ricordato che gli apparecchi attualmente in commercio presentano un'etichetta energetica che ne indica l'efficienza (vedi esempio in figura 7). In fase di acquisto è doveroso ricordare che un eventuale extra-costò degli apparecchi più performanti può spesso ripagarsi grazie all'energia risparmiata. Tali apparecchi, in particolare lavatrici e lavastoviglie, presentano normalmente modalità di funzionamento "economy", che a fronte di cicli di lavaggio più lunghi consentono di minimizzare i consumi energetici.

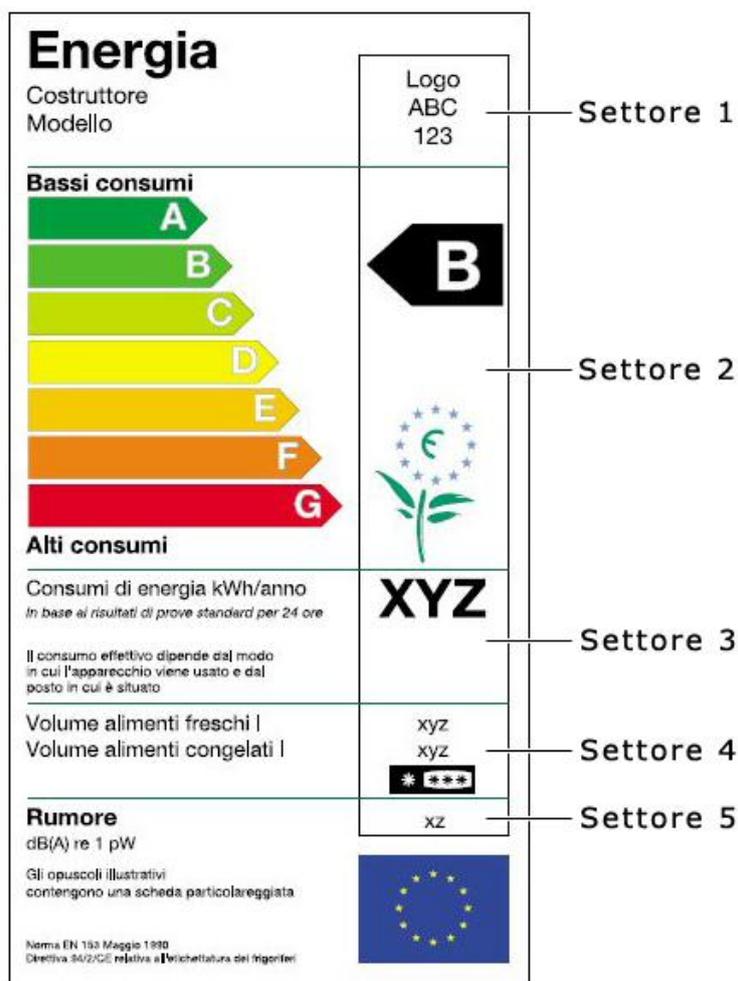


Fig. 7 – Etichetta energetica tipo di frigoriferi.

2.1.4 Interventi sull'involucro edilizio

L'involucro edilizio è costituito dall'insieme di strutture che scambiano calore con l'esterno e mediamente ha un peso determinante sui consumi energetici di un edificio. L'isolamento termico di ciascun elemento può contribuire alla limitazione delle perdite e alla riduzione dei consumi.

Vediamo di seguito le soluzioni e gli accorgimenti più interessanti relativamente agli elementi principali dell'involucro, ovvero pareti, copertura e finestre.

L'isolamento delle pareti

L'isolamento termico a cappotto delle pareti perimetrali di un edificio rappresenta l'intervento più efficace per la riduzione delle dispersioni termiche e quindi dei consumi energetici. I risultati sono tanto più evidenti nel caso di vecchi edifici con pareti in pietra o mattoni pieni.

È importante che l'isolamento sia uniforme sulle facciate ed elimini i cosiddetti ponti termici, ovvero le discontinuità strutturali dove si concentrano le perdite di energia, quali solai interpiano, pilastri, balconi telai dei serramenti.

L'applicazione dei pannelli sulla superficie esterna delle pareti permette il mantenimento di una temperatura maggiore sulle superfici interne. Tale fenomeno incrementa il livello di confort abitativo, dal momento che la temperatura avvertita dal nostro corpo dipende per circa un 50% dalla temperatura dell'aria, e per l'altro 50% proprio dalla temperatura delle superfici che ci circondano. L'intervento conferisce altresì alle pareti una maggiore inerzia termica: il calore accumulato durante il funzionamento dell'impianto di riscaldamento non viene disperso, se non in minima parte, verso l'esterno e viene rilasciato nei periodi in cui l'impianto è spento. Vengono inoltre eliminati i ponti termici, riducendo così anche la possibilità di formazione di muffe in particolare negli spigoli.

L'applicazione di uno strato isolante sulla superficie interna conferisce al contrario scarsa inerzia termica alle pareti e pertanto risulta particolarmente adatta negli interventi di ristrutturazione degli ambienti di lavoro e di quelli occupati poche ore al giorno, nei quali sono necessari tempi di riscaldamento rapidi. Qualora si opti per questa soluzione bisognerà prestare particolare cura alla riduzione dei ponti termici dovuti ai solai interpiano, dal momento che la discontinuità dei valori di trasmittanza termica tra la zona isolata (le pareti) e quella non isolata (normalmente i soffitti) potrebbe accentuare il fenomeno della formazione di muffe.

L'isolamento delle coperture

Nel caso di un sottotetto non abitabile, l'intervento di coibentazione della copertura può consistere nell'applicazione dei pannelli isolanti all'estradosso del solaio orizzontale: questa soluzione presenta un'estrema semplicità di realizzazione e determina un isolamento termico uniforme.

Qualora il piano sottotetto sia abitabile e riscaldato, l'isolamento termico può essere realizzato tramite l'applicazione alla copertura di pannelli isolanti all'intradosso delle falde stesse.

Nel caso di copertura piana, l'isolamento termico può essere realizzato attraverso la posa sull'estradosso della copertura stessa di un pacchetto isolante rivestito di uno strato di tessuto non tessuto in fibre di poliester e di uno strato finale di zavorra in ghiaietto.

Sostituzione delle finestre

Anche finestre e superfici vetrate, al pari di pareti e copertura, incidono notevolmente sul bilancio energetico e sul confort abitativo. A differenza delle finestre tradizionali, spesso ancora dotate di vetro singolo e la cui funzione era quella di garantire l'illuminazione dei locali, i moderni serramenti sono in grado di minimizzare le perdite di calore e di migliorare il confort acustico.

Si può avere un'idea degli effetti apportati dalla sostituzione delle finestre considerando che la trasmittanza di un vetro semplice è superiore a $5,0 \text{ W/m}^2\text{K}$, quella di un vetrocamera è inferiore a $3,0$, quella dei vetri basso-emissivi riempiti di gas inerte raggiunge valori di circa $1,0$ e che i vetri tripli baso-emissivi arrivano addirittura a $0,7$.

Sul valore di trasmittanza incide naturalmente anche il livello di isolamento del telaio, che spesso ricopre una superficie considerevole dell'intero serramento.

2.1.5 Impianto di riscaldamento

Il rendimento di un impianto di climatizzazione invernale dipende fondamentalmente da tre fattori:

- il generatore di calore
- la regolazione
- l'impianto di distribuzione
- i terminali di emissione

Ciascun fattore determina delle perdite, variabili in funzione del regime di utilizzo, che sommate determinano il rendimento complessivo dell'impianto. Vediamo brevemente gli interventi possibili per ciascun fattore.

Il generatore di calore

Il buon funzionamento di un generatore di calore dipende anzitutto dalla manutenzione. La mancata pulizia della camera di combustione può determinare perdite fino al 10% della potenza utile ed è inoltre fondamentale verificare periodicamente i parametri di combustione e in particolare il rapporto tra combustibile e comburente. La verifica puntuale del rispetto dei limiti legislativi (il controllo fumi) permette in generale risparmi energetici attorno al 5%.

Può risultare conveniente valutare la possibilità di sostituire il generatore di calore qualora il sistema attuale risulti obsoleto, sovradimensionato, oppure quando è possibile sostituire combustibili più costosi quali gasolio o GPL con altri più convenienti come il metano.

Una caldaia di tipo tradizionale sovradimensionata rispetto alle effettive esigenze entra velocemente in temperatura ed è soggetta a frequenti cicli di accensione-spegnimento, con conseguenti perdite di calore al mantello e al camino.

Soprattutto nel caso di potenze elevate la presenza di un bruciatore di tipo on-off può comportare rendimenti inferiori rispetto a bruciatori multi-stadio o di tipo modulante. Quest'ultimi permettono di adeguare la potenza erogata all'effettiva richiesta, minimizzando così le perdite.

In presenza di caldaie obsolete o di sostituzione del gasolio con GPL o, preferibilmente, metano, può essere conveniente valutare l'installazione di generatori di calore del tipo a condensazione. Le caldaie a condensazione sono in grado di espellere i fumi a temperature inferiori a 100°C , andando così a far condensare il vapore acqueo presente nei fumi, e recuperando il calore latente di condensazione, che complessivamente costituisce all'incirca l'11% dell'intero potere calorifico del gas. Portare i fumi dai tradizionali $150\text{-}200^\circ\text{C}$ a $45\text{-}80^\circ\text{C}$ consente inoltre di recuperare un altro 6-7% di calore sensibile.

Questa tipologia di caldaie funziona tanto meglio quanto più bassa è la temperatura dell'acqua dell'impianto. Il funzionamento ottimale si ha quindi in abbinamento a sistemi di distribuzione a bassa temperatura a pannelli radianti, dove la temperatura di ritorno può essere di circa 30°C . In questo caso il miglioramento delle prestazioni rispetto ad un sistema tradizionale può arrivare al 40%.

Incrementi significativi si possono tuttavia avere anche in presenza di un sistema a radiatori, dato che la temperatura media dei corpi scaldanti durante la stagione termica non supera i 60°C. In tal caso i risparmi possibili rispetto ad un caldaia tradizionale possono essere dell'ordine del 20-30% (maggiori se la superficie di radiatori era in origine sovradimensionata, permettendo così temperature di mandata inferiori).

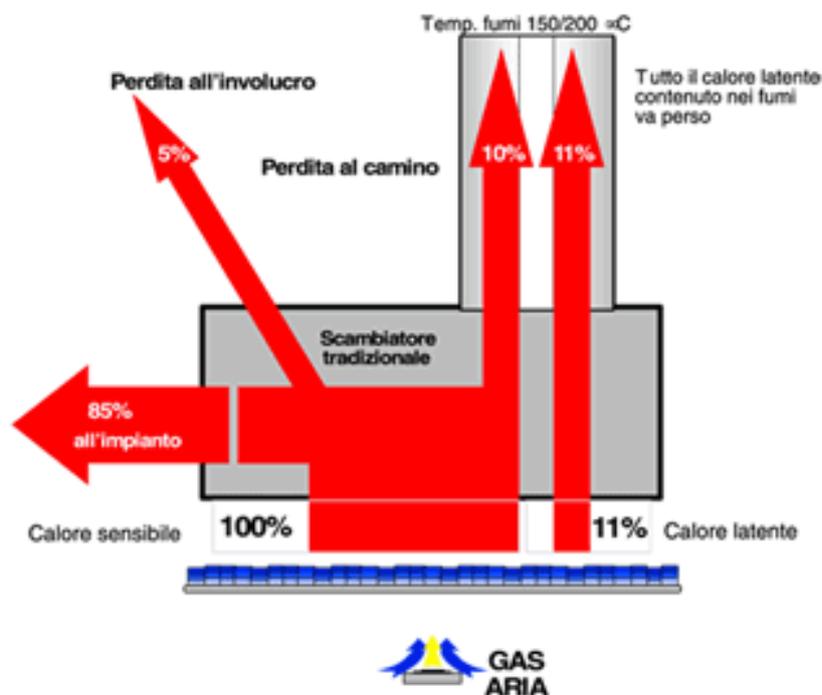


Fig. 8 – Flussi energetici in una caldaia di tipo tradizionale.

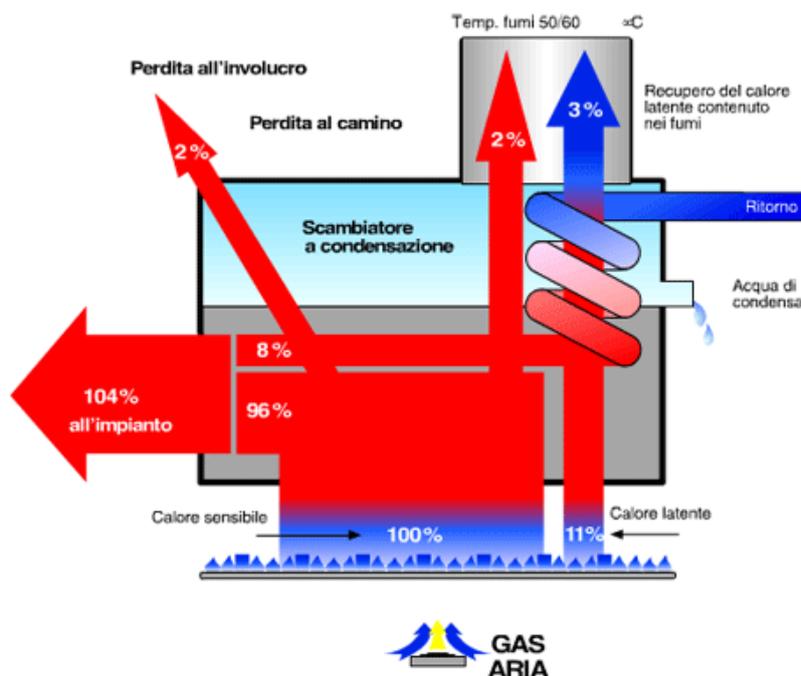


Fig. 9 – Flussi energetici in una caldaia a condensazione.

Va segnalato che l'installazione di una caldaia a condensazione può comportare qualche complicazione impiantistica. In particolare deve essere previsto il tiraggio forzato dei fumi (le basse temperature renderebbero difficoltoso il tiraggio naturale). Il camino deve essere protetto dalle condense acide che si formano mediante intubazione e deve essere previsto uno scarico delle condense rete fognaria.

In alternativa all'installazione di una caldaia a condensazione a gas, quando per esempio l'edificio non è raggiunto dalla rete del metano o si renda difficoltoso il passaggio al GPL, è possibile optare per una caldaia a condensazione a gasolio (che presenta incrementi di prestazione leggermente inferiori rispetto alla condensazione a gas), o ancora per sistemi a biomassa o pompe di calore.

Le caldaie a biomassa presentano il grande vantaggio del basso costo del combustibile (pellet o cippato), tuttavia hanno costi elevati (dell'ordine del triplo rispetto alle caldaie a condensazione a gas) e necessitano di uno spazio adiacente al locale caldaia per lo stoccaggio del combustibile.

Le pompe di calore sfruttano invece il principio di funzionamento del ciclo frigorifero, trasferendo calore da un corpo a temperatura più bassa ad uno a temperatura più alta. Possono essere alimentate dalla rete elettrica, anche se esistono sistemi alimentati a gas metano, e utilizzare come sorgente esterna l'aria, oppure il terreno. In questo caso sono previste sonde che scambiano calore col terreno in profondità e si è in presenza di sistemi geotermici.

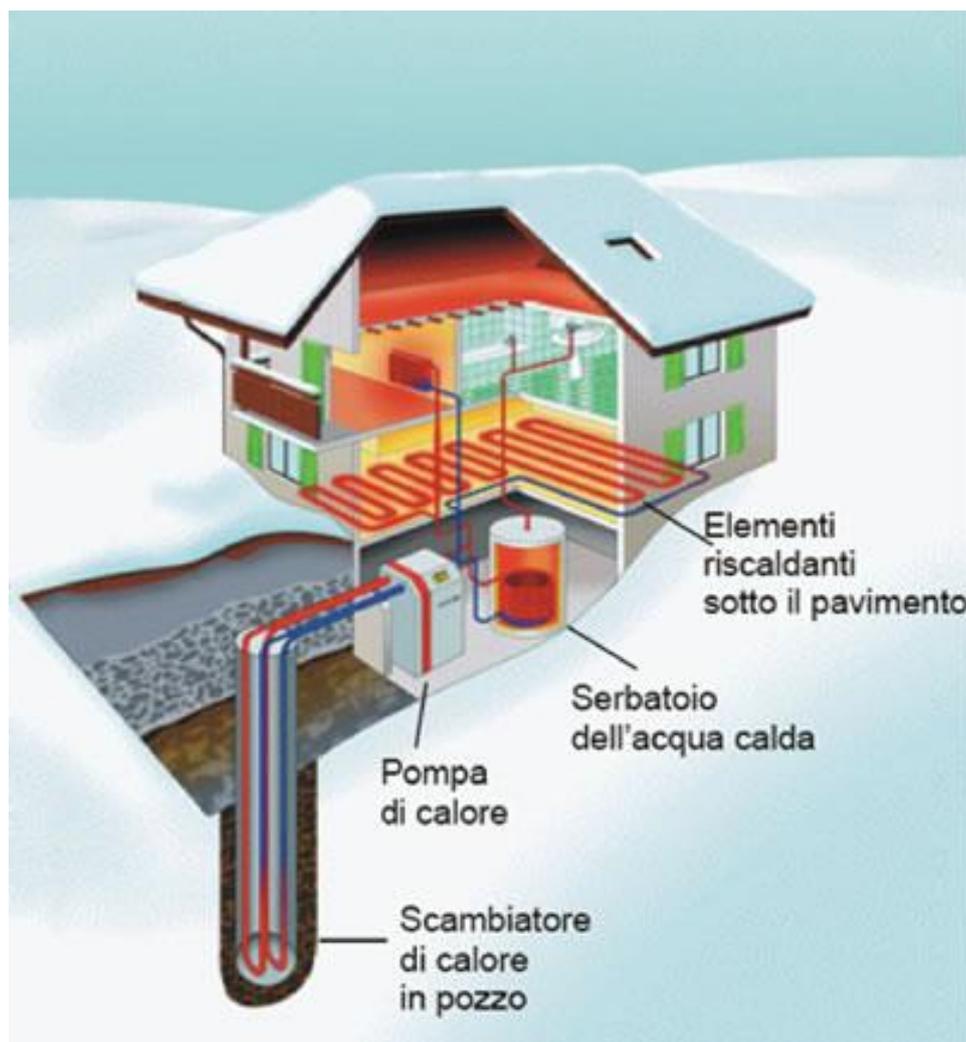


Fig. 10 – Schema di funzionamento di un impianto geotermico.

La regolazione degli impianti

La regolazione e la gestione degli impianti comprende le azioni volte a ottimizzare rendimenti e consumi agendo sui periodi di accensione, sulle zone da climatizzare in funzione delle esigenze e sulle temperature che si intende raggiungere nelle stesse zone.

Una buona regolazione fa funzionare l'impianto per il tempo strettamente necessario a raggiungere la temperatura necessaria, facendo funzionare il generatore nelle condizioni che consentano il massimo rendimento.

È quindi fondamentale agire su tre livelli:

- attraverso la regolazione climatica, ovvero modulando la temperatura di mandata dell'impianto in funzione delle condizioni climatiche esterne (in modo da mantenerla il più bassa possibile, compatibilmente con l'esigenza di raggiungere la temperatura impostata nei locali in un tempo adeguato);
- mediante una regolazione di zona, agendo sui circolatori in centrale termica, o su valvole di zona a due/tre vie;
- mediante la regolazione fine di locale, utilizzando valvole termostatiche, o comandi elettrotermici sui collettori, così da poter gestire temperature diverse in ciascuna zona.

L'utilizzo di cronotermostati permette inoltre di attivare l'impianto solamente nei periodi di effettivo utilizzo, limitando gli sprechi.

Va infine ricordato che la temperatura interna impostata incide pesantemente sui consumi: mediamente ogni grado di temperatura interna superiore a 20°C determina un consumo energetico superiore del 6% circa.

Sistemi di distribuzione



Fig. 11 – Esempio di posa di pannelli radianti a pavimento.

L'impianto di distribuzione convoglia il fluido termovettore ai corpi scaldanti, che possono essere radiatori, ventilconvettori o pannelli radianti. Nei primi due casi la distribuzione avviene ad alta temperatura (compresa normalmente tra 60 e 80 °C), mentre in presenza di pannelli radianti, montati a pavimento, a soffitto o sulle pareti, la temperatura è normalmente attorno ai 30-40°C.

Temperature di ritorno basse incrementano il rendimento in particolare delle caldaie a condensazione, favorendo il recupero del calore latente dei fumi.

Sistemi di emissione

Rendimento di emissione

In presenza di radiatori montati sulle pareti perimetrali prive di isolamento termico, è possibile che parte del calore emesso venga disperso attraverso la parete stessa, per via delle temperature elevate raggiunte sulla superficie esposta. In tal caso è possibile migliorare il rendimento di emissione applicando uno strato isolante possibilmente rivestito di uno strato riflettente dietro i radiatori, così da limitare le perdite.



Fig. 12 – Posa di pannelli riflettenti dietro un radiatore.

2.2 Utilizzo di fonti rinnovabili

Le fonti rinnovabili si differenziano da quelle fossili proprio grazie al fatto di essere inesauribili. Le principali fonti rinnovabili sono il sole, il vento, l'acqua e le biomasse.

Presentiamo di seguito una breve rassegna delle tecnologie disponibili per lo sfruttamento del sole e delle biomasse. Trascureremo l'acqua e il vento che necessiterebbero di una trattazione specifica, anche se ricordiamo che si stanno diffondendo impianti idroelettrici ed eolici di piccola taglia, che garantiscono impatti ambientali minimi e potrebbero essere interessanti anche in realtà territoriali come questa.

2.2.1 Sfruttamento delle biomasse

Con il termine "biomassa" si intende ogni sostanza organica, di origine vegetale o animale, da cui sia possibile ottenere energia attraverso processi di tipo termochimico o biochimico. Le principali fonti sono i residui forestali e agricoli, gli scarti della lavorazione industriale di prodotti agrari, ma anche la frazione organica dei rifiuti solidi urbani. Altre fonti potenziali ad alto rendimento sono le colture dedicate, nelle quali vengono selezionate le specie più adatte ad uno sfruttamento energetico, con turni di produzione brevissimi dell'ordine di cinque anni, al fine di massimizzare la resa produttiva. Se bruciata, la biomassa emette in atmosfera solamente la CO₂ assorbita durante la crescita, con un bilancio praticamente nullo.

I processi di conversione della biomassa si dividono in due categorie fondamentali: processi biochimici e termochimici.

I processi biochimici sfruttano l'azione di enzimi, fanghi e microrganismi, che, in particolari condizioni, sono in grado di trasformare la biomassa in combustibili in fase liquida e gassosa. Per questo trattamento risultano particolarmente idonee le colture acquatiche, alcuni sottoprodotti della coltivazione di ortaggi, i reflui urbani e zootecnici, la frazione organica dei rifiuti urbani e alcuni scarti della lavorazione industriale di prodotti agricoli.

I processi termochimici sfruttano invece l'azione del calore per la trasformazione della biomassa in combustibili solidi, liquidi e gassosi. I principali sono:

- la combustione diretta
- la pirolisi controllata (che porta alla produzione di carbone e olio combustibile)
- la gassificazione (che trasforma una parte della biomassa in una frazione gassosa composta prevalentemente da metano, idrogeno, monossido di carbonio).

La combustione diretta, tipicamente usata per il riscaldamento degli ambienti, avviene generalmente in caldaie in cui viene scambiato calore tra i gas di combustione ed i fluidi di processo. L'utilizzo di prodotti e residui agricoli determina buoni rendimenti, qualora quest'ultimi siano ricchi di glucidi strutturati (cellulosa e lignina) e presentino contenuti d'acqua inferiori al 35%. Risultano particolarmente adatti legname, paglie di cereali, residui della raccolta di legumi secchi, piante oleaginose e piante da fibra tessile, residui legnosi di potatura di piante da frutto e forestali, residui delle industrie agrarie.

La pirolisi è un processo di conversione termochimica condotto in carenza di ossigeno, che consente di trasformare la sostanza organica presente nella biomassa in combustibili allo stato solido, liquido e gassoso, mentre la gassificazione è un processo in cui si realizza una parziale ossidazione dei reagenti ad opera di un agente gassificante, e a temperature superiori ai 700°C.

Questi ultimi due processi vengono normalmente utilizzati in impianti di cogenerazione, per la produzione combinata di energia termica ed elettrica, grazie alla possibilità di sfruttare la frazione gassosa per alimentare generatori di corrente.

Nonostante l'impatto pressoché nullo sull'incremento della CO₂ in atmosfera, non si possono trascurare i problemi di impatto ambientale provocati dallo sfruttamento delle biomasse a scopi energetici, e in particolare le emissioni di inquinanti quali ossido di carbonio, ossidi di azoto e polveri sottili.

Uno sfruttamento intensivo deve inoltre essere accompagnato da attente politiche di gestione, che evitino il rischio di deforestazione, soprattutto nei paesi in via di sviluppo.

2.2.2 Impianti solari termici

Un impianto solare termico permette di sfruttare l'energia solare per produrre acqua calda. L'applicazione più comune a livello residenziale prevede l'utilizzo di collettori per produrre acqua a bassa temperatura per usi sanitari.

Esistono differenti tipologie di collettori, principalmente riconducibili alle tipologie a pannelli piani e sottovuoto.

Un collettore piano è costituito da una lastra trasparente di vetro che fa passare le radiazioni in arrivo e blocca quelle in uscita, un assorbitore di rame attraverso il quale circola il liquido termovettore, un isolante termico che impedisce la dispersione di calore.

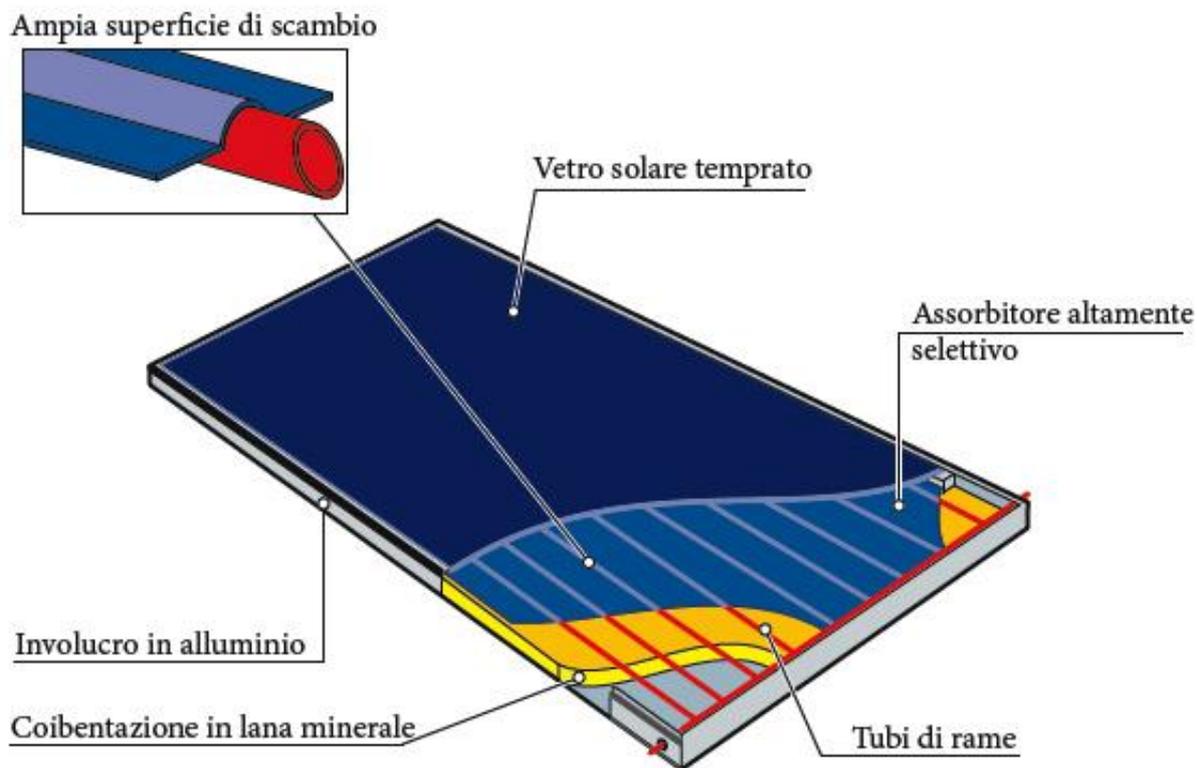


Fig. 13 - Schema costruttivo di un collettore solare di tipo piano.

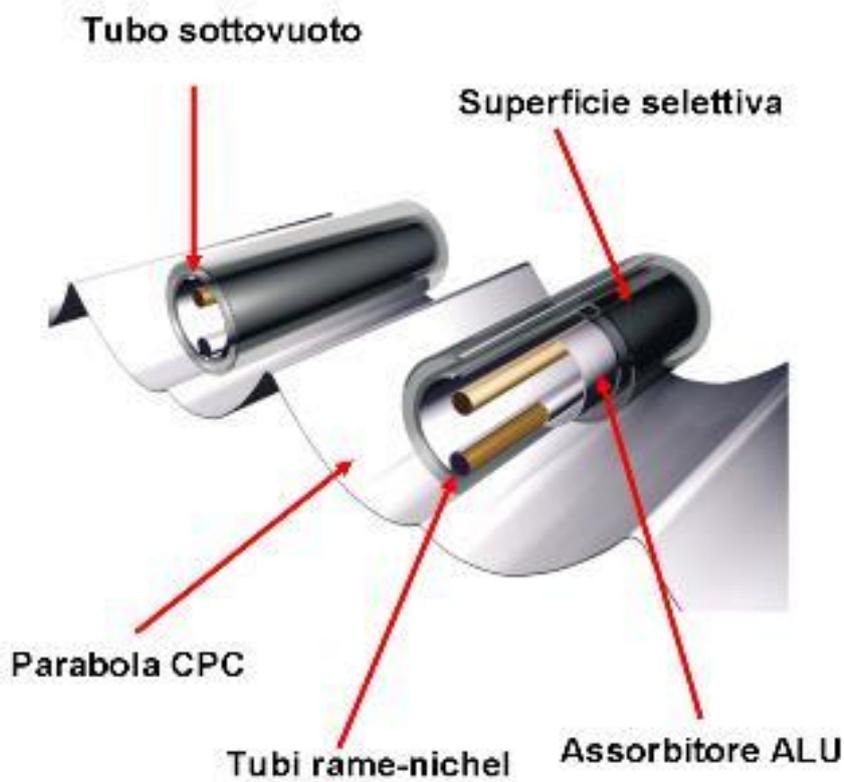


Fig. 14 - Schema costruttivo di un collettore solare di tipo sottovuoto.

Un collettore sottovuoto, in grado di garantire un maggiore apporto energetico anche in condizioni di basso irraggiamento o basse temperature esterne, è costituito da una serie di tubi che sfruttano il vuoto come isolante termico: il fluido termovettore viene convogliato all'interno dei tubi in rame e riscaldato.

Per sfruttare il calore catturato dai collettori, lo stesso deve essere accumulato in serbatoio di accumulo che, nella versione più semplice, contengono al loro interno una serpentina di scambio nella quale circola il fluido termovettore che cede calore all'acqua destinata alle utenze.

Tipologie di impianto

Esistono impianti solari "a circolazione naturale" e "a circolazione forzata".

I primi sono dotati di un bollitore posto in posizione sopraelevata rispetto ai pannelli. Il fluido termovettore trasferisce calore dai pannelli all'acqua circolando grazie alla sola differenza di temperatura e non sono necessari altri dispositivi (come pompe di circolazione) per il funzionamento dell'impianto.

Nei sistemi a circolazione forzata il fluido termovettore circola mediante pompe di circolazione. In tal caso il bollitore può essere disposto a discrezione dell'utente, anche più in basso rispetto ai pannelli, per esempio nel locale caldaia.

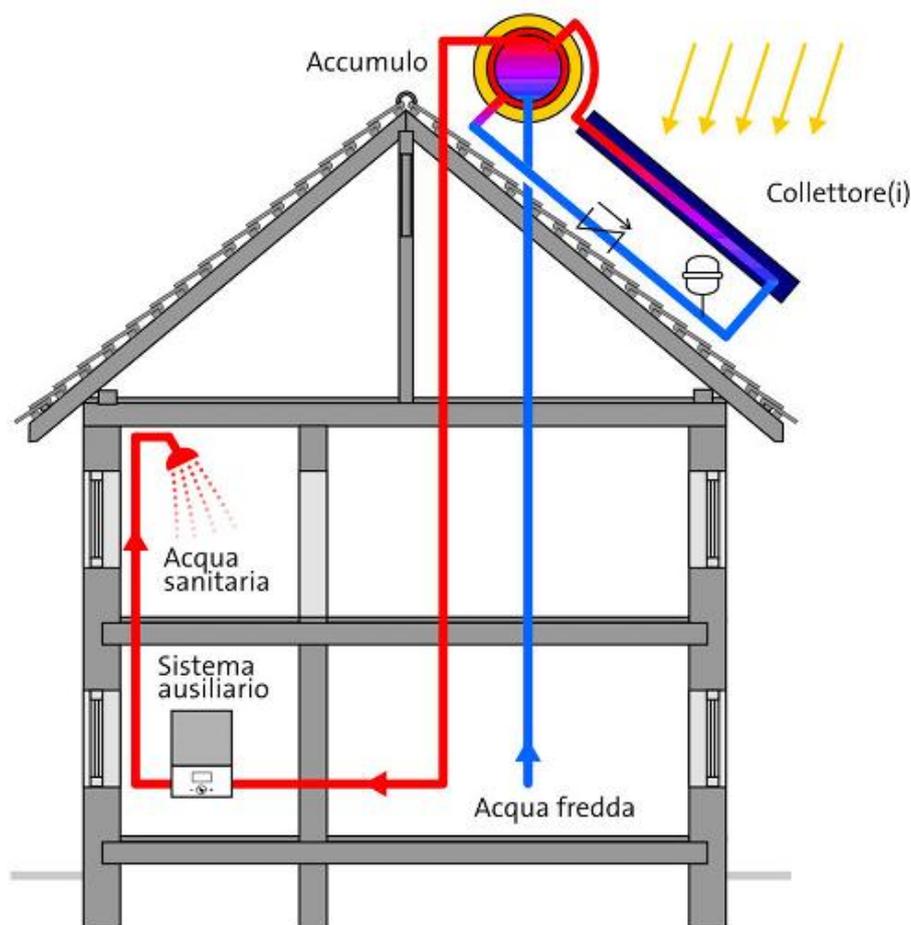


Fig. 15 – Schema di funzionamento di un impianto solare termico a circolazione naturale.

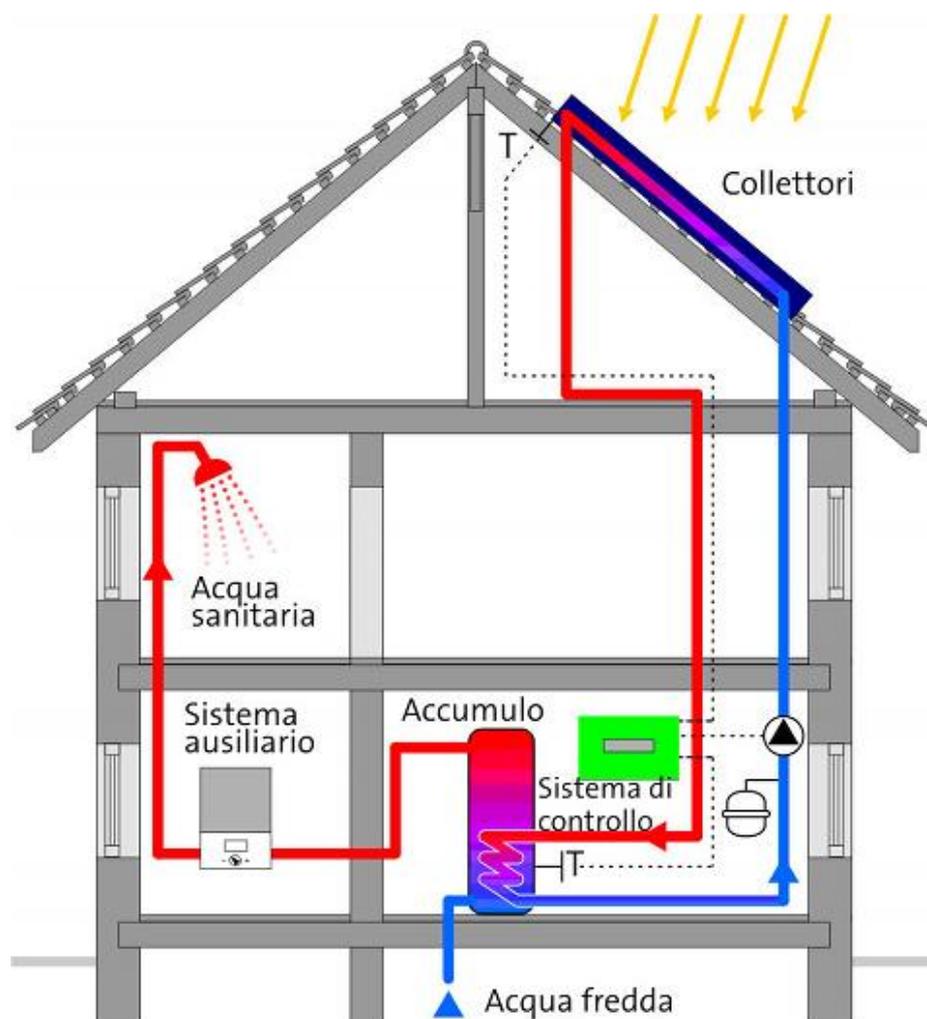


Fig. 16 – Schema di funzionamento di un impianto solare termico a circolazione forzata.

2.2.3 Impianti solari fotovoltaici

Un impianto fotovoltaico è in grado di convertire la radiazione solare, una fonte di energia pulita e rinnovabile, in energia elettrica grazie all'effetto fotovoltaico delle celle che lo costituiscono. I raggi solari incidenti colpiscono le giunzioni semiconduttrici che compongono il pannello e danno origine ad un flusso di elettroni che viene opportunamente convogliato per creare una corrente.

La corrente prodotta è continua e a bassissima tensione e deve essere trasformata in alternata con valori di frequenza e tensione pari a quelli di funzionamento della rete elettrica pubblica per essere compatibile con le utenze civili e industriali. Per questo motivo l'impianto deve essere dotato, a valle dei moduli fotovoltaici, di inverter (apparecchio elettronico che converte la corrente continua in alternata), di contatori bidirezionali, quadri elettrici e cavi di collegamento.

I principali vantaggi di questa tecnologia sono il risparmio di combustibili fossili e l'assenza di emissioni inquinanti durante la produzione di energia, e l'affidabilità di fonte e sistema (vita utile oltre i 20 anni con manutenzione ridotta grazie all'assenza di parti in movimento).

Le celle all'interno dei pannelli sono realizzate con uno strato sottile di materiali semiconduttori opportunamente trattati. In genere viene utilizzato il silicio, monocristallino o amorfo a film sottile, ma esistono anche celle composite, costituite da materiali diversi. Le celle in silicio monocristallino sono in

grado di sfruttare al meglio la radiazione solare diretta e garantiscono la maggiore potenza producibile a parità di superficie installata. Un impianto da 1 kW di potenza di picco (la potenza massima prodotta da un dispositivo fotovoltaico in condizioni standard di funzionamento, cioè irraggiamento pari a 1.000 W/m^2 e temperatura di 25°C) realizzato con questa tecnologia occupa una superficie di circa $7\text{-}8 \text{ m}^2$. I pannelli in silicio monocristallino in genere necessitano di una struttura metallica per essere fissati e, se possibile, orientati nella direzione ottimale.

Le celle in silicio amorfo sono maggiormente sensibili alla radiazione diffusa e producono energia anche in assenza di radiazione solare diretta. Possono inoltre essere applicate su supporti flessibili e sottili (solitamente realizzati in materiali polimerici), così da poter adattarsi bene alle coperture sia piane che curve (in particolare a quelle industriali spesso realizzate con lamiera o pannelli). Il silicio amorfo ha un costo minore rispetto al silicio monocristallino, ma anche una resa inferiore: un impianto da 1 kW in silicio amorfo a film sottile occupa una superficie di $20\text{-}25 \text{ m}^2$, circa tre volte superiore a quella occupata da un impianto in silicio monocristallino.

Il DM 05/05/11 ha introdotto la quarta versione del Conto Energia quale regolamento per la concessione di incentivi economici alla produzione di energia elettrica da impianti fotovoltaici. Al momento della messa in funzione dell'impianto e della richiesta al Gestore dei Servizi Elettrici della tariffa incentivante, si può scegliere se cedere l'energia prodotta in rete con il regime di "ritiro dedicato", con il quale tutta l'energia prodotta e non contemporaneamente auto-consumata viene immessa in rete e venduta, o di "scambio sul posto" in cui viene fatto un bilancio annuale in bolletta, in termini economici, tra energia consumata e prodotta. Mentre il regime di "ritiro dedicato" risulta in genere conveniente per impianti di notevoli dimensioni, in grado di produrre annualmente più energia di quella che l'utenza assorbe, lo scambio sul posto risulta invece più vantaggioso per utenze domestiche o industriali in cui l'impianto copra parzialmente o addirittura totalmente i consumi elettrici.



Fig.17 – Esempi di moduli fotovoltaici a film sottile. I moduli si applicano alla copertura per mezzo di materiali adesivi oppure vengono installati su profilati metallici.



Fig. 18 - Esempi di moduli in silicio monocristallino installati sulla copertura. In genere questa tipologia di moduli viene montata su strutture di metallo con un angolo di inclinazione ottimale.

Nel caso di regime di scambio sul posto l'impianto viene incentivato grazie a:

- una tariffa incentivante per ogni kWh di energia elettrica prodotta, che dipende dalla potenza dell'impianto, dalla sua tipologia e dalla data di messa in rete dello stesso, riconosciuta per i vent'anni successivi all'entrata in funzionamento dell'impianto;
- la mancata spesa per l'energia elettrica non prelevata dalla rete perché consumata contestualmente alla produzione dell'impianto; facendo riferimento al prezzo medio attuale dell'energia elettrica depurato dai costi fissi si può stimare un risparmio indicativo di 0,16 €/kWh;
- un rimborso da parte del Gestore dei Servizi Elettrici per la quota dell'energia elettrica prodotta dall'impianto ed immessa in rete (viene riconosciuto un premio da sottrarre alla bolletta in base alla quantità e al valore dell'energia prodotta).

Per i Comuni al di sotto dei 20.000 abitanti è inoltre previsto dal Quarto conto energia un ulteriore regime denominato di "Scambio altrove". Esso presenta le stesse condizioni dello "Scambio sul posto" ma in aggiunta permetterebbe di consumare l'energia prodotta da un impianto fotovoltaico comunale su una qualsiasi utenza riconducibile al Comune. Tale regime risulta quindi particolarmente vantaggioso per l'amministrazione comunale.

3 Edifici pubblici: diagnosi energetica e proposte d'intervento

Parte integrante del Piano Energetico Comunale è stata la diagnosi di quattro edifici di proprietà pubblica, scelti in base alle loro dimensioni, ai consumi e all'importanza strategica. Ognuno di essi è stato oggetto di un'approfondita diagnosi energetica (audit energetico). È stato calcolato l'indice di prestazione energetica, tarato sui consumi reali ricavati dalle bollette degli ultimi anni, e sono state individuate le criticità presenti sia a livello costruttivo che di gestione degli impianti.

Sono stati quindi simulati i miglioramenti ottenibili attraverso gli interventi possibili e per quelli ritenuti più interessanti è stato realizzato uno studio di fattibilità tecnico-economica con la stima del tempo di rientro dell'investimento necessario.

È stato infine elaborato l'attestato di certificazione energetica contenente la classificazione degli edifici secondo le Linee Guida Nazionali attualmente in vigore in materia di certificazione energetica degli edifici esistenti.

3.1 L'indice di prestazione energetica

Il consumo energetico per la climatizzazione invernale di un edificio viene espresso tramite l'Epi, indice di prestazione energetica, che si esprime in kWh/m² o kWh/m³ a seconda che la destinazione d'uso sia residenziale o industriale. L'Epi tiene conto delle dispersioni termiche attraverso le superfici opache (pareti, soffitti, pavimenti) e trasparenti (vetrate) e dell'efficienza dell'impianto di riscaldamento. Viene calcolato dividendo il fabbisogno di energia primaria necessaria per il riscaldamento invernale e la produzione di acqua calda sanitaria (espresso in kWh) per la superficie o il volume utile riscaldato.

Pareti e solai particolarmente disperdenti (realizzati in pietra o cemento) privi di uno strato di isolamento, così come sistemi di produzione del calore obsoleti, determinano elevati valori di Epi. Al contrario edifici bene isolati associati ad impianti termici efficienti raggiungono bassi valori di Epi, che possono annullarsi nel caso degli edifici cosiddetti "passivi".

3.2 Schema dei flussi energetici di un edificio

Le perdite di energia in un edificio sono classificabili in perdite per trasmissione e per ventilazione.

Le perdite per trasmissione avvengono attraverso le superfici opache e finestrate dell'edificio quali murature perimetrali verso l'esterno, murature e solai verso altri ambienti interni non riscaldati (tipicamente garage, cantine, sottotetti non abitabili, vani scale), finestre, coperture.

Le perdite per ventilazione sono invece dovute al ricambio dell'aria che si determina naturalmente a causa della permeabilità degli elementi costruttivi e in particolare dei serramenti.

Alle componenti di perdita vanno sottratti gli apporti energetici denominati "gratuiti", distinti in apporti solari, particolarmente significativi sugli elementi finestrati esposti verso Sud, e apporti interni, dovuti alla presenza di persone e apparecchiature elettriche che contribuiscono al riscaldamento degli ambienti.

Il bilancio fra energie disperse e apporti gratuiti determina il fabbisogno per il riscaldamento degli edifici, che deve essere fornito dall'impianto di riscaldamento. L'energia primaria necessaria si ottiene dividendo il fabbisogno energetico per il riscaldamento per il rendimento medio stagionale dell'impianto.

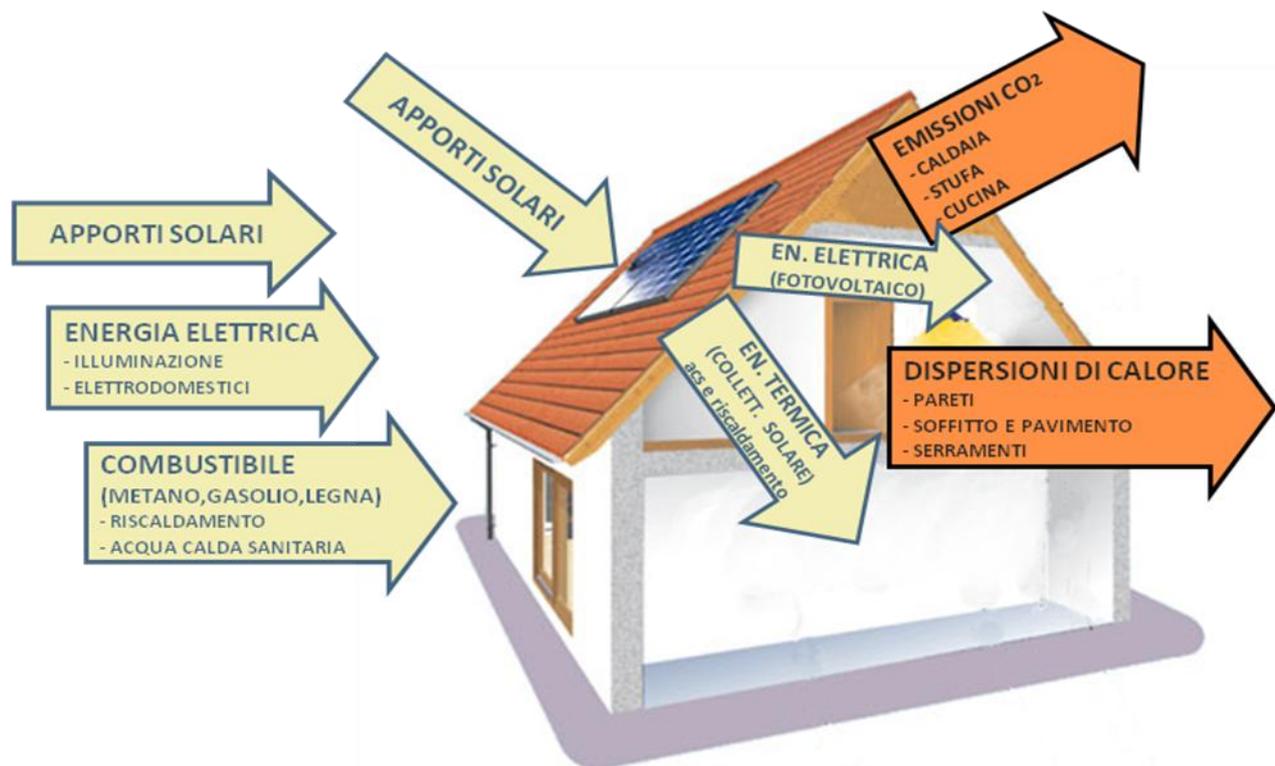


Fig. 19 - Schema grafico dei flussi energetici in un edificio.

3.3 Gli edifici analizzati

I dati necessari per l'elaborazione delle diagnosi e la certificazione energetica degli edifici sono stati raccolti durante i sopralluoghi effettuati. Per le modellazioni sono stati utilizzati prospetti e piante forniti dal Comune, integrati con le tipologie costruttive e impiantistiche dei singoli edifici verificate sul posto, in particolare:

- materiali impiegati per la costruzione (cemento, laterizio, ecc.)
- spessori delle pareti e dei solai principali
- tipologia di finestre (singolo o doppio vetro, materiale del telaio)
- presenza di locali non riscaldati confinanti
- ombreggiamenti
- caratteristiche dell'impianto di riscaldamento, quali: modello, potenza e rendimenti della caldaia, combustibile utilizzato, tipologia di terminali per l'erogazione del calore (radiatori, pannelli radianti, ecc.), tipologia di regolazione della temperatura (termostato on/off, termostati a zona, ecc.)
- presenza di pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria e di pannelli fotovoltaici.

Lo scopo della raccolta dati è quello di modellare il più fedelmente possibile le caratteristiche edilizie e impiantistiche degli immobili. In seguito i dati rilevati sono stati inseriti nel software di modellazione termotecnica Edilclima, conforme alle più recenti normative tecniche, che ha permesso di calcolare il fabbisogno di energia primaria e l'indice di prestazione energetica (EPI) degli edifici.

I modelli creati sono stati poi tarati in base ai dati reali di consumo ricavati dalle bollette energetiche degli ultimi 3 anni.

Questi gli edifici analizzati:

- scuola dell'infanzia di Civezzano
- scuola primaria di Civezzano
- complesso "Oxford" di Civezzano
- palestra comunale di Civezzano

Per ciascun edificio è stata predisposta una relazione esauriente dei dati raccolti e degli interventi proposti. In questo capitolo verranno pertanto presentati solamente i risultati ottenuti in forma sintetica per ciascun edificio e globalmente.

Un primo riscontro sullo stato degli edifici si può avere confrontando i consumi di energia primaria, in kWh/anno, ottenuti dalla diagnosi energetica di ciascun edificio nelle condizioni attuali (figura 20 e 21). Tali consumi vengono espressi in kWh, così da permettere un confronto diretto anche tra edifici che utilizzano combustibili differenti.

Come si può notare l'edificio con i consumi maggiori è il complesso denominato "Oxford" (che presenta anche il volume maggiore), seguito dalla palestra, dalla scuola elementare e dall'asilo.

Più significativo, essendo indipendente dal volume dell'edificio, può essere il confronto tra gli indici di prestazione energetica per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda (ovvero tra i consumi specifici), espressi in kWh/m³anno. Questi valori, a differenza di quelli relativi ai consumi reali, forniscono un riscontro immediato dell'efficienza dell'edificio, indipendentemente dal regime di utilizzo. Il confronto tra i consumi specifici reali non sarebbe altrettanto efficace, dal momento che alcuni edifici hanno consumi bassissimi per il semplice fatto che non vengono utilizzati se non sporadicamente.

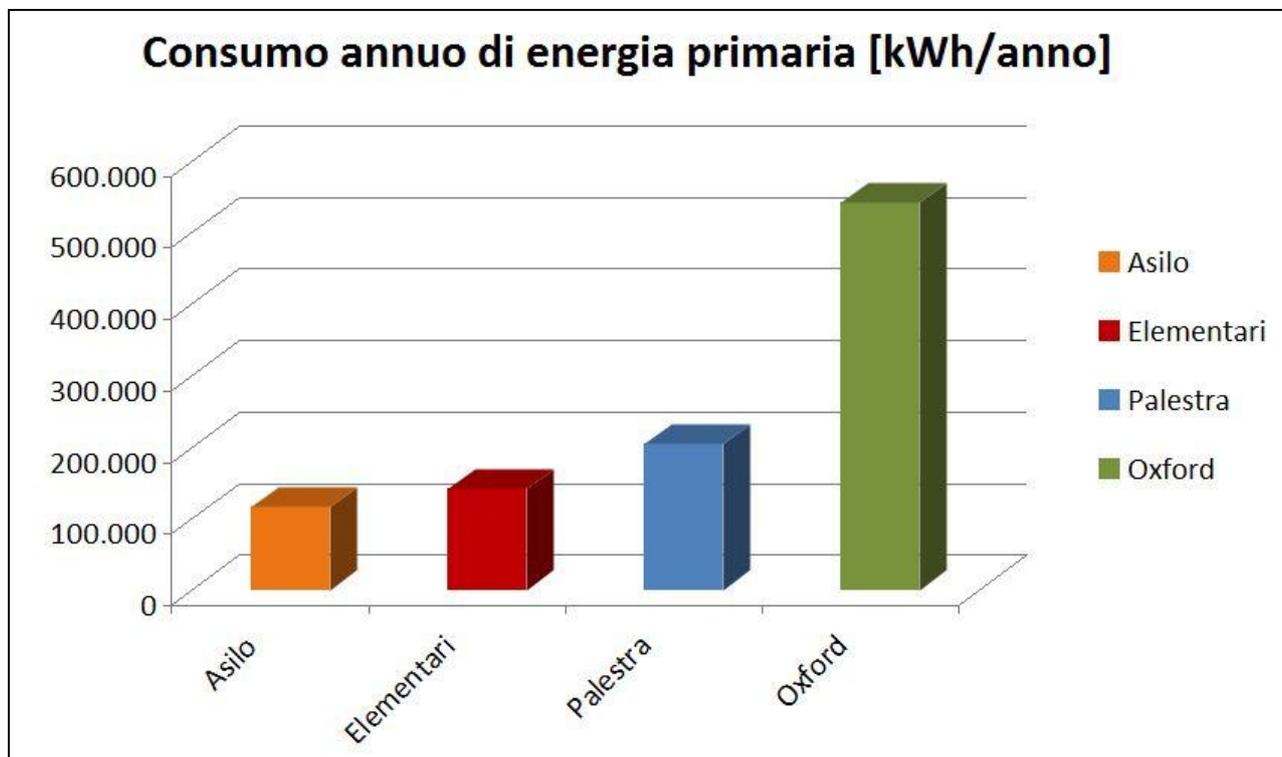


Fig. 20 – Consumi ottenuti per ciascun edificio in regime di diagnosi.

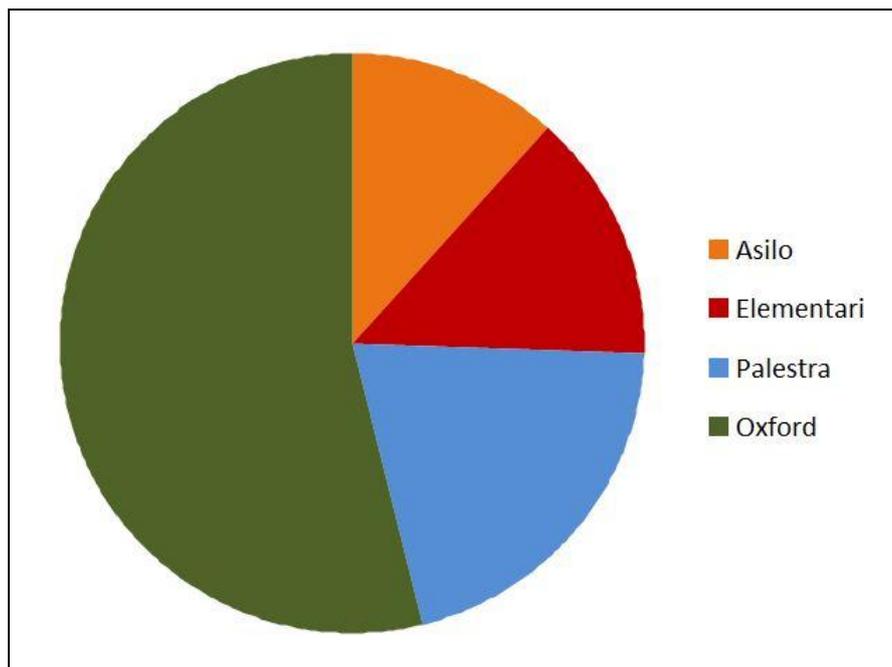


Fig. 21 – Confronto tra i consumi ottenuti per ciascun edificio in regime di diagnosi.

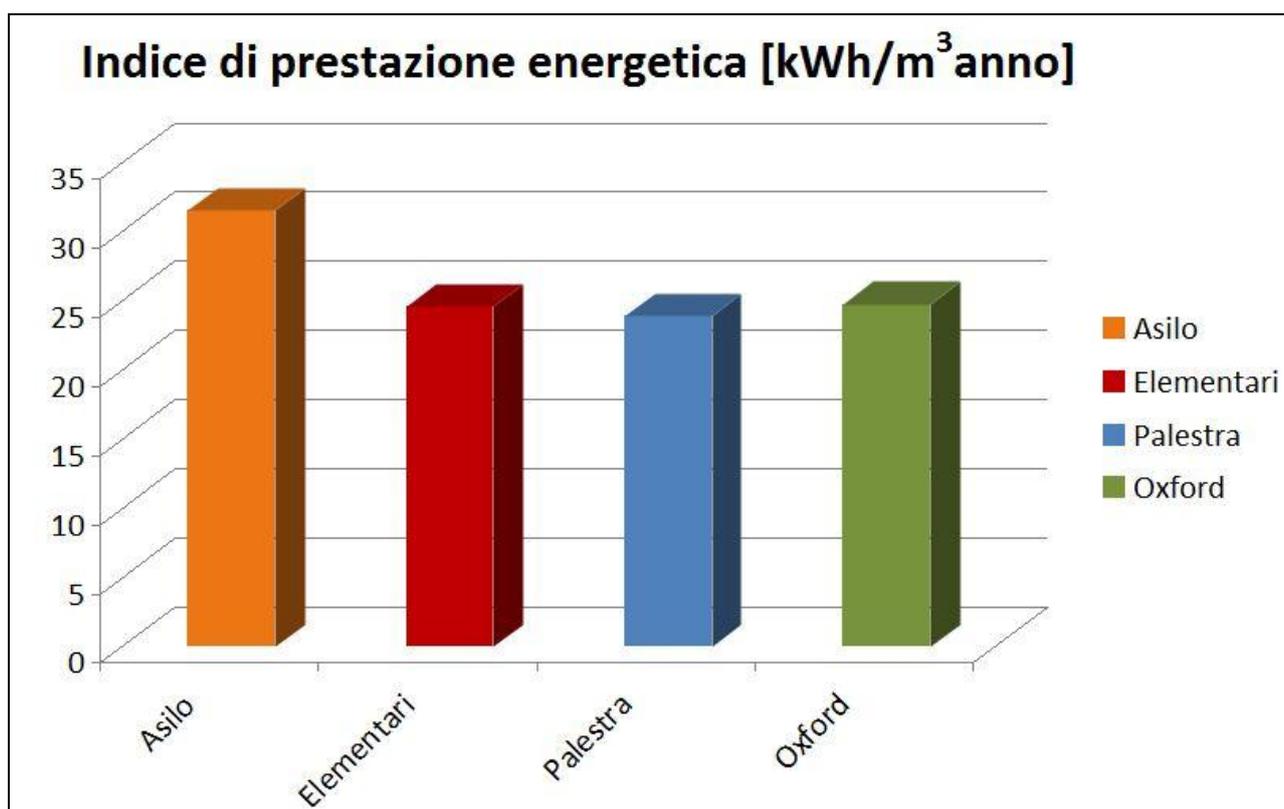


Fig. 22 – Confronto tra gli indici di prestazione di ciascun edificio, espressi in kWh/m³ anno.

Grazie a questo confronto balza subito all'occhio come gli edifici abbiano indici di prestazione energetica abbastanza simili, contrariamente a quanto accade per il consumo annuo di energia primaria.

3.4 Scuola dell'infanzia di Civezzano



Fig. 23 - Vista da sud della scuola dell'infanzia di Civezzano.

INVOLUCRO EDILIZIO:

Superficie utile: 746 m²
Volume lordo riscaldato: 3.692 m³
Superficie disperdente: 1.766 m²

IMPIANTO RISCALAMENTO:

Combustibile: metano
Potenza generatori: 55,0 kW + 43,6 kW
Terminali erogazione calore: radiatori + ventilconvettori + pannelli a pavimento

IMPIANTO ACS:

Tipologia: stessi generatori utilizzati per il riscaldamento
Combustibile: metano

L'edificio è situato a Civezzano, in Via Telvana 4. La costruzione dell'edificio risale presumibilmente all'epoca austro-ungarica; nel corso degli anni sono stati eseguiti vari interventi di manutenzione e ristrutturazione, ultimo dei quali l'adeguamento alle norme antincendio eseguito nell'anno 2006. In concomitanza con tale adeguamento, sono stati eseguiti i lavori di ristrutturazione della parte ovest e della parte sud-est dell'edificio costituiti, per quanto riguarda il primo piano, dal rifacimento del solaio, dalla sostituzione dei serramenti e dal rifacimento delle pareti perimetrali, coibentate con un sistema di isolamento "a cappotto".

Queste le principali caratteristiche costruttive:

- pareti perimetrali in pietra non coibentate, ad esclusione delle parti oggetto della recente ristrutturazione che sono costituite da muratura in laterizio alveolato ed isolamento termico "a cappotto" con pannelli di sughero di spessore totale pari a 8 cm;
- solai in laterocemento, in cui trova sede in quasi tutti gli ambienti un impianto di riscaldamento a pannelli radianti a pavimento;
- solaio di copertura in laterocemento, che delimita gli ambienti riscaldati che confinano con il sottotetto non abitabile. In questo caso, al di sopra del solaio sono stati disposti, a vista, dei pannelli di sughero di spessore totale pari a 8 cm, per ridurre le dispersioni di calore verso queste zone non riscaldate. Per quanto riguarda il solaio che confina con il deposito non riscaldato presente al piano secondo, lo strato di isolante utilizzato è di 4 cm, dal momento che in questo caso il deposito risulta calpestabile e che quindi il pavimento è stato completato utilizzando uno strato di finitura in laminato;
- copertura a falde coibentata, posata nel corso della ristrutturazione eseguita nell'anno 2006. Tale copertura risulta coibentata per mezzo di pannelli di sughero di spessore totale pari a 10 cm e presenta una adeguata ventilazione. Nel corso della ristrutturazione è stata coibentata anche la parte di copertura presente nel deposito non riscaldato presente al piano secondo, utilizzando di un pannello in sughero dello spessore di 4 cm ;
- copertura a falde non coibentata, presente nel sottotetto non abitabile;
- serramenti costituiti da telaio in PVC e vetri doppi non basso emissivi. L'unica eccezione è rappresentata dai serramenti installati nel corso della recente ristrutturazione, che sono costituiti da telaio in PVC e vetri doppi con rivestimento basso emissivo.

La struttura è dotata di un impianto termico per la climatizzazione invernale posto all'interno della centrale termica situata al piano terra. In particolare, sono presenti due caldaie a basamento di tipo tradizionale alimentate a metano con funzionamento in cascata, con potenza nominale rispettivamente pari a 55,0 kW e 43,6 kW. All'esterno dell'edificio è installata una sonda climatica, che permette la regolazione della temperatura di mandata dell'impianto in funzione della temperatura esterna.

Per quanto riguarda i terminali di erogazione del calore presenti, essi sono costituiti in prevalenza da pannelli radianti a pavimento; sono tuttavia presenti ventilconvettori in alcuni locali (ad es. nella cucina, nel locale insegnanti, nella lavanderia e nel vano scala), mentre in alcuni bagni sono installati radiatori a colonne. Il controllo della temperatura è effettuato per mezzo di termostati ambiente installati in quasi tutti i locali, mentre la regolazione eseguita sui fancoils permette di regolare sia la velocità del ventilatore che la temperatura ambiente.

La diagnosi ha permesso di individuare alcuni interventi di notevole interesse, di seguito riportati in ordine di priorità:

- coibentazione delle pareti opache verticali che confinano con l'esterno mediante l'applicazione di uno strato di isolamento "a cappotto";
- sostituzione dei generatori di calore esistenti con nuove caldaie modulanti ad alto rendimento a condensazione;
- installazione, in copertura, di pannelli solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria.

Nella tabella seguente viene riportata, per ogni intervento proposto, la variazione dei consumi di combustibile, la bolletta energetica annua, la spesa per realizzarlo, il relativo risparmio ed il tempo di ritorno dell'investimento. Nell'ultima riga è riportato il caso di realizzazione contemporanea di tutti gli interventi proposti.

Intervento	Consumo di combustibile annuo	Bolletta energetica annua (risc. + a.c.s.)	Risparmio stimato in bolletta		Stima del costo intervento	Tempo di ritorno
Stato attuale	11438 Nm ³	€ 8.362	-	-	-	-
Sostituzione delle caldaie con una nuova a condensazione	10151 Nm ³	€ 7.437	€ 925	11%	€ 11.880	12,8
Realizzazione di isolamento a cappotto alle pareti esterne	5489 Nm ³	€ 4.016	€ 4.346	52%	€ 54.880	12,6
Installazione impianto solare termico per produzione acs	10923 Nm ³	€ 7.985	€ 377	4,5%	€ 7.000	18,5
Somma degli interventi	4110 Nm³	€ 3.022	€ 5.340	64%	€ 70.760	13,3

Fig. 24 - Riduzione dei consumi, risparmi in bolletta e tempi di ritorno per ciascun intervento.

3.5 Scuola primaria “Gian Battista Borsieri” di Civezzano



Fig. 25 - Vista da sud della scuola elementare “Gian Battista Borsieri”.

INVOLUCRO EDILIZIO:

Superficie utile: 1.208 m²
Volume lordo riscaldato: 5.766 m³
Superficie disperdente: 1.830 m²

IMPIANTO RISCALAMENTO:

Combustibile: gasolio
Potenza generatore: 358,0 kW
Terminali erogazione calore: radiatori

IMPIANTO ACS:

Tipologia: 2 boiler elettrici
Combustibile: energia elettrica

L'edificio soggetto ad analisi è situato in via Telvana, 6 nell'abitato di Civezzano. La costruzione dell'edificio risale presumibilmente all'epoca austro-ungarica; sono successivamente stati apportati degli ammodernamenti, ultimo dei quali l'ampliamento del sottotetto con il rifacimento della copertura.

L'edificio presenta le seguenti caratteristiche costruttive:

- pareti perimetrali in pietra, con funzione portante;
- solai in laterocemento;
- copertura realizzata agli inizi degli anni '90, in seguito alla ristrutturazione del sottotetto. E' presente in particolare uno strato di materiale isolante di spessore pari a 5 cm;
- serramenti installati in concomitanza dell'intervento di ristrutturazione del sottotetto, e costituiti da telaio in alluminio con taglio termico e vetri doppi (tripli in alcuni casi) con rivestimento basso emissivo.

La centrale termica a servizio della scuola è dotata di una caldaia alimentata a gasolio installata nel 1992 e avente potenza massima al focolare pari a 358 kW. Nella stessa centrale termica sono installate le pompe dell'unico circuito di distribuzione, collegato direttamente alla caldaia, senza né accumulo né collettori né separatore idraulico. La temperatura di mandata dell'acqua è controllata e regolata in base alle condizioni dell'ambiente esterno tramite una centralina con sonda climatica che agisce su di una valvola a tre vie situata in caldaia.

Il riscaldamento degli ambienti è affidato a radiatori a piastre, nella maggior parte dei casi installati sulle pareti interne e privi di regolazione termostatica; il controllo della temperatura negli ambienti è affidato ad una singola sonda installata in un locale di servizio al primo piano.

Infine, l'acqua calda ad uso sanitario viene prodotta mediante due boiler elettrici installati orizzontalmente a parete, con potenza assorbita di 1200 Watt ciascuno e di capacità pari a 120 l ciascuno. Entrambi sono installati in locali situati al piano seminterrato.

Intervento	Combustibile	Consumo di combustibile annuo	Bolletta energetica annua (risc. + a.c.s.)	Risparmio stimato in bolletta		Stima del costo intervento	Tempo di ritorno
Stato attuale	gasolio	11560 kg	€ 14.606	-	-	-	-
Realizzazione di isolamento a cappotto alle pareti esterne	gasolio	4706 kg	€ 6.099	€ 8.507	58%	€ 93.040	10,9
Sostituzione caldaia + installazione valvole termostatiche	metano	9245 Nm ³	€ 6.826	€ 7.780	53%	€ 22.069	2,8
Sostituzione degli scaldacqua	elettricità	356 kWh	€ 14.393	€ 213	1,5%	€ 2.000	9,4
Somma degli interventi	metano	3551 Nm³	€ 2.551	€ 12.055	83%	€ 111.109	9,2

Fig. 26 - Riduzione dei consumi, risparmi in bolletta e tempi di ritorno per ciascun intervento.

La diagnosi ha permesso di individuare alcuni interventi di notevole interesse, di seguito riportati in ordine di priorità:

- posa di uno strato di isolante "a cappotto" sulle pareti perimetrali dell'edificio;
- sostituzione del generatore di calore con una nuova caldaia a condensazione dotata di bruciatore modulante a metano, contestualmente all'installazione di valvole termostatiche su ogni singolo corpo radiante;
- installazione di boiler a pompa di calore per la produzione di acqua calda sanitaria;

- installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura (per un'analisi dettagliata di questo intervento si rimanda alla relazione allegata).

Nella tabella soprastante viene riportata, per ogni intervento proposto, la variazione dei consumi, la spesa per realizzarlo, il relativo risparmio ed il tempo di ritorno dell'investimento. Nell'ultima colonna è riportato il caso di realizzazione contemporanea di tutti gli interventi proposti.

3.6 Complesso "Oxford"



Fig. 27 - Prospetto sud-est del complesso "Oxford".

INVOLUCRO EDILIZIO:

Superficie utile: 5.332 m²
Volume lordo riscaldato: 21.921 m³
Superficie disperdente: 7.388 m²

IMPIANTO RISCALAMENTO:

Combustibile: metano
Potenza generatore: 300,0 kW
Terminali erogazione calore: Radiatori + ventilconvettori

IMPIANTO ACS:

Tipologia: stessi generatori utilizzati per il riscaldamento + boiler elettrici
Combustibile: metano + energia elettrica

La struttura è situata in via Murialdo, 30 nell'abitato di Civezzano. Al suo interno trovano posto le scuole medie, l'istituto secondario "Ivo De Carneri" con il relativo collegio, l'asilo nido, la palestra ed un teatro. L'edificio presenta una forma ad "L", costituita da due ali aventi un piano seminterrato e quattro piani fuori terra; il corpo che ospita il teatro presenta invece alcuni locali interrati. Infine, il locale adibito a palestra per l'asilo nido è al momento in fase di ristrutturazione.

La costruzione dell'edificio risale ai primi anni '60: le murature perimetrali sono realizzate con tamponatura in laterizio e telaio in calcestruzzo armato e sono state termicamente isolate nel corso di un secondo intervento di riqualificazione energetica realizzato dalla Provincia; i solai sono in laterocemento così come la copertura, quest'ultima rivestita da una guaina bituminosa. Il piano terra che dà sul piazzale presenta invece mattoni e piastre in porfido a vista. I serramenti esterni risultano essere di due tipologie: alcuni sono costituiti da telaio in legno e doppia finestra a vetro singolo, altri hanno telaio metallico e vetro singolo. In entrambi i casi lo stato di conservazione, quello di isolamento termico e quello di tenuta all'aria risultano molto scadenti a causa dell'evidente obsolescenza degli infissi.

La centrale termica a servizio del complesso è dotata di due caldaie, una delle quali viene fatta funzionare di rado e tenuta di riserva alla prima. Questa, installata nel 2003 e del tipo a condensazione, ha una potenza al focolare che varia da 250 a 309 kW ed una potenza utile da 243 a 300 kW. Nella stessa centrale termica è presente il circuito di distribuzione dell'acqua calda sanitaria, collegato alla caldaia mediante un accumulo di capacità pari a 2.000 l. Per quanto riguarda i circuiti di distribuzione, essi sono 4 (suddivisi in ala nord, sud, est e ovest) e servono l'intero complesso; ad essi si aggiungono il circuito a servizio della palestrina e quello per il teatro. La temperatura di mandata dell'acqua è regolata in base alle condizioni dell'ambiente esterno per mezzo di una sonda climatica che agisce su di una elettrovalvola a tre vie.

Il riscaldamento degli ambienti è affidato a radiatori a piastre, privi di regolazione termostatica, nella maggior parte dei locali; vi sono poi alcuni ventilconvettori nel teatro e, sempre nello stesso locale, un'unità per il trattamento dell'aria. Il controllo della temperatura negli ambienti è affidato a quattro sonde installate in quattro locali campione, uno per ciascuna ala dell'edificio.

Come accennato in precedenza, l'acqua calda ad uso sanitario viene prodotta in parte dalla medesima caldaia utilizzata per il riscaldamento dei locali e in parte (in particolare per la zona attinente alla scuola elementare) da boiler elettrici di potenza pari a 1,5 kW ciascuno, installati a parete.

La diagnosi ha permesso di individuare alcuni interventi di notevole interesse, di seguito riportati in ordine di priorità:

- Sostituzione dei serramenti attuali con nuovi a doppio vetro, termo camera interna, rivestimento basso-emissivo e telaio in PVC; meglio se dotati di una chiave per l'apertura delle ante, in modo da rendere prioritaria la modulazione della temperatura con le valvole termostatiche ed in un secondo momento per mezzo dell'apertura delle finestre;
- Installazione di valvole termostatiche a tutti i corpi scaldanti, sostituzione delle pompe di distribuzione con nuove a giri variabili e a basso consumo energetico;
- Isolamento del solaio verso sottotetto, della copertura del teatro e della palestrina mediante posa di isolante termico;
- Isolamento del pavimento del piano rialzato (in corrispondenza di asilo nido e mensa scolastica) disperdente verso il deposito non riscaldato a piano terra, mediante strato di isolante termico applicato inferiormente;

- installazione di un impianto solare termico per la produzione di acqua calda sanitaria, installato sulla falda di copertura ed integrato alla caldaia per mezzo di un nuovo accumulo da 3.500 litri di capacità.

Nella tabella seguente viene riportata, per ogni intervento proposto, la variazione dei consumi, la spesa per realizzarlo, il relativo risparmio ed il tempo di ritorno dell'investimento. Nell'ultima colonna è riportato il caso di realizzazione contemporanea di tutti gli interventi proposti.

Intervento	Consumo di combustibile annuo	Bolletta energetica annua (risc. + a.c.s.)	Risparmio stimato in bolletta		Stima del costo intervento	Tempo di ritorno
Stato attuale	54535 Nm ³	€ 39.032	-	-	-	-
Sostituzione dei serramenti esterni	44244 Nm ³	€ 31.661	€ 7.371	19%	€ 244.250	33,1
Installazione valvole termostatiche ai singoli radiatori e sostituzione pompe di distribuzione	51176 Nm ³	€ 36.633	€ 2.399	6%	€ 9.900	4,1
Coibentazione del solaio sottotetto e risanamento della copertura di teatro e palestra	47600 Nm ³	€ 34.060	€ 4.973	13%	€ 79.800	16,0
Coibentazione del pavimento del piano rialzato verso il deposito non riscaldato a piano terra	50965 Nm ³	€ 36.476	€ 2.556	7%	€ 36.250	14,2
Installazione sulla falda di copertura di pannelli solari termici per la produzione di acs ed accumulo	52842 Nm ³	€ 37.817	€ 1.215	3,1%	€ 24.000	19,8
Somma degli interventi	31196 Nm³	€ 22.326	€ 16.706	43%	€ 394.200	23,6

Fig. 28 - Riduzione dei consumi, risparmi in bolletta e tempi di ritorno per ciascun intervento.

3.7 Palestra comunale di Civezzano



Fig. 29 - Prospetto sud-est della palestra comunale di Civezzano.

INVOLUCRO EDILIZIO:

Superficie utile: 1.291 m²
Volume lordo riscaldato: 8.594 m³
Superficie disperdente: 3.268 m²

IMPIANTO RISCALAMENTO:

Combustibile: metano
Potenza generatore: 175,0 kW + 175,0 kW
Terminali erogazione calore: pannelli radianti + radiatori + bocchette d'aria calda

IMPIANTO ACS:

Tipologia: stessi generatori utilizzati per il riscaldamento
Combustibile: metano

L'edificio soggetto ad analisi è la palestra comunale, situata in via Murialdo nelle vicinanze del complesso denominato "Oxford". La struttura odierna è il risultato di un'imponente opera di ristrutturazione e ampliamento (avvenuti nei primi anni '90) dell'ex magazzino-deposito della Protezione Civile, costruito negli anni '70. I lavori di ammodernamento hanno interessato maggiormente il lato sud dell'edificio dove sono stati realizzati la zona spogliatoi, i locali di servizio della palestra e le tribune per il pubblico.

A livello strutturale, il corpo del campo da gioco conserva l'impostazione data in origine negli anni '70, con la struttura portante formata da pilastri in calcestruzzo armato prefabbricati, inseriti nei plinti di fondazione, travi di bordo anch'esse in calcestruzzo armato, mentre la copertura è realizzata con "tegoli a doppia T" in calcestruzzo e sovrastante manto di copertura con guaina di bitume. I tamponamenti verticali sono costituiti da pannelli prefabbricati di calcestruzzo, ad asse verticale, formati da due lastre, collegate da cordoli perimetrali e setti trasversali con coibentazione termica in polistirolo espanso. La zona a sud, rifatta agli inizi degli anni '90 per far posto agli spogliatoi e alle tribune, presenta due torrette ai vertici del lato ed è costituita dai pannelli prefabbricati recuperati dalla facciata pre-esistente, mentre la tamponatura centrale è stata eseguita in laterizio con strato di isolante termico. La copertura della zona tribune è sostenuta da una struttura portante costituita da pilastri e travi in acciaio ed è formata da 4 falde di diverse dimensioni e orientamento inclinate di 45°, con elementi opachi (pannelli tipo sandwich in alluminio e materiale isolante) e da vetrate in parte riflettenti e in parte trasparenti. Sulla falda più ampia rivolta a sud, che assieme alle due torri forma la facciata principale d'accesso alla palestra, sono inseriti nella parte inferiore della vetrata anche dei pannelli solari, per una superficie totale di circa 60 m². Il solaio del piano terra è stato realizzato su di un'intercapedine d'aria e presenta uno strato di materiale isolante al di sotto della caldana in cui sono inseriti i pannelli radianti a servizio del campo da gioco. I serramenti (finestre a piano terra ed elementi vetrati inclinati in corrispondenza del lato sud e della copertura delle tribune) sono costituiti da vetri doppi con intercapedine di aria e telaio in alluminio verniciato, con taglio termico. Gli elementi vetrati inclinati, costituenti la facciata a sud e la copertura della tribuna, presentano inoltre trattamento basso emissivo. Sulla copertura sono stati installati 5 lucernari rettangolari delle dimensioni di 1 x 15 m ciascuno, in parte apribili, collocati negli spazi lasciati liberi tra gli elementi prefabbricati, e sono realizzati con lastre di policarbonato che consentono una buona illuminazione della palestra. In generale i serramenti presentano un buono stato di conservazione e garantiscono un buon livello di isolamento termico.

La centrale termica che serve l'intero fabbricato è posta all'esterno della struttura, in apposito locale ricavato a sud-est dell'edificio, sotto il piazzale del complesso attiguo. Essa è dotata di due caldaie installate nel 1993 ed alimentate a metano di potenza nominale pari a 175 kW ciascuna. Nella stessa centrale termica è presente il collettore con le pompe dei circuiti di distribuzione, collegato alle caldaie per mezzo di un accumulo di capacità pari a 5000 l e dotato di tre scambiatori di calore esterni. È inoltre presente un impianto di pannelli solari termici piani di superficie complessiva pari a circa 60 m², installato sulla falda dell'edificio posta a sud. La temperatura di mandata dell'impianto è regolata in base alle condizioni dell'ambiente esterno tramite una centralina con sonda climatica che agisce direttamente su di una elettrovalvola a tre vie.

Il riscaldamento degli ambienti è affidato a pannelli radianti a pavimento (per il campo da gioco), a radiatori a piastre (per gli spogliatoi) e a bocchette di immissione di aria collegate ai ventilatori (per le tribune); il controllo della temperatura in tali ambienti è affidato ad un'unica sonda posta nel campo da gioco ad un'altezza di circa 1,5 m.

L'acqua calda ad uso sanitario viene infine prodotta mediante le stesse caldaie che garantiscono il riscaldamento dei locali; in comune con il circuito del riscaldamento vi è un accumulo della capacità di 5000 l dotato di tre scambiatori di calore a piastre (uno per l'impianto solare, uno per il riscaldamento, uno per l'a.c.s.).

La diagnosi ha permesso di individuare alcuni interventi di notevole interesse, di seguito riportati in ordine di priorità:

- Sostituzione dei generatori di calore con nuove caldaie ad alto rendimento a condensazione dotate di bruciatori modulanti con sonda climatica esterna e cambio della configurazione impiantistica per quanto riguarda la tubazione di ricircolo dell'a.c.s.;
- Installazione di un impianto fotovoltaico sulla copertura, mediante pannelli appoggiati su cavalletti, inclinati a sud e disposti tra i vari lucernari (per un'analisi dettagliata di questo intervento si rimanda alla relazione allegata).

In figura 30 viene analizzata la variazione dei consumi separatamente per ogni intervento, la spesa per realizzarlo, il relativo risparmio ed il tempo di ritorno dell'investimento; in ultima analisi è visibile la situazione nel caso in cui tutti gli interventi proposti vengano effettuati.

Intervento	Consumo di combustibile annuo	Bolletta energetica annua (risc. + a.c.s.)	Risparmio stimato in bolletta	Stima del costo intervento	Tempo di ritorno	
Stato attuale	20310 Nm ³	€ 14.769	-	-	-	
Sostituzione delle due caldaie + miglioramento della tubazione di ricircolo	17578 Nm ³	€ 12.820	€ 1.949	13%	€ 22.001	11,3
Somma degli interventi	17578 Nm³	€ 12.820	€ 1.949	13%	€ 22.001	11,3

Fig. 30 - Riduzione dei consumi, risparmi in bolletta e tempi di ritorno per ciascun intervento.

Infine, come riportato nella relazione in allegato, si consiglia nel caso in esame di valutare anche la possibilità di effettuare i seguenti interventi migliorativi:

- Applicazione, alla vetrata inclinata posta a sud, di una membrana schermante in grado di diminuire l'irraggiamento entrante in corrispondenza delle tribune; tale intervento non può essere valutato in termini di rientro economico, dato che non viene effettuato il raffrescamento dei locali ma solo in termini di comfort percepito, poiché il carico termico entrante nei mesi estivi è notevole;
- Sostituzione dei torrini attuali in grado di garantire il ricambio d'aria ed il riscaldamento, con nuovi aventi un'unità frigo esterna in grado di effettuare quindi anche il raffrescamento dell'aria nei mesi estivi; in alternativa dotare gli attuali di circuito frigorifero, qualora fattibile;
- In concomitanza dell'ordinaria sostituzione delle lampade installate al di sopra del campo da gioco (molto probabilmente a scarica ai vapori mercurio), si raccomanda l'impiego di lampade agli ioduri metallici le quali, di norma, presentano potenze assorbite minori a fronte di migliori performance illuminotecniche (maggiore resa cromatica, maggior durata, assenza di metalli pesanti inquinanti in fase di smaltimento).

3.8 Proposta di realizzazione di un'unica centrale termica a servizio della scuola primaria e dell'infanzia

Ad integrazione delle diagnosi energetiche dei singoli edifici, si propone la realizzazione di un'unica centrale termica a servizio della scuola elementare e dell'infanzia. L'intervento è giustificato dai seguenti motivi:

- presenza di un generatore di calore a basamento in evidente stato di obsolescenza (anno 1992) presso la scuola elementare;
- utilizzo di gasolio come combustibile della caldaia a servizio della scuola elementare, pur essendo già presente presso l'edificio la rete del metano;
- utilizzo di generatori di calore a basamento del tipo tradizionale e quindi non ad alto rendimento a condensazione sia presso la scuola elementare che presso la scuola dell'infanzia.

Accanto a queste considerazioni, l'intervento consente di ottenere anche i seguenti vantaggi:

- gestione di un'unica centrale termica invece di 2: questo consente di avere minori costi fissi (allacciamento del gas, affidamento della gestione calore per un solo edificio, ecc.);
- meno costi di manutenzione, dovuti alla pulizia e/o controllo degli organi presenti in centrale termica e alla sostituzione per guasti o vetustà degli organismi presenti;
- possibilità di effettuare un'unica pratica per il rilascio del Certificato Prevenzione Incendi (C.P.I.), che comporta minori oneri sia burocratici/amministrativi che economici.

Si consiglia di valutare la possibilità di installare un'unica nuova caldaia ad alto rendimento alimentata a metano a servizio di entrambi gli edifici, situata nella centrale termica dell'asilo (in cui arriva già la tubazione del gas). Tale generatore di calore, avente potenza al focolare di circa 300 KW, può essere installato in sostituzione di quello di potenza pari a 45 kW attualmente presente; il secondo invece (di potenza pari a 55 kW) può essere mantenuto, con funzione di emergenza nel caso di guasti/rotture temporanei della caldaia principale.

Per eseguire il collegamento tra i due edifici, si dovrà prevedere la posa di una canaletta in c.a.v. dotata di sigillo carrabile, da effettuarsi mediante uno scavo che si sviluppa da una centrale termica all'altra; in tale canaletta alloggeranno le tubazioni di mandata e di ritorno a servizio della scuola elementare, opportunamente coibentate.

Per quanto riguarda la nuova centrale termica, potrà essere mantenuto il collettore di distribuzione presente a servizio dell'asilo (figura 32), mentre dovrà essercene uno nuovo a monte dell'esistente da cui far partire anche le tubazioni a servizio della scuola elementare. Lo studio eseguito permette di trarre importanti conclusioni, che emergono dall'analisi della tabella riportata in figura 31.

Intervento	Costo intervento [€]	Risparmio ottenibile [€]	Tempo di ritorno [anni]
Sostituzione caldaia asilo	11.880	925	12,8
Sostituzione caldaia scuola elementare	22.069	7.780	2,8
Sostituzione caldaia asilo + scuola elementare (somma singoli interventi)	33.949	8.705	3,9
Realizzazione centrale termica unica	33.742	7.521	4,5

Fig. 31 – Confronto dei possibili interventi di sostituzione del generatore di calore, da eseguirsi per il singolo edificio oppure congiuntamente, inclusa l'ipotesi di realizzazione di un'unica centrale termica a servizio dell'intero complesso.

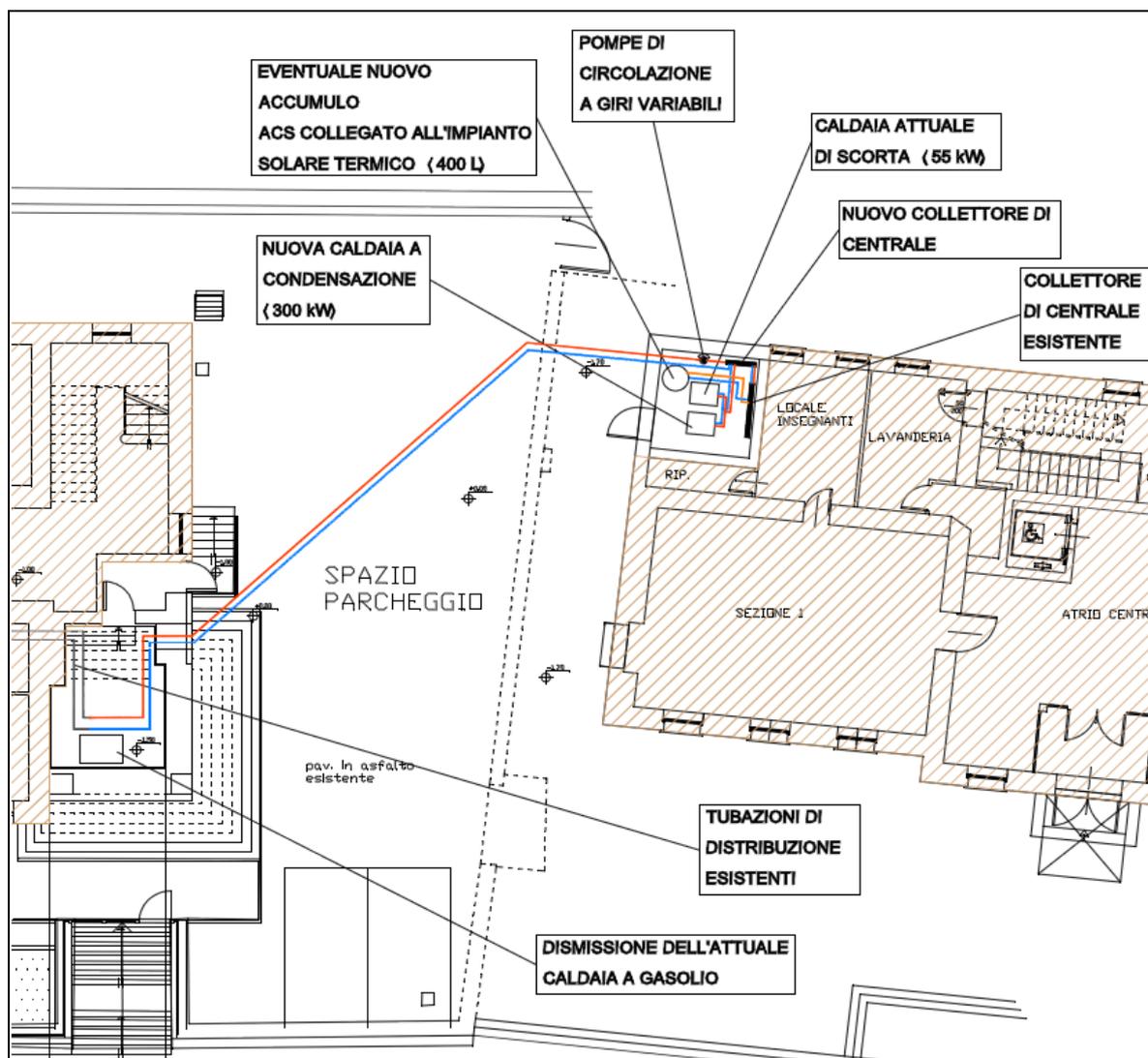


Fig. 32 – Configurazione qualitativa proposta in seguito alla realizzazione della centrale termica unica a servizio dell'asilo e della scuola elementare.

In primo luogo, emerge che l'intervento in assoluto più conveniente dal punto di vista economico riguarda la sostituzione della caldaia a servizio della scuola elementare (inclusa l'installazione di valvole termostatiche ai radiatori e la sostituzione delle pompe a giri fissi con nuove a giri variabili e di una valvola miscelatrice in centrale termica). Infatti, il tempo di ritorno è in questo caso pari a circa 3 anni e quindi di molto inferiore rispetto a quello relativo all'intervento di sostituzione del generatore di calore per la scuola dell'infanzia. La grande differenza in termini di risparmio economico ottenibile è dovuto al cambio del combustibile utilizzato: infatti, la scuola elementare è attualmente alimentata a gasolio, e l'utilizzo di una caldaia a condensazione alimentata a metano consente di ridurre i consumi energetici in maniera molto marcata.

Qualora si decidesse invece di intervenire su entrambe le centrali termiche, si nota che la sostituzione delle singole caldaie oppure la realizzazione di un'unica centrale termica ha costi del tutto paragonabili. In questo caso, pur avendo un minor costo dovuto all'acquisto di una sola caldaia, è necessario realizzare il

collegamento tra i 2 edifici, oltre che apportare alcune modifiche impiantistiche nella nuova centrale termica unica. Per quanto riguarda il risparmio economico ottenibile, la tabella riporta una differenza di circa 1.200 euro tra le 2 soluzioni ipotizzate. Tale differenza è imputabile principalmente ai limiti del software utilizzato, che non permette di tener conto della presenza di molteplici tipologie di distribuzione impiantistica, di regolazione degli impianti e di diversi organi di emissione del calore. Per questo motivo, si può affermare che in realtà entrambe le soluzioni permetterebbero di ottenere un risparmio economico analogo (stimato in circa 8.000 € l'anno) e quindi, essendo il costo dell'intervento molto simile, un tempo di ritorno del tutto confrontabile.

In definitiva, considerato che il tempo di ritorno risulta in entrambi i casi simile, si consiglia di adottare la seconda soluzione proposta, ovvero quella di realizzare un'unica centrale termica. Questa scelta è giustificabile e auspicabile soprattutto a causa dei maggiori vantaggi ottenibili, come il fatto di dover eseguire minori interventi di manutenzione dell'impianto, di poter avviare un'unica pratica antincendio per l'ottenimento del C.P.I. oltre che di avere minori costi fissi dovuti, ad esempio, alla stipulazione di un unico contratto di fornitura del combustibile e di un unico contratto di gestione calore.

3.9 Proposta di realizzazione di un'unica centrale termica a servizio di 2 palestre: quella esistente e quella nuova

Ad integrazione delle diagnosi energetiche dei singoli edifici, si propone la realizzazione di un'unica centrale termica a servizio delle due palestre che sorgono nell'abitato di Civezzano, ovvero:

- quella esistente, sita in via Murialdo nelle vicinanze del complesso scolastico denominato "Oxford";
- quella nuova, attualmente in fase di costruzione, che sorge nelle immediate vicinanze di quella esistente.

Il progetto della nuova palestra prevede infatti l'installazione di 2 nuovi generatori di calore:

- un generatore di aria calda utilizzato per il riscaldamento della zona adibita a campo da gioco e tribune, da installarsi in una centrale termica di nuova costruzione;
- una caldaia murale ad alto rendimento a condensazione, da installarsi nel locale adibito a magazzino. Essa sarà posta a servizio della zona adibita a spogliatoi e servizi, per mezzo di organi di emissione costituiti da radiatori e ventilconvettori.

La proposta di utilizzare la centrale termica esistente per realizzare un'unica centrale termica a servizio di entrambe le strutture è giustificata dai seguenti motivi:

- presenza di due generatori di calore a basamento in stato di obsolescenza (anno 1993) nella centrale termica attualmente a servizio della palestra esistente, che necessitano di essere sostituiti;
- utilizzo di generatori di calore a basamento del tipo tradizionale e quindi non ad alto rendimento a condensazione per quanto riguarda la palestra esistente;
- possibilità di sfruttare la presenza di un cantiere attualmente in opera, in modo da avere delle economie, principalmente nella realizzazione dei collegamenti idraulici tra i 2 edifici.

Accanto a queste considerazioni, l'intervento consentirebbe di ottenere anche i seguenti vantaggi:

- gestione di un'unica centrale termica invece di 3 (quella esistente e le 2 di progetto a servizio della nuova struttura): questo consente di avere minori costi fissi (allacciamento alla rete del gas metano, affidamento della gestione calore per un solo edificio, esecuzione di meno prove di combustione, ecc.);
- meno costi di manutenzione, dovuti alla pulizia e/o controllo degli organi presenti in centrale termica e alla sostituzione per guasti o vetustà degli organismi presenti.

Si consiglia di valutare la possibilità di installare 2 nuove caldaie ad alto rendimento a condensazione alimentate a metano a servizio di entrambi gli edifici, situate nella centrale termica attualmente a servizio solo della palestra esistente e aventi una potenza complessiva di circa 320 kW.

L'intervento proposto prevede di eseguire il collegamento tra i due edifici, in particolare tra la centrale termica esistente e i 2 locali della palestra nuova in cui il progetto attuale propone l'installazione dei 2 generatori di calore, da effettuarsi mediante uno scavo. In tale scavo alloggeranno, adeguatamente protette da una controtubazione, le tubazioni di mandata e di ritorno dei 2 nuovi circuiti di riscaldamento e le tubazioni preposte al trasporto dell'a.c.s. e dell'a.f.s., opportunamente coibentate.

Per quanto riguarda la nuova centrale termica centralizzata, potrà essere mantenuto il collettore di distribuzione attualmente a servizio della palestra esistente, mentre dovrà essercene uno nuovo a monte, da cui far partire anche le tubazioni a servizio della nuova palestra.

Di seguito (figura 33) si riporta in maniera schematica la nuova configurazione dell'impianto. Si nota che è prevista la realizzazione di 2 sottostazioni, in particolare:

- una da realizzarsi nel locale della nuova palestra adibito a centrale termica: in questo caso, esso accoglie una nuova unità termoventilante che, per mezzo di uno scambiatore di calore acqua-aria, permette di immettere aria calda nell'ambiente;
- una da realizzarsi nel locale adibito a magazzino: in questo caso può essere installato uno scambiatore acqua-acqua (a piastre) per il riscaldamento e un accumulo per l'acqua calda sanitaria di capacità pari a 1.000 l.

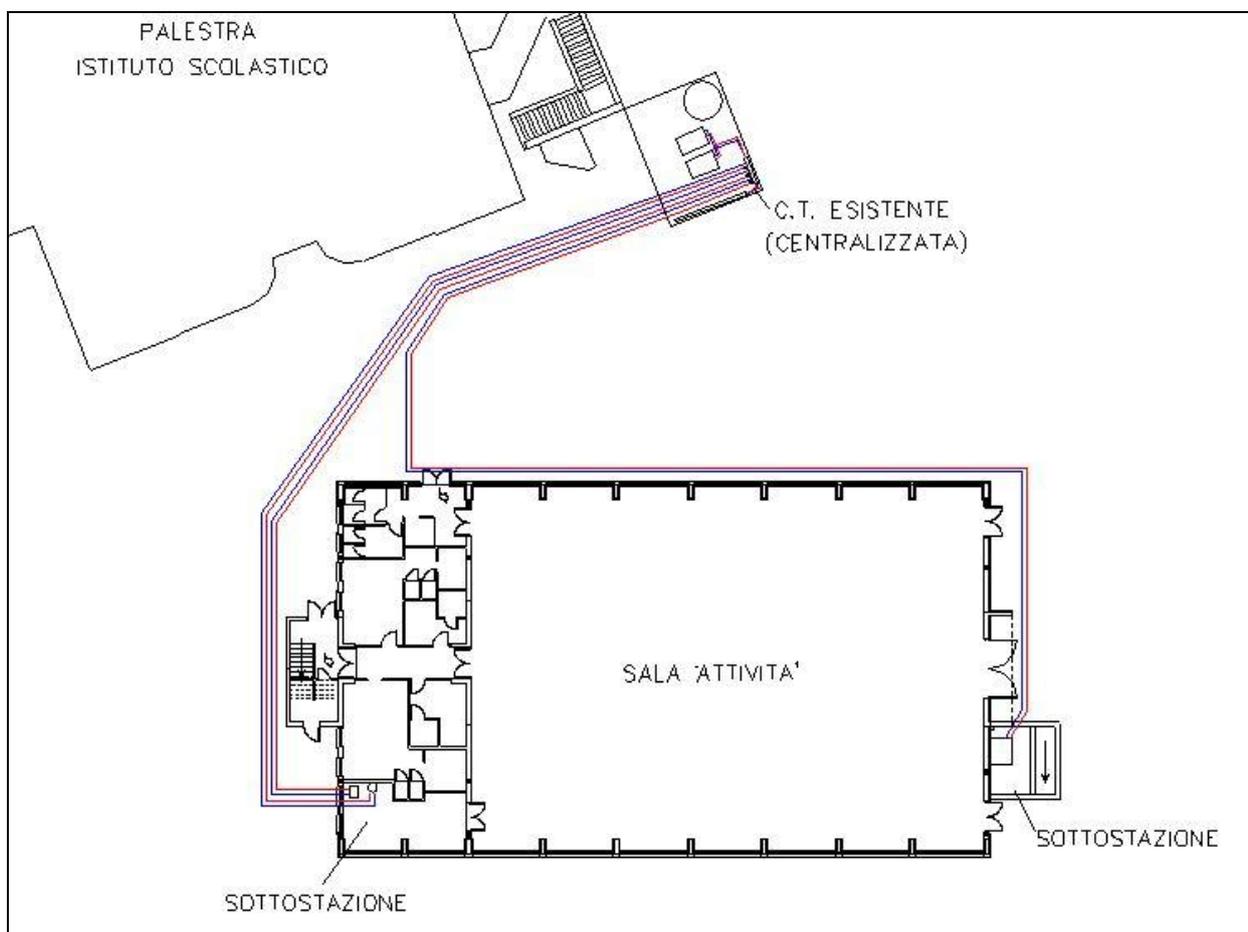


Fig. 33 – Configurazione proposta per la realizzazione della centrale termica unica a servizio delle 2 palestre.

Lo studio eseguito permette di trarre importanti conclusioni, che vengono riportate nella seguente tabella. Emerge in primo luogo che l'intervento di realizzazione di una centrale termica unica a servizio di entrambe le palestre risulta un po' più costoso rispetto ad intervenire separatamente sui 2 edifici mediante la realizzazione/riqualificazione di 3 differenti centrali termiche. Accanto ad un costo leggermente più elevato, si deve considerare anche che la presenza di tubazioni interrato di collegamento tra i 2 edifici danno vita a

Riassunto costi interventi	
	TOTALE[€]
Costo riqualificazione CT palestra esistente	22.000
Costo realizzazione centrali termiche palestra nuova	44.186
Costo totale realizzazione/riqualificazione CT di entrambe le palestre	66.186
Costo realizzazione CT unica (centralizzata)	71.166

Fig. 34 – Riassunto e confronto degli interventi proposti.

delle perdite della rete di distribuzione abbastanza consistenti. Per questi motivi, la soluzione di eseguire gli interventi separatamente sui 2 edifici sembra essere la più conveniente.

Tuttavia, è necessario considerare che l'attuale presenza di un cantiere potrebbe permettere di avere importanti economie sull'importo totale dell'intervento. Ad esempio, potrebbero essere molto inferiori i costi relativi allo scavo e ripristino, cosa che renderebbe confrontabili i costi delle 2 tipologie di interventi. In questo caso, pertanto, è necessario e auspicabile che l'amministrazione comunale valuti se è possibile intervenire (sia economicamente che burocraticamente) in tempi stretti, sfruttando i vantaggi che ne conseguirebbero. Infatti, in questo caso l'intervento diventerebbe con tutta probabilità economicamente conveniente; ovviamente, per stabilire con certezza gli importi dell'intervento e la reale convenienza dell'investimento, è necessario incaricare un tecnico per la redazione di un progetto impiantistico preliminare, con una stima più precisa e puntuale del costo totale dell'opera. Questo sarebbe auspicabile poiché, oltre alla possibilità di risparmiare parte del costo dell'investimento, sarebbe possibile sfruttare i vantaggi dell'utilizzo di un impianto centralizzato, ovvero:

- gestione di un'unica centrale termica invece di 3 (quella esistente e le 2 di progetto a servizio della nuova struttura): questo consente di avere minori costi fissi (allacciamento alla rete del gas metano, affidamento della gestione calore per un solo edificio, esecuzione di meno prove di combustione, ecc.);
- meno costi di manutenzione, dovuti alla pulizia e/o controllo degli organi presenti in centrale termica e alla sostituzione per guasti o vetustà degli organismi presenti.

La valutazione di questi vantaggi, tanto più evidenti quanto più si ragiona sul lungo periodo invece che considerando il mero costo iniziale dell'investimento, consentirebbe di evidenziare la valenza economica e gestionale di questo tipo di intervento.

4 Piano regolatore per l'illuminazione comunale (PRIC)

Come anticipato è stato realizzato uno studio approfondito della rete di illuminazione comunale in occasione della stesura del Piano Regolatore dell'Illuminazione Comunale (PRIC).

Il Piano contiene un rilievo dello stato di fatto, con le caratteristiche dei punti luce installati nei centri abitati e nelle tratte di collegamento tra le frazioni del Comune, seguito dalla proposta di interventi in grado non solo di ridurre i consumi di energia, ma anche di rispettare le più recenti normative in materia di sicurezza e di riduzione dell'inquinamento luminoso.

Verranno di seguito riportati i risultati ottenuti dal PRIC principalmente da un punto di vista energetico, tralasciando l'approfondimento degli aspetti legati alla normativa stradale e all'inquinamento luminoso.

4.1 Stato generale degli impianti, criticità e consumi

È stata effettuata anzitutto un'analisi dello stato attuale degli impianti di illuminazione stradale. Il materiale cartografico messo a disposizione dagli uffici tecnici del Comune è stato verificato e integrato a seguito di una serie di sopralluoghi, durante i quali sono state anche effettuate le misure strumentali necessarie per verificare il rispetto della normativa in termini di efficienza e sicurezza degli impianti elettrici.

La rete di illuminazione stradale del Comune è suddivisa in 31 quadri elettrici, 9 dei quali a servizio dell'abitato di Civezzano, gli altri a servizio delle varie frazioni.

Gli impianti risultano essere tutti di categoria 1, poiché alimentati dalla rete pubblica in Bassa Tensione mediante forniture monofase a 230V, 50Hz, con masse dell'installazione collegate ad un impianto di terra elettricamente indipendente da quello del collegamento a terra del sistema di alimentazione (sistema TT).

Le linee sono state realizzate in anni diversi e poiché non è stato possibile reperire una sufficiente documentazione progettuale utile alla verifica, si è proceduto, per quanto possibile, ad un controllo generale dei requisiti minimi di sicurezza che gli impianti devono possedere per la salvaguardia delle persone e dei beni.

L'analisi dello stato dei quadri e delle linee elettriche ha portato alle seguenti conclusioni:

- la protezione contro i contatti diretti sia sui quadri elettrici sia sui pali di illuminazione non sempre è garantita;
- la protezione dai contatti indiretti, causa la mancanza di idonee protezioni differenziali coordinate con i rispettivi impianti di terra, non sempre è garantita;
- la protezione delle condutture dalle sovracorrenti non sempre è garantita.

Si è concluso quindi che, al fine di garantire il livello di sicurezza minimo stabilito dalla vigente normativa, gli impianti di illuminazione pubblica installati nel Comune di Civezzano e frazioni, necessitano di tempestivi interventi di adeguamento che dovranno essere progettati e installati a regola d'arte da personale qualificato.

I vari quadri a servizio dell'illuminazione pubblica sono collegati a 36 contatori (9 per Civezzano e i restanti per le numerose frazioni), per i quali sono state fornite le bollette del periodo 2008-2009-2010. L'andamento dei consumi elettrici dei tre anni considerati è visibile nella tabella sottostante da cui si può notare che la media dei consumi si attesta a 291.807 kWh all'anno.

Quadro	Anno di riferimento		
	2008	2009	2010
Q1	20.863	19.064	18.764
Q3	3.472	3.864	3.835
Q4	1.286	1.292	1.281
Q6	557	544	503
Q7	31.032	32.160	29.232
Q8	12.727	13.618	13.370
Q9	6.000	5.999	5.428
Q10	11.689	11.539	10.826
Q11	6.627	7.637	7.126
Q12	20.697	21.033	20.175
Q13	30.564	30.732	29.212
Q14	2.729	2.765	2.466
Q15	4.959	4.623	4.830
Q16	831	840	840
Q17	1.853	1.735	1.372
Q18	1.769	2.520	2.499
Q19	1.245	1.152	1.192
Q20	3.917	4.372	4.389
Q21	2.893	2.838	3.116
Q22	1.754	1.672	1.707
Q23	1.374	1.214	1.240
Q24	5.738	6.090	6.385
Q25	6.842	6.960	7.649
Q26	9.495	10.204	10.599
Q27	32.957	31.402	29.495
Q29	27.110	29.252	28.298
Q31	13.691	15.302	17.853
Q33	7.970	7.751	9.782
Q34	7.554	7.432	7.034
Q35	5.309	5.297	4.645
Q36	872	871	787
SEMAFORI	3.616	3.976	3.750
TOTALE	289.992	295.750	289.680

Fig. 35– Tabella riassuntiva dei consumi e della spesa per l'illuminazione pubblica nel triennio 2008-2010.

Per valutare i benefici sui consumi derivanti dall'esecuzione di interventi di ammodernamento, è stato realizzato un modello che stima la potenza assorbita e l'energia consumata ogni anno dalla rete di illuminazione. Nel modello sono stati considerati i seguenti fattori:

- somma delle potenze assorbite dalle lampade su ciascun quadro;
- potenza assorbita dagli ausiliari (reattori, accenditori e condensatori);
- perdite di rete stimate pari al 5% della potenza assorbita (a partire dalla caduta di tensione misurata per ciascun tratto);
- potenza assorbita dalle luci natalizie collegate ad alcuni lampioni, stimata pari a 20 kW per la durata di un mese.

Per il calcolo delle ore di accensione di ciascun tratto si è tenuto conto della presenza di sensori crepuscolari che determinano l'accensione delle lampade al calare della luce naturale. È stata considerata inoltre la presenza di orologi su alcuni tratti che fanno spegnere un lampione ogni due dopo la mezzanotte. Il periodo di tempo che intercorre tra l'ora del tramonto e lo scatto del sensore crepuscolare che determina l'accensione delle lampade (pari a quello che passa tra lo spegnimento dell'impianto e l'alba) è stato tarato confrontando i consumi reali medi del triennio analizzato con quelli stimati ed è risultato pari a 30 minuti circa; ciò ha permesso di ottenere una precisione della stima superiore al 99%.

In figura 36 sono riportate potenza ed energia assorbite da ciascun quadro destinato all'illuminazione stradale, con l'energia consumata complessivamente dall'impianto di illuminazione comunale, calcolata grazie al modello realizzato con le ipotesi appena descritte.

4.2 Tratti stradali modellati

Contestualmente alle verifiche sulle linee elettriche sono state raccolte informazioni sui corpi illuminanti, per i quali è stato realizzato un inventario integrando con i dati raccolti in situ le informazioni fornite dall'ufficio tecnico comunale.

In figura 37 sono riportate le principali caratteristiche di ciascun tratto analizzato, mentre in figura 38 sono riportati i tratti modellati, ognuno dei quali presenta caratteristiche omogenee per tipologia di lampada, potenza e caratteristiche del manto stradale.

Per avere una prima stima del livello di illuminazione, per ciascun tratto stradale omogeneo (ovvero con la medesima tipologia di corpi illuminanti e fondo stradale) è stata eseguita la modellazione di vari tratti tramite il software DIALux®, a partire dai dati tecnici dei corpi illuminanti attualmente installati forniti dalle aziende produttrici. Il software è in grado di calcolare i valori puntuali di luminanza a partire dalla curva fotometrica e permette quindi di simulare il reale comportamento del corpo illuminante, così come gli effetti ottenibili a seguito degli interventi ritenuti necessari.

Si è assunto un fattore di manutenzione pari a 0,5; tale coefficiente nel software permette di simulare lo stato di conservazione delle lampade e ne diminuisce la resa per tener conto del calo di prestazioni dovuto all'età e alla sporcizia accumulata.

Identificativo quadro	Ore di accensione annue	Potenza assorbita con perdite (Watt)	Energia assorbita (kWh)
Q1 - Bosco	2944	5096,8	15006
Q3 - Canova	2944	826,5	2433
Q4 - Molino del Masetto	4048	288,8	1169
Q6 - Fratte	4048	184,8	748
Q7 - S. Agnese	2944	8638,0	25433
Q8 - Mazzanigo	4048	2892,3	11707
Q9 - Penedallo	4048	1472,0	5958
Q10 - Barbaniga	2944	3070,7	9041
Q11 - Bampi	4048	2055,9	8322
Q12 - Seregno	4048	3784,0	15317
Q13 - Torchio	2944	8677,7	25550
Q14 - Gentilotti	4048	564,7	2286
Q15 - Roverè	2944	1010,6	2976
Q16 - Parnevale	4048	185,9	752
Q17 - Kaizera	4048	142,5	577
Q18 - Campagnale	2944	577,5	1700
Q19 - Barisei	4048	278,3	1126
Q20 - Centro Commerciale	2944	1155,0	3401
Q21 - Mochena	4048	747,0	3024
Q22 - Slacche	4048	462,0	1870
Q23 - Ochi	4048	288,8	1169
Q24 - Alle Campagne	2944	2165,6	6376
Q25 - Civezzano Sud	2944	2194,5	6461
Q26 - Covelò	4048	2674,8	10827
Q27 - Civezzano Est	4048	8091,0	32750
Q28 - Municipio	2944	1731,5	5098
Q29 - Civezzano Centro	4048	7272,5	29437
Q31 - Civezzano Nord	2944	4634,1	13644
Q33 - Orzano	4048	2569,9	10402
Q34 - Garzano	4048	1601,1	6481
Q35 - Magnago	4048	1287,2	5210
Q36 - Campagnaga	4048	69,3	281
Tot. con luci natalizie, semafori e campi da gioco		107052,4	289844,2
	Precisione della stima		99,3%

Fig. 36 – Stima dell'energia assorbita complessivamente dall'impianto di illuminazione comunale, calcolata grazie al modello realizzato a partire dai consumi reali e dalle potenze assorbite dalle lampade

N.	Nome	Tipologia corpo illuminante	Potenza lampada (W)	Tipologia lampada	Carreggiata		Marciapiede		Altezza punto luce (m)	N° punti luce	Interasse (m)
					Larghezza (m)	Classe UNI11248	Larghezza (m)	Classe UNI11248			
CIVEZZANO											
1	SP 17 - Loc. Sussie	F	125	vap.merc	8,4	ME5	1,8	S3	9	7	37
2	SP 17 - Alle Campagne	F	125	vap.merc	8,4	ME5	1,5	S3	7,9	15	22
3	SP 71 - verso Torchio	B	125	vap.merc	8	ME5	-	-	8,3	6	30
4	Via De Gasperi valle	B	125	vap.merc	6	ME5	1,5	S4	8,3	8	32
5	Via De Gasperi monte	C	125	vap.merc	6,1	CE5	1,35	S4	4	9	24
6	via Bodrigna	D	80	vap.merc	4,6	CE5	-	-	3,9	8	29
7	Via Murialdo	F	125	vap.merc.	6,1	ME5	1,6	S4	8,8	5	26
8	via Telvana monte	C	80	vap.merc	5,25	CE5	-	-	4,8	8	25
9	Via Telvana valle	B	125	vap.merc	5,5	CE5	1,2	S4	8,7	4	30
10	Via Argentario	B	125	vap.merc	4,85	CE5	-	-	8,3	4	38
11	Via Sabbionare	B	125	vap.merc	4	CE5	-	-	8,3	4	39
12	via Roma valle	H	100	vap.sodio	5,1 (7,4)	CE5	1,5	S3	6	7	22
13	Via Roma monte	H	100	vap.sodio	2,7 (4,7)	CE5	1,60 (1,1)	S3	6	4	39
14	Via Milana	A	80	vap.merc	3,6 (6,20)	CE5	-	-	6,7	13	29
15	via Fersina Avisio	B	125	vap.merc	7	CE5	-	-	8,3	10	31,5
BOSCO											
16	Paese alto	C	80	vap.merc	4,5	CE5	-	-	3,8	4	39
17	Strada verso S. Agnese	B	125	vap.merc	5,6	ME5	-	-	8,3	4	32,5
CANOVA											
18	Strada principale	C	125	vap.merc	3,7	CE5	-	-	4	4	42
SANTA AGNESE											
19	Stradina verso B&B	H	100	vap.sodio	3,2	CE5	-	-	6	5	29
20	SP 225	K	100	vap.sodio	5,4	ME5	1,5	S3	4,8	8	25
21	Strada verso Mazzanigo	B	125	vap.merc	3,95	CE5	-	-	8,3	6	31,5
22	Strada cooperativa valle	B	125	vap.merc	3,4	CE5	-	-	8,3	4	30
23	Strada cooperativa monte	D	80	vap.merc	4	CE5	-	-	4,2	3	30,5
MAZZANIGO											
24	Strada verso S. Agnese	B	125	vap.merc	5	CE5	-	-	8,3	4	38
25	Strada verso S. Colomba	D	80	vap.merc	4	CE5	-	-	3,8	4	32

N.	Nome	Tipologia corpo illuminante	Potenza lampada (W)	Tipologia lampada	Carreggiata		Marciapiede		Altezza punto luce (m)	N° punti luce	Interasse (m)
					Larghezza (m)	Classe UNI11248	Larghezza (m)	Classe UNI11248			
PENEDALLO											
26	Strada principale	B	125	vap.merc	4,7	CE5	-	-	8,3	5	29
BARBANIGA											
27	Strada sopra Cappella	G	70	vap.sodio	4,5	CE5	-	-	4,95	7	17
BAMPI											
28	Strada verso SP 25	F	125	vap.merc	3,6	CE5	-	-	8,8	3	40
29	Strada verso Cogatti	I	100	vap.sodio	4,4	CE5	-	-	4,35	8	33
TORCHIO											
30	Strada verso Cogatti	L	150	vap.sodio	6,6	CE5	1,4	S3	6,9	12	36
31	SP 225	B	125	vap.merc	5,8	CE5	-	-	7,8	12	30,5
32	SP 71	B	125	vap.merc	8,1	CE5	-	-	8	10	29
CAMPAGNALE											
33	Loc. Sille	F	125	vap.merc	6,05	CE5	-	-	9	4	18

Fig. 37 - Principali caratteristiche dei tratti: si nota l'elevata presenza di lampade ai vapori di mercurio da 125 ed 80 W.

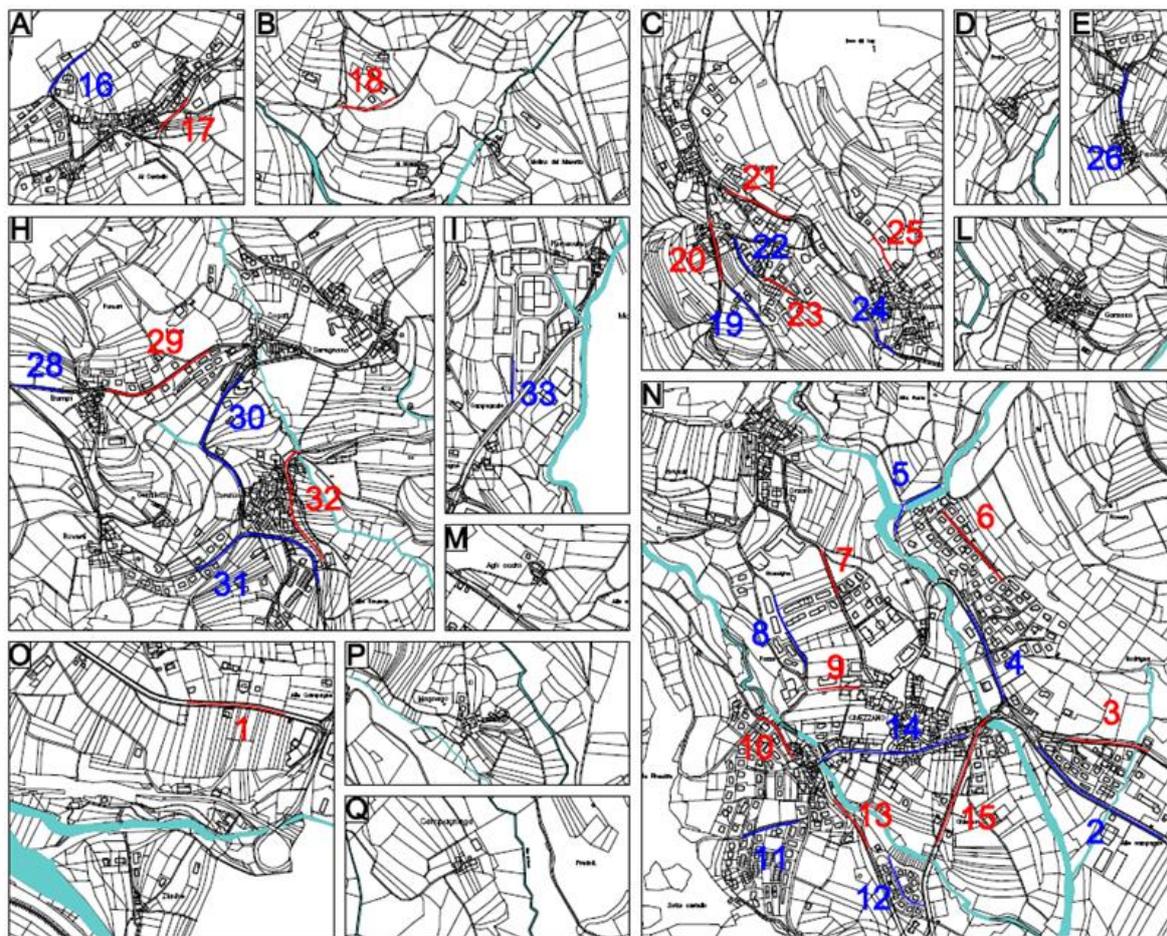
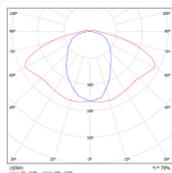
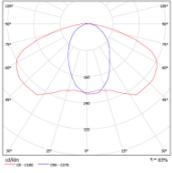
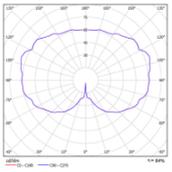
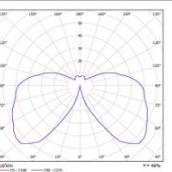
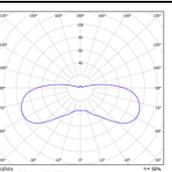
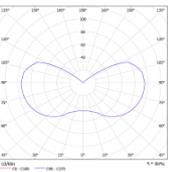


Fig. 38 – Tavola dei tratti stradali modellati

La modellazione ha permesso di ottenere, in funzione della categoria illuminotecnica (tipologia di strada e/o di marciapiede), il valore dei seguenti parametri: *luminanza minima media mantenuta (L_m)*, *uniformità globale minima di luminanza (U_0)*, *uniformità longitudinale minima di luminanza (U_l)*, *incremento di soglia massimo (TI)*, *rapporto minimo delle intensità illuminazione dintorni (SR)*, *illuminamento orizzontale medio mantenuto (E_m)*, *illuminamento orizzontale minimo mantenuto (E_{min})*. In aggiunta ai parametri appena elencati è necessario che vengano soddisfatti quelli definiti dalla L.P. 16/07 (coefficiente di efficienza energetica η e indice di illuminamento disperso K_{ill}).

Si riporta di seguito una tabella riassuntiva con le caratteristiche dei principali corpi illuminanti presenti sul territorio comunale per i quali è stata effettuata l'analisi dello stato attuale e la modellazione degli interventi di miglioramento.

	TIPOLOGIA LAMPIONE	POTENZA [Watt]	TIPO LAMPADA	FOTO	CURVA FOTOMETRICA	CLASSE APPARECCHIO L.P. 16/07
1	F	125	vap.merc			B
2	B	125	vap.merc			B
3	D	80	vap.merc			E
4	C	80	vap.merc			C
5	H	100	vap.sodio			C
6	A	80	vap.merc			C

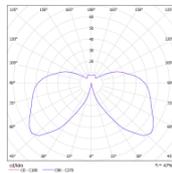
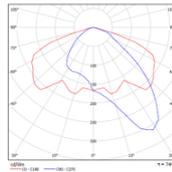
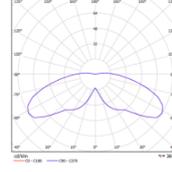
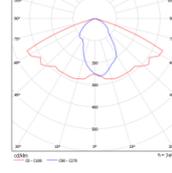
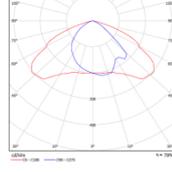
N.	TIPOLOGIA LAMPIONE	POTENZA [Watt]	TIPO LAMPADA	FOTO	CURVA FOTOMETRICA	CLASSE APPARECCHIO L.P. 16/07
7	C	125	vap.merc			C
8	K	100	vap.sodio			A
9	I	100	vap.sodio			A
10	L	150	vap.sodio			A
11	I	100	vap.sodio			A

Fig. 39 – Tavola dei tratti stradali modellati

Le criticità maggiori riscontrate durante la modellazione dei vari tratti sono di seguito riassunte:

- presenza di numerose lampade a mercurio; queste lampade presentano una scarsa efficienza luminosa rispetto ad altre tipologie sul mercato nonché problemi legati allo smaltimento a fine vita;
- presenza di ottiche che determinano inquinamento luminoso ossia apparecchi che, nelle loro posizione di installazione, presentano un flusso luminoso disperso verso l'alto maggiore del 30%; tali apparecchi sono vietati in base alla L.P. 16/07;
- presenza di lampade che non garantiscono il rispetto dei requisiti minimi di illuminamento delle carreggiate e/o dei marciapiedi;
- presenza di punti luce che non garantiscono uniformità nella distribuzione della luce sulla sede stradale (causando l'alternanza di zone eccessivamente illuminate e di zone buie).

4.3 Proposte di miglioramento e risparmi ottenibili

A seguito dell'analisi dello stato di fatto, si sono valutate alcune proposte per migliorare la situazione attuale dell'illuminazione pubblica sia dal punto di vista del rispetto dei requisiti illuminotecnici, sia da quello dell'efficienza energetica, previsti dalle norme in materia.

Tali proposte sono state ipotizzate non per il singolo tratto analizzato, ma secondo le principali tipologie di punti luce presenti sul territorio comunale, dal momento che, come si è visto nel capitolo precedente riguardo allo stato di fatto, i vari punti luce sono riconducibili più o meno alle stesse tipologie di lampione/ottica.

Per queste tipologie si è proposta la sostituzione dell'ottica con una nuova, avente lampade con tecnologia a LED dal momento che queste lampade permettono di rispettare tutti i requisiti illuminotecnici previsti dalle norme, mentre un semplice retrofit delle lampade (da mercurio a sodio) non sempre è in grado di garantire tale rispetto.

Nella formulazione delle proposte, per motivi di semplicità e di omogeneità, si è scelto di limitare il più possibile la varietà di corpi illuminanti utilizzati: ne sono stati individuati due, uno stradale e uno da arredo urbano, le cui caratteristiche fotometriche risultassero funzionali al contesto d'installazione. Tali soluzioni sono puramente esemplificative e non vogliono assolutamente vincolare alla scelta fatta riguardo agli specifici prodotti.

La potenza di ciascuna sorgente luminosa è stata invece scelta di volta in volta in modo da garantire il rispetto dei parametri illuminotecnici e dei criteri di efficienza energetica.

In aggiunta, si è previsto di dotare ogni corpo illuminante di regolatore di flusso, in modo da poter modulare il flusso luminoso (e regolare di conseguenza l'energia assorbita) in funzione di specifici orari, scelti in base al maggior o minor traffico veicolare sulla sede stradale secondo il profilo in Fig. 40.

Si è pensato di mantenere l'interasse esistente tra i pali, in modo da limitare gli interventi all'impianto elettrico; ciò è stato possibile in tutti i casi tranne per i tratti n.16 e n.29 nei quali si è reso necessario dimezzare l'interasse attuale per garantire uniformità di illuminamento sulla sede stradale.

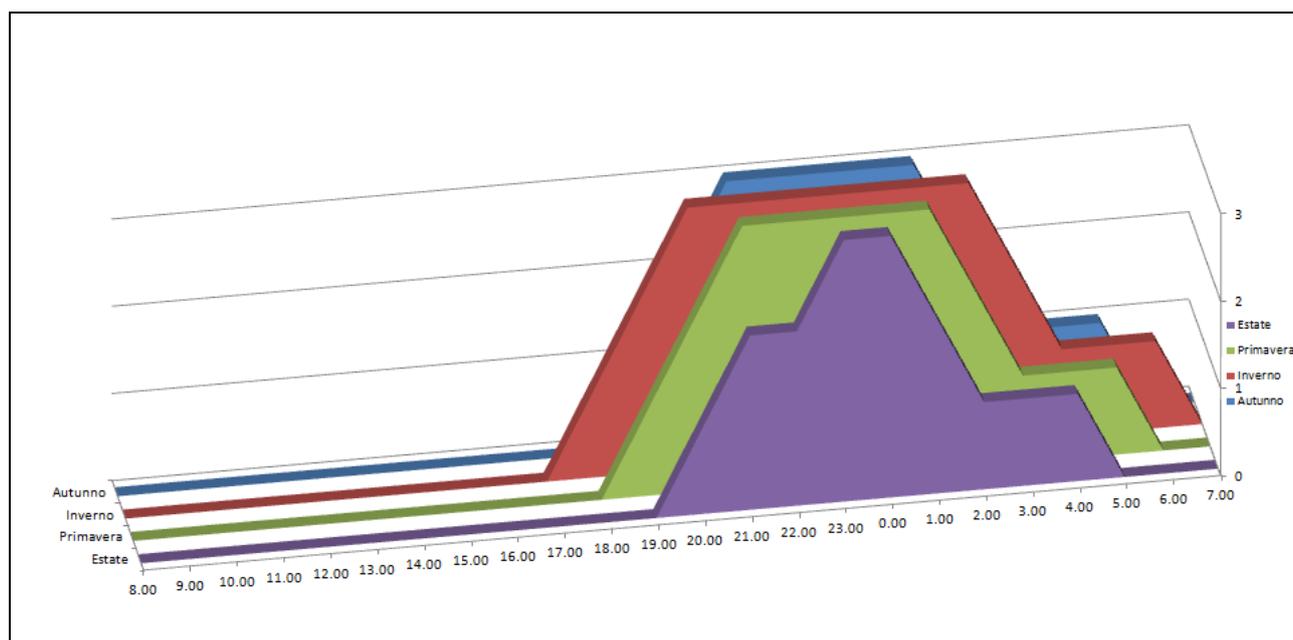


Fig. 40 – Profilo di funzionamento di un regolatore di flusso in funzione dell'ora e della stagione.

La seguente tabella evidenzia come a seguito degli interventi sia possibile ottenere una riduzione della potenza installata del 35% percento, che consentirebbe di stipulare contratti per minori potenze con il fornitore di energia elettrica con conseguente beneficio sui costi.

Sul fronte dei consumi la riduzione sarebbe superiore al 50 % dell'attuale, grazie alla diminuzione della potenza installata e alla presenza dei regolatori di flusso; questi, andando a influire sul profilo di funzionamento orario dell'impianto consentono di ottenere un minor numero equivalente di ore di funzionamento (riferito alla massima potenza), e quindi un'ulteriore ribasso dell'energia consumata.

Un altro vantaggio è dovuto alla riduzione delle perdite: queste infatti sono proporzionali all'energia che transita all'interno dell'impianto elettrico. A seguito della diminuzione dei consumi dovuta ai fattori sopra citati, si ha una riduzione delle perdite e quindi un'ulteriore riduzione dei consumi totali.

Consumi illuminazione pubblica			
		Potenza installata	Energia consumata
		[kW]	[kWh]
Stato attuale	Tratti modellati	27,4	88513
	Punti luce restanti	79,8	203294
	TOTALE	107,3	291807
Proposta d'intervento	Tratti modellati	13,2	42951
	Punti luce restanti	56,9	90628
	TOTALE	70,1	133580
Riduzione ottenuta a seguito degli interventi		35%	54%

Fig. 41 – Confronto tra lo stato attuale e la proposta di miglioramento con LED, in termini di potenza installata ed energia consumata

In secondo luogo, è stata realizzata anche un'analisi di quali sarebbero i risparmi ottenibili ed i costi necessari per la sostituzione di tutte lampade al mercurio, attualmente molto diffuse sul territorio comunale, con lampade al sodio ad alta pressione. Ciò si renderebbe necessario a partire dal 1 Gennaio 2012 a seguito dell'uscita dal commercio delle lampade contenenti il metallo inquinante.

Data la maggiore efficienza delle nuove lampade, a seguito della sostituzione, si riesce ad ottenere un aumento del flusso luminoso irradiato dal singolo punto luce a fronte di una riduzione della potenza installata; tale diminuzione si riflette positivamente sulle perdite della rete elettrica, portano ad una ancora maggiore riduzione dei consumi. Nella seguente tabella si riportano le caratteristiche delle lampade installate attualmente e di quelle che si ipotizza vengano utilizzate per la sostituzione.

Modalità di sostituzione			
Lampada in uso (mercurio)		Lampada nuova (ai vapori di sodio)	
[W]	[lm]	[W]	[lm]
80	3800	70	6500
125	6300	100	8500

Fig. 42 – Caratteristiche delle lampade da sostituire e sostituite

La minore resa cromatica delle lampade ai vapori di sodio può non rendere la loro installazione indicata per illuminare zone di elevato pregio architettonico, dove risulta di maggiore interesse la valorizzazione dell'ambiente che la funzionalità e l'economicità. In tali situazioni si consiglia quindi di optare per lampade agli ioduri metallici che presentano delle caratteristiche di resa cromatica e temperatura di colore molto più gradevoli all'occhio umano.

Questo tipo di lampada ha tuttavia dei costi maggiori e una durata di vita minore rispetto a quelle ai vapori di sodio, quindi, qual'ora si optasse per l'applicazione di questa alternativa per una determinata porzioni di punti luce, i dati di risparmio contenuti nell'analisi effettuata verrebbero ridimensionati in proporzione. Si ritiene però in prima analisi che il numero di lampade agli ioduri metallici da installare sarà estremamente ridotto.

Sostituzione lampade a vapori di mercurio con sodio alta pressione			
		Potenza installata [kW]	Energia consumata [kWh]
Stato attuale	Tratti modellati	27,4	88513
	Punti luce restanti	79,8	203294
	TOTALE	107,3	291807
Intervento di retrofit con Sodio	Tratti modellati	24,1	77660
	Punti luce restanti	72,3	178584
	TOTALE	96,4	256245
Riduzione ottenuta a seguito degli interventi		10%	12%
Risparmi in bolletta a seguito dell'intervento [€]		4.908,79	
Costo dell'intervento su scala comunale [€]		7.037,36	
Tempo di ritorno investimento [anni]		1,4	

Fig. 43 – Riepilogo dei dati riguardanti l'ipotesi di sostituzione delle lampade al mercurio esistenti con nuove al sodio

5 Caratterizzazione delle tipologie edilizie in ambito residenziale

Lo scopo del questionario “Check-up casa” è stato quello di raccogliere informazioni sui consumi delle abitazioni private per consentirne una classificazione di massima secondo l’etichettatura energetica vigente in Provincia di Trento e individuare le tipologie edilizie tipiche del territorio comunale, così da poter suggerire gli interventi mediamente più interessanti per la riduzione dei consumi energetici.

In seguito alla raccolta dei questionari e all’elaborazione dei dati si è delineata una panoramica delle tipologie di involucro edilizio, di impianti di riscaldamento e di produzione di acqua calda sanitaria presenti sul territorio. L’analisi ha permesso inoltre di effettuare una stima dei consumi energetici medi per la singola abitazione e complessivi per l’intero comune di Civezzano, quantificando i risparmi ottenibili a seguito dell’eventuale realizzazione degli interventi consigliati e stimandone i benefici sia in termini ambientali, calcolando la riduzione delle emissioni di CO₂, che economici.

In seguito alla compilazione del questionario è stata data la possibilità, di ottenere un documento che riporta la prestazione energetica dell’edificio calcolata mediante un metodo semplificato, ne evidenzia le criticità a livello di involucro e di impianto e indica gli interventi più interessanti per ridurre i consumi energetici nel caso specifico.

5.1 Analisi dei dati raccolti

Il questionario è stato inviato nel periodo di settembre/ottobre 2011 a tutte le famiglie del Comune di Civezzano. Le informazioni richieste, e ritenute sufficienti per poter fornire indicazioni attendibili, sono le seguenti:

- anno di costruzione dell’edificio o di realizzazione di eventuali interventi di ristrutturazione;
- altezza interpiano;
- misure lineari in pianta delle pareti disperdenti dell’unità abitativa (verso locali non riscaldati o verso l’esterno);
- dati relativi agli ambienti confinanti con il soffitto e il pavimento dell’appartamento;
- caratteristiche costruttive delle superfici disperdenti (pareti, solai, serramenti con indicazione dell’eventuale presenza di isolamento);
- caratteristiche dell’impianto di generazione del calore e di produzione di acqua calda sanitaria con relative modalità di regolazione, distribuzione ed erogazione del calore;
- dati relativi alle ultime bollette di elettricità, acqua e combustibile per il riscaldamento.

I questionari raccolti sono stati 57, in gran parte compilati in modo esaustivo; durante l’elaborazione dei dati si è cercato per quanto possibile di reperire le informazioni mancanti in modo da ampliare il campione. Quest’ultimo, rappresentando circa il 13% del totale delle abitazioni private regolarmente occupate è stato ritenuto rappresentativo e sufficiente all’analisi statistica. In base ai dati forniti è stata eseguita una stima della prestazione energetica degli edifici al fine di effettuare una classificazione di massima sia secondo le Linee guida nazionali (DM 26 giugno 2009) che secondo la classificazione in vigore nella Provincia Autonoma di Trento (DPP 13 luglio 2009).

Dai questionari analizzati è stato possibile ricavare il dato medio di consumo annuo e di produzione di CO₂ tipico di una singola abitazione, con i quali è stata poi calcolata la situazione relativa all’intero comparto abitativo privato del paese di Civezzano effettuando una proporzione sul totale delle abitazioni.

5.1.1 Considerazioni riassuntive sui dati raccolti

Le informazioni più interessanti ricavate dai questionari sono risultate la seguenti:

- Le pareti perimetrali esterne degli edifici sono realizzate per la maggior parte in laterizio forato o alveolato, in minor parte in pietra, ma prive di coibentazione. Solo il 4% degli edifici è dotato di un buono strato di isolamento alle pareti (con spessore maggiore o uguale a 10 cm);
- I serramenti sono principalmente realizzati in legno e dotati di doppi vetri. Solo una piccola percentuale (2%) presenta ancora vetri singoli, mentre circa un 37% degli edifici è dotato di vetri basso emissivi (più performanti dal punto di vista termico), a prova di una recente sostituzione in questo ambito;
- La tipologia edilizia più frequente è risultata quella dell'edificio singolo (unifamiliare o bi-familiare), in genere dotato di garage, taverna o cantina non riscaldati al piano terra e di una soffitta o un sottotetto non riscaldati al livello superiore, al di sopra del quale, la copertura è per lo più costituita da un tetto a falde in legno. Si evidenzia come sia le strutture disperdenti superiori che quelle inferiori risultino poco o in alcun modo coibentate (42% e 60% del totale rispettivamente);
- I generatori di calore installati sono per il 58% dei casi caldaie tradizionali, ma si sono riscontrati anche parecchi generatori più efficienti, quali le caldaie a condensazione (35%). Il 17% circa di tutte le caldaie presenti è antecedente al 1990, mentre un 25% è posteriore al 2006. Si nota una netta preponderanza del metano nell'uso dei combustibili (96%) grazie alla presenza della rete di distribuzione, seguito dal GPL con solo il 4%. E' contemporaneamente impiegata spesso anche la legna, come combustibile secondario;
- Gli impianti di riscaldamento sono in genere autonomi (86%) e la regolazione avviene principalmente tramite termostati di zona (46%). Una buona parte degli edifici (25%) utilizza sistemi on/off mentre la rimanente impiega dispositivi di regolazione più efficienti, dotati di sonda climatica o in grado di regolare la temperatura per singolo ambiente (con termostati ambiente o valvole termostatiche);
- La produzione di acqua calda sanitaria è nel 96% dei casi affidata allo stesso generatore che fornisce anche il calore per il riscaldamento degli ambienti. Il 28% degli impianti è integrato da pannelli solari termici, mentre si è riscontrata la presenza di boiler elettrici (2%), altamente energivori.

5.2 Attribuzione delle classi energetiche

Classificazione secondo le Linee guida nazionali

A causa dell'essenzialità dei dati richiesti nel questionario è stato utilizzato un metodo semplificato per il calcolo del fabbisogno termico e dell'indice di prestazione energetica (EP_{gl}), che tiene conto solo in parte delle disposizioni contenute nelle norme UNI TS 11300 attualmente in vigore per la certificazione energetica degli edifici.

Nei grafici seguenti viene riportata la distribuzione delle classi energetiche ottenuta con il metodo di classificazione nazionale. Si osserva come nessuno degli edifici analizzati ricada in una classe energetica superiore alla D. La percentuale maggiore degli edifici (47%) si trova in classe F, un 26% in G, un 18% in E mentre il restante 9% è in classe D.

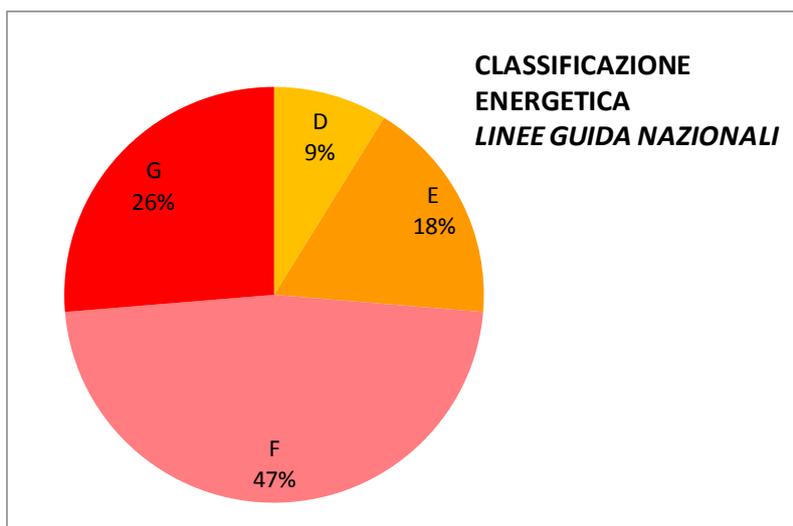


Fig. 44 - Suddivisione percentuale secondo la classificazione nazionale.

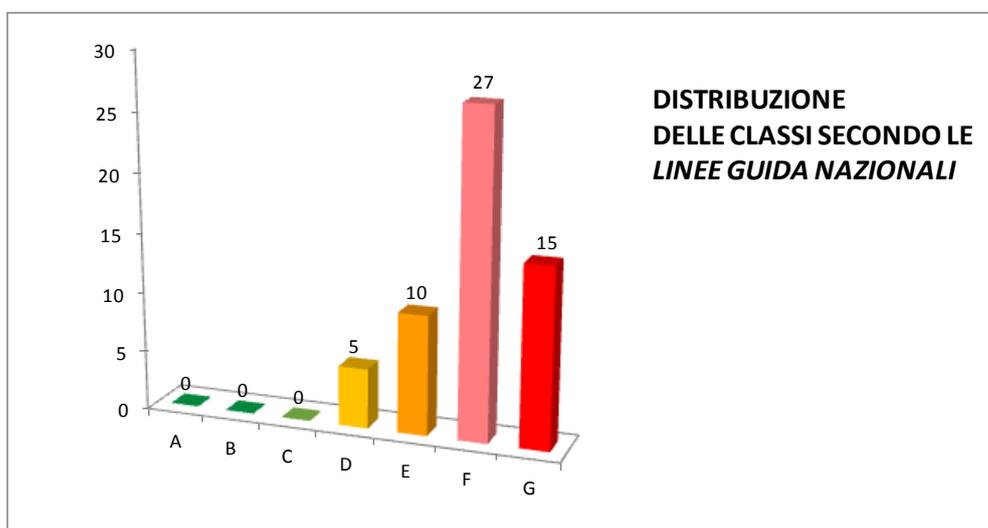


Fig. 45 - Suddivisione numerica secondo la classificazione nazionale: oltre gran parte degli immobili ricade in classe F.

Classificazione proposta dalla P.A.T.

Gli edifici analizzati sono stati classificati anche secondo la metodologia introdotta nella Provincia Autonoma di Trento. Sono state quindi considerate le differenze rispetto alla classificazione in vigore a livello nazionale. La suddivisione ottenuta mostra un risultato migliore rispetto alla precedente.

Dai grafici sotto riportati si nota in particolare il posizionamento di alcuni edifici nella classe C ed un aumento degli edifici in classe D, mentre nelle classi inferiori diminuiscono gli immobili in classe F e G. In sostanza, anche in questo caso la maggioranza degli edifici (circa l'81%) si trova ancora all'interno o al di sotto della classe D (che dovrebbe esprimere la media del patrimonio edilizio nazionale) e solo il 19% nella classe superiore.

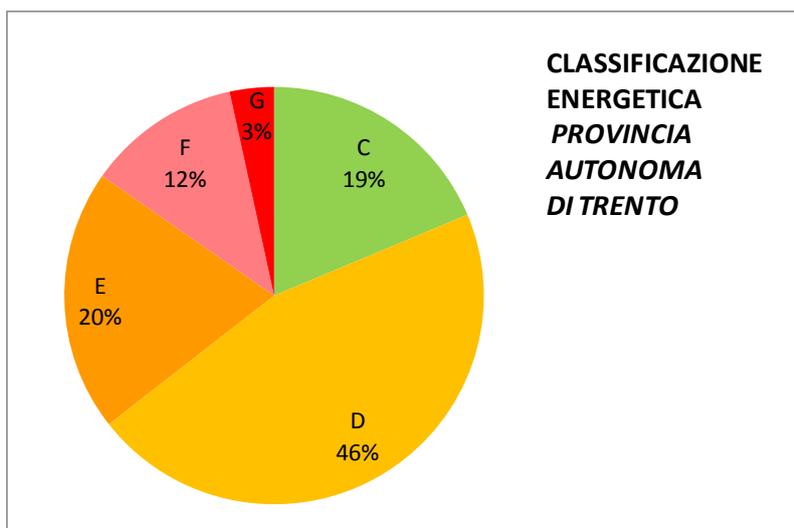


Fig. 46 - Suddivisione percentuale secondo la classificazione provinciale.

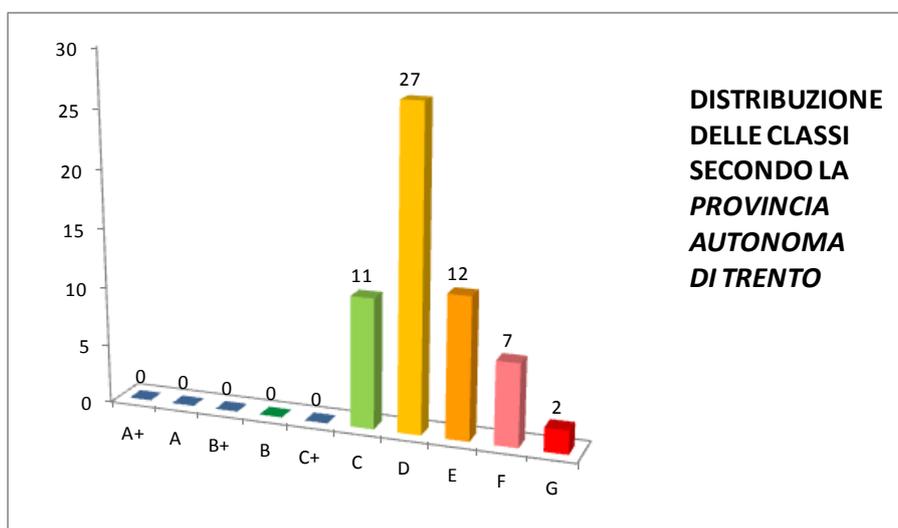


Fig. 47 - Suddivisione numerica secondo la classificazione provinciale: in questo caso gran parte degli immobili ricade in classe D.

5.2.1 Considerazioni riassuntive

La classificazione energetica degli edifici oggetto di analisi ha evidenziato quanto già sottolineato precedentemente, cioè una prestazione termica degli immobili presenti sul territorio comunale mediamente scarsa e comunque in linea con la media provinciale e nazionale.

Le due diverse classificazioni considerate hanno entrambe sottolineato un numero esiguo di edifici in classi energetiche superiori alla D (secondo quella nazionale non ve ne è alcuno). Questo dato è in generale imputabile alla scarsa coibentazione delle pareti (in particolare quelle in pietra), dei solai disperdenti, agli elevati rapporti superficie disperdente/volume tipici degli edifici unifamiliari e infine alla presenza ancora diffusa di impianti di riscaldamento obsoleti.

5.3 Proposta di interventi per gli edifici privati

Sulla base dei risultati ottenuti grazie al “Check-up Casa” sono state analizzate alcune proposte di intervento volte al miglioramento della prestazione energetica media degli edifici, alla riduzione dei consumi termici per il riscaldamento e, di conseguenza, delle emissioni di CO₂.

Gli interventi proposti riguardano principalmente l’involucro edilizio e l’impianto di riscaldamento. Per ciascuna tipologia d’intervento sono stati stimati i risultati conseguibili in termini di risparmio energetico eseguendo una modellazione con le stesse metodologie di calcolo utilizzate per l’analisi dei consumi e l’attribuzione delle classi. Sono stati quindi calcolati i nuovi indici di consumo raggiunti con l’implementazione delle ipotesi migliorative.

Nell’analisi sono stati stimati i costi da sostenere per la realizzazione degli interventi proposti ed è stato quindi calcolato il tempo di ritorno, come il rapporto fra la spesa sostenuta per l’intervento e il risparmio ottenibile grazie alla sua realizzazione.

È stato quindi possibile stimare il risparmio ottenibile mediamente in ciascuna unità abitativa e, attraverso una proporzione, quello nell’intero Comune, a seguito dell’esecuzione degli interventi proposti. In maniera analoga è stata calcolata la riduzione delle emissioni di CO₂.

5.3.1 Tipologie di intervento analizzate

Le proposte migliorative modellate sono state le seguenti:

- applicazione di un cappotto alle pareti verticali esterne;
- applicazione di uno strato di materiale isolante ai pavimenti disperdenti verso ambienti non riscaldati (cantine, garage);
- applicazione di uno strato di materiale isolante ai soffitti disperdenti verso ambienti non riscaldati o coperture verso l’esterno;
- sostituzione dei serramenti esterni;
- sostituzione delle caldaie con rendimenti scadenti con nuove del tipo a condensazione;
- installazione di impianti di pannelli solari per la produzione di acqua calda sanitaria.

In linea generale si è ipotizzato di realizzare interventi in grado di soddisfare i limiti di legge previsti dalla Legge Finanziaria e, di conseguenza, ottenere la detrazione del 55% dell’importo sostenuto per la realizzazione dell’intervento stesso.

5.3.2 Considerazioni generali sugli interventi migliorativi individuati

Come si può osservare nel grafico seguente, nell’84% dei casi è consigliabile almeno uno degli interventi descritti. L’isolamento complessivo delle superfici disperdenti è consigliabile nel 68% dei casi, seguito dall’isolamento a cappotto delle pareti esterne (53%) e dall’installazione di un impianto solare termico (49%). Ciò dimostra la situazione carente a livello di coibentazione delle superfici disperdenti, dovuta ad un utilizzo diffuso della pietra come materiale di costruzione e alla scarsa attenzione all’isolamento prestata negli scorsi decenni. In seguito, col 32% dei casi, è consigliabile la sostituzione della caldaia, per via della vetustà dei generatori attualmente in esercizio.

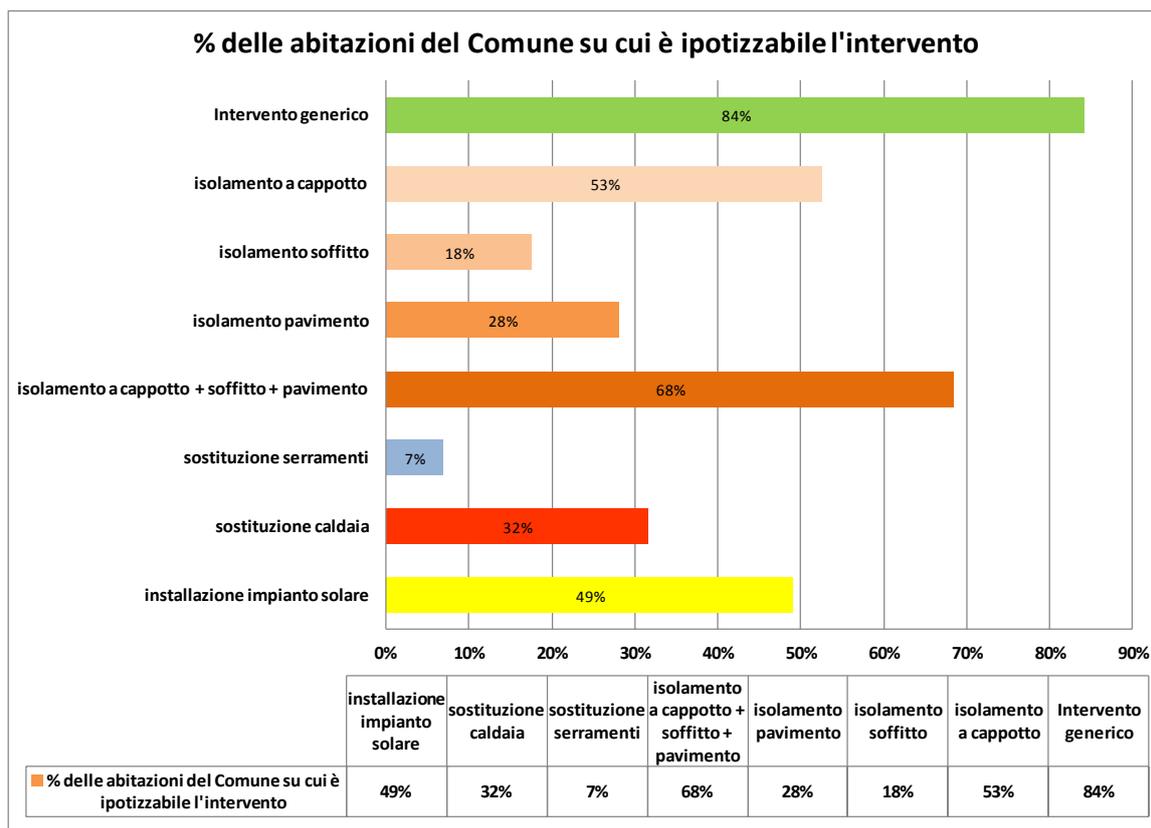


Fig. 48 - Percentuale delle abitazioni rispetto al totale (1.508) su cui si è ipotizzato di effettuare i vari interventi.

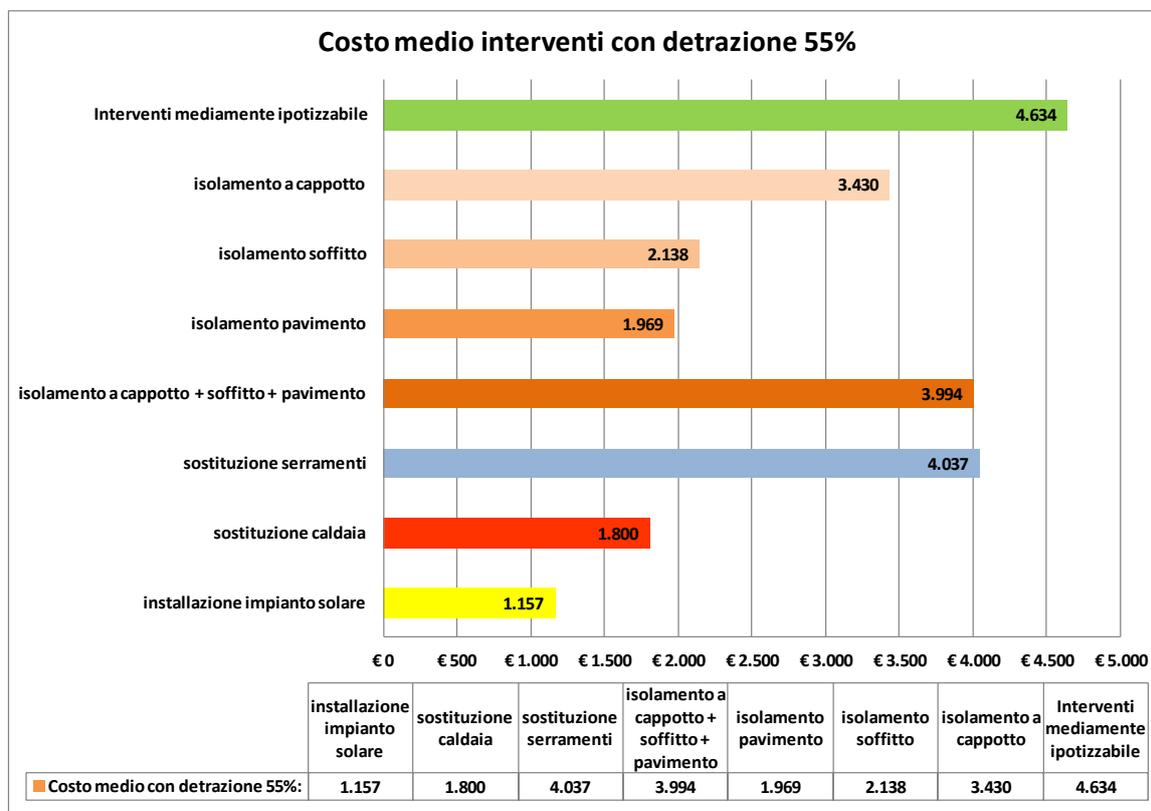


Fig. 49 - Costo medio per ciascun intervento al netto della detrazione delle spese del 55% prevista dalla Finanziaria per interventi realizzati entro dicembre 2011.

L'isolamento del soffitto e del pavimento sono auspicabili in un numero ridotto di casi, dal momento che in molte abitazioni è stata rilevata la presenza di locali adiacenti riscaldati. Anche la sostituzione dei serramenti è raramente consigliabile da un punto di vista dei risparmi energetici, dal momento che i serramenti attuali sono nella maggior parte dei casi dotati di vetro doppio ed in buono stato di conservazione.

Per ciascun intervento ipotizzato, come mostrato in Fig. 50, è stato calcolato il costo riferito all'abitazione media, utilizzando dei prezzi unitari tipici per ciascuna tipologia. È stata inoltre calcolata la spesa mediamente necessaria per effettuare gli interventi consigliati sulle abitazioni che lo necessitano, tenendo conto della possibilità di detrarre il 55% secondo quanto previsto dalla Finanziaria per interventi realizzati entro dicembre 2011.

A seguito dell'elaborazione è stato stimato il risparmio economico ottenibile mediamente nelle abitazioni dove si è suggerito almeno un intervento. Il risparmio è stato calcolato rispetto alla stima dei costi energetici ottenuti dalla simulazione delle singole abitazioni (pari a 1.270 € l'anno).

In Fig. 50 si nota come gli interventi mediamente consigliabili sulla singola abitazione portino ad un risparmio di circa 599 € all'anno.

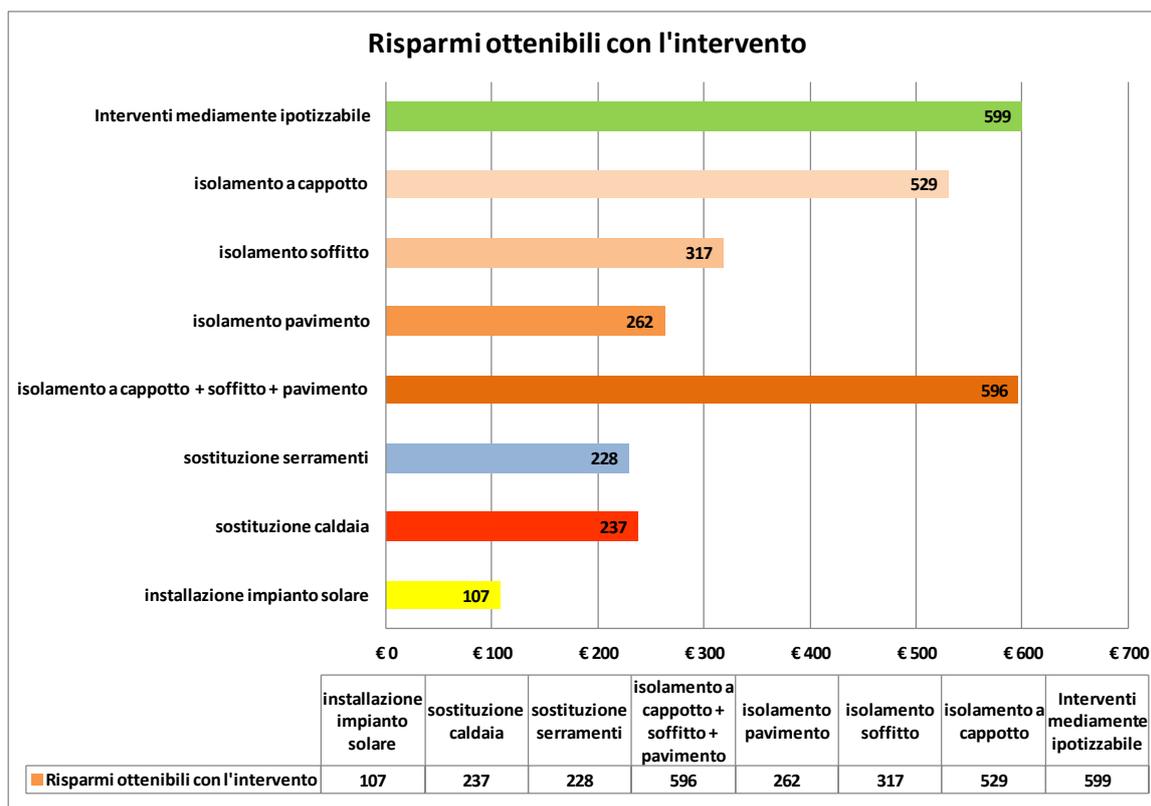


Fig. 50 - Risparmi ottenibili a seguito della realizzazione dei vari interventi proposti.

In Fig. 51 sono infine riportati i tempi di ritorno degli interventi proposti nel caso si benefici della detrazione del 55% dell'importo prevista dalla Finanziaria per opere di riqualificazione energetica. Il tempo di ritorno è risultato abbastanza simile per i vari interventi, variabile tra i 6 e gli 8 anni, al di fuori dell'installazione di un impianto solare termico (10,5 anni) e della sostituzione dei serramenti (17,7 anni).

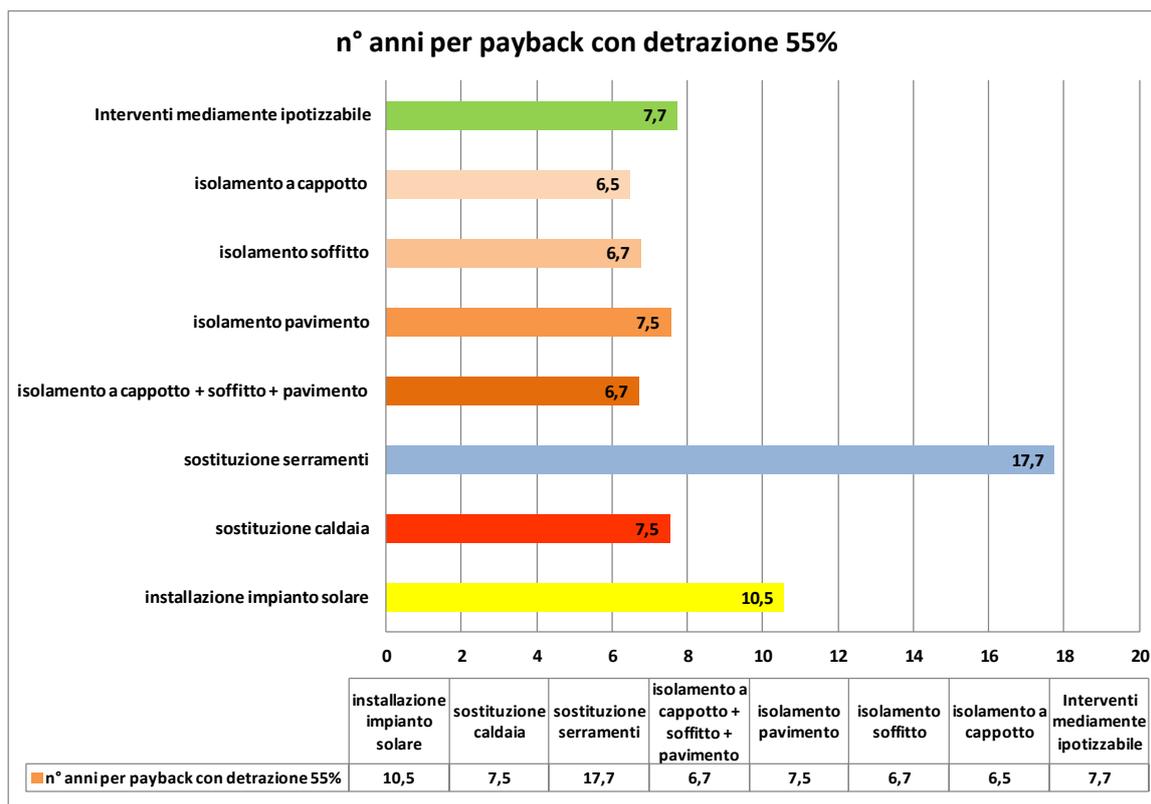


Fig. 51 - Confronto del tempo di ritorno in anni dei vari interventi proposti.

5.4 Proposta d'intervento globale sulla singola abitazione e su scala comunale

In conclusione è stato proposto un intervento globale comprendente quelli analizzati singolarmente in precedenza: si è quindi ipotizzato di realizzare, per ciascuna abitazione modellata per mezzo dei risultati del questionario, gli eventuali interventi di miglioramento suggeriti in base ai criteri precedentemente descritti. Il numero di abitazioni su cui si è ipotizzato di effettuare almeno uno degli interventi proposti è risultato essere di 48 su 57 pari al 84% del totale.

E' stato ricalcolato il consumo medio di un appartamento tra quelli soggetti all'intervento, che è risultato essere inferiore di circa il 44% rispetto alla situazione attuale; l'indice di prestazione energetica medio a livello comunale è risultato pari a 121 kWh/m2anno, rispetto ai 199 kWh/m2anno della situazione attuale. Il costo medio per abitazione per la realizzazione degli interventi è pari a circa 10.959 €, a fronte di un risparmio medio ottenibile di circa 599 € all'anno: il tempo di ritorno risulta quindi essere di 18,2 anni e di 7,7 anni considerando la detrazione del 55% prevista dalla Finanziaria.

La classe energetica raggiunta in seguito alla realizzazione di questo intervento è la C secondo la classificazione PAT, la D secondo quella nazionale.

Di seguito si riportano i risultati ottenibili a seguito della realizzazione di tutti gli interventi, su scala comunale. Le abitazioni per le quali è suggerito almeno un intervento sono 1.270 sul totale di 1.508, ovvero appunto l'84%. La spesa complessiva per la realizzazione di tutti gli interventi è stimata in circa 13.917.355 € ed il relativo risparmio che ne consegue è stato valutato in 763.178 € all'anno.

I grafici seguenti riportano i risultati più interessanti conseguibili a seguito dell'intervento globale di riqualificazione energetica.

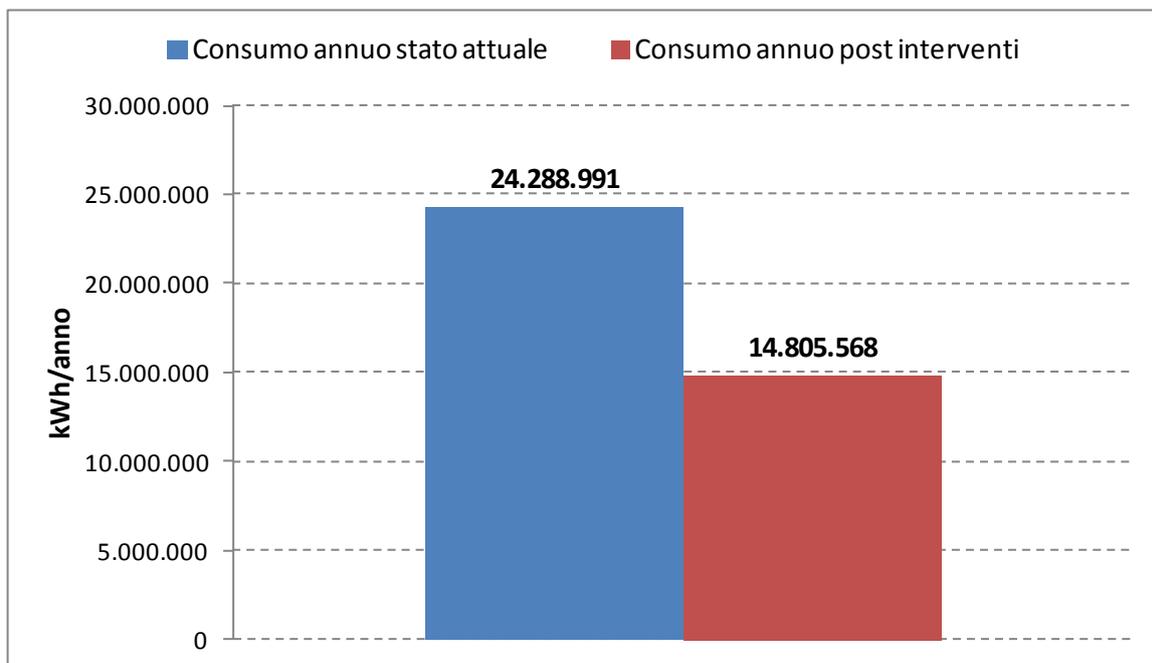


Fig. 52 - Confronto tra il consumo attuale (in kWh/anno) e quello di progetto previsto a seguito della realizzazione degli interventi migliorativi proposti su scala comunale.

I consumi complessivi sono stati stimati in 14.805 MWh all'anno, rispetto agli attuali 24.289 MWh, con una riduzione di circa il 39%. Il tempo di ritorno dell'intervento, come nel caso della singola abitazione, è di circa 18,2 anni senza considerare la detrazione del 55% e di 7,7 anni usufruendone. La CO₂ prodotta a seguito degli interventi proposti risulta essere di 2.676 tonnellate all'anno, con una riduzione del 39% rispetto alle 4.489 tonnellate emesse attualmente.

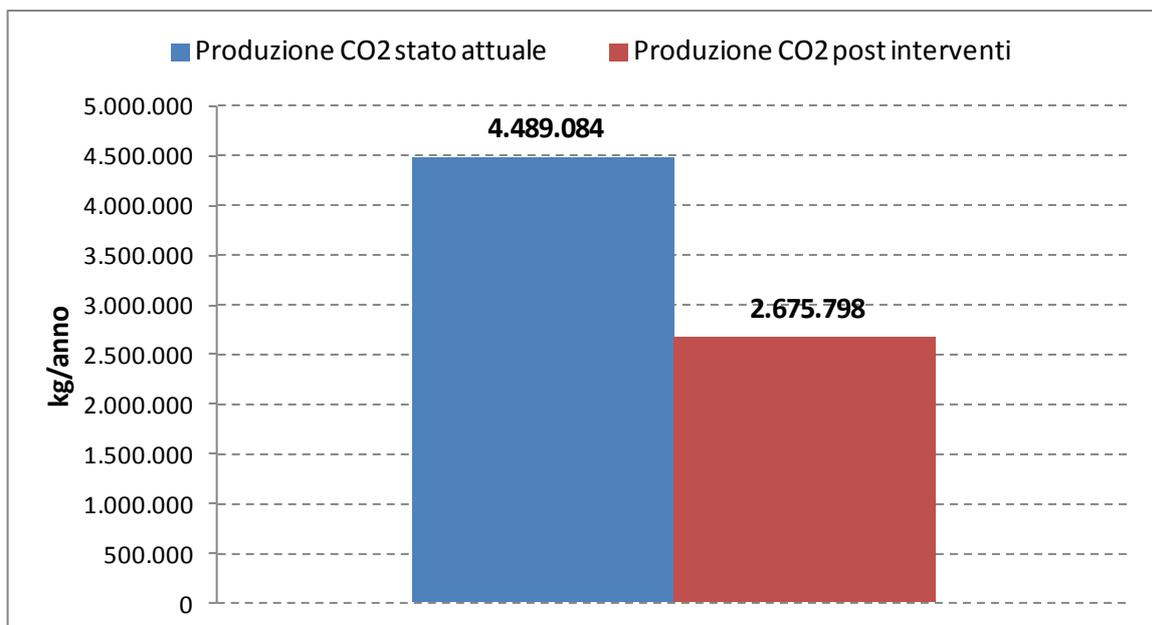


Fig. 53 - Confronto tra la produzione attuale di CO₂ e quella prevista a seguito della realizzazione degli interventi proposti su scala comunale.

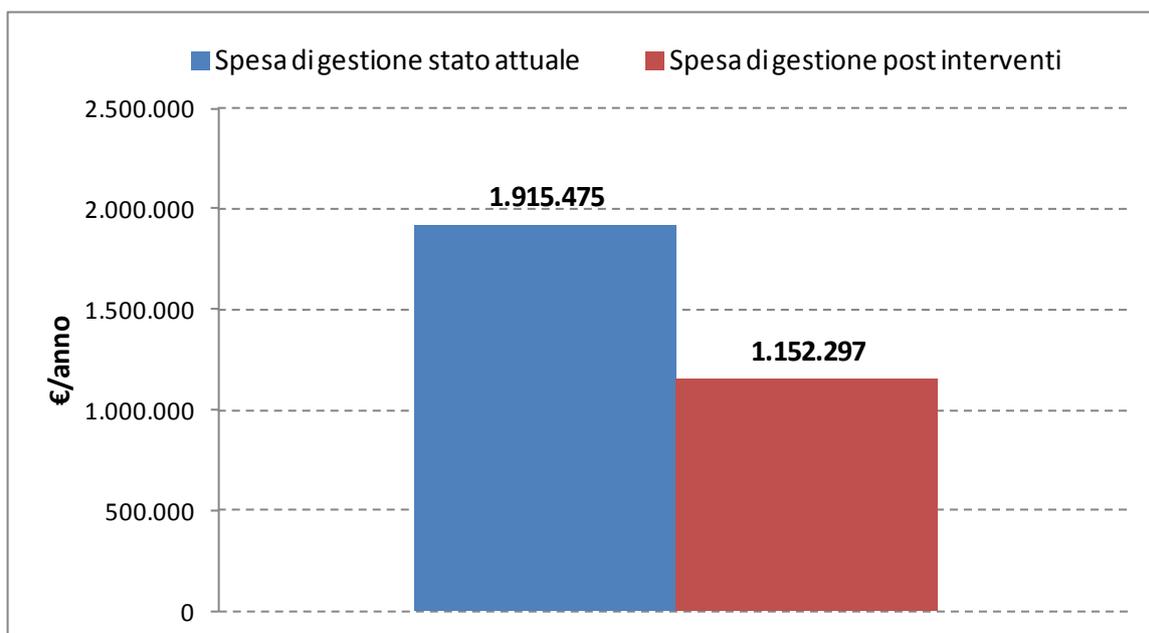


Fig. 54 - Confronto tra la spesa per il riscaldamento attuale e quella prevista a seguito della realizzazione degli interventi proposti. su scala comunale .

6 Conclusioni

I tre principali settori oggetto di analisi individuati nella redazione del Piano Energetico Comunale sono rappresentati dal complesso di edifici pubblici di proprietà del Comune, l'impianto di pubblica illuminazione e il comparto edilizio residenziale privato. Sono stati esclusi dallo studio i consumi relativi ad aziende private, esercizi commerciali e uffici nonché quelli imputabili alla mobilità e al trasporto.

Nel trarre le conclusioni riguardo ai dati reperiti ed elaborati durante la stesura del P.E.C., sono stati considerati nello specifico i seguenti aspetti per ciascun settore:

- **edifici pubblici:** attraverso la diagnosi puntuale di ciascun edificio analizzato sono stati individuati gli interventi economicamente e tecnicamente fattibili volti alla limitazione dei consumi e sono stati calcolati i relativi risparmi;
- **abitazioni private:** il questionario Check-up Casa, compilato da una parte dei cittadini di Civezzano, ha permesso di fornire una panoramica delle tipologie edilizie, della qualità dell'involucro e dell'impianto e della performance energetica degli edifici residenziali privati presenti sul territorio comunale;
- **illuminazione pubblica:** sono stati ripresi i risultati ottenuti dal PRIC principalmente da un punto di vista energetico, tralasciando l'approfondimento degli aspetti legati alla normativa stradale e all'inquinamento luminoso, e in particolare sono state riportate le possibilità di risparmio energetico ed economico ottenibili per mezzo della sostituzione delle lampade o dei corpi illuminanti (dei relativi ausiliari elettrici e installando regolatori di flusso). A questo proposito si sottolinea che in alcuni tratti per l'adeguamento alle normative sull'illuminazione stradale, è risultato necessario incrementare l'attuale livello d'illuminazione, il che si è tradotto in una riduzione del risparmio di energia rispetto a quanto si sarebbe verificato mantenendo costante il livello d'illuminazione attuale, fino a comportare in alcuni casi particolari addirittura un maggior dispendio di energia.

I risultati ottenuti sono stati riassunti con l'ausilio di grafici e tabelle suddivisi per ciascun settore e relativi sia allo stato attuale (stato di fatto) sia ad un ipotetico stato di progetto successivo alla realizzazione della totalità degli interventi di efficienza energetica individuati. All'interno dei risultati che si riferiscono allo stato di fatto è riportata una fotografia dei consumi di energia termica, in termini di combustibile, elettrica e di emissioni di CO₂ attuali del Comune di Civezzano.

Nello stato di progetto sono indicati i consumi a seguito degli interventi descritti in precedenza relativi a ogni settore analizzato (abitazioni private, edifici pubblici ed illuminazione pubblica). E' stato indicato il massimo risparmio ottenibile indipendentemente dal tempo di ritorno e dalla convenienza economica dello specifico intervento. Tale risultato va considerato perciò come una sorta di valore limite. I dati riguardanti lo stato di fatto e lo stato di progetto individuano quindi una forbice di consumi, spese ed emissioni entro cui ci si può muovere effettuando totalmente o parzialmente gli interventi di efficienza energetica descritti nel P.E.C.

Nel valutare gli esiti finali ottenuti è fondamentale rammentare sempre le ipotesi alla base dello studio, spiegate e riprese poi per ciascun ambito analizzato. In particolare le condizioni di utilizzo adottate per l'esame del comparto abitativo, che incide pesantemente sul complesso, sono state desunte attraverso i

dati di consumo forniti dagli abitanti che hanno partecipato all'iniziativa. Questi sono spesso quelli maggiormente sensibili alle tematiche ambientali e quindi anche quelli già attivi in questo campo, che spesso hanno già effettuato interventi e messo in campo misure di comportamento tali da prevenire sprechi. Ma possono coincidere anche con le persone maggiormente interessate alla riduzione dei consumi proprio perché vittime di bollette pesanti, magari a causa della tipologia di abitazione che posseggono.

6.1 Riepilogo risultati singole attività

Riassumiamo di seguito i principali risultati ottenuti dall'analisi dei vari ambiti sopra descritti, distinguendo tra comparto pubblico, con il complesso di edifici pubblici e l'impianto d'illuminazione stradale, e comparto residenziale privato.

In particolare verranno presentati i benefici ottenibili complessivamente grazie all'attuazione del P.E.C. I principali parametri presi in considerazione sono i seguenti:

- **EP_g (indice di prestazione energetica):** esprime il consumo di energia termica specifico per unità di superficie per gli edifici residenziali e per unità di volume per gli edifici comunali. Si misura in kWh/m² per gli edifici residenziali e in kWh/m³ negli altri casi. Minore è l'indice e migliore è la prestazione energetica dell'edificio. E' il parametro che si usa per l'assegnazione delle classi nella procedura di certificazione energetica.
- **Consumo:** è espresso in kWh termici o elettrici a seconda del tipo di consumi a cui si riferisce. I consumi totali sono espressi in termini di energia primaria, cioè un tipo di energia che è presente in natura e non deriva dalla trasformazione di nessuna altra forma di energia. In genere ci si riferisce all'energia contenuta nei combustibili (in termini di potere calorifico) e per questo motivo l'energia elettrica, una forma di energia secondaria, viene moltiplicata per un fattore che tiene conto dell'efficienza del parco nazionale di centrali elettriche. In particolare per produrre 1 kWh di energia elettrica sono necessari circa 2,2 kWh di energia primaria.
Nei consumi totali sono riportati anche i valori misurati in tep (tonnellate equivalenti di petrolio). Il tep rappresenta la quantità di energia fornita dalla combustione di una tonnellata di petrolio grezzo ed è pari a circa 11,6 MWh di energia primaria. Una tonnellata di petrolio equivale a circa 7,3 barili di petrolio (il barile è pari a circa 159 litri).
- **Spesa:** per i consumi termici esprime il costo annuo per la climatizzazione invernale e produzione di acqua calda a uso igienico-sanitario ed è calcolata tenendo conto del combustibile utilizzato da ciascun specifico edificio modellato. I prezzi indicativi, medi rispetto alle variazioni del mercato, che sono stati considerati in fase di elaborazione sono: 0,104 €/kWh per il gasolio, 0,072 €/kWh per il metano e 0,003 €/kWh per la legna. Per le abitazioni che hanno indicato di utilizzare legna, in integrazione dei tradizionali combustibili fossili, è stato ipotizzato che quest'ultima contribuisse per il 30% al consumo effettivo per il solo riscaldamento mentre per il 70% la climatizzazione fosse comunque assicurata attraverso il combustibile fossile indicato. Il prezzo unitario dell'energia elettrica è stato infine considerato pari a 0,180 €/kWh_e (0,083 €/kWh di energia primaria), mentre per quanto riguarda l'illuminazione pubblica è stato considerato pari a 0,138 €/kWh (0,063 €/kWh di energia primaria) dal momento che usufruisce di una tariffa più bassa.
- **Produzione di CO₂:** per calcolare le emissioni di anidride carbonica in atmosfera sono stati applicati ai consumi termici, in base al tipo di combustibile utilizzato, gli opportuni fattori di conversione (indicati nella Deliberazione del Ministero dell'Ambiente del 10 aprile 2009). Per ciascun kWh di

energia termica prodotto il metano produce il 25% di anidride carbonica in meno rispetto al gasolio, mentre le emissioni prodotte dalla combustione della legna sono considerate convenzionalmente pari a zero. Questo perché si ritiene che nel momento della combustione essa liberi in atmosfera la stessa quantità di CO₂ catturata e immagazzinata nel ciclo di vita della pianta da cui proviene, un periodo notevolmente minore rispetto a quello necessario per la formazione dei combustibili fossili.

Per quanto riguarda i consumi elettrici, il coefficiente di emissione è stato tratto dal rapporto ambientale di Enel e tiene conto dell'efficienza del parco nazionale di centrali elettriche, considerando anche l'apporto delle fonti rinnovabili.

Foresta necessaria per l'assorbimento di CO₂: le foreste, attraverso il fenomeno della fotosintesi, assorbono CO₂ fissando il carbonio in essa contenuto. Si è assunto che mediamente, un ettaro di bosco tipico del territorio italiano (con circa 300 alberi di medio fusto) possa assorbire 5 tonnellate di CO₂/anno. Valutazioni più ottimiste, ma difficilmente verificabili, stimerebbero la quantità equivalente di CO₂ fissata da ogni ettaro di bosco nell'ordine delle 14-15 tonnellate all'anno, ma si è preferito cautelativamente utilizzare il valore precedente. Grazie a questo fattore di conversione dalla quantità di anidride carbonica prodotta annualmente per i consumi termici od elettrici è possibile stimare la superficie boschiva che sarebbe necessaria per compensare le emissioni. Si è ottenuta quindi anche un'indicazione sull'impronta, in termini d'impatto sull'ambiente, dei consumi energetici relativi ai settori oggetto dell'analisi.

Per ciascuna di queste grandezze vengono riportati i valori riferiti allo stato attuale, quelli riferiti allo stato di progetto (cioè in seguito all'eventuale realizzazione degli interventi di efficienza energetica) ed infine il risparmio ottenibile espresso come valore assoluto e come variazione percentuale rispetto allo stato attuale.

6.1.1 Risultati della diagnosi energetica sugli edifici pubblici e l'illuminazione stradale

Le attività considerate nello schema comprendono sia la riqualificazione energetica degli edifici comunali oggetto di diagnosi che gli interventi di ammodernamento dell'impianto di illuminazione pubblica esistente. Nella tabella seguente sono evidenziati i risultati e i benefici ottenibili grazie agli interventi auspicati.

		Unità di misura	STATO DI FATTO		STATO DI PROGETTO		RISPARMI			
			Edifici pubblici	Illuminaz. pubblica	Edifici pubblici	Illuminaz. pubblica	Edifici pubblici		Illuminaz. pubblica	
CONSUMI TOTALI	Consumo	[kWh]	1.292.196	634.389	853.548	288.996	438.649	34%	345.393	54%
	Spesa	[€]	100.221	40.257	64.171	18.339	36.050	36%	21.918	54%
	Consumo	[tep]	111,1	54,6	73,4	24,9	37,7	34%	29,7	54%
	Produzione CO ₂	[ton]	267,7	126,4	170,4	57,6	97,3	36%	68,8	54%
	Foresta necessaria per assorbimento CO ₂	[ettari]	53,5	25,3	34,1	11,5	19,5	36%	13,8	54%

Fig. 55 - Consumi, spese ed emissioni annue relative al comparto pubblico. E' indicato il valore complessivo riferito agli edifici comunali oggetto di diagnosi e quello riguardante l'illuminazione pubblica.

I consumi degli edifici pubblici sono quelli calcolati attraverso i modelli elaborati, tarati a loro volta sui consumi reali. Dall'analisi è così emerso un consumo di energia primaria di circa 1.290 MWh per i quattro edifici (scuola dell'infanzia, scuola primaria, complesso "Oxford" e palestra). Il consumo dovuto all'illuminazione stradale è invece di circa 630 MWh all'anno.

La riduzione media dei consumi di combustibili ed energia elettrica ottenibile dall'efficientazione degli edifici pubblici è stimata pari al 34%, mentre la riduzione della bolletta energetica sarebbe del 36%. Le differenze tra i due valori sono dovute ai differenti costi che derivano dall'utilizzo del metano rispetto al gasolio o ancora rispetto al consumo di energia elettrica, a parità di energia fornita. Il valore medio è però in questo caso poco rappresentativo e per capire l'importanza dell'esito che in alcuni casi avrebbe la realizzazione delle misure individuate è necessario osservare singolarmente la scheda di ciascun edificio.

Per quanto concerne l'illuminazione pubblica i risultati ottenibili attraverso l'attuazione del PRIC permetterebbero una riduzione generale del 54% dei consumi così come dei costi e delle emissioni relativi. La quantità di energia elettrica prelevata dalla rete passerebbe da 630 MWh annui a 290 MWh annui, con una stima di spesa che calerebbe a circa 18.300 € dagli oltre 40.000 € attuali. L'analisi è stata svolta assumendo un funzionamento dell'impianto d'illuminazione di 4.048 ore all'anno; si è inoltre considerato che, allo attuale, dopo la mezzanotte parte delle sorgenti luminose vengono disalimentate, mentre nello stato di progetto saranno installati dei regolatori di flusso. Da questi dati si evince che il comparto pubblico, nel suo complesso, emette circa 394 tonnellate annue di anidride carbonica, una quantità come vedremo di molto inferiore rispetto alle emissioni attribuibili all'insieme delle abitazioni private. La superficie di foresta che ne garantirebbe l'assorbimento risulta essere attualmente pari a circa 79 ettari.

La realizzazione degli interventi di efficienza energetica proposti consentirebbe complessivamente risparmi del 40% in termini di consumo, del 42% in termini di emissioni di anidride carbonica in atmosfera, mentre per quanto riguarda la spesa si potrebbero ridurre i costi per gli usi termici ed elettrici del 41%.

6.1.2 Risultati dell'analisi delle abitazioni private

In figura 56 si riporta il confronto dei valori medi di consumi, spese ed emissioni calcolati per lo stato di fatto e per quello di progetto, che presuppone la realizzazione degli interventi individuati. L'analisi è stata eseguita sia in termini unitari, riferendosi alla singola abitazione privata, che su scala comunale, proiettando i risultati sull'insieme di tutte le abitazioni private presenti sul territorio comunale. Dalla lettura dei dati ottenuti emerge un'ampia diffusione di edifici poco performanti dal punto di vista energetico.

			STATO DI FATTO		STATO DI PROGETTO		RISPARMI			
		Unità di misura	Singola abitazione	Totale Comune	Singola abitazione	Totale Comune	Singola abitazione		Totale Comune	
CONSUMI TOTALI	Consumo	[kWh]	21.136	31.872.497	14.847	22.389.074	6.289	30%	9.483.423	30%
	Spesa	[€]	1.640	2.473.598	1.134	1.710.421	506	31%	763.178	31%
	Consumo	[tep]	1,8	2.741,0	1,3	1.925,4	0,5	30%	815,6	30%
	Produzione CO ₂	[ton]	4,0	6.000,2	2,8	4.186,9	1,2	30%	1.813,3	30%
	Foresta necessaria per assorbimento CO ₂	[ettari]	0,8	1200,0	0,6	837,4	0,2	30%	362,7	30%

Fig. 56 - Consumi, spese ed emissioni annue relative alle abitazioni private. E' indicato il valore medio della singola abitazione e quello globale relativo alla complessità delle abitazioni private presenti sul territorio comunale.

Bisogna sottolineare che, mentre le classi energetiche ottenute per gli edifici analizzati e gli indici di prestazione in condizioni standard non si discostano probabilmente di molto da ciò che si sarebbe potuto ottenere a seguito di uno studio approfondito, lo scostamento del modello in condizioni di utilizzo standard dai dati reali di consumo forniti dai cittadini è risultato di circa il 37%. Ciò è principalmente la conseguenza dell'uso particolare che ciascuna persona fa della propria casa, delle proprie abitudini, della propria sensibilità ambientale e della propria attenzione al contenimento delle spese di gestione. La differenza è imputabile inoltre, almeno in parte, al fatto che l'elaborazione dei dati raccolti attraverso la compilazione da parte dei cittadini dei questionari Check-up casa è stata eseguita con il metodo semplificato riportato nell'allegato 2 del DM 26 giugno 2009 (Linee guida nazionali sulla certificazione energetica degli edifici). Va inoltre sottolineato che, come previsto per la redazione degli attestati di certificazione energetica, la procedura di calcolo utilizzata presuppone un funzionamento continuato 24 ore su 24 dell'impianto di riscaldamento, senza attenuazione o spegnimento notturno, e il fabbisogno di energia per la produzione di acqua calda sanitaria varia in maniera proporzionale con la superficie riscaldata, che rispetto ai contesti cittadini risulta essere nelle vallate mediamente maggiore a parità di abitanti. Anche la spesa calcolata per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria, di conseguenza, risulta essere in genere più gravosa rispetto a quanto sostenuto realmente dalle famiglie. Su questo aspetto ha pesato anche il fatto che, per chi ha indicato di utilizzare anche biomassa per la climatizzazione invernale, nel calcolo della spesa è stato considerato un utilizzo forfettario di una quantità della stessa sufficiente a coprire il 30% del fabbisogno annuo per il riscaldamento. Alla legna è stato poi attribuito un costo di approvvigionamento di mercato, pari a 0,03 €/kWh, nonostante quasi sempre per gli utilizzatori essa non rappresentasse veramente un costo perché disponibile attraverso il taglio dei boschi. Per questo motivo si è provveduto a tarare il modello consentendo così una corretta valutazione degli interventi da consigliare. Si ottiene quindi complessivamente un consumo annuo medio di energia primaria per la singola abitazione privata pari a 1,8 tonnellate equivalenti di petrolio (tep) e una corrispondente produzione annua di anidride carbonica di 4,0 tonnellate. Per compensare l'emissione media della singola abitazione privata sarebbero necessari circa 0,8 ettari di foresta.

Per la totalità degli edifici privati del Comune si ottiene un consumo annuo di energia primaria pari a circa 32 GWh (2.700 tep), a cui corrispondono una spesa energetica complessiva di quasi 2,5 milioni di euro, un'emissione annua in atmosfera di anidride carbonica di circa 6.000 tonnellate e una superficie di foresta necessaria a garantirne l'assorbimento nell'ordine dei 1.200 ettari (pari a circa il 77% dell'estensione dell'intero territorio comunale). Un semplice confronto con quanto riportato nel paragrafo precedente rivela che l'impronta ambientale del comparto abitativo, così come il consumo e la spesa energetica, è di oltre 15 volte superiore rispetto all'impronta dovuta alle utenze pubbliche.

Con la realizzazione degli interventi di efficienza energetica (tra i quali i più convenienti risultano la sostituzione del generatore di calore e l'isolamento dell'involucro edilizio) si è calcolato in conclusione che sarebbe possibile ottenere risparmi del 30% in termini di consumo e di emissioni, mentre per quanto riguarda la spesa si potrebbe ridurre i costi di riscaldamento e produzione di acqua calda sanitaria del 31% con un risparmio economico di oltre 760.000 euro.

6.2 Risultati globali

Gli esiti e le valutazioni tratte per le diverse attività esposte fino ad ora sono state, in ultimo, oggetto di una fusione per ottenere una visione unica degli effetti attesi dall'attuazione del PEC e stilare dunque, sulla base di diversi criteri, una scala di priorità indispensabile per la stesura di un programma operativo d'attuazione.

La figura 57 riassume i valori di consumo, spesa e produzione di anidride carbonica stimati complessivamente per il comparto pubblico e per le abitazioni private del Comune di Civezzano. Lo studio svolto non comprende i consumi relativi ad aziende private, esercizi commerciali, uffici e quelli imputabili alla mobilità e al trasporto. Sono chiaramente evidenziati i benefici ambientali ed economici che si possono ottenere effettuando scelte ed interventi mirati alla riduzione dei consumi e delle spese, utilizzando nuove tecnologie in sostituzione di quelle presenti ed obsolete (caldaie a condensazione al posto delle tradizionali per il riscaldamento, lampade a led o al sodio anziché al mercurio per l'illuminazione pubblica, pannelli solari termici per l'acqua calda sanitaria) e intervenendo sulla qualità energetica degli involucri degli edifici (applicazione di isolamenti a cappotto, rinnovo dei serramenti).

In seguito ad un'ipotetica realizzazione di tutti gli interventi di efficienza energetica descritti nelle relative sezioni, il consumo di energia primaria complessivo potrebbe in linea teorica essere ridotto del 30%, abbassandosi così dalle 2.907 tonnellate equivalenti di petrolio annue attuali a circa 2.024 tonnellate. Analogamente verrebbero ridotte in maniera molto evidente anche le emissioni di anidride carbonica imputabili agli utilizzi sul territorio comunale, che passerebbero da circa 6.400 tonnellate annue a poco più di 4.400 tonnellate, e conseguentemente anche la superficie equivalente di foresta che sarebbe necessaria per garantirne l'assorbimento, attualmente equivalente secondo la modellazione a 1.279 ettari (circa il 82% dell'intera estensione del territorio comunale pari a 1.552 ettari). Si osservino in proposito i grafici delle pagine seguenti, in particolare il grafico di Fig. 58 e 59, che rappresentano il risparmio totale in termini di energia primaria e di emissioni di anidride carbonica che si possono ottenere complessivamente nell'intero Comune considerando sia il comparto pubblico sia quello privato.

			STATO DI FATTO	STATO DI PROGETTO	RISPARMI	
		Unità di misura	Totale	Totale	Totale	
CONSUMI TOTALI	Consumo	[kWh]	33.799.082	23.531.619	10.267.464	30%
	Spesa	[€]	2.614.077	1.792.931	821.146	31%
	Consumo	[tep]	2.906,7	2.023,7	883	30%
	Produzione CO ₂	[ton]	6.394,3	4.414,9	1.979	31%
	Foresta necessaria per assorbimento CO ₂	[ettari]	1.278,9	883,0	395,9	31%

Fig 57 - Riassunto complessivo dei consumi, delle spese e delle emissioni relative al Comune di Civezzano.

L'impatto in termini di bilancio netto di anidride carbonica immessa in atmosfera dal Comune di Civezzano risulta quindi allo stato attuale verosimilmente minore di zero. Si stima cioè che gli alberi presenti nel territorio Comunale siano già in grado di compensare le emissioni attuali. Con le azioni mirate al contenimento dei consumi nei settori d'illuminazione pubblica, degli edifici comunali, ma soprattutto delle abitazioni private, la situazione migliorerebbe ulteriormente.

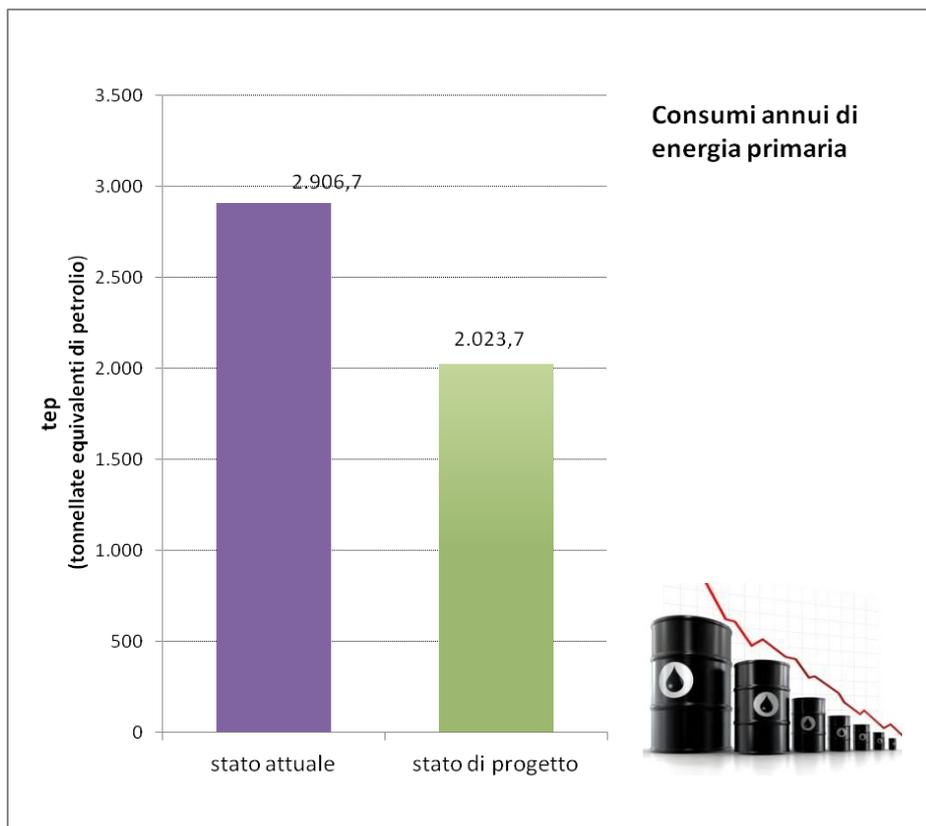


Fig. 58 - Stima dei risparmi di energia conseguibili complessivamente nei tre settori a seguito degli interventi proposti.

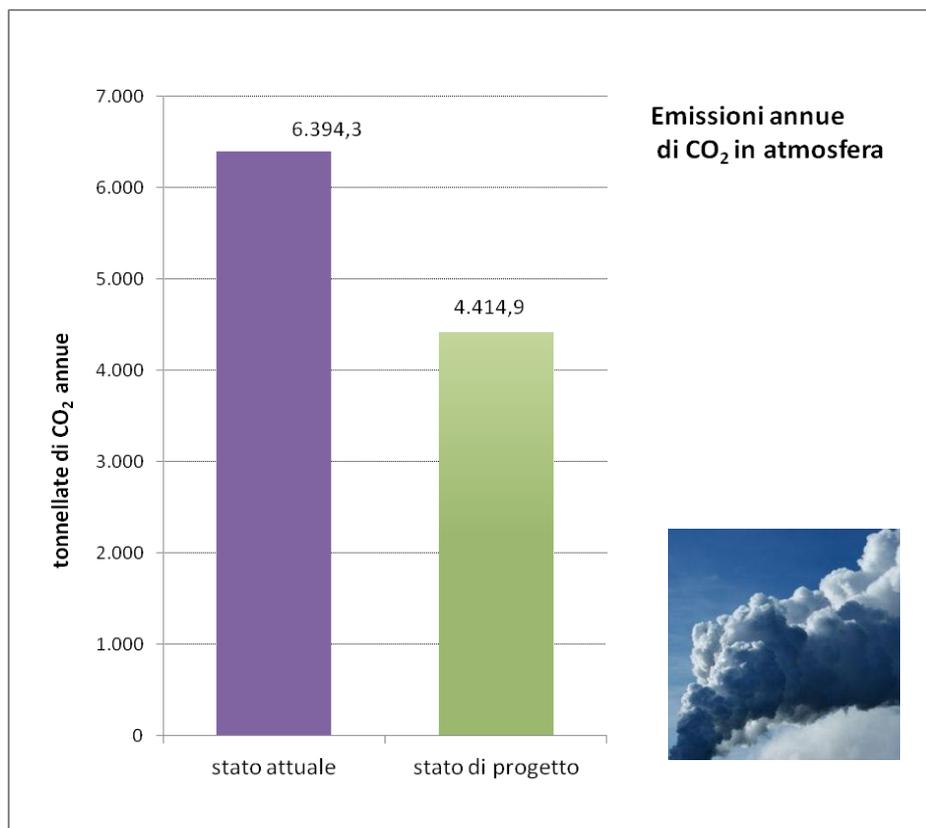


Fig.59 - Stima della riduzione delle emissioni di CO₂ conseguibile complessivamente nei tre settori a seguito degli interventi proposti.

Il grafico in figura 60 mostra infine come i maggiori margini di beneficio si evidenzino sulla bolletta energetica, con risparmi teorici nell'ordine del 31% grazie ad una spesa che potrebbe passare dagli oltre 2,6 milioni di euro stimati per la spesa attuale a quasi 1,8 milioni di euro.

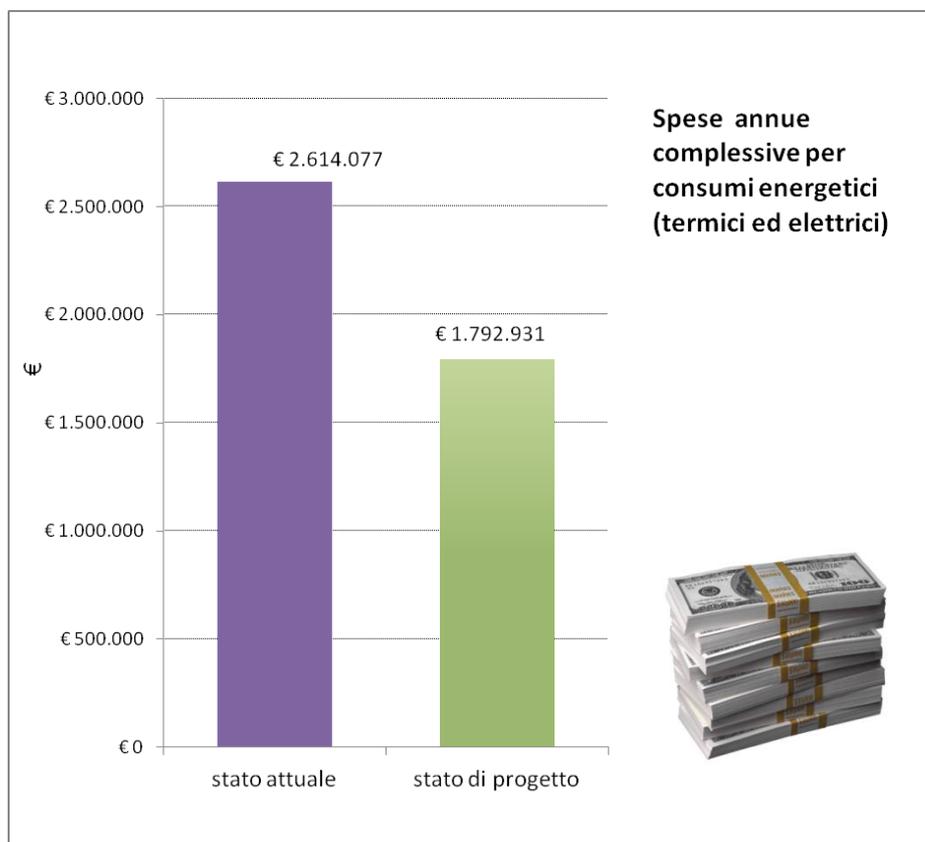


Fig. 60 - Stima dei risparmi economici conseguibili complessivamente nei tre settori a seguito degli interventi proposti.

In seguito a questa panoramica delle possibilità globali di risparmio, è indispensabile individuare i settori più incisivi nei quali intervenire per massimizzare gli sforzi e gli investimenti. Il grafico in figura 61 mostra la ripartizione attuale dei consumi di energia primaria tra i tre diversi ambiti analizzati: abitazioni private, edifici pubblici e illuminazione pubblica.

Si evince come il 94% dell'utilizzo delle risorse energetiche sia imputabile alla climatizzazione e alle utenze elettriche al servizio delle abitazioni private del territorio, mentre gli edifici pubblici e l'illuminazione pubblica concorrano solo per un 4% e un 2% rispettivamente.

Il dato è significativo poiché rivela come l'amministrazione comunale, nonostante l'importante ruolo di promozione che può svolgere dando prova ed esempio di sensibilità ambientale, possa incidere solo in piccola parte sul bilancio energetico complessivo dei consumi energetici. Se con l'attuazione degli interventi di efficienza energetica sui propri edifici e la riqualificazione dell'impianto d'illuminazione pubblica il Comune riducesse del 40% i consumi energetici nei propri settori di competenza, come indicato nelle tabelle precedenti, si otterrebbe una riduzione complessiva dei consumi di poco più del 2%; se invece ad esempio tutte le abitazioni private con caldaie tradizionali obsolete (stimate in poco meno di 500) sostituissero la propria caldaia (con una spesa media per ciascun intervento al netto delle detrazioni di circa 1.800 € per un totale di meno di circa 860.000 €) si avrebbe una riduzione dei consumi globali superiore al

4% con un risparmio economico di circa 110.000 €/anno. Restano comunque valide tutte le considerazioni di carattere economico sugli importanti vantaggi che potrebbe trarne l'amministrazione comunale.

Il grafico in figura 62 mostra l'incidenza dei diversi settori energetici analizzati in termini di emissioni di anidride carbonica in atmosfera dovute sia a consumi termici che elettrici. Si è scelto per semplicità di valutare le emissioni della sola anidride carbonica poiché tale gas è ritenuto uno tra i principali responsabili dell'effetto serra, e dunque del riscaldamento globale e dei mutamenti climatici che stanno interessando il nostro pianeta.

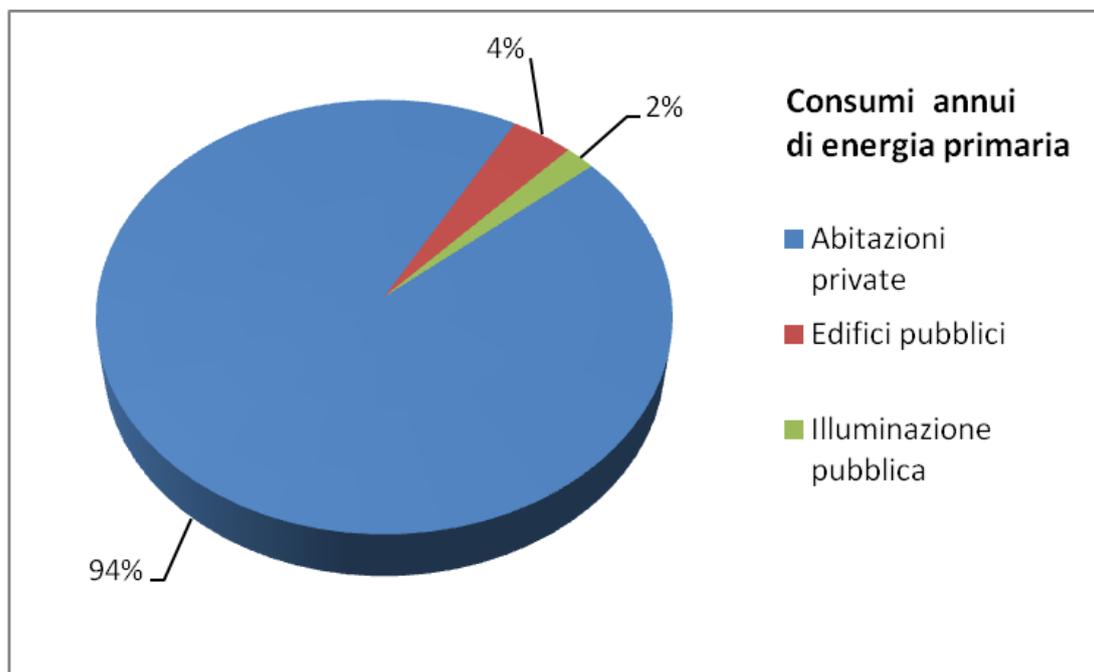


Fig. 61 - Ripartizione attuale dei consumi annui di energia primaria (termica ed elettrica) suddivisi per settore.

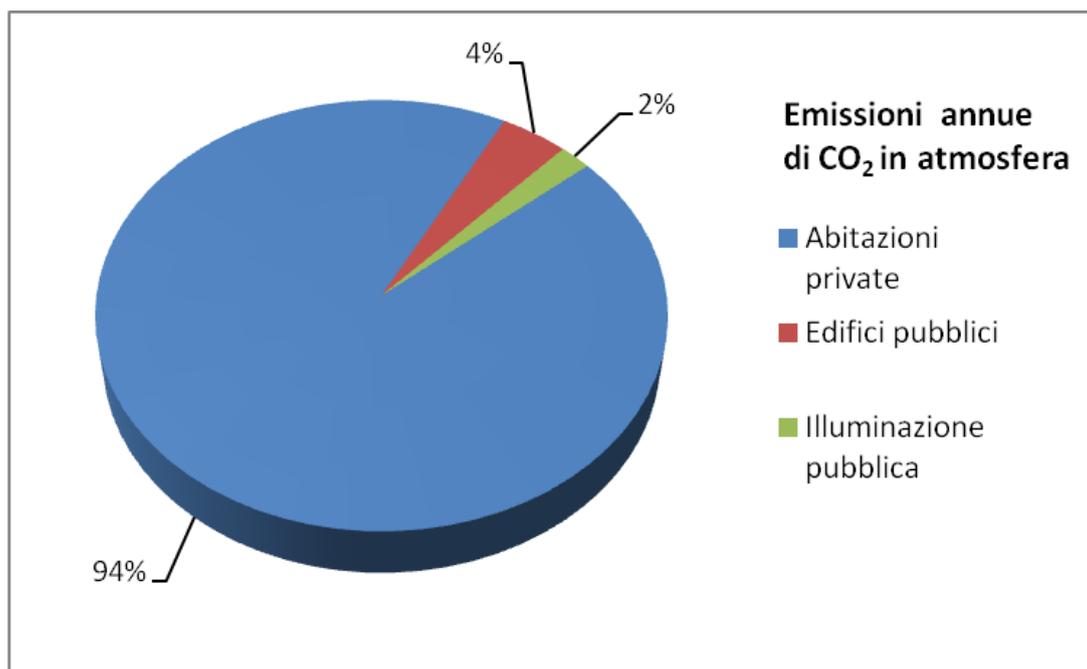


Fig. 62- Ripartizione delle emissioni di CO₂ suddivisi per settore.

Il comparto dell'edilizia abitativa, al quale sono imputabili circa il 94% del totale delle emissioni, svolge il ruolo principale nella produzione di CO₂. L'insieme degli edifici pubblici contribuisce solamente per il 4%, mentre l'illuminazione pubblica (per cui si hanno solo emissioni dovute ai consumi elettrici) per il 2% delle emissioni totali.

La realizzazione diffusa d'interventi di efficienza energetica da parte dei singoli cittadini, con una forte sensibilizzazione della popolazione da parte dell'amministrazione pubblica, è dunque di primaria importanza nell'ottica di una riduzione complessiva dei consumi del Comune di Civezzano.

Abbiamo visto come il corretto intervento sulla specifica abitazione necessita spesso di modesti investimenti e come nella maggior parte dei casi questi ultimi si ripaghino comunque in breve tempo già con i soli risparmi ottenibili in bolletta. Gli attuali incentivi previsti per interventi di efficienza energetica a livello statale (sottoforma di detrazione fiscale del 55% della spesa sostenuta) e provinciale (30% in conto capitale, non cumulabile con il precedente) ne rendono inoltre ancora più conveniente la realizzazione.

I grafici in figura 63, 64 e 65 permettono un immediato confronto tra i consumi di energia primaria e le spese energetiche per i tre settori analizzati nello stato attuale e nello stato di progetto, che presuppone la realizzazione della totalità degli interventi energetici precedentemente descritti.

Il notevole divario tra ambito privato e settori pubblici, evidente in tutti tre i grafici, dimostra il significato delle considerazioni fatte in merito all'attività di promozione che l'amministrazione pubblica deve principalmente svolgere per un efficace percorso di efficientazione complessiva del Comune di Civezzano.

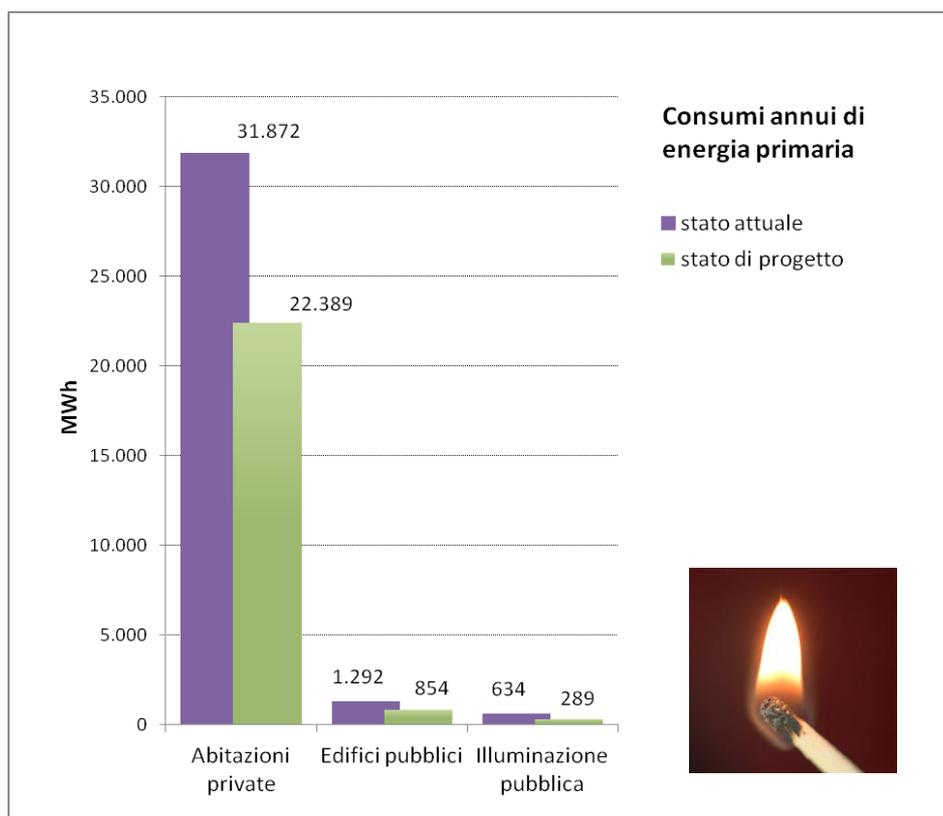


Fig. 63 - Confronto fra i consumi di energia primaria stimati allo stato attuale e allo stato di progetto nei tre settori. I valori sono espressi in MWh

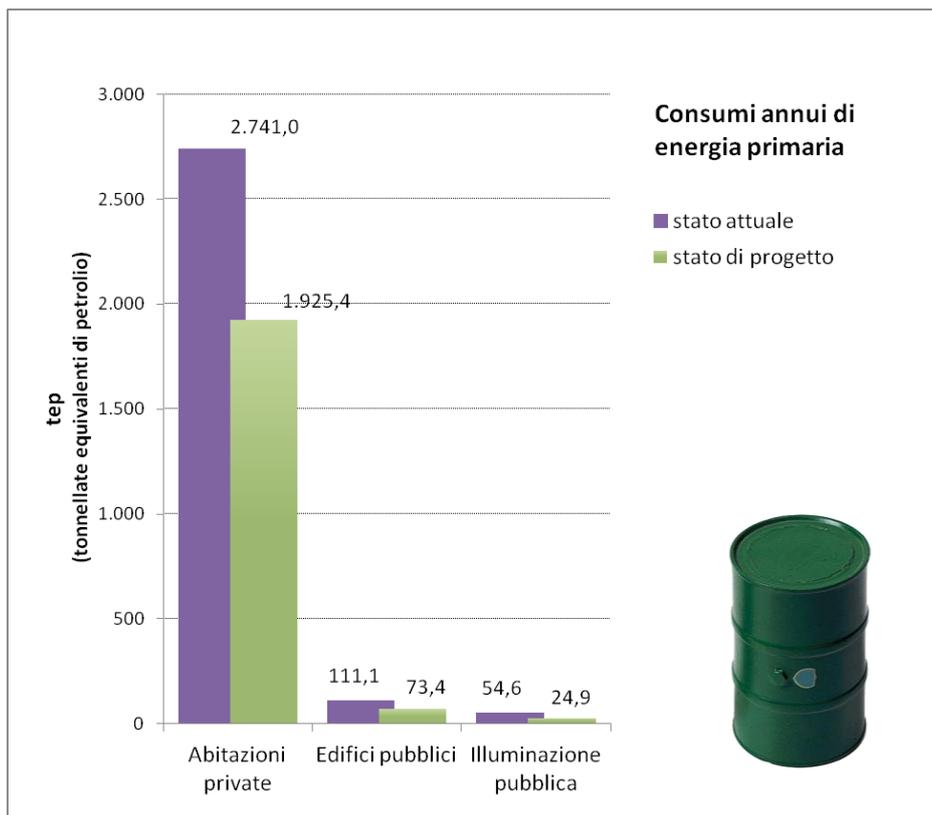


Fig. 64 - Confronto fra i consumi di energia primaria stimati allo stato attuale e allo stato di progetto nei tre settori.

I valori sono espressi in tep (tonnellate equivalenti di petrolio).

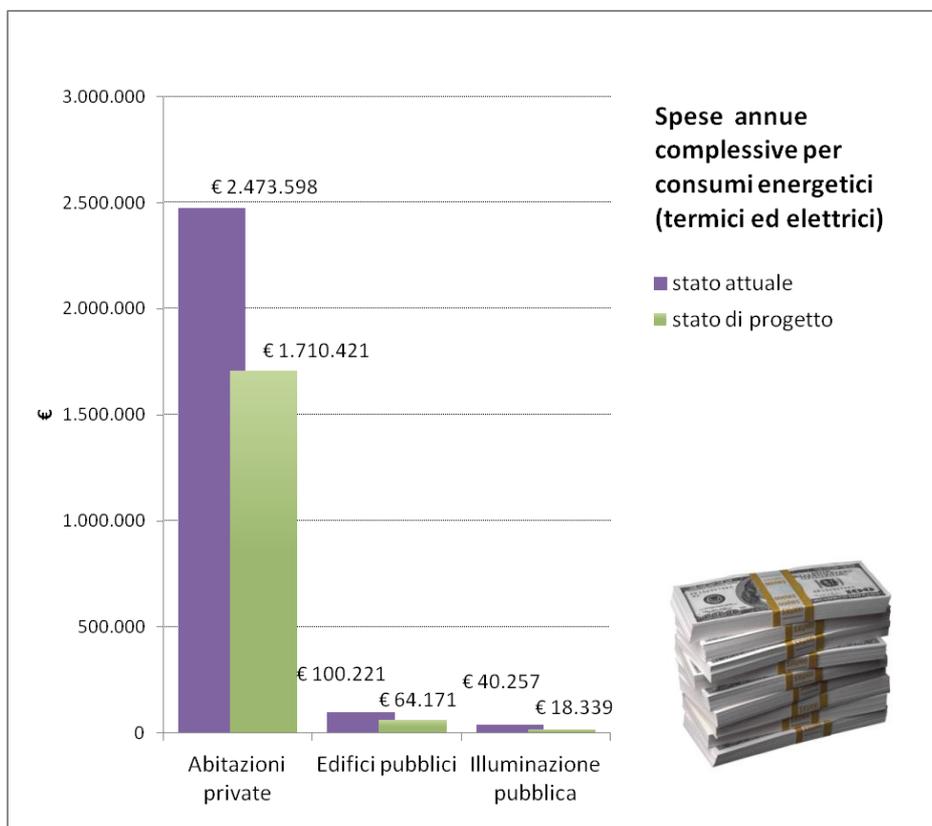


Fig. 65 - Confronto fra le spese per l'energia stimati allo stato attuale e allo stato di progetto nei tre settori.

Il grafico in figura 66 rimarca come il comparto relativo alle abitazioni private si possa ritenere responsabile dell'emissione in atmosfera di circa 6.000 tonnellate di anidride carbonica all'anno. L'illuminazione pubblica e l'insieme degli edifici pubblici, come osservato in precedenza, hanno complessivamente un valore di emissioni di circa 15 volte inferiore. Con interventi mirati di efficienza energetica è possibile diminuire in modo significativo le emissioni di CO₂ sul territorio comunale dovute ai settori oggetto di analisi.

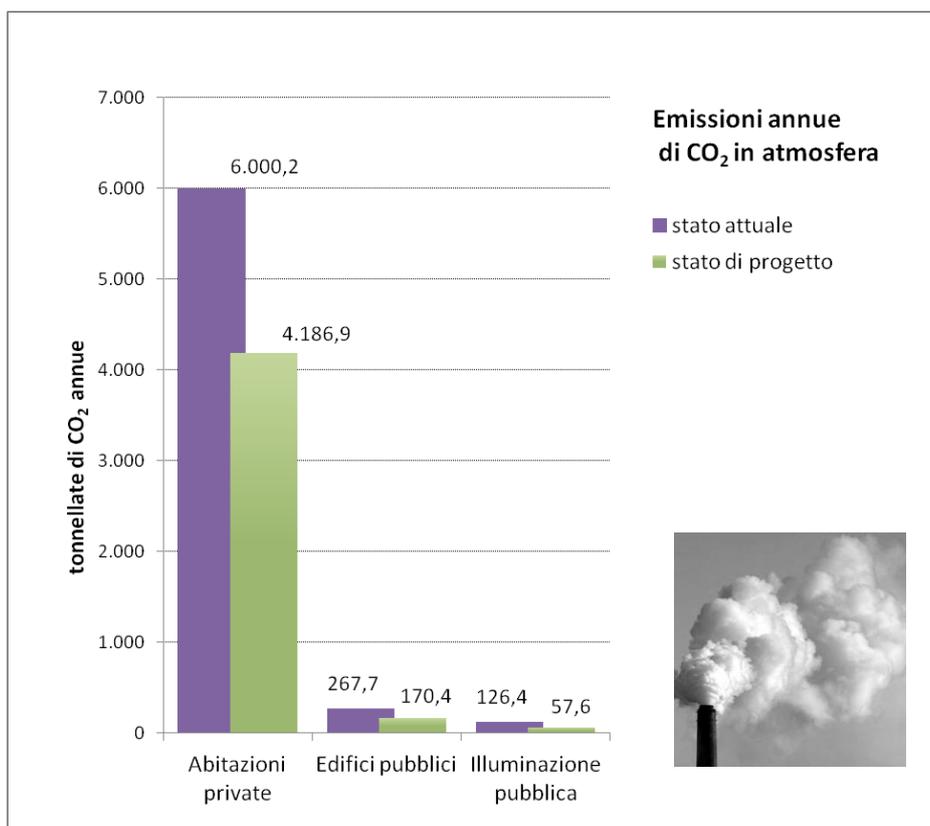


Fig. 66 - Confronto fra le emissioni di CO₂ stimate allo stato attuale e allo stato di progetto nei tre settori analizzati.

6.3 Pianificazione degli interventi

Con queste ultime considerazioni si vuole dare un'indicazione al Comune su quali sono le misure individuate dal PEC che maggiormente meritano attenzione, per permettere una pianificazione delle opere e delle risorse necessarie secondo una reale scala di priorità.

I criteri che influenzano la scala di priorità e il programma di attuazione dipendono da fattori di natura tecnica, economica, socio-politico e legislativa. In alcuni casi interventi già con altro scopo pianificati per lo stesso edificio o tratto stradale possono facilmente permettere l'accorpamento di misure volte al risparmio energetico che vanno dunque necessariamente anticipate rispetto a quella che sarebbe stata altrimenti la normale programmazione, e questo per evitare l'inutile sommarsi di costi e il ripetersi dei disagi. Altre volte è invece il contrario, e magari il rimodernamento di un tratto di illuminazione stradale che in termini economici garantirebbe risultati nel brevissimo periodo dovrà attendere l'approvazione e il finanziamento di un'opera di sistemazione stradale comunque necessaria. Capita a volte che nell'attuale scenario di continuo aggiornamento legislativo è ad esempio necessario attendere la completa attuazione degli strumenti regolamentari o lo stabilizzarsi delle misure e degli incentivi che spesso li accompagnano. Riguardo in particolare l'illuminazione esterna, è indispensabile sottolineare che per poter beneficiare

dell'importante contributo provinciale a cui ci si è riferiti anche nel PRIC e che potrebbe abbattere di molto la spesa necessaria per la realizzazione degli interventi, è necessario comunque attendere l'individuazione su base provinciale degli interventi per il graduale adeguamento degli impianti di illuminazione esterna esistenti (consistente nell'elenco, nella classificazione e nelle disposizioni specifiche per i singoli interventi volti alla riduzione dell'inquinamento luminoso) che sarà effettuata da APE, sulla base dell'esame dei diversi P.R.I.C., applicando particolari criteri. Il Piano Provinciale di intervento per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso di cui alla Legge provinciale n. 16 del 3 ottobre 2007 prevede infatti contributi che potranno arrivare al 100% della spesa per gli interventi ritenuti più urgenti (quelli che riguardano gli impianti più inquinanti, meno efficienti e più estesi). Precedentemente è comunque possibile svolgere gli interventi ma i costi saranno completamente a carico del Comune.

In generale poi tutti i contributi a valere sulla LP 14/80 attualmente non sono usufruibili dagli enti pubblici (ad eccezione di quelli per la realizzazione di studi e diagnosi) in quanto si attende un finanziamento delle risorse necessarie.

Con questi esempi si dimostra come la programmazione delle opere che debba essere frutto di una continua e successiva concertazione tra il soggetto tecnico e quello amministrativo.

L'attuazione degli interventi di efficienza energetica deve comunque partire dalle conoscenze rese disponibili dalle analisi tecnico-economiche eseguite, che hanno rivelato ottime possibilità di efficientazione in diversi ambiti, sia del settore privato che di quelli pubblici.

Sulla base delle considerazioni appena viste, e in base ai criteri di priorità adottati, lo schema di attuazione degli interventi proposti può essere suddiviso nelle seguenti fasi operative temporali:

- previsione delle voci di spesa;
- attuazione degli interventi sugli edifici pubblici che non necessitano di progettazione;
- promozione degli interventi sulle abitazioni private e sensibilizzazione della cittadinanza;
- progettazione delle soluzioni progettuali più urgenti individuate nel PRIC;
- progettazione degli interventi proposti sugli edifici pubblici;
- attuazione degli interventi per i quali si è conclusa la fase progettuale;
- richiesta ed affissione della targa energetica (in seguito all'aggiornamento dell'ACE) non oltre il 31 dicembre 2013.

6.3.1 Previsione delle voci di spesa

Mentre alcune misure non necessitando di progettazione, dell'ausilio di personale qualificato e di acquisto di materiale e di servizi, possono essere subito rese operative attraverso le sole risorse interne, altre devono prevedere l'acquisto di componenti e la partecipazione di altri soggetti, con il pagamento dei relativi compensi. Per questo motivo è prioritario anzitutto individuare le voci di spesa con la relativa copertura.

6.3.2 Attuazione degli interventi che non necessitano di progettazione su edifici pubblici

Durante lo studio si sono rivelate in alcuni edifici anomalie nella regolazione della temperatura degli ambienti. In particolare i pochi termostati delle varie zone del complesso "Oxford" e della scuola elementare non sono sufficienti per garantire una corretta regolazione della temperatura e di conseguenza un comfort psico-fisico adeguato. Si consiglia di adoperarsi da subito per l'installazione delle valvole termostatiche su entrambi questi edifici. Il risparmio ottenibile per il complesso "Oxford" ad esempio,

anche se dell'ordine solo del 6 %, confrontato con il basso costo di realizzazione consentirebbe un tempo di ritorno dell'investimento di circa 4 anni.

Altri interventi sono inoltre attuabili in breve tempo poiché necessitano esclusivamente di una Dichiarazione di Inizio Attività e del rispetto di determinati limiti di prestazione energetica come nel caso dell'isolamento dell'involucro o della sostituzione delle finestre.

Infine, è bene sottolineare che alcuni interventi potrebbero essere svolti anche direttamente dall'operaio comunale e consentirebbero di ridurre ulteriormente i costi, come ad esempio l'esecuzione degli scavi di collegamento tra gli edifici nel caso di realizzazione di centrali termiche uniche a servizio rispettivamente di scuola dell'infanzia e primaria e della palestra esistente e nuova.

6.3.3 Promozione di interventi su abitazioni private e sensibilizzazione della cittadinanza

Il notevole divario tra l'incidenza sui consumi globali del settore privato rispetto a quello pubblico, indica quale prima necessità la progettazione di uno strumento di informazione, sensibilizzazione e supporto ai cittadini grazie al quale l'amministrazione pubblica può rendersi protagonista del futuro ambientale del suo territorio. Nell'attuazione delle misure volte alla riduzione dell'impatto delle abitazioni private il Comune deve essenzialmente svolgere un'attività di promozione verificando al contempo la congruità dei propri strumenti regolatori ed eventualmente prevedendo ulteriori incentivi economici piuttosto che urbanistici, ad esempio con l'introduzione di bonus volumetrici e sconti sugli oneri di urbanizzazione in base all'efficienza energetica e ambientale.

Una valida proposta potrebbe consistere nell'apertura stabile di uno sportello informativo, anche con appuntamenti quindicinali o mensili, per dare modo alla cittadinanza di avere un confronto oggettivo con tecnici specializzati ottenendo una visione d'insieme sulla problematica della riqualificazione energetica degli edifici. La volontà di intervenire su un particolare aspetto potrebbe portare il cittadino allo sportello per un dibattito sulla propria decisione e, in seguito al parere tecnico, lo stesso potrebbe poi cambiare la propria scelta preferendo altre tecnologie o individuando in altri lavori l'intervento più interessante.

Lo sportello potrebbe poi fornire assistenza sull'individuazione e sull'accesso agli incentivi, che spesso richiedono la presentazione di domande o trasmissione di dati per via telematica ad enti e agenzie, e dar vita ad ulteriori iniziative quali ad esempio corsi di autocostruzione di pannelli solari o formazione di gruppi di acquisto (GAP) per ottenere condizioni migliori su determinati prodotti d'interesse comune.

Lo sportello potrebbe inoltre prevedere la fornitura di una consulenza specifica di base che includa anche l'elaborazione di piccole diagnosi energetiche simili ai "check-up casa" visti in precedenza.

Data la flessibilità che caratterizzerebbe le attività dello "sportello" si dovrebbero affiancare delle serate pubbliche, oltre che per coinvolgere la cittadinanza pubblicizzando lo strumento, anche per aggiornarla sulle continue novità che ne potrebbero nascere.

6.3.4 Progettazione degli interventi proposti sugli edifici pubblici

Parte delle misure d'intervento sugli edifici pubblici identificate nel PEC richiede una progettazione esecutiva e quindi una realizzazione in tempi successivi. Interventi sull'impianto di riscaldamento devono inoltre essere programmati durante la stagione estiva per evitare disagi durante il periodo invernale.

Per quanto riguarda questi ultimi, e in particolare la realizzazione di un'unica centrale termica a servizio della scuola elementare e della scuola dell'infanzia in un caso e della palestra esistente e di quella nuova nell'altro, è necessario rivalutare attraverso uno specifico progetto esecutivo l'ipotesi progettuale individuata in questo studio. Lo studio qui riportato è infatti un'analisi preliminare di massima e non si può

escludere la possibilità che in fase esecutiva sorgano problematiche specifiche non considerate o per contro anche che possano emergere delle economie, sfruttando ad esempio il lavoro degli operai comunali. A seguito di una progettazione esecutiva e di uno studio di fattibilità dettagliato potrebbe dunque cambiare il giudizio rispetto alla convenienza e alla priorità di questo tipo d'intervento.

Infine, è sempre bene considerare in fase progettuale le variazioni in termini di fabbisogno di energia che interverrebbero qualora l'intervento di sostituzione delle caldaie fosse anticipato da opere di coibentazione dell'edificio anche di lieve entità.

6.3.5 Redazione del PRIC e progettazione delle soluzioni illuminotecniche individuate

Come già specificato, per poter beneficiare dell'importante contributo provinciale messo a disposizione per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento luminoso è obbligatorio attendere l'individuazione su base provinciale degli interventi per il graduale adeguamento degli impianti di illuminazione esterna esistenti (consistente nell'elenco, nella classificazione e nelle disposizioni specifiche per i singoli interventi volti alla riduzione dell'inquinamento luminoso) che sarà effettuata da APE, sulla base dell'esame dei diversi P.R.I.C. fino ad ora presentati.

Lo sviluppo di questo studio da parte dell'Agenzia potrebbe avvenire in coincidenza con la prima scadenza della consegna dei PRIC, due anni dopo l'approvazione del piano provinciale, ovvero il 30 dicembre 2011. Solo gli interventi individuati dai PRIC realizzati entro i due anni sono infatti ammessi alla graduatoria. Per questo motivo si consiglia di attendere l'individuazione degli interventi urgenti da parte dell'APE per non compromettere l'accesso al contributo pubblico.

7 Allegati

Costituiscono parte integrante del seguente documento i seguenti allegati:

- Certificazione energetica della scuola dell'infanzia Civezzano
- Relazione tecnica per la scuola dell'infanzia di Civezzano
- Certificazione energetica della scuola elementare di Civezzano
- Certificazione energetica per il sottotetto della scuola elementare (ala est)
- Certificazione energetica per il sottotetto della scuola elementare (ala ovest)
- Relazione tecnica per la scuola elementare di Civezzano
- Certificazione energetica della palestra di Civezzano
- Relazione tecnica per la palestra di Civezzano
- Certificazione energetica del complesso "Oxford" di Civezzano
- Relazione tecnica per il complesso "Oxford" di Civezzano
- Relazione tecnica per la realizzazione di una centrale termica unica a servizio della scuola elementare e dell'asilo di Civezzano
- Relazione tecnica per la realizzazione di una centrale termica unica a servizio della palestra esistente e di quella nuova di Civezzano
- Relazione tecnica sulla caratterizzazione delle tipologie edilizie in ambito residenziale
- Relazione tecnica sul piano di intervento per la riduzione dell'inquinamento luminoso comunale e relativi elaborati grafici (P.R.I.C.):
 - Tavola 1 – Numerazione progressiva;
 - Tavola 2 – Tipologie corpi illuminanti;
 - Tavola 3 – Potenze installate;
 - Tavola 4 – Suddivisione in quadri;
 - Tavola 5 – Tratti modellati;
 - Tavola 6 – Luminanze calcolate.