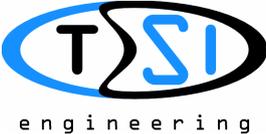


<p>progettista</p>  <p>T.S.I. Engineering s.r.l.</p> <p>Via Ernesto Sestan 12 – 38121 TRENTO Tel. 0461-827960 Fax 0461-426829 E-mail ufficio@studiotesi.it</p> 	<p>ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO</p> <p>_____</p> <p>dott. ing. LORENZO STRAUSS ISCRIZIONE ALBO N. 1003</p>	
<p>Comune di Cimone Provincia Autonoma di Trento</p>	<p>firma committente</p>	
<p>committente Comune di Cimone</p>		
<p>progetto Scuola elementare di Covelò Progetto di riqualificazione tecnologica centrale termica</p>		
<p>descrizione RT - Relazione tecnica</p>	<p>data Dicembre 2013</p>	<p>commessa n. 1943/13</p>



engineering
Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO

RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO

Provincia Autonoma di TRENTO
Comune di CIMONE
Scuola Elementare di Covelo

Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 2/25		

1.	GENERALITA'	4
1.1	Il contesto	4
1.2	Il caso delle Elementari di Covelo	4
1.3	Oggetto	4
1.4	Scopo	5
2.	FABBISOGNI ENERGETICI	6
2.1	Combustibile	6
2.2	Consumi storici	6
3.	IPOTESI DI RIQUALIFICAZIONE	7
3.1	Stato attuale	7
3.2	Produzione di calore da fonti assimilate	7
3.3	Produzione di calore da fonti tradizionali	8
3.4	Criteri di gestione	9
3.5	Configurazione dell'assieme	10
3.6	Architettura di impianto	10
3.7	Bilancio termico della pompa di calore	11
4.	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	14
4.1	Apparecchiature	14
4.1.1	Pompa di calore	14
4.1.2	Gruppo termico a condensazione	14
4.2	Allacciamenti idraulici	14
4.2.1	Collegamenti apparecchiature di generazione calore	14
4.2.2	Alimentazione di acqua di acquedotto	15
4.2.3	Collegamento dello scarico alla rete acque bianche	16
4.3	Regolazione	16
4.3.1	Regolazione acqua fredda	17
5.	VALUTAZIONE COSTI-BENEFICI	19
5.1	Prospetto comparazione stati attuale-riqualificato	19
5.2	Simulazione di calcolo "bin method"	20
5.3	Conclusioni	22



engineering
Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO

RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO

Provincia Autonoma di TRENTO
Comune di CIMONE
Scuola Elementare di Covelò

Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 3/25		

6.	ASPETTI AMMINISTRATIVI	23
6.1	Autorizzazioni	23
6.2	Tempo realizzazione	23
6.3	Affidamento	23
7.	RIFERIMENTI LEGISLATIVI – NORMATIVI	24
7.1	Leggi nazionali	24
7.2	Norme tecniche	25

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelo
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 4/25		

1. GENERALITA'

1.1 Il contesto

L'emergenza energetico-ambientale ha comportato negli ultimi anni contromisure da parte dell'Unione Europea e degli Stati Membri, concretizzatesi nella fissazione di obiettivi molto ambiziosi (p. es.: il target 20-20-20, l'orientamento Nzeb), che interessano privati e pubblici.

Questi ultimi in particolare sono chiamati a svolgere un ruolo esemplare, volto ad innescare presso i privati virtuosi meccanismi di emulazione, con realizzazioni innovative e di rilevante interesse tecnologico.

Contemporaneamente, la riduzione dei costi di esercizio imposta dalla *spending review* impone alle amministrazioni una gestione particolarmente oculata del proprio patrimonio; tra le voci di costo significative, la bolletta energetica assume particolare rilevanza.

Ciò interessa a maggior ragione le località caratterizzate da climi più rigidi, soprattutto se non servite dalla rete di distribuzione del gas naturale e conseguentemente esposte ai costi unitari tipici dei combustibili liquidi.

1.2 Il caso delle Elementari di Covelo

La Scuola Elementare di Covelo si trova in questa circostanza. La località è infatti:

- caratterizzata da clima rigido:
 - o Gradi-giorno 3218 GG
 - o Temperatura ext di progetto - 14°C
 - o Durata convenzionale inverno 200 DD
 - o Temperatura media esterna 3,9 °C
- non servita da rete metano (l'edificio è alimentato a GPL).

Oltre alla scuola, la centrale serve altre utenze (biblioteca, palestra, ...), con un orario di impiego conseguentemente esteso.

1.3 Oggetto

Tutto ciò rappresenta l'occasione per una riqualificazione tecnologica di notevole interesse energetico, che potenzialmente interessa i seguenti fini:

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 5/25		

- persegua l'efficientamento dei criteri di impiego delle fonti fossili tradizionali;
- si spinga all'utilizzo delle risorse rinnovabili;
- sfrutti se del caso le cosiddette "tecnologie assimilate"
- preveda l'applicazione di criteri di gestione appropriati per lo sfruttamento ottimale dell'assieme.

L'oggetto della proposta progettuale di seguito descritta è una composizione ottimizzata di soluzioni, volta a conseguire gli obiettivi sopra descritti.

1.4 Scopo

La presente relazione ha lo scopo di individuare, motivare e descrivere le scelte progettuali svolte, indicando i criteri di dimensionamento adottati e di conclusioni a cui questi hanno condotto.

Si valutano infine i risultati attesi, in termini di:

- benefici energetici;
- benefici economici;
- benefici ambientali.

Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 6/25		

2. FABBISOGNI ENERGETICI

2.1 Combustibile

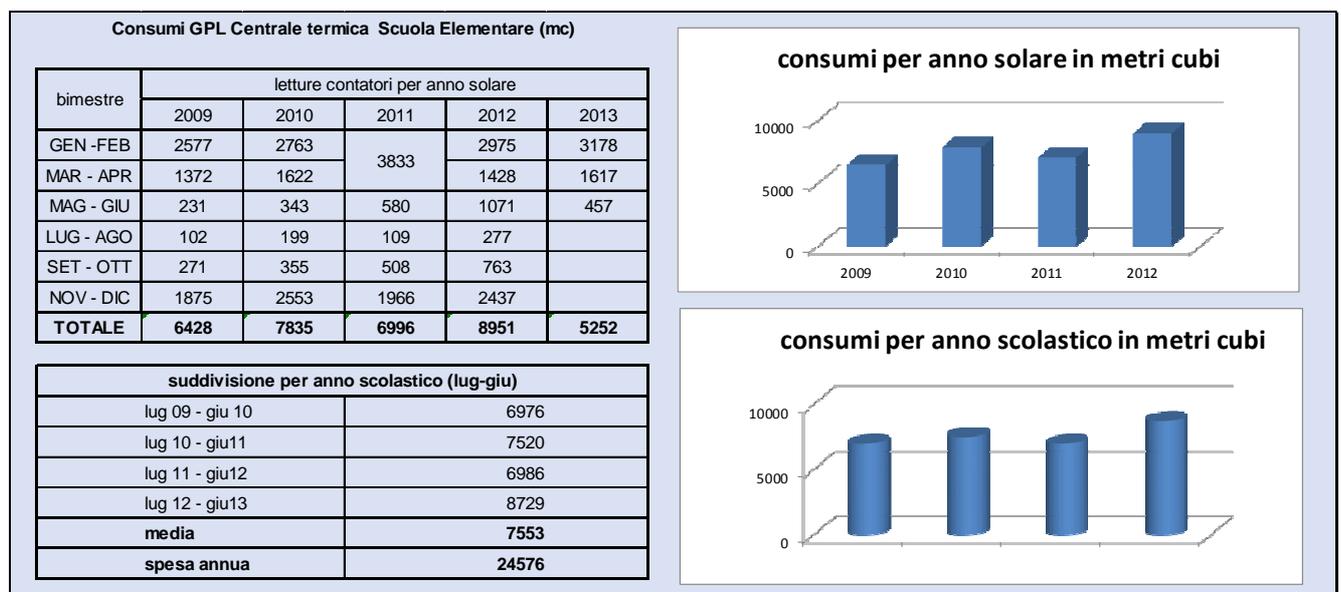
Le caratteristiche del GPL sono riportate nel seguente prospetto:

Combustibile	Densità			Potere calorifico inferiore		Composiz. %	Costi unitari		
	kg/l	kg/mc	l/mc	kcal/mc	kWh/mc		€/litro	€/mc	€/kWh
propano	0,509	1,97	3,87	21700	25,23	65			
butano	0,576	2,64	4,58	28300	32,91	35			
gpl	0,535	2,20	4,12	24000	27,91	100	0,79	3,25	0,12

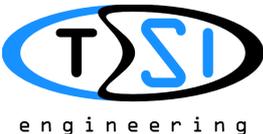
2.2 Consumi storici

Il seguente prospetto riporta:

- i consumi storici del periodo 2009-2012 per anno solare;
- i consumi storici del periodo 2009-2012 per anno scolastico.



I dati sono al netto dei consumi della cucina a servizio della mensa. Si può notare la stabilità dei dati, caratterizzati da scostamenti ridotti e connessi alle variazioni climatiche esterne delle diverse stagioni invernali e/o a marginali differenze di utilizzazione delle strutture.

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 7/25		

3. IPOTESI DI RIQUALIFICAZIONE

3.1 Stato attuale

La centrale termica, pur in buone condizioni di conservazione, presenta un parco generatori obsoleto. Si tratta infatti di ordinari gruppi termici a basamento, ad elevato contenuto d'acqua, percorso a 3 giri di fumo, ad alta temperatura, equipaggiati con bruciatore soffiato monostadio.

In particolare le caratteristiche dei generatori, funzionanti solamente ad alta temperatura, (inadatti alla condensazione, a temperatura non scorrevole), e la regolazione monostadio rendono l'assieme particolarmente penalizzante sul piano dell'efficienza.

L'analisi dei consumi, alla luce della potenza installata, permette di concludere che uno dei 3 generatori di calore è di scorta agli altri: assegnando infatti, sulla scorta dell'esperienza, un numero di ore equivalenti di riscaldamento (ovvero di funzionamento della centrale termica a pieno regime) pari a:

$$hh_{eq} = 900$$

si ottiene una potenza al focolare calcolabile in:

$$P_{foc\ tot} = E_a / hh_{eq} = 7553\ Smc \times 27,91\ kWh/mc / 900 = 210\ kW_{foc}$$

che viene assunto quale valore della potenza nominale di impianto, cui corrisponde all'incirca la potenza netta di due generatori (100 + 100 kW) dei tre installati.

3.2 Produzione di calore da fonti assimilate

L'elevato costo unitario del combustibile, abbinato ad un utilizzo intensivo dell'impianto, rendono particolarmente accattivante il ricorso ad una tecnologia di generazione del calore qualificata come "assimilabile" alle rinnovabili, ovvero in grado di sfruttare fonti rinnovabili senza però poter prettamente prescindere da fonti tradizionali.

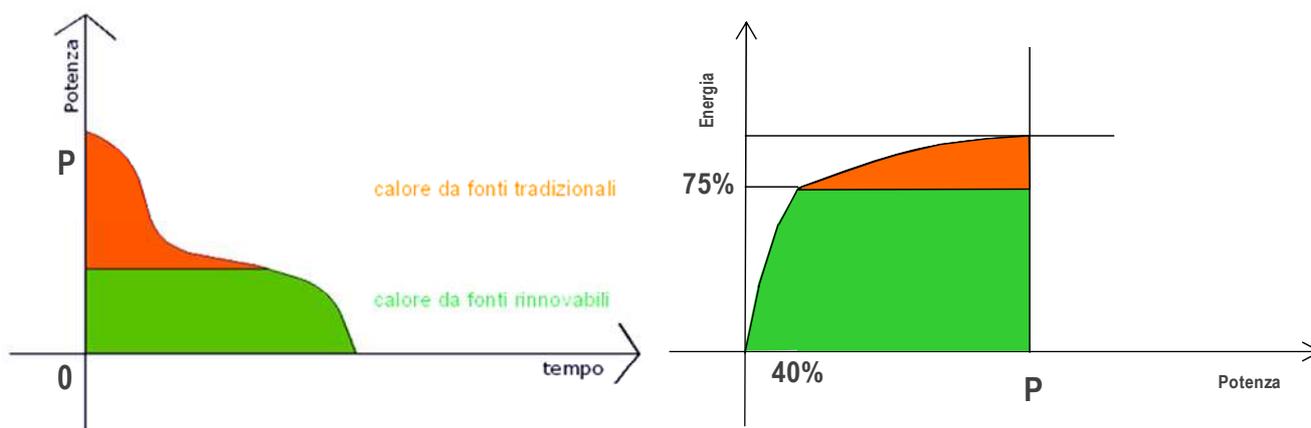
Si tratta della pompa di calore, ad alimentazione elettrica e conseguentemente affrancata dalla penalizzazione economica cui sono soggette le zone non metanizzate. Le condizioni climatiche medie invernali particolarmente rigide portano peraltro a sconsigliare l'utilizzo dell'aria quale fonte termica (pompe di calore aria-acqua), così come l'elevato costo di realizzazione induce ad escludere la soluzione geotermica (pompe di calore terra-acqua).

La soluzione residua, ovvero la pompa di calore acqua-acqua, presuppone la disponibilità di una risorsa "idrotermica", per impiegare il termine introdotto dalla vigente normativa (il cosiddetto "Decreto Romani").

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 8/25		

Si tratta di una tecnologia particolarmente performante in termini energetici e di costo di investimento relativamente contenuto, seppur non paragonabile ad un tradizionale generatore di calore a combustibile liquido o gassoso.

Per questo motivo risulta senz'altro raccomandabile considerare la cosiddetta "curva di durata", ovvero lo spettro di potenze istantanee disposte per ordine decrescente richieste dell'impianto utilizzatore in funzione del tempo:



Il diagramma indica come una potenza inferiore alla metà dell'installato consenta di coprire all'incirca tre quarti del fabbisogno energetico; in altre parole, limitando l'investimento per la soluzione tecnologicamente avanzata (performante, ma costosa) al 40% della potenza, si ottiene comunque un beneficio energetico quasi dell'75%.

Si ritiene dunque di configurare la pompa di calore per una potenza prossima al 40-50% della potenza nominale dell'impianto (in precedenza valutata in 210 kW) e quindi prossima ad un valore nominale di:

$$P_t = 95 \text{ kW}$$

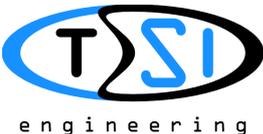
La pompa di calore è prevista in esecuzione per interno, monoblocco preassemblata, precablata e caricata, con compressori orbitali ermetici, condensatore ed evaporatore a piastre saldo brasate.

3.3 Produzione di calore da fonti tradizionali

La parte rimanente di potenza deve essere coperta con fonti tradizionali, per le quali si ritiene comunque opportuno fare ricorso ad un gruppo termico a condensazione, alimentato a gpl.

In particolare si ritiene di indirizzare la scelta verso un'unità con le seguenti caratteristiche:

- esecuzione a basamento, sviluppo verticale, elevato volume d'acqua, con parti a contatto dei prodotti della combustione in materiale resistente la corrosione delle condense acide;

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 9/25		

- organizzazione dei flussi dei fumi dell'acqua in controcorrente, con i primi in moto discendente, contrapposto al moto ascendente dell'acqua, che asseconda in tal modo la naturale stratificazione nel corpo caldaia;
- bruciatore premiscelato ad irraggiamento, con ampio campo di modulazione, regolazione modulante del regime di rotazione del ventilatore dell'aria comburente e bassa produzione di ossidi di azoto.

Verranno eliminati i dispositivi anticondensa. Si ritiene di dimensionare il gruppo termico a condensazione per una potenza prossima a quella della pompa di calore, selezionando un'unità da:

$$P_t = 95 \text{ kW}_t$$

resi in condizioni di combustione a secco (senza cioè considerare il beneficio della condensazione, ad un regime termico convenzionale di 80-60°C) cui corrisponde una potenza al focolare di $P_{foc} = 100 \text{ kW}$.

3.4 Criteri di gestione

La soluzione proposta prospetta una potenza installata volutamente inferiore rispetto a quella delle attuali caldaie (ferma restando la disponibilità di una terza unità di scorta), al fine di contenere le perdite per intermittenza, già drasticamente abbattute:

- dalla regolazione modulante del gruppo termico a condensazione;
- dalla regolazione bistadio della pompa di calore.

La propensione di entrambe le apparecchiature a funzionare con regimi termici ridotti, al fine di esprimere la massima prestazione energetica, induce poi ad attuare strategie di regolazione che privilegino:

- funzionamenti attenuati nelle ore di brevi interruzioni di occupazione, in luogo di spegnimenti totali;
- preaccensioni più estese e con temperature del termovettore più limitate nelle fasi di messa a regime degli impianti.

In altre parole si ritiene di porre in atto criteri di gestione volti ad incrementare le ore equivalenti di utilizzazione per soddisfare il medesimo fabbisogno energetico netto dell'edificio con una diversa combinazione tra potenza e tempi di erogazione:

stato attuale:	200 kW	x	900 hh _{eq}	=	180 MWh netti
stato riqualificato:	190 kW	x	950 hh _{eq}	=	180 MWh netti

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 10/25		

3.5 Configurazione dell'assieme

L'ipotesi riqualificata qui prospettata prevede quindi il mantenimento di una delle unità con la stessa funzione (riserva-picchi straordinari), e la sostituzione degli altri generatori con pompa di calore acqua-acqua e gruppo termico a condensazione, ottenendo la seguente configurazione finale:

generatore	tipo	potenza	installazione
N°1	Pompa di calore	95 kW	Nuova
N°2	Condensazione	95 kW	Nuova
N°3	Tradizionale	100 kW	Esistente

3.6 Architettura di impianto

La vocazione delle pompe di calore a trasferire calore ad utilizzatori a bassa temperatura, indica l'opportunità di impiegare le stesse con il ruolo di preriscaldamento dell'acqua di ritorno dei circuiti utilizzatori, lasciando alle caldaie tradizionali (le cui prestazioni sono molto meno sensibili al valore della temperatura dell'acqua) il compito di completare il riscaldamento.

Ciò presuppone una configurazione dell'impianto con inserzione in serie della pompa di calore e delle caldaie, che consente di ottimizzare il funzionamento dell'assieme. L'immagine proposta nel seguito raffronta gli schemi funzionali degli stati attuale e riqualificato.

Evidentemente la pompa di calore presuppone un allacciamento ad un circuito idrico con acqua a perdere, per il quale va verificata la disponibilità di potenza idrotermica.



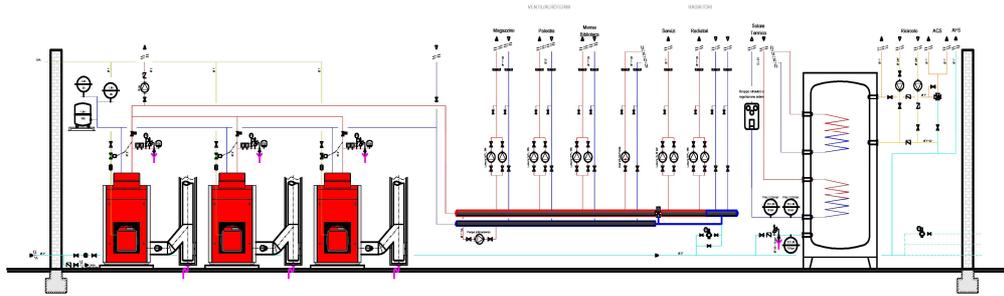
engineering
Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO

RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO

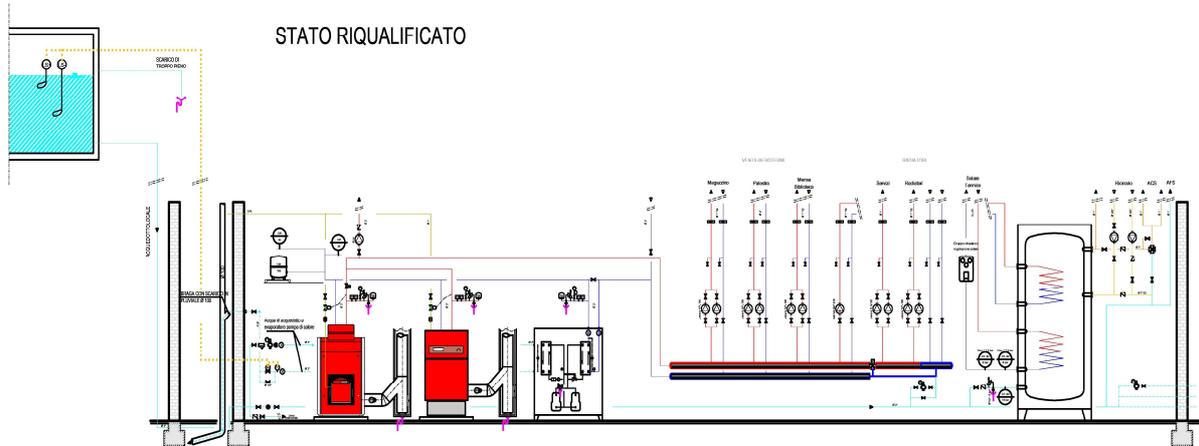
Provincia Autonoma di TRENTO
Comune di CIMONE
Scuola Elementare di Covelò

Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 11/25		

STATO ATTUALE



STATO RIQUALIFICATO



3.7 Bilancio termico della pompa di calore

Il seguente prospetto illustra il bilancio termico della pompa di calore, indicando la stima attendibile dei coefficienti di effetto utile, confermata dalle prestazioni delle unità in questa fascia di potenza disponibili sul mercato.

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 12/25		

POMPA DI CALORE			
Parametro	Udm	Regime di funzionamento	
		Nominale invernale	Medio invernale
temperatura arrivo acqua acquedotto	°C	8,0	8,0
temperatura scarico acqua acquedotto	°C	4,0	4,0
temperatura mandata acqua calda	°C	50,0	45,0
temperatura di ritorno acqua calda	°C	45,0	40,0
temperatura di condensazione	°C	55,0	50,0
temperatura di evaporazione	°C	2,0	2,0
EER teorico	()	5,2	5,7
R re/th	()	0,45	0,45
EER reale	()	2,3	2,6
COP reale	()	3,3	3,6
Potenza frigorifera	kW	66,5	68,4
Potenza elettrica	kW	28,5	26,6
Potenza termica	kW	95,0	95,0

Come si può rilevare è necessario mettere a disposizione della pompa di calore una potenza termica, sotto forma di acqua fredda, pari a 66 kW ca. In proposito risulta indicata la disponibilità di acqua di acquedotto, che presenta attualmente uno sfioro dal troppo pieno conferito in acque superficiali e quindi inutilizzato.

Questa acqua presenta caratteristiche di ottima stabilità della temperatura (rilevata in loco pari ad un valore di 8,0 °C) e della portata, quantomeno nel periodo invernale, laddove non inficiata dai prelievi di natura irrigua. Tale portata è stata misurata in modo approssimativo, ma sufficientemente attendibile, in un valore di 14 mc/h. Posta la capacità dell'unità in pompa di calore di raffreddare tale portata fino al limite di 4°C senza che si verifichi pericolo di un intervento di protezioni per il gelo, la disponibilità termica è calcolata nella seguente tabella:

POTENZA IDROTERMICA RICHiesta		
Portata acqua disponibile	l/s	3,9
	mc/h	14,0
Temperatura sorgente	°C	8
Temperatura minima	°C	4
Salto termico disponibile	°C	4
Potenza idrotermica disponibile	kW	65,3

Tale valore risulta perfettamente compatibile con la richiesta indicate in precedenza. È invece da verificare la congruità della pressione residua, in caso di prelievo idrotermico simultaneo ai convenzionali utilizzi sanitari della scuola.

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 13/25		

Si veda in proposito la seguente tabella.

DISPONIBILITA' DI PRESSIONE		
Livello strada antistante vasca acquedotto	<i>m slm</i>	619
Altezza livello vsca da piano strada	<i>m</i>	2
Altezza acqua da livello strada	<i>m slm</i>	621
Livello pavimento c.t.	<i>m slm</i>	579
Dislivello disponibile statico	<i>m</i>	42
Lunghezza tratto tubazione 2"	<i>m</i>	45
Portata pdc	<i>mc/h</i>	14,0
Portata scuola	<i>mc/h</i>	4
Portata totale	<i>mc/h</i>	18,0
Perdita di carico dorsale 5"	<i>m c.a.</i>	0,5
Cadente piezometrica	<i>mm/m</i>	160
Perdita di carico derivazione	<i>m c.a.</i>	7,2
Pressione residua disponibile q.ta pav.to c.t.	<i>m</i>	34,3
Numero piani	()	3
Altezza media interpiano	<i>m</i>	3,5
Altezza ultimo solaio risp. q.ta pav.to	<i>m</i>	10,5
Altezza ultimo lavabo risp. q.ta pav.to	<i>m</i>	11,3
Pressione statica residua ultimo lavabo	<i>m c.a.</i>	23,0

Il valore della pressione statica residua disponibile all'ultimo livello appare adeguato per erogazione sanitarie.

Risulta invece opportuno che, in caso di allarme antincendio, l'attivazione di un pulsante sotto vetro a rompere, determini l'intercettazione dell'erogazione dell'acqua destinata alla produzione di calore.

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 14/25		

4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

4.1 Apparecchiature

4.1.1 Pompa di calore

Come già anticipato, si tratta di un modulo preassemblato, completamente cablato e già caricato con il fluido frigorifero, collaudato e pronto all'esercizio. L'esecuzione è a basamento, per interno, a sviluppo verticale, complete di quadro elettrico per il sezionamento, controllo e regolazione a protezione dell'unità.

L'unità è di tipo acqua-acqua, con circuito frigorifero singolo, articolato nelle seguenti fasi: compressione, frazionata su due unità volumetriche orbitali lubrificate (*scroll*); condensazione ed evaporazione, ciascuna sviluppata entro scambiatore acqua-freon, in esecuzione saldo-brasata; circuito frigorifero comprendente tubazioni di collegamento in rame preisolato, filtro deidratatore, spia visiva, valvola di espansione, organi di controllo.

4.1.2 Gruppo termico a condensazione

Secondo quanto detto in precedenza, il gruppo termico è di tipo a basamento, a sviluppo verticale, con l'organizzazione dei flussi di fumo e dell'acqua in controcorrente, i primi discendenti, la seconda ascendente (al fine di assecondare la stratificazione naturale, con l'entrata dal basso e mandata nella parte superiore). Tutte le parti a contatto con i prodotti della combustione sono in esecuzione inossidabile, ovvero inerte rispetto alla potenziale aggressività dei fumi, conseguente alla formazione di condensa in ambiente saturo di CO₂.

Il bruciatore è integrato all'interno dell'unità e nasce selezionato, abbinato e configurato per la stessa; si tratta di un'unità premiscelata, con combustione ad irraggiamento su supporto metallico in maglia di acciaio resistente al calore, modulante in un range 20-100%, con regolazione dell'aria comburente operando sul regime di rotazione del bruciatore per mezzo di motore a velocità variabile e ridotto assorbimento elettrico.

4.2 Allacciamenti idraulici

4.2.1 Collegamenti apparecchiature di generazione calore

Per sfruttare al meglio la propensione della pompa di calore a cedere il proprio calore a termovettore bassa temperatura, è prevista l'inserzione in serie rispetto alle caldaie, introdotte in posizione di *booster*.

 engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 15/25		

Risulta in proposito conveniente attuare sulle caldaie uno schema con mandata inversa, al fine di bilanciare nel migliore dei modi le rispettive perdite di carico, nel caso, seppur remoto, di funzionamento di entrambi i gruppi termici (in parallelo tra di loro).

4.2.2 Alimentazione di acqua di acquedotto

L'acqua di acquedotto è previsto che venga prelevata dalla derivazione dell'acquedotto, al suo ingresso in centrale termica, in posizione immediatamente precedente la contabilizzazione degli usi sanitari ed il prelievo per la protezione antincendio (impianti di spegnimento fissi).

A valle della derivazione è previsto vengano installati i seguenti apparecchi:

- valvole a sfera di intercettazione;
- filtro a cartuccia autopulente intrattenitore di impurità;
- riduttore-stabilizzatore di pressione;
- contatore a quadrante del tipo a turbina multigetto;
- termometro a quadrante completo di pozzetto di immersione.

Detta derivazione viene collegata alla pompa di calore (attacco di alimentazione acqua fredda), mentre all'uscita verranno installate le seguenti apparecchiature:

- termometro a quadrante completo di pozzetto di immersione;
- sonda di temperatura completa di pozzetto di immersione;
- valvola regolatrice a due vie, complete di attuatore elettrico modulante;
- valvola di by pass della regolatrice, per consentire il deflusso minimo di acqua.

La valvola regolatrice è preposta al controllo della temperatura di scarico, operando in base al segnale rilevato dalla sonda di temperatura posta in uscita dalla pompa di calore (azione di chiusura per temperature crescenti rispetto al set point).

La valvola di by pass è volta a consentire il passaggio continuo di acqua, in modo che a pompa di calore spenta (e valvola regolatrice conseguentemente chiusa) il valore di temperatura rilevato dalla sonda corrisponda a quello di acqua fluente e non a quello di acqua stagnante (inevitabilmente condizionato dalla temperatura ambientale).

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 16/25		

4.2.3 Collegamento dello scarico alla rete acque bianche

Lo scarico proveniente dal sistema di regolazione della portata e temperatura viene convogliato al pluviale di scarico verticale presente nell'intercapedine immediatamente all'esterno della centrale termica.

Tale condotto presenta caratteristiche dimensionali ($d = 100$ mm) assolutamente adeguate per lo scarico della portata nominale della pompa di calore (14 mc/h), anche in concomitanza di precipitazioni significative. È peraltro improbabile che fenomeni a carattere temporalesco abbiano a coincidere con la stagione invernale ed il funzionamento a pieno regime della pompa di calore.

Le contromisure richieste nell'esecuzione di questo collegamento sono le seguenti:

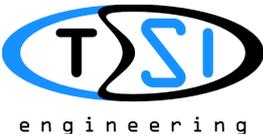
- formazione di un sifone, volto a garantire il riempimento sia dello scambiatore di calore, che di tutto il percorso dell'acqua fredda interno alla pompa di calore; in tal modo si eviterà la formazione di sacche da aria e le conseguenti criticità di circolazione che potrebbero insorgere;
- innesto con una braga ad Y, al fine di facilitare la confluenza su pluviale verticale ed evitare qualsiasi forma di rigurgito, sia delle acque meteoriche provenienti dalle coperture, sia dell'acqua di scarico dalla pompa di calore.

4.3 Regolazione

Il sistema di produzione di calore è chiamato ad una regolazione della temperatura dell'acqua di mandata degli impianti utilizzatori di tipo modulante, secondo un algoritmo climatico: la temperatura di mandata è correlata al valore della temperatura esterna.

Una curva climatica plausibile dell'impianto potrebbe essere caratterizzata le seguenti parametri:

temperatura ambiente	20 °C
pendenza della curva	1,5
scostamenti iniziale	5 °C
mandata a -10°	70 °C
mandata a 0°	55 °C
mandata a +10°	40 °C

 engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 17/25		

Tale curva dovrebbe essere implementata su tutti i generatori di calore, con uno scostamento minimo per privilegiare nella sequenza l'attivazione della pompa di calore, seguita del gruppo a condensazione e, solo quale provvedimento estremo, del gruppo ad alta temperatura.

I parametri potrebbero dunque essere i seguenti (da ottimizzare in sede di avviamento ed esercizio):

Generatore di calore	Pompa di calore	Gruppo condensazione	Gruppo alta temperatura
Pendenza curva	1,5	1,5	1,5
Scostamento	6	5	5
Mandata a -10°	71	70	69
Mandata a 0°	56	55	54
Mandata a +10°	41	40	39

4.3.1 Regolazione acqua fredda

L'assunto di base è la priorità assoluta dell'acqua di acquedotto per utilizzi sanitari rispetto a quelli termici. Non sussistono peraltro motivi oggettivi per pensare che nel periodo invernale la portata disponibile sia insufficiente per fronteggiare entrambe le domande.

Risulta tuttavia opportuno implementare un sistema che, in carenza di acqua per utilizzi sanitari e potabili, provveda a ridurre di conseguenza l'utilizzo termico dell'acqua stessa, per rispettare la priorità sopra indicata.

Ciò può essere ottenuto installando due livellostati di livello regolare ed insufficiente, posizionati nella vasca di acquedotto rispettivamente qualche centimetro al di sotto del troppo pieno e circa 20 cm più in basso.

Il sistema di controllo della portata d'acqua è basato sulla seguente procedura:

- un programmatore settimanale segnala alla pompa di calore la richiesta di calore per la climatizzazione;
- la pompa di calore, acquisito tale segnale, eroga a sua volta un segnale di abilitazione all'apertura della valvola regolatrice dell'acqua;
- dopo un tempo prefissato dalla logica di controllo della pompa di calore, la stessa si mette in moto prelevando calore dall'acqua ed abbassandone la temperatura;

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 18/25		

- il sistema di regolazione della portata provvede a controllare la temperatura in uscita, in funzione della condizioni di carico;
- l'eventuale raggiungimento del livello minimo comporta la revoca del consenso alla marcia della pompa di calore;
- la stessa, dopo un tempo prefissato dalla propria logica di controllo, comanda la chiusura della valvola di regolazione dell'acqua;
- il livello della vasca dell'acquedotto riprende a salire, fino al raggiungimento del livello regolare;
- viene quindi ridato il consenso alla marcia della pompa di calore, la quale riprende la procedura dall'inizio.

Questa procedura deve essere perfezionata ed ottimizzata di comune accordo con l'installatore in sede esecutiva. Essa presuppone comunque la disponibilità di:

- una logica liberamente programmabile per il controllo di livello;
- un doppio livellostato;
- un cavo di collegamento tra vasca acquedotto e centrale termica elementari.

Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 19/25		

5. VALUTAZIONE COSTI-BENEFICI

5.1 Prospetto comparazione stati attuale-riqualificato

Il seguente prospetto raffronta gli stati attuale e riqualificato, ed in particolare:

- l'assetto impiantistico (parco macchine, le efficienze e i consumi annui);
- i benefici energetici (fabbisogni, grado di utilizzazione, risultati complessivi);
- i benefici economici (costi unitari e totali, risultati complessivi);
- i benefici ambientali (in termini di energia primaria e di emissioni in atmosfera).

Si esaminino i risultati complessivi derivanti dal raffronto degli stati attuale e riqualificato.

RAFFRONTO STATI ATTUALE - RIQUALIFICATO									
		stato		attuale	riqualificato				
				1+2+3 caldaia a.r.	1 p.d.c. H ₂ O/H ₂ O	2 caldaia cond.	3 caldaia a.r.	totale	
assetto impiantistico	parco macchine	generatore							
		efficienze energetiche	rendimento combustione rendimento intermittenza rendimento involucro rendimento medio stagionale	() () () ()	0,92 0,92 0,96 0,81	3,30 0,98 0,98 3,17	1,03 0,98 0,98 0,99	0,92 0,92 0,96 0,81	
	consumi annui	alimentazione		GPL	elettr	GPL	GPL		
		consumo combustibile	mc/a	7.553,0		1.551,0	-		
		consumo elettrico	MWh/a	0,5	40,5	0,0	-		
	potere calorifico combustibile	kWh/mc	27,9		27,9	27,9			
	benefici energetici	fabbisogni energetici	fabbisogno lordo	MWh	210,8	40,5	43,3	-	
fabbisogno netto			MWh	171,3	128,5	42,8	-	171,3	
fabbisogno primario			MWh	211,9	88,1	43,4	-	131,5	
utilizzazione		potenza installata	kW	200	95	95	100		
		ore equivalenti	hh	856	1.352	451	-		
risultati complessivi	riduzione fabbisogno primario riduzione fabbisogno primario %	MWh %						80,4 38%	
benefici economici	costi unitari	costo unitario combustibile	€/mc	3,25	3,25	3,25	3,25	3,25	
		costo unitario elettricità	€/MWh	220	220	220	220	220	
	costi totali	costo totale annuo combustibile	€	24.576	-	5.047	-	5.047	
		costo totale elettricità	€	113	8.917	9	-	8.926	
	risultati complessivi	costo totale energia risparmio totale annuo risparmio %	€ € %	24.689 	8.917 	5.056 	- 	13.973 10.717 43%	
benefici ambientali	Energia primaria risparmiata	Totale	MWh					80,4	
		Percentuale	Tep					6,9 38%	
	Emissioni locali di CO ₂ evitate	Totale	t CO ₂					40,7	
		Percentuale	%					80%	
	globali di CO ₂ evitate	Totale	t CO ₂					19,4	
		Totali	%					38%	

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 20/25		

5.2 Simulazione di calcolo “bin method”

La stima proposta è affetta da inevitabili approssimazioni. Più affidabili sono i risultati ottenuti applicando un’analisi di calcolo basata sul “bin method”, che simula il funzionamento del parco macchine a disposizione in centrale termica, prevedendo il reale utilizzo dei singoli generatori secondo i criteri di gestione e regolazione sopra descritti.

Considerate le fasce orarie di funzionamento dell’impianto per l’edificio (06.00-19.00) sono state esaminate le presunte ore di funzionamento stagionale dello stesso, suddivise per temperatura esterna, in un range che parte dalla minima temperatura di progetto ed arriva la temperatura di comfort interna (-14 / 20 °C), con un passo di campionamento di 1°C. La logica di funzionamento viene sviluppata in un calcolo analitico che per ogni condizione climatica esterna include:

- temperatura di mandata dell’acqua di riscaldamento correlata continuamente alla temperatura esterna secondo algoritmo climatico;
- fattore di carico impianto: indica la percentuale di potenza nominale richiesta a determinate condizioni di carico termico per soddisfare la condizione di set-point (20°C) e che diminuisce proporzionalmente al diminuire della differenza di temperatura interna-esterna;
- salto termico a portata costante e temperatura di ritorno conseguente;
- stato di funzionamento della pompa di calore e dei singoli gruppi termici secondo i criteri di gestione citati;
- potenze erogate in ogni condizione di funzionamento;
- energie annue erogate in ogni condizione di funzionamento;
- dati riassuntivi annui (energie prodotte dai diversi gruppi, in valore totale, percentuale e ore equivalenti di funzionamento).

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 22/25		

A conferma dei risultati attesi, si ottiene un prevalente sfruttamento della pompa di calore acqua acqua (75%) rispetto ai generatori di calore a condensazione (20%) e ad alta temperatura (5%):

		<i>Energia termica totale annua</i>	<i>%</i>	<i>hh equ</i>
Pompa di calore	<i>MWh</i>	127	75	1336
Gruppo a condensazione	<i>MWh</i>	34	20	360
Gruppo alta temperatura	<i>MWh</i>	9	5	89

La corrispondenza dei dati ottenuti tra la stima pratica e quella analitica attribuiscono ai risultati ottenuti un buon grado di affidabilità, pur in presenza di una molteplicità di variabili aleatorie.

5.3 Conclusioni

Il prospetto di valutazione dei benefici evidenzia:

- Una riduzione di fabbisogno primario pari al 38 %;
- Una riduzione del costo energetico prossima al 43 %;
- Una riduzione delle emissioni locali vicina all'80 % e globali del 38%.

È da notare che il risparmio economico, rispetto a quello energetico, risulta superiore in quanto beneficia anche della maggior competitività tariffaria della fonte energetica elettrica rispetto a quella del gas di petrolio liquefatto.

È infine da segnalare che, se il beneficio in termini di emissioni globali evitate risulta evidentemente paritetico a quello di energia primaria (-38%), a livello di emissioni locali esso beneficia non solo dell'efficientamento dell'impianto, ma anche dell'impiego di una tecnologia (la pompa di calore) che non comporta emissione locale, ma che al contrario la "remotizza" presso i siti di generazione termoelettrica: il risultato è una riduzione complessiva dell'80% circa.

Sul piano strettamente economico, l'intervento complessivo, stimato nell'ordine dei 50.000 €, con un risparmio annuo attorno ai 10.000 € prospetta un tempo di recupero semplice (esclusi oneri finanziari) prossimo a 5 anni. Nel conteggio non sono computati eventuali benefici fiscali o incentivi. Il risultato appare dunque incoraggiante.

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 23/25		

6. ASPETTI AMMINISTRATIVI

6.1 Autorizzazioni

E' richiesto l'aggiornamento delle pratiche seguenti, da eseguire in sede realizzativa:

- prevenzione incendi;
- protezione di impianti a pressione;
- emissioni in atmosfera.

Per tutti gli aspetti indicati la soluzione proposta è comunque meno gravosa e non configura quindi particolari difficoltà autorizzative.

Il progetto non comporta alterazioni di piante e prospetti e non richiede quindi pareri di conformità urbanistica.

6.2 Tempo realizzazione

L'intervento può richiedere indicativamente 45 gg di calendario dal contratto.

6.3 Affidamento

Le lavorazioni prevalenti sono quelle da termoidraulico, con una quota marginale di lavorazioni elettriche.

L'affidamento a ditta qualificata sia per le lavorazioni elettriche che termoidrauliche (con divieto di subappalto) limita ad uno il numero di imprese in cantiere, eliminando l'obbligo di stesura del PSC e di nomina del CSE.

Stante la natura di ristrutturazione dell'intervento, è previsto l'affidamento dell'appalto a misura.

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/Is
Data Dicembre 2013	Pagina 24/25		

7. RIFERIMENTI LEGISLATIVI – NORMATIVI

7.1 Leggi nazionali

Legge 13/07/1966 n. 615	Provvedimenti contro inquinamento atmosferico e s.m.
D.P.R. 22/12/1970 n. 1391	Regolamento per l'esecuzione della Legge 13 luglio 1966, n. 615. recante provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico, limitatamente al settore degli impianti termici
D.M. 01/12/1975	Norme di sicurezza per apparecchi contenenti liquidi alti sotto pressione - raccolta "R" e "H"
D.P.R. 15/11/1996 n. 660	Regolamento direttiva 92/42/cee nuove caldaie e direttiva 90/396/cee apparecchi a gas
D.M. 12/04/1996 n. 12	Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi e s.m.
D.P.R. 13/05/1998 n. 218	Regolamento recante disposizioni in materia di sicurezza degli impianti alimentati a gas combustibile per uso domestico
D.Lgs. 09/04/2008 n. 81	Testo unico sulla salute e sicurezza sul lavoro
D.Lgs. 30/05/2008 n. 115 ((G.U. n.154, in data 3 luglio 2008))	Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE
D.M. 22/01/2008 n. 37 (G.U. n. 61 del 12/03/2008)	Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n. 248 del 2 dicembre 2005, recante il riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici.
D.P.R. 02/04/2009 n. 59 (GU n.132 del 10/06/2009; in vigore dal 25/06/2009)	Regolamento di attuazione dell'art.4, comma1, lettera a) e b) del d.lgs. 19/08/2005 n.192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
D.P.R. 01/08/2011 n. 151	Regolamento recante semplificazione della disciplina dei procedimenti relativi alla prevenzione degli incendi, a norma dell'articolo 4949, comma 4 -quater , del decreto-legge 31/05/2010,n.78

 TSI engineering Via Ernesto Sestan 12 - 38121 TRENTO		RIQUALIFICAZIONE C.T. PROGETTO ESECUTIVO	<i>Provincia Autonoma di TRENTO Comune di CIMONE Scuola Elementare di Covelò</i>
Identif. 1943.13	Edizione 1	RELAZIONE TECNICA	LS/ls
Data Dicembre 2013	Pagina 25/25		

7.2 Norme tecniche

UNI 10349 - (1994)	Riscaldamento e raffrescamento degli edifici - Dati climatici
UNI 10640 - (1997)	Canne fumarie collettive ramificate per apparecchi di tipo B a tiraggio naturale. Progettazione e verifica.
UNI 10738-1998 - (1998)	Impianti a gas combustibile per uso domestico preesistenti alla data 13-3-90
UNI 11135 - (2004)	Condizionatori d'aria, refrigeratori d'acqua e pompe di calore calcolo dell'efficienza stagionale
UNI 5364 - (1976)	Impianti di riscaldamento ad acqua calda – regole per la presentazione dell'offerta e per il collaudo
UNI 7129 (1-2-3-4) - (2008)	Impianti a gas per uso domestico e similari alimentati da rete di distribuzione Progettazione e installazione - Parte 1-2-3-4
UNI 9892 - (1991)	Connessioni ad innesto rapido per accoppiamento con valvole di GPL. Prescrizioni di sicurezza
UNI EN 12098-1 - (1998)	Regolazioni per impianti di riscaldamento - Dispositivi di regolazione in funzione della temperatura esterna per gli impianti di riscaldamento ad acqua calda.
UNI EN 12170 - (2002)	Procedure per la predisposizione della documentazione per conduzione, manutenzione ed esercizio - impianti di risc. Con personale qualificato per conduzione
UNI EN 12171 - (2002)	Impianti di riscaldamento degli edifici - Procedure per la predisposizione della documentazione per la conduzione, la manutenzione e l'esercizio - Impianti di riscaldamento che non richiedono personale qualificato per la conduzione
UNI EN 13384-3 - (2006)	Camini - Parte 3 - Metodi per l'elaborazione di diagrammi e tabelle per camini asserviti ad un solo apparecchio di riscaldamento
UNI EN 13611 - (2011)	Dispositivi di sicurezza e di controllo per bruciatori a gas e apparecchi a gas - Requisiti generali
UNI EN 1443 - (2005)	Camini - Requisiti generali

