



Comune di SANTO STEFANO DI MAGRA

Provincia della Spezia

PROGETTISTA:

Dott. Ing. MENGHI
Antonio
Via Pecorina n°6 - 19038
Sarzana (SP)

COLLABORATORI

:

Dott. Ing. BALBI Fabio
Dott. Ing. GRECO Marco
Dott. Arch. PIGONI
Massimiliano

R.U.P.

Arch. RICCO Federico

PROGETTO DEFINITIVO



rev. n°:	data:	descrizione:	visto. app.

Oggetto:

**Adeguamento sismico ed efficientamento energetico
Scuola elementare "C. Arzelà" - Ponzano Madonnetta**

Descrizione:

RELAZIONE TECNICA EFFICIENTAMENTO
ENERGETICO EDIFICIO

Committente:

AMMINISTRAZIONE Comunale di S. Stefano di Magra

FIRMA PROGETTISTA

FIRMA DIRETTORE LAVORI

FIRMA COMMITTENTE

1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra gli impianti tecnologici previsti per l'efficientamento energetico di porzione dell'edificio scolastico sito in Via Castiglioni 11 nel Comune di Santo Stefano di Magra (SP). La relazione è stata redatta sulla base degli elementi tecnici forniti dall'amministrazione comunale e verificati mediante un congruo numero di sopralluogo sullo stabile. L'edificio oggetto dell'intervento è adibito a scuola elementare ed è costituito da un corpo di fabbrica distribuito su due livelli fuori terra e un livello seminterrato adibito a deposito attrezzature. L'edificio è costituito da muratura portante in mattoni pieni e forati e da una copertura a padiglione. I locali sono adibiti a scuola elementare aperta solo nel periodo invernale. Attualmente l'impianto termico è costituito da un generatore di calore a basamento alimentato a gas metano che serve sia la porzione di edificio oggetto di intervento che la zona mono-piano di più recente realizzazione e l'impianto di emissione è costituito da radiatori in ghisa con condotte di distribuzione non coibentate per la maggior parte a vista all'interno dei locali serviti. Non è presente nessun sistema di regolazione a parte la sonda climatica esterna che aziona una valvola miscelatrice a tre vie nella centrale termica. L'intervento previsto ha come obiettivo quello di dotare la struttura di un ambiente confortevole e nello specifico di garantire un risparmio energetico ed un minore impatto ambientale sul territorio circostante. La scelta dei materiali e delle tecniche costruttive sono finalizzate alla costruzione di involucri salubri ed efficienti dal punto di vista energetico. Il fabbisogno energetico è stato ridotto in modo significativo rispetto allo stato attuale, attraverso un sistema integrato di scelte progettuali che hanno riguardato caratteristiche e materiali usati per l'involucro, tipologie di impianti ad alto rendimento energetico. Solo attraverso una visione d'insieme del sistema edificio – impianto si è potuto raggiungere degli obiettivi di elevata efficienza energetica e di ridotti costi di esercizio e manutenzione degli impianti tecnologici.

La riqualificazione energetica ed ambientale proposta per l'edificio scolastico riguarda principalmente: l'involucro edilizio, il sistema impiantistico, la manutenzione ed il monitoraggio dei risultati di efficientamento raggiunti dall'edificio.

2 LEGGI, NORME E REGOLAMENTI

Gli impianti dovranno essere realizzati in ogni loro parte e nel loro insieme in conformità alle leggi, norme, prescrizioni, regolamentazioni e raccomandazioni emanate dagli enti, agenti in campo nazionale e locali. Gli impianti dovranno rispondere alle vigenti disposizioni legislative, nonché alla normativa UNI, VV.FF ed antinfortunistica ove applicabili. L'appalto sarà soggetto alla puntuale osservanza di tutta la legislazione e la normativa che regolamenta il settore, di cui l'elenco allegato costituisce riferimento indicativo ma in nessun modo limitativo.

Legge n. 10 del 09.01.1991: “Norme per l'attuazione del Piano Energetico nazionale in materia di uso nazionale dell'energia di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia”.

Norma UNI 5634: colori distintivi delle tubazioni convoglianti fluidi liquidi o gassosi.

Norma UNI 12828:2014: Impianti di riscaldamento negli edifici – Progettazione dei sistemi di riscaldamento ad acqua calda

Norma UNI 8364: Impianti di riscaldamento conduzione, controllo e manutenzione.

Norma UNI EN 15232: Prestazione energetica degli edifici, impatto dell'automazione, del controllo e della gestione tecnica degli edifici

Norma UNI EN 12098: Regolazione impianti di riscaldamento

Norma UNI EN 15450: impianti di riscaldamento negli edifici. Progettazione degli impianti di riscaldamento a pompa di calore

Norma UNI EN 1434:2016: Contatori di calore: Requisiti generali, requisiti costruttivi, scambio di dati e interfacce, prove per l'approvazione del modello, prove per la verifica prima, installazione, messa in servizio, controllo e manutenzione.

Norma UNI EN 1264: Sistemi radianti alimentati ad acqua per il riscaldamento e il raffrescamento integrati nelle strutture – dimensionamento.

Specifica tecnica UNI TS 11300: Calcolo delle prestazioni energetiche degli edifici.

D.M. 26/06/2015: decreto requisiti minimi per gli edifici. Adeguamento linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici.

D.lgs. 19.08.2005 n. 192: “Attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell’edilizia”.

D.lgs. 29.12.2006 n. 311: “disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005 n. 192”.

DPR 02 aprile 2009 n. 59: regolamento di attuazione dell’art. 4 comma 1 lettera a) e b) del decreto legislativo 19/08/2005 n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia;

Decreto 22 gennaio 2008, n. 37: Regolamento concernente l'attuazione dell'articolo 11-quaterdecies, comma 13, lettera a) della legge n.248 del 2 dicembre 2005, recante riordino delle disposizioni in materia di attività di installazione degli impianti all'interno degli edifici. (sostituisce la legge 46/90)

3 CALCOLO DEI CARICHI TERMICI INVERNALI

Il calcolo delle dispersioni è effettuato in regime stazionario considerando le condizioni più gravose per l'impianto ossia:

- Temperatura esterna costante e corrispondente al valore minimo per la località di riferimento
- Temperatura interna costante e pari a 20°C
- Ricambi d'aria per i singoli locali climatizzati come indicato nella norma UNI 10339

I dati climatici sono stati prelevati dalla nuova normativa di riferimento UNI 10349:2016 e di seguito si riporta un estratto di quanto considerato nella successiva fase di calcolo:

Comune: Santo Stefano di Magra
 Provincia: La Spezia
 Altitudine s.l.m.: 50 m
 Latitudine N: 44° 9'
 Longitudine E: 9° 54'
 Velocità vento media: 3,40 m/s
 Velocità vento max: 6,80 m/s
 Temperatura esterna di riferimento -0,2 (località di riferimento La Spezia)
 Zona climatica D
 Durata periodo di riscaldamento 166 giorni (1 Nov – 15 Apr)
 Gradi giorno località (secondo DPR 412/93): 1449 GG
 Irradianza solare massima sul piano orizzontale: 295,1 W/m²

Inoltre al fine di rendere l'analisi energetica più attendibile alla realtà si è scelto di calcolare le temperature dei locali non climatizzati (sottotetto e piano seminterrato) mediante un'analisi analitica svolta con l'ausilio di uno specifico software di calcolo di cui si allega certificato con la metodologia di calcolo utilizzata e la rispondenza alle attuali normative e pareti tecnici vigenti.

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche e le dispersioni energetiche dei singoli locali oggetto dell'intervento.

	Locale	Superficie (mq)	Potenza richiesta (W)
PIANO TERRA	CORRIDOIO	52,66	3593
	AULA 1	34,29	2647
	AULA 2	33,63	2526
	AULA 3	24,31	1572
	BAGNO M	9,09	1950
	BAGNO F	9,05	1963
	BAGNO PROFES	1,6	460
PIANO PRIMO	CORRIDOIO	47,24	3423
	AULA 4	34,29	2402
	AULA 5	33,63	2464
	AULA 6	24,31	1864
	AULA 7	15,89	1081
	BAGNI	9,09	1986
	TOTALE	329,08	27931

L'utilizzo del software di calcolo ha permesso di realizzare un vero e proprio modello energetico che ha permesso di procedere successivamente con il dimensionamento dell'impianto radiante a soffitto e con la scelta della potenza termica richiesta dalla pompa di calore utilizzata per l'impianto termico della porzione di edificio oggetto di intervento.

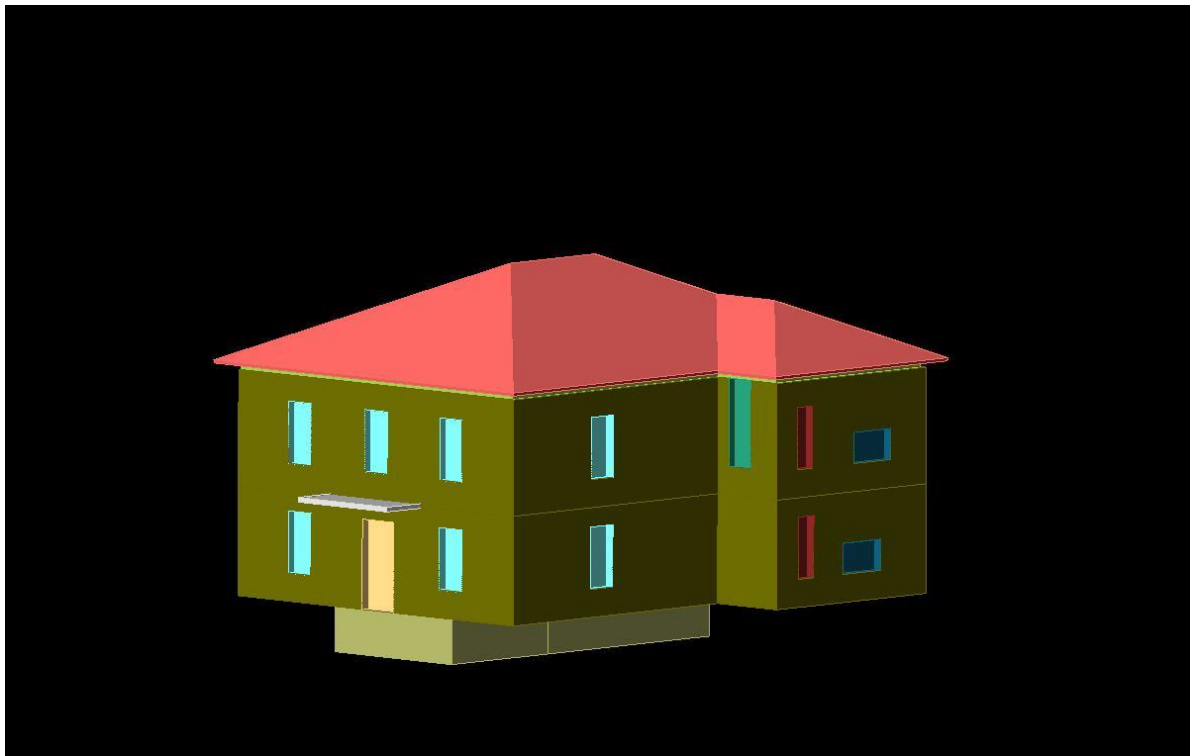


Figure 1 – Vista 3D d'insieme del fabbricato

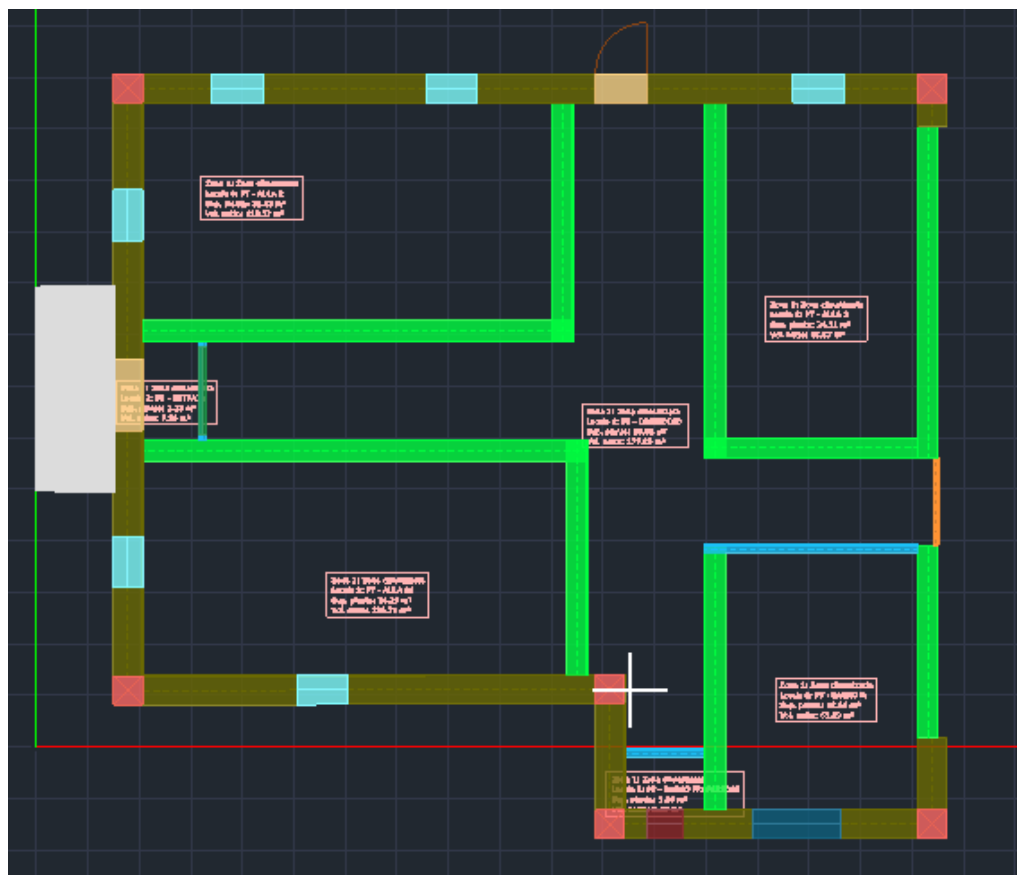


Figure 2 – Vista del piano terra dell’edificio

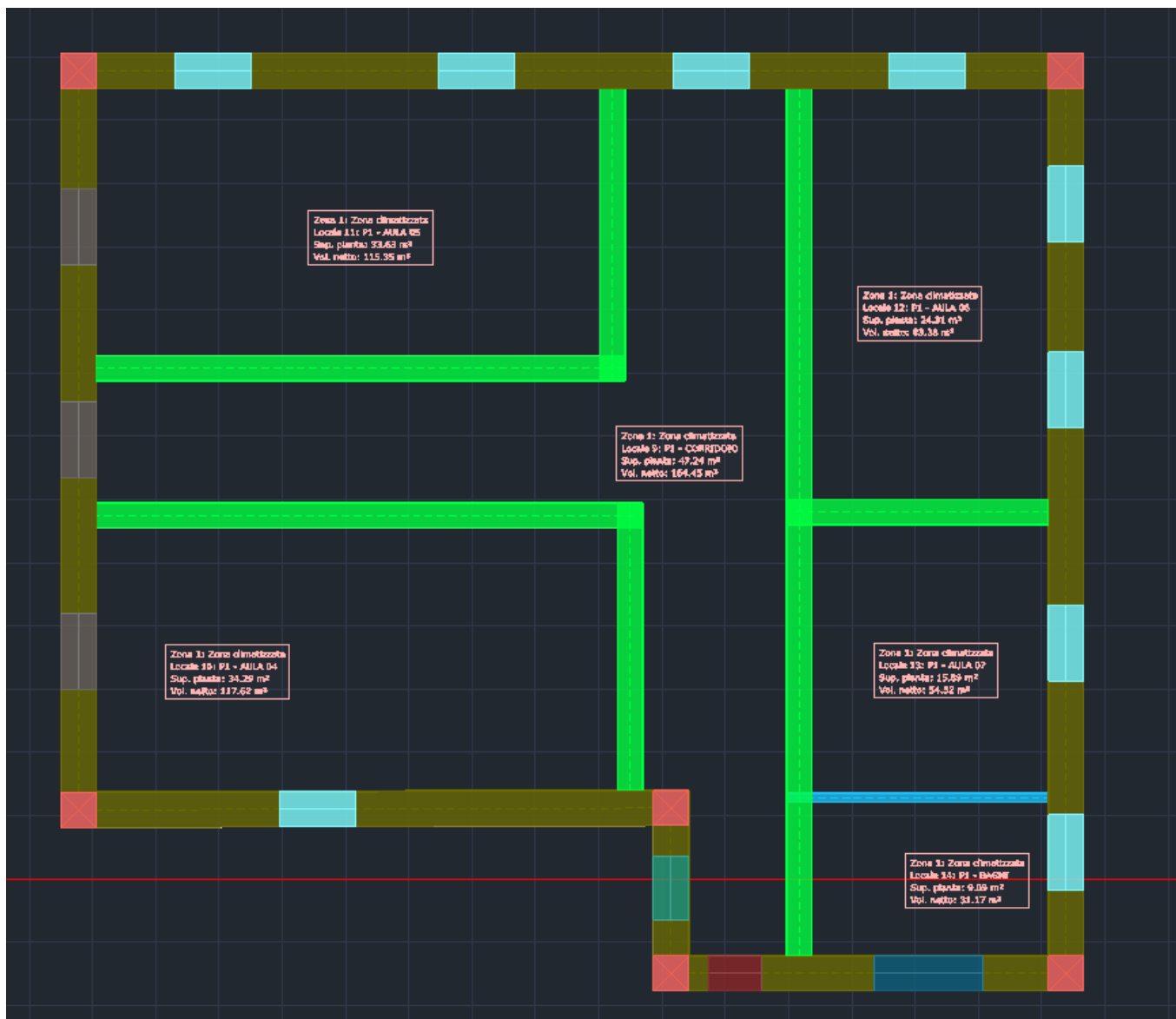


Figure 3 – Vista del piano primo dell'edificio

4 INTERVENTI PROPOSTI SUGLI IMPIANTI MECCANICI

4.1 IMPIANTO DI GENERAZIONE

Il nuovo impianto di generazione a servizio dell'edificio principale costituente la scuola elementare sarà costituito da una pompa di calore aria/acqua monoblocco che sarà dotata di compressore scroll ad elevata efficienza energetica e con liquido refrigerante R410-C e con scambiatore interno del tipo a piastre saldobrasate in acciaio INOX 316 ad elevata superficie di scambio. Considerando la zona climatica in cui sorge l'edificio si è indicata una pompa di calore che dovrà essere dotata di un sistema di prevenzione per la formazione del ghiaccio alla base dello scambiatore ad aria. La classe energetica del generatore non dovrà essere inferiore all'A+ in fase di riscaldamento e non dovrà avere un SCOP con clima medio inferiore a 3,99. La potenza termica del generatore secondo la EB 14511:2013 non dovrà essere inferiore a 27,1 kW. Il generatore di calore dovrà garantire il funzionamento anche con temperature esterne rigide (fino a -15°C).

4.2. IMPIANTO DI EMISSIONE

Contestualmente alla dimissione delle rete di distribuzione del calore collegata con il generatore a combustione esistente e dei radiatori in ghisa installati, si procederà con la modifica anche del sistema di emissione del calore nei vari ambienti oggetto di intervento. Alla luce delle più recenti tecnologie si è scelto di dotare l'immobile di un sistema radiante a soffitto che permette di ottenere un duplice vantaggio: riduzione del volume riscaldato andando a ridurre l'altezza netta dei locali che allo stato attuale è significativamente elevata; incremento del confort interno rispetto al sistema radiante a pavimento, il quale comporterebbe inoltre lavori edili aggiuntivi. Il sistema di emissione si lega in modo ottimale al sistema di generazione scelto, in quanto permette di ottenere un confort interno ottimale con temperature di mandata dell'acqua dell'impianto piuttosto basse (entro i 45°C). Tale aspetto comporta un COP reale di funzionamento del generatore sempre ai massimi livelli anche con temperature esterne basse. Al fine di evitare qualsivoglia rischio di sfondellamento dell'intonaco dei solai interpiano i pannelli radianti di dimensioni pari a 1200x600 e di peso pari a circa 20 Kg/m² dotato di uno strato isolante in poliestere di spessore pari a 27 mm e $\lambda = 0.04$ W/mK, su una struttura metallica autoportante ancorata alle murature portanti perimetrali dei vari locali riscaldanti sia al piano terra che al piano. La struttura metallica sarà composta da profili metallici scatolari dimensione 50x30mm per 2 mm di spessore a formare una maglia di interasse 1200x1200 mm che renderà possibile collegare la struttura in acciaio ad innesto rapido dei pannelli radianti e i sottostanti profili a C in alluminio ad interasse 300x300mm, come meglio evidenziato nei particolari costruttivi nelle tavole grafiche di progetto. Inoltre al fine di ottenere il non aggravio del carico di incendio delle vie di fuga e delle aule il sistema di emissione a soffitto si completerà con l'incollaggio, mediante preliminare stesa di primer acrilico isolante come ponte d'adesione sul pannello radiante e si procederà con la stesa di colla a base di gesso additivata con idoneo ritardante in ragione di 100 g per ogni 25 litri di acqua oltre alla colla al fine di installare il pannello in cartongesso di finitura che dovrà avere una classe di reazione al fuoco non inferiore alla A2-s1,d0 secondo la norma EN UNI 520 e quindi non partecipano alla combustione. Si ricorda infine che la posa dei pannelli radianti dovrà avvenire in totale conformità alle istruzioni del fabbricante del sistema e in accordo con quanto indicato dalla direzione lavori. Nei servizi igienici la lastra di cartongesso di finitura dovrà essere resistente agli elevati valori di umidità interna. Si completerà il sistema con la stuccatura dei pannelli di cartongesso e con la successiva pitturazione degli stessi.

4.3 IMPIANTO DI REGOLAZIONE

Al fine di incrementare il confort all'interno dei locali serviti ed evitare ogni possibile surriscaldamento delle aule anche grazie agli apporti interni; ogni circuito radiante a soffitto verrà dotato di valvole termostatiche a bassa inerzia termica che saranno collegate a controller (cronotermostati) posti all'interno di ogni locale servito. Al fine

di ottenere un livello di controllo dell'impianto come previsto dalla norma UNI EN 5232 non inferiore alla classe B (delle efficienze B.A.C.S.) si dovrà prevedere anche un collegamento tra i singoli dispositivi di controllo degli ambienti devono essere in grado di gestire i sistemi HVAC in base alla richiesta dei singoli ambienti e in base alla temperatura dell'aria esterna. In questo modo il funzionamento della pompa di calore riuscirà ad essere regolata in base alla reale necessità degli ambienti. Inoltre al fine di rendere facili e programmabili le manutenzioni dell'impianto termico si doterà l'edificio di un display centralizzato che permetterà di tenere sotto controllo ogni parte dell'impianto oltre che i livelli di confort richiesti dai singoli locali. Tale elemento di domotica consentirà quindi di programmare, gestire e controllare il confort dei diversi ambienti dell'edificio adattandosi alle esigenze degli utenti e riducendo di conseguenza gli sprechi energetici. Il sistema permetterà inoltre il controllo a distanza dell'impianto e il controllo delle varie parti anche mediante utilizzo di specifico software.

5 DIMENSIONAMENTO IMPIANTO RADIANTE A SOFFITTO

Il dimensionamento dell'impianto radiante ha considerato i seguenti parametri idraulici di riferimento:

- Massima temperatura superficiale dei pannelli a soffitto compresa tra 32°-35°C
- Temperatura di mandata dell'acqua dell'impianto non superiore a 45°C. Tale aspetto permette di ottenere due diversi vantaggi: riduzione del flusso areico emesso dal pannello con conseguente incremento del fattore di forma tra superficie radiante e corpo umano e quindi miglioramento del confort; inoltre ho un funzionamento ottimale della pompa di calore (il COP è inversamente proporzionale alla temperatura di mandata) e vi è la possibilità futura di poter sfruttare anche fonti energetiche alternative in supporto al generatore (ad esempio energia solare ecc).
- Velocità minima dell'acqua nei tubi dei pannelli radianti (circuiti elementari) pari a 0,2 m/s al fine di evitare formazione di sacche d'aria per le condotte in contropendenza
- Velocità massima dell'acqua nei tubi dei pannelli (circuiti elementari) pari a 0,8 m/s per evitare l'insorgere di fastidiose rumorosità durante il funzionamento degli impianti
- Velocità minima dell'acqua in circolazione nei tubi della distribuzione generale (tubi di diametro 20x2mm, circuiti principali) pari a 0,30 – 0,35 m/s per evitare formazione di sacche d'aria nelle tubazioni in contropendenza
- Velocità massima dell'acqua in circolazione nei tubi della distribuzione generale (tubi di diametro 20x2mm, circuiti principali) pari a 0,6 m/s per evitare l'insorgere di rumori durante il funzionamento degli impianti.

5.1 Caratteristiche dei pannelli.

I pannelli radianti a soffitto presentano una dimensione pari a 1200x600mm e hanno le seguenti caratteristiche idrauliche:

- Superficie in piana 0,72 m²
- Portata nominale 20 l/h
- Lunghezza circuito con tubi in PB da 6x1 mm pari a 12m
- Perdita di carico nel singolo pannello pari a 1500 daPa

La perdita di carico dei singoli pannelli e dei tubi dei circuiti principali sono state determinando secondo le seguenti formule:

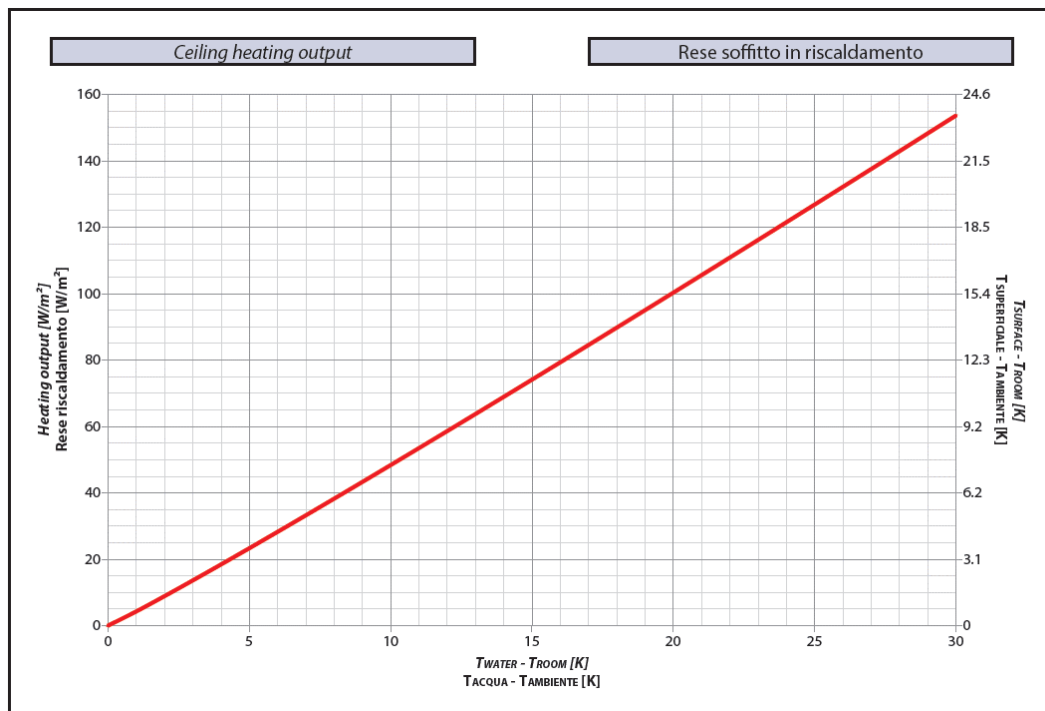
$$\Delta P = 5,7632 * G \left[\frac{daPa}{m} \right] \quad \text{Perdita di carico per tubo } \phi 6 \times 1 \text{ mm}$$

$$\Delta P = 0,00093 * G^{1,75} \left[\frac{daPa}{m} \right] \quad \text{Perdita di carico per tubo } \phi 20 \times 2 \text{ mm}$$

dove G indica la portata d'acqua nei tratti di condotta espressa in l/h

5.2 Dimensionamento dei pannelli radianti a soffitto

Considerando un fattore di occupazione massimo del soffitto pari all'85% e con una temperatura di mandata dell'acqua dell'impianto pari a 38°C e un ΔT di progetto pari a 10°C si ottiene una resa effettiva del pannello radiante pari a 100 W/m², come evidenziato nel diagramma che segue:



Di seguito si riportano le formule utilizzate per la determinazione della temperatura di mandata e della temperatura superficiale del pannello radiante.

$$T_{\text{acqua}} - T_{\text{ambiente}} = 25^{\circ}$$

$$T_{\text{acqua}} = 20 + 25 = 45^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{superficie}} - T_{\text{ambiente}} = 18,5^{\circ}$$

$$T_{\text{superficie radiante}} = 18,5 + 20 = 38,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{mandata}} = T_{\text{med}} + \Delta T \times 0,5$$

Il salto termico di progetto tra mandata e ritorno del circuito si determina secondo la seguente formula:

$$\Delta T = \frac{90 * 0.860}{20} = 3,87^{\circ}\text{C}$$

Quindi si ottiene una temperatura di mandata pari a $T_{\text{mandata}} = T_{\text{med}} + \Delta T \times 0,5 = 46,9^{\circ}\text{C}$

	Locale	Superficie (mq)	Potenza richiesta (W)	Modulo 1200x600	Superficie pannellata SOFFITTO (mq)	Potenza emessa (W)	Differenza (W)
PIANO TERRA	CORRIDOIO	52,66	3593	40	28,8	4291,2	698,2
	AULA 1	34,29	2647	32	23,04	2880	233
	AULA 2	33,63	2526	32	23,04	2880	354
	AULA 3	24,31	1572	20	14,4	1800	228
	BAGNO M	9,09	1950	9	6,48	1674	-276
	BAGNO F	9,05	1963	14	10,08	2469,6	506,6
	BAGNO PROFES	1,6	460	0	0	345,6	-114,4
PIANO PRIMO	CORRIDOIO	47,24	3423	36	25,92	3240	-183
	AULA 4	34,29	2402	24	17,28	2160	-242
	AULA 5	33,63	2464	24	17,28	2160	-304
	AULA 6	24,31	1864	16	11,52	1440	-424
	AULA 7	15,89	1081	12	8,64	1080	-1
	BAGNI	9,09	1986	6	4,32	1404	-582
TOTALE		329,08	27931	265	190,8	27824	

QMAX /l/h			DP PANNELLO (dPa)	LUNGHEZZA TUBO φ20 (m)	PORTATA G TUBO φ20 (l/h)	DP TUBO PB φ20 (dPa) (M+R)	DP COLLETTORE (dPa)	PERDITA DI CARICO TOTALE (dPa)	PERDITA DI CARICO TOTALE (mca)
3660	PIANO TERRA	CIRCUITO A	1500	13,82	400	920	300	2720	2,8
		CIRCUITO B	1500	9,41	400	626	300	2426	2,5
		CIRCUITO C	1500	10,29	240	280	300	2080	2,1
		CIRCUITO D	1500	13,1	400	872	300	2672	2,7
		CIRCUITO E	1500	8,82	240	240	300	2040	2,1
		CIRCUITO F	1500	7,25	320	326	300	2126	2,2
		CIRCUITO G	1500	7,56	400	503	300	2303	2,3
		CIRCUITO H	1500	5,72	240	156	300	1956	2,0
		CIRCUITO W	1500	3,6	80	14	300	1814	1,9
		CIRCUITO L	1500	4,49	320	202	300	2002	2,0
		CIRCUITO M	1500	8,49	380	516	300	2316	2,4
		CIRCUITO Z	1500	6,47	160	87	300	1887	1,9
		CIRCUITO X	1500	6,47	80	26	300	1826	1,9
2560	PIANO PRIMO	CIRCUITO AB	1500	8,49	320	382	300	2182	2,2
		CIRCUITO BB	1500	2,09	160	28	300	1828	1,9
		CIRCUITO N	1500	13,27	240	361	300	2161	2,2
		CIRCUITO P	1500	11,42	240	311	300	2111	2,2
		CIRCUITO S	1500	7,58	320	341	300	2141	2,2
		CIRCUITO Q	1500	10	240	272	300	2072	2,1
		CIRCUITO R	1500	11,73	240	319	300	2119	2,2
		CIRCUITO U	1500	6,3	240	171	300	1971	2,0
		CIRCUITO T	1500	7,27	240	198	300	1998	2,0
		CIRCUITO V	1500	11,09	320	499	300	2299	2,3

Considerando che i pannelli sono collegati in parallelo si effettua il calcolo della massima perdita di carico fino al collettore di distribuzione al fine poter dimensionare nelle condizioni idrauliche più gravose i circolatori dei gruppi miscelati.

Di seguito si riportano le caratteristiche idrauliche necessarie per la corretta circolazione dell'acqua nei vari circuiti:

- a) Piano terra: $3,66 \text{ m}^3/\text{h} = 3660 \text{ l/h}$; prevalenza massima richiesta 2,8 m.c.a.
- b) Piano primo: $2,56 \text{ m}^3/\text{h} = 2560 \text{ l/h}$; prevalenza massima richiesta 2,3 m.c.a.

6 GESTIONE IMPIANTO DI CLIMATIZZAZIONE

L'obiettivo del sistema di regolazione dell'impianto è quello indicato nella norma UNI EN 15232 e stabiliti dalle più recenti normative a livello nazionale (D.M. 16 febbraio 2016 cd "Conto Termico 2.0); in particolare si realizzerà un sistema integrato tra l'edificio e l'impianto effettuando contemporaneamente due diverse attività:

- a) Monitoraggio impianto
- b) Regolazione dell'impianto nei vari ambienti

Solo l'insieme di questi tre elementi permetterà di ottenere l'obiettivo della massima efficienza dell'impianto di climatizzazione riducendo al minimo gli sprechi energetici. Il tutto potrà funzionare senza l'ausilio di collegamenti fisici, ma basandosi su un sistema di trasmissione wireless a 868 MHz all'interno del quale saranno configurati gli attuatori delle valvole termostattizzabili dei vari circuiti dell'impianto radiante, ricevitori radio con comandi relè per l'accensione e lo spegnimento dei gruppi di rilancio e del generatore di calore, le sonde di temperatura esterna e interna ai singoli ambienti, i termostati ambiente, gli eventuali contatori volumetrici e contatermie per monitorare il funzionamento della pompa di calore. Altra modalità di trasmissione dati sarà il BUS RS485 (protocollo ModBus), per il collegamento tra l'unità Master e l'unità domotica interna. Il sistema installato dovrà avere la possibilità di essere implementato anche per successivi ampliamenti dei locali scolastici e per l'eventuale tele – gestione da remoto di tutte le funzioni del sistema di climatizzazione.

7 EFFICIENTAMENTO ENERGETICO INVOLUCRO OPACO E TRASPARENTE

7.1 INVOLUCRO OPACO

Per tutto il perimetro esterno in sede di progettazione, viene proposto un CAPPOTTO TERMICO da applicare sulle superfici esterne dell'edificio esistente, per un adeguato contenimento termico delle dispersioni, viene proposto un pannello di lana di vetro da 10 cm di spessore.

Soddisfacendo le specifiche tecniche dei produttori di tale materiale, i pannelli verranno posti in opera a seguito di una specifica ed appropriata preparazione del supporto murario esistente, le superfici sulle quali verrà collocato il pannello isolante, infatti, dovranno essere completamente prive di tracce di umidità, polvere o grassi di qualunque natura.

Tali superfici dovranno essere protette dalla pioggia battente e dalla radiazione solare diretta. Il fissaggio alle pareti esistenti verrà realizzato attraverso opportuno incollaggio e tassellamento: i pannelli dovranno essere incollati con un idoneo adesivo cementizio (o similare), steso per cordoli lungo il perimetro e per punti al centro, avendo cura di non sporcare i fianchi dei pannelli con adesivo in eccesso.

In aggiunta all'incollaggio, saranno fissati meccanicamente i pannelli con tasselli ad espansione per cappotto specifici per orditura metallica (numero minimo consigliato 4 a pannello: 6 in corrispondenza delle intersezioni a tre dei pannelli e due al centro).

Ad adesivo asciutto, questi ultimi, saranno rivestiti in opera con malta rasante in cui verrà annegata, sulla malta ancora fresca, la rete in tessuto di fibra di vetro apprettato antialcalina e anti demagliante. La sovrapposizione dei teli di rete dovrà essere di almeno 10 cm (sia in verticale che orizzontale) e di 15 cm in prossimità dei risvolti, se protetti con profili paraspigoli privi di rete incorporata. Nelle parti ad angolo dovranno essere previsti angolari provvisti di rete per evitare fessurazioni dovute a differenti dilatazioni termiche della facciata.

A rasante asciutto, sarà applicata a pennello una mano di primer (ponte di aderenza tra rasante e il rivestimento), e dopo l'asciugatura di quest'ultimo verrà steso a spatola un rivestimento in pasta e finire a frattazzo.

Dovrà essere previsto solamente l'utilizzo di rivestimenti traspiranti e idrorepellenti, tipo silossanici.

Nelle parti di giunzione con le bucatore della facciata, i pannelli dovranno essere risvoltati verso l'interno degli infissi, garantendo così continuità con i controtelai in legno degli stessi, tale particolare lavorazione eviterà il prodursi di ponti termici in corrispondenza degli infissi stessi.

I pannelli avranno le seguenti caratteristiche termiche: Alta densità, idrorepellente, trattato con resine termoindurenti a base di componenti organici e vegetali, dimensione 60 x 120 cm, reazione al fuoco A2-s1,d0, densità pari a 55 kg/m³, conduttività termica λ_D pari a 0,034 W/(m·K), conforme alla norma UNI EN 13162, con marcatura CE.

La posa del cappotto termico dovrà avvenire in accordo con quanto previsto dalle principali normative tecniche di settore ed in particolare le linee guida ETAG 004 (linee guida tecniche europee per sistemi isolanti a cappotto per esterni con intonaco) e ETAG 014 (linee guida tecniche europee per tasselli in materiale plastico per sistemi isolanti a cappotto).

La nuova parete nello stato di progetto avrà così una trasmittanza = 0.237 W/m²K in perfetto accordo con la normativa vigente (Decreto interministeriale. 26/06/2015)

7.2 SOLAIO DI SOTTOTETTO

Il solaio di sottotetto verrà isolato con pannelli di Feltro di Lana di Vetro con uno spessore di 12 cm aventi le seguenti caratteristiche termiche: feltri di lana di vetro rivestiti su una faccia con carta kraft incollata con bitume, reazione al fuoco F, densità 12 kg/m³, conduttività termica λ_D pari a 0,040 W/(m·K), spessore 120 mm (tipo Isover IBR K 4+). Lo strato isolante deve essere posato con la superficie rivestita con carta kraft bitumata rivolta verso l'ambiente riscaldato e cioè verso il basso.

La nuova stratigrafia avrà così una trasmittanza = 0.28 W/m²K in perfetto accordo con la normativa vigente (Decreto interministeriale. 26/06/2015).

7.3 STRUTTURA DI COPERTURA

La nuova struttura portante della copertura verrà realizzata con elementi metallici molto leggeri, quindi al fine di ottenere un buon grado di isolamento termico si è scelto di utilizzare un materiale che abbia sia un buon comportamento invernale che estivo; vedendo così soddisfatte le verifiche previste dal D.M 26/06/2015 cd “decreto dei requisiti minimi”. Il materiale isolante scelto è composto da un rotolo di materiale termo-riflettente costituito da 14 strati così suddivisi: 2 pellicole metallizzate con griglia di rinforzo, 4 strati di schiuma, 4 pellicole riflettenti intermedie e 4 strati di lana di pecora con antitarme.

La tipologia di materiale permette di ottenere anche vantaggi rispetto alla velocità di posa, al trasporto in cantiere e la loro movimentazione in copertura infatti presentano un peso ridotto (un rotolo ha un peso di circa 12,7 Kg), non comporta rischi particolari per l'operatore che lo manovra e la posa è semplice in quanto si può applicare su un semplice tavolato installato al di sopra dell'orditura metallica portante della copertura su cui verrà fissato meccanicamente per mezzo di chiodi il rotolo di materiale termo-riflettente. Infine si procederà con la posa di una doppia listellatura lignea che porterà alla formazione di una camera di micro-ventilazione al di sotto del manto di copertura. La soluzione proposta permette altresì di evitare la posa di guaine impermeabilizzanti, in quanto il materiale scelto risulta impermeabile all'acqua e stagno all'aria. Il materiale presenta un comportamento termico paragonabile a 244 mm di lana di vetro avente una conducibilità termica di 0,04 W/mK. Il materiale indicato permette di sfruttare a pieno l'effetto riflettente che si realizza tra i vari strati isolanti con interposta aria. Si ricorda che la posa in opera del materiale dovrà avvenire nel pieno rispetto di quanto indicato dal produttore del materiale

7.4 INVOLUCRO TRASPARENTE

Per quanto riguarda le superfici trasparenti verranno sostituiti gli attuali infissi in legno con nuovi infissi in PVC aventi vetrocamera, tali elementi verranno messi in opera grazie all'installazione di controtelai perimetrali in legno precedentemente affogati nella muratura esistente previa demolizione delle parti di muratura che circondano le bucatre attuali. Il montaggio dovrà avvenire in accordo con quanto previsto dalla normativa di buona tecnica del settore che è la UNI 11673-1:2017

I controtelai in legno precedentemente descritti avranno la doppia funzione statica e termica, determinando una continuità perimetrale con il cappotto della facciata.

Nella parte superiore degli infissi esposti a S, E, W, verranno collocati gli alloggi in legno necessari a contenere le schermature avvolgibili a lamelle orizzontali realizzate in PVC, tale soluzione garantirà, altresì, un ottimo isolamento termico e assenza di infiltrazioni d'aria esterne.

Gli infissi, avranno le seguenti caratteristiche: profili estrusi in classe A e classificati in base alla zona climatica classe s a norma UNI EN 12608-2005, oltre alla marcatura CE (UNI EN 14351-1), di qualunque dimensione, compreso di vetrocamera sigillata tramite guarnizioni in gomma, senza uso di silicone, profili fermavetro ad incastro, gocciolatoio, serratura, ferramenta di attacco e sostegno, maniglie in alluminio. Con trasmittanza termica minima prevista dalla normativa vigente (UNI EN ISO 10077-1). Le Classi di Resistenza di Tenuta all'Acqua devono corrispondere alle norme UNI EN 12207 ed essere almeno nella classe 5, di Permeabilità all'Aria devono corrispondere alle norme UNI EN 12208 ed essere almeno nella classe 2 e di Resistenza al carico del Vento devono corrispondere alle norme UNI EN 12210 ed essere almeno nella classe 2, escluso controtelai, posa e assistenza muraria.

7.4.1 CARATTERISTICHE INFISSI

F1 - finestra a due ante con apertura normale e a vasistas con vetrocamera con gas 30 mm dimensioni pari a 1200x1700 mm, trasmittanza totale U_w 1,440 W/mq°k, U_g 1,1 W/mq°k

F2 - finestra a due ante con apertura normale e a vasistas con vetrocamera con gas 30 mm, dimensioni pari a 1700x1000 mm, trasmittanza totale U_w 1,700 W/mq°k, U_g 1,1 W/mq°k

F4 - finestra a un anta con apertura normale e a vasistas con vetrocamera con gas 30 mm, dimensioni pari a 840x1700 mm, trasmittanza totale U_w 1,373 W/mq°k, U_g 1,1 W/mq°k

DIMENSIONI INFISSI:

F1 : dimensioni 1200x1700 mm. / quantità = 5 ud. Senza sistemi di oscuranti esterni

F1 : dimensioni 1200x1700 mm. / quantità = 13 ud. Con sistema di oscuranti esterni a lamelle

F2 : dimensioni 1700x1000 mm. / quantità = 2 ud. Con sistema di oscuranti esterni a lamelle

F4 : dimensioni 840x1700 mm. / quantità = 2 ud. Con sistema di oscuranti esterni a lamelle

P1 : dimensioni 1000x2100 mm. / quantità = 1 ud.

7.4.2 CARATTERISTICHE VETRI

Il vetro dei nuovi serramenti dovrà essere di tipo doppio con intercapedine riempita di gas argon al 90% di concentrazione di spessore di almeno 15 mm di tipo basso emissivo. I due vetri dovranno essere del tipo stratificato con spessore nominale di almeno 8,5 mm in esterno e 8,8 mm in interno. Dovrà altresì essere conforme alle norme tecniche di prodotto EM 410 e EN 673/12898

Di seguito si riportano le principali caratteristiche energetiche del vetro doppio:

Prestazione luce:

Trasmissione luminosa LT 64%

Riflessione esterna RL Esterno 23%

Riflessione interna RL interno 21 %

Prestazione energia:

Trasmissione energetica diretta (TE) 36%

Riflessione energetica (RE) 29%

Assorbimento energetico (AE) 35%

Fattore solare (FS) 40%

Coefficiente di shading totale 0,46

Coefficiente di shading onde corte 0,42

Trasmissione termica $U_g = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$

7.4.3 CARATTERISTICHE FRANGISOLE

Al fine di poter ottenere un fattore di trasmissione solare totale delle nuove componenti finestrate esposte da Est a Ovest passando per il Sud, si rende necessario installare degli idonei sistemi di frangisole orientabili azionati manualmente e impacchettabili in un cassonetto, al fine di permettere una piena regolazione del sistema da parte degli utenti dell'edificio. Tale valore dovrà essere inferiore a 0,35 come indicato nell'Allegato 1 articolo 5.2 comma 1d e articolo 4.2 comma 1a del D.M. 26/06/2015.

Il sistema di frangisole dovrà essere composto da un pacchetto di lamelle rigide di spessore pari a 0,6 mm in lega di alluminio ad alta resistenza pre-laccata con vernice al poliestere, di forma bombata, con speciali nervature su entrambi i lati e guarnizione antirumore sulla parte interna del bordo esterno. Dovranno avere una classe di

resistenza al vento non inferiore alla Classe 6, elevata protezione contro le intemperie e comportare anche un buon isolamento acustico. Ogni lamella sarà ancorata alle estremità nelle guide laterali con robusti supporti che non richiedono manutenzione, permettono la facile sostituzione dall'interno di lamelle eventualmente danneggiate e consentono di assorbire escursioni termiche o movimenti della struttura. La movimentazione delle frangisole avverrà manualmente con un sistema di catena a rulli di semplice movimentazione. La colorazione delle lamelle dovrà essere in armonia con la finitura della facciata esterna e comunque in accordo con quanto indicato dalla direzione lavori.

8 RINNOVAMENTO IMPIANTO DI ILLUMINAZIONE INTERNO

Al fine di incrementare l'efficienza energetica dell'impianto di illuminazione esistente si procederà con la totale sostituzione delle lampade a scarica attualmente presenti nelle aule e nei corridoi; con lampade a LED sospese aventi le seguenti caratteristiche tecniche:

apparecchio luminoso sottile di dimensione pari a 1200x300mm con luce emessa di tipo naturale (4000K), emissione diretta diffusa, UGR < 19, cornice della lampada in lega di alluminio verniciata a polvere di colore bianco, diffusore microprismatico ad altissima trasmittanza con luminanza uniforme, potenza luminosa emessa da ogni punto luce pari a 3583 lm al fine di rispettare le normative illuminotecniche di settore, alimentata elettricamente 220-240 V 50/60Hz con un assorbimento elettrico massimo di 35 W, quindi con una riduzione di almeno il 50% del consumo elettrico rispetto allo stato di fatto dei locali. Tale rinnovamento si configurerà come semplice manutenzione ordinaria dell'impianto elettrico e quindi non rende necessario opere accessorie onerose. I nuovi corpi illuminanti, inoltre dovranno essere conformi ai requisiti minimi definiti dai regolamenti comunitari emanati ai sensi delle direttive 2009/125/CE e 2010/30/UE e dovranno permettere il rispetto dei requisiti normativi d'impianto previsti dalle norme UNI e CEI vigenti al momento della realizzazione.

Il tecnico

Dott. Ing. Antonio Menghi